

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»
Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке
Кафедра автоматизированных технологических и информационных систем

УДК 681.5

К ЗАЩИТЕ ДОПУЩЕН
Зав. кафедрой АТИС, д.т.н., проф.

_____ Е.А. Муравьева
«___» _____ 2021 г.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКОЙ
ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕОЛИТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ СУЛЬФАТА
АММОНИЯ И ГИДРОКСИДА НАТРИЯ**

Выпускная квалификационная работа
(бакалаврская работа)

по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах,
профиль «Системы и средства автоматизации технологических процессов»

27.03.04.ВКР.103.2017.713.ПЗ

на 133 листах

Студент группы БУС-17-31

Э.Х. Атангулова

Руководитель
канд. техн. наук, доц.

Н.А. Быковский

Консультанты:
по специальным разделам
канд. экон. наук, доц.

Р.М. Даминева

Нормоконтролер
канд. техн. наук, доцент

Е.С. Кулакова

Стерлитамак 2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»
Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке
Кафедра автоматизированных технологических и информационных систем

Утверждаю: зав. кафедрой, д.т.н., профессор

Муравьева Е.А.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы в форме стартапа (ВКР-Стартап)

Студент Атангулова Элина Ханифовна группа БУС-17-31 27.03.04
(фамилия, имя, отчество полностью) (шифр)

Тема ВКР-Стартапа Разработка системы управления переработкой отходов производства цеолитов с получением сульфата аммония и гидроксида натрия

Дата утверждения темы ВКР-Стартапа на заседании кафедры АТИС «19» апреля 2021г.
протокол №165-4

Срок предоставления ВКР-Стартап к защите 07.06.2021 г.

Исходные данные по работе:

1) Материалы, предоставленные кафедрой и собранные на преддипломной практике

Объем ВКР-Стартапа: (133) листов (страниц) формата А4.

Перечень основных структурных элементов текстовой части ВКР-Стартапа

1. Содержание (4с.) 2. Реферат (3с.) 3. Введение (9с.)

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

1) краткая характеристика процесса переработки стока с получением сульфата аммония и гидроксида натрия (12 с.)

2) обзорная глава (25 с.);

3) разработка системы интеллектуального управления основанного на нейронных сетях (43 с.);

4) основные технические решения по автоматизации процесса переработки стока с получением сульфата аммония и гидроксида натрия (58 с.);

5) специфика стартапа (94 с.)

5. Список использованных источников (22 наименов.). 6. Приложения: 3

Объем и перечень иллюстрационно-графического материала:

1. Структурная схема автоматизации (1 л.); 2. Функциональная схема автоматизации (1 л.); 3. Схема соединений внешних электрических проводов (1 л.); 4. План расположения оборудования и кабельных проводов (1 л.); 5. Мнемосхема управления технологическим процессом (1 л.); 6. Схема электрическая принципиальная питания (1 л.); 7. Обучение нейронной сети (1 л.); 8 Общий вид шкафа (1 л.).

Консультанты по работе (с указанием относящихся к ним разделов):

по расчетно-исследовательской части

Н.А. Быковский

по специфике ВКР-Стартапа

Р.М. Даминева

Задание выдал:

Руководитель ВКР

Задание получил:

Студент

(подпись) (И.О. Фамилия)

(подпись) (И.О. Фамилия)

Примечание: Это задание прилагается к законченному проекту, вместе с проектом предоставляется в ГЭК.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 133 л., 56 рис., 28 табл., 22 использованных источников, 3 прил.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКА СТОЧНЫХ ВОД, SCADA, MATLAB, НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, СУЛЬФАТ НАТРИЯ

Объектом автоматизации является установка по переработке сточных вод производства цеолитов.

В процессе исследования выполнен анализ объекта автоматизации, обоснована необходимость внедрения системы управления.

Цель данного проекта состоит в разработке системы управления установкой по переработке сточных вод производства цеолитов с получением сульфата аммония и гидроксида натрия из водного раствора сульфата натрия и аммиака.

В результате исследования разработана функциональная схема автоматизации. На основании ФСА разработана структурная схема автоматизации, которая отображает связь различных уровней автоматизации: нижнего (полевых КИП) со средним и дальнейшим выводом на верхний уровень. Для управления технологическим процессом с АРМ оператора разработана SCADA-система в программном обеспечении Vijeo Citect и программа управления в среде разработки Unity Pro XL.

Проект предполагает внедрение на Ишимбайском специализированном химическом заводе катализаторов.

Работу контура регулирования напряжения в электродиализаторе и контура расхода подачи сульфата аммония обеспечит система управления, основанная на нейронной сети. Для этого была создана, обучена и протестирована нейросеть. Для тестирования системы построена модель нейронной сети.

Эффективность работы установки достигается сразу после внедрения системы управления за счет достижения оптимальных технологических параметров и получения на выходе качественного конечного продукта. Анализ данных осуществляется на базе программируемого логического контроллера.

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАДАНИЕ.....	2
РЕФЕРАТ	3
Обозначения и СОКРАЩЕНИЯ.....	8
ВВЕДЕНИЕ	9
1 Краткая характеристика процесса переработки стока с получением сульфата аммония и гидроксида натрия	12
1.1 Структура производства	12
1.1.1 Физико-химические основы процесса.....	12
1.2 Описание технологического процесса	14
1.2.1 Назначение процесса.....	16
1.2.2 Описание технологической схемы и основных аппаратов производства.....	16
1.3 Характеристика материальных и энергетических потоков, рабочих сред, помещений и установок (агрессивность, взрыво- и пожароопасность)	17
1.4 Нормируемые показатели качества продуктов.....	21
1.4.1 Критерии качества управления производством.....	24
1.5 Оценка подготовленности объекта к автоматизации и предложения по реконструкции или изменению технологических процессов в целях повышения возможностей автоматизации	24
2 Обзорная глава	25
2.1 Обоснование выбора технических и программных средств автоматизации	25
2.1.1 Обоснование выбора технических средств по измерению температуры	25
2.1.2 Обоснование выбора технических средств по измерению расхода ...	26
2.1.3 Обоснование выбора технических средств по измерению уровня	28
2.1.4 Обоснование выбора технических средств по измерению концентрации.....	29

2.1.5	Обоснование выбора технических средств по регулированию параметров.....	31
2.1.6	Обоснование выбора контроллера.....	32
2.1.7	Обоснование выбора программных средств проекта.....	32
2.2	Патентная проработка.....	34
2.2.1	Выбор и обоснования предмета поиска.....	34
2.2.2	Патентный поиск.....	35
2.2.3	Результаты поиска.....	36
2.2.4	Заключение по поиску.....	41
3	Разработка системы интеллектуального управления основанного на нейронных сетях.....	43
3.1	Постановка задачи и обоснование необходимости её решения на основе интеллектуализации управлений.....	43
3.2	Выбор метода интеллектуального управления.....	44
3.3	Разработка модели.....	48
3.4	Моделирование АСР с интеллектуальным управлением и её тестирование.....	56
4	Основные технические решения по автоматизации процесса переработки стока с получением сульфата аммония и гидроксида натрия.....	58
4.1	Выбор приборов и средств автоматизации.....	58
4.1.1	Перечень регулируемых технологических параметров.....	58
4.1.2	Перечень контролируемых параметров.....	60
4.1.3	Приборы для контроля технологических параметров.....	61
4.1.4	Приборы для регулирования технологических параметров.....	69
4.1.5	Приборы для управления технологическим процессом – контроллеры: конфигурация, описание состава.....	72
4.2	Система технологической сигнализации и блокировки.....	75
4.2.1	Перечень сигнализируемых параметров.....	75
4.2.2	Перечень блокируемых параметров.....	75
4.3	Программное обеспечение проекта автоматической системы на базе интегрированной системы проектирования и управления.....	76

4.3.1	Эргономическое обеспечение рабочего места оператора: мнемосхемы управления технологическим объектом	77
4.3.2	Математическая часть проекта: программы для контроллеров, база каналов, переменные проекта и их взаимосвязь.....	78
4.3.3	Связь программной и аппаратной частей проекта	79
4.4	Питание системы автоматизации: описание схем электропитания	83
4.5	Особенности выполнения работ по монтажу систем автоматизации	83
4.5.1	Монтаж системы автоматизации	83
4.5.2	Размещение приемных и отборных устройств, измерительных преобразователей и регулирующих клапанов	85
4.5.3	Указания по монтажу электрических проводок	88
4.5.4	Размещение преобразователей и аппаратуры в шкафах	92
4.5.5	Монтаж оборудования в помещении управления	93
5	Специфика стартапа.....	94
5.1	Научно-техническая новизна.....	94
5.2	Концепция рыночного продукта, MVP (минимальный жизнеспособный продукт).....	95
5.3	Концептуальное решение по бизнес-модели стартапа.....	99
5.4	Обзор рынка.....	101
5.5	Основные бизнес-гипотезы.....	103
5.6	Конкуренты	105
5.8	Финансовая модель	109
5.8.1	Расчет стоимости продукции	110
5.8.2	Расчет производственной мощности объекта	111
5.8.3	Расчет капитальных вложений	112
5.8.4	Расчет себестоимости продукции.....	115
5.8.5	Обоснование экономической эффективности проектного решения	117
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	119
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	121
	Приложение А Спецификация на средства автоматизации.....	124

Приложение Б Листинг программы управления	128
Приложение В Рекомендательное письмо	133

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АРМ – автоматизированное рабочее место

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами

АУПС – Автоматическая установка пожарной сигнализации

АУПТ – Автоматическая установка пожаротушения

БД – база данных

ИП – измерительный прибор

ИС – интегрированные системы

КИП – контрольно-измерительные приборы

КПД – коэффициент полезного действия

ПДКз – предельно допустимая концентрация рабочей зоны

ПЛК – программируемый логический контроллер

РБП – регулируемый блок питания

ТС – термометр сопротивления

УВС – унифицированный выходной сигнал

СКО – Среднеквадратическое отклонение

ЭИМ – электрический исполнительный механизм

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – диспетчерское управление и сбор данных

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы выпускной квалификационной работы. Проблема очистки промышленных стоков с каждым годом приобретает все большее значение. Сложность очистки связана с чрезвычайным разнообразием примеси в стоках, количество и состав которых постоянно изменяется вследствие появления новых производств и изменение технологии существующих.

Стремительный рост городов, активное развитие промышленности и сельского хозяйства – все эти факторы с каждым годом все больше усложняют ситуацию загрязнения рек и озер необработанными сливами. Большинство стоков предприятий попадают напрямую в водоемы, что приводит к постепенному ухудшению экологической ситуации.

Тем временем природоохранные органы регулярно фиксируют сбросы неочищенных стоков в реки и озёра. Нарушения со стороны промышленных производств неизбежно ведут к замору водоёмов, ведь из-за концентрации вредных веществ начинается процесс заиливания. Потому очистка сточных вод по сей день остается сложной задачей.

Высокие требования к сточным водам промышленных предприятий (изменения нормативно-правовой базы с 2014г., ФЗ №416 «Водопользование и водоотведение»), приводит к необходимости внедрения локальных сооружений по очистке или переработке сточных вод.

В процессе получения алюмосиликатных катализаторов на Ишимбайском специализированном химическом заводе катализаторов, образуются сточные воды, содержащие примеси в виде сульфата натрия и силиката натрия. Концентрация натрия в этих стоках изменяется в широких пределах в зависимости от степени промывки осадка. В связи с возросшим загрязнением окружающей среды во всех технологических схемах предусматривается рециркуляция или очистка сточных вод с утилизацией солей. Так как данное предприятие не имеет свою систему утилизации, оно вынуждено передавать свои отходы на платной основе для

переработки другому предприятию, что связано с достаточно большими экономическими затратами.

На Ишимбайском специализированном химическом заводе катализаторов предложили эти стоки обрабатывать серной кислотой, получая осадок кремневой кислоты и раствор сульфата натрия. Кремневую кислоту после ее взаимодействия с гидроксидом натрия можно вернуть в производство в виде силиката натрия. В стоках при этом остается сульфат натрия. Опытные работы, проведенные на Ишимбайском специализированном химическом заводе катализаторов, показали, что объем такого стока может достигать 20 м³ в сутки. При этом концентрация сульфата натрия в стоке может достигать величины равной 45 г/л.

Таким образом, разработка установки переработки отхода цеолитов и ее система управления, является актуальной для предприятий, производящих катализаторы на основе цеолитов, поскольку решаются не только экологические вопросы (снижение объема сточных вод), но и экономические (сокращение затрат на приобретение компонентов, возвращенных в процессе электрохимической переработки).

Цель выпускной квалификационной работы. Разработка системы управления установкой переработки стока с получения сульфата аммония и гидроксида натрия из водного раствора сульфата натрия и аммиака.

Для достижения указанной цели в проекте поставлены и решены следующие основные задачи:

- 1) Исследование процесса переработки стоков.
- 2) Выбор контрольно-измерительных приборов и программных средств автоматизации.
- 3) Создание, обучение и тестирование нейронной сети.
- 4) Написание программного кода для управления процессом переработки сточных вод производства цеолитов.
- 5) Описание основ бизнес-проекта.

Новизна и практическая ценность проекта. При разработке системы управления установкой для переработки стоков производства цеолитов были

выбраны современные средства автоматизации, позволяющие контролировать и регулировать различные технологические параметры.

Выбранные средства автоматизации позволят с высокой точностью регулировать и контролировать технологические параметры такие как: температура, расход, уровень, концентрация и напряжение.

Новизной в области регулирования является создание, обучение и тестирование нейронной сети. Моделирование НС в среде Simulink позволяет осуществить связь между средой программирования Matlab и средой разработки Unity Pro.

Область внедрения. Данная система автоматического управления предполагает внедрение на Ишимбайском специализированном химическом заводе катализаторов.

1 Краткая характеристика процесса переработки стока с получением сульфата аммония и гидроксида натрия

1.1 Структура производства

В процессе получения алюмосиликатных катализаторов образуются сточные воды, содержащие примеси в виде сульфата натрия и силиката натрия. Таким образом, появилась необходимость в разработке технологии переработки отхода цеолитов, содержащая сульфат натрия с концентрацией 40-45 г/л, с последующим получением из данного отхода сульфата аммония и гидроксида натрия.

Принцип получения целевых продуктов заключается в том, что исходные растворы подвергают электрохимическим процессам на ионообменных мембранах при оптимальной плотности тока, при этом все ионы, удаленные из камер обессоливания, собираются в камерах концентрирования, которые граничат со следующими камерами обессоливания.

Используя электрохимический метод обработки сточных вод, можно в принципе создать безотходную технологию, то есть получить целевые продукты – сульфат аммония и гидроксид натрия с последующим возвращением их в цикл производства, а также сократить количество сточных вод.

1.1.1 Физико-химические основы процесса

Электродиализ – диализ, обусловленный миграцией ионов через мембрану под действием приложенной разности потенциалов (электромиграцией) [1].

Под действием электрического поля катионы перемещаются по направлению к отрицательному электроду (катоде). Анионы движутся по направлению к положительно заряженному электроду (аноду). Электрическое поле не оказывает влияния на незаряженные молекулы. Применяя катионообменные или анионообменные мембраны, с помощью электродиализа можно повысить или понизить концентрацию раствора электролита.

Матрица анионообменной мембраны имеет катионные группы. Заряд катионов нейтрализован зарядом подвижных анионов, находящихся в порах мембраны. Анионы раствора электролита могут внедряться в матрицу мембраны и замещать первоначально присутствующие в ней анионы. Проникновению в мембрану катионов препятствуют силы отталкивания их фиксированными в матрице мембраны катионами. Аналогичным образом действуют и катионообменные мембраны, содержащие фиксированные анионные группы.

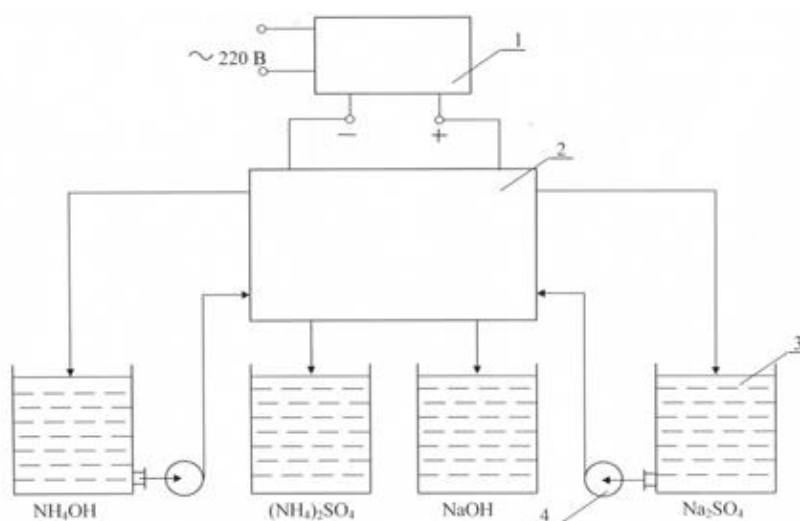
В многокамерном электродиализаторе чередуется большое число (до нескольких сотен) катионообменных и анионообменных мембран, расположенных между двумя электродами. Электрический ток переносит катионы из исходного раствора в поток концентрата через катионообменную мембрану, расположенную со стороны катода. Катионы задерживаются в этом потоке анионообменной мембраной со стороны катода. Направление движения анионов является противоположным. Они переносятся в поток концентрата через анионообменную мембрану. Со стороны анода анионы задерживаются в потоке концентрата катионообменной мембраной. Таким образом, общий результат процесса заключается в увеличении концентрации ионов в чередующихся камерах при одновременном уменьшении их концентрации в других камерах. На электродах протекает процесс электролиза. В многокамерном аппарате неизбежные непроизводительные затраты электроэнергии, обусловленные этим процессом, распределяются на большое число камер. Поэтому в расчете на единицу продукции эти затраты сводятся к минимуму.

Установки для диализа обычно представляют собой аппараты непрерывного действия, с постоянной подачей исходного раствора и сливом разделенных концентрата и дистиллята.

При проведении электролиза в четырехкамерном мембранном электролизере с подачей водного раствора сульфата натрия и аммиачной воды в промежуточные камеры, отделенные катионообменными и анионообменными мембранами, на аноде происходит разряд воды с образованием кислорода и H^+ - иона, а на катоде с образованием водорода и OH^- - иона.

1.2 Описание технологического процесса

Для изучения процесса переработки стока, содержащего сульфат натрия, в мембранном электродиализаторе с целью получения гидроксида натрия и сульфата аммония была разработана и создана лабораторная установка, схематично показанная на рисунке 1.1. Установка состояла из мембранного электродиализатора 2, запитанного от регулируемого выпрямителя 1. Через камеры обессоливания из соответствующих емкостей 3 насосами 4 прокачиваются растворы сточной воды, содержащей сульфат натрия и водный раствор аммиака. В камерах концентрирования образуются растворы гидроксида натрия и сульфата аммония, которые по мере накопления собираются в соответствующих емкостях 3.

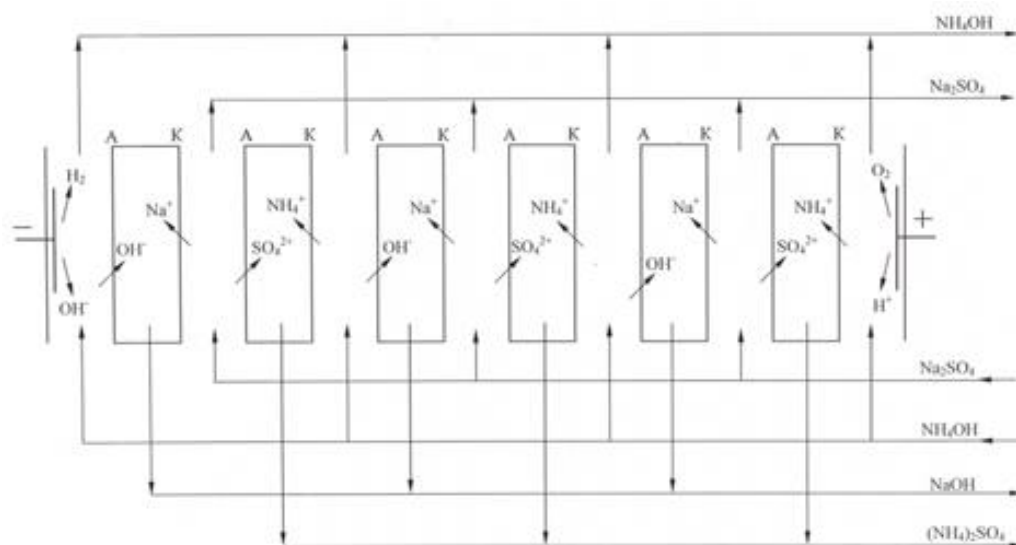


1 – регулируемый выпрямитель; 2 – электродиализатор; 3 – емкость; 4 – насос.

Рисунок 1.1 – Схема лабораторной установки

На рисунке 1.2 приведена схема электродиализного аппарата. Электродиализатор представлял собой 3 одинаковые ячейки, заключенные между электродами аппарата. Каждая ячейка состояла из четырех камер, разделенных между собой ионообменными мембранами. Катод электродиализатора был выполнен из титана, а анод из титана, покрытого окисью рутения. Для разделения

камер применяли мембраны марки МК-40 (катионообменная) и МА-40 (анионообменная). Камеры аппарата были изготовлены из поронита толщиной 1 мм. Рабочий размер камер равнялся 35x105 мм, что соответствовало рабочей поверхности мембраны – 36,7 см². Кроме того, в камерах аппарата были выполнены отверстия, служащие для организации распределительно-сборных коллекторов необходимых при организации потоков соответствующих жидкостей.



А – анионообменная мембрана; К – катионообменная мембрана

Рисунок 1.2 – Схема электродиализатора

При подаче напряжения на электроды диализатора, на ионы в растворах начинают действовать электростатические силы, что приводит к возникновению потока катионов по направлению к катоду, а анионов – по направлению к аноду. Катионы могут свободно мигрировать через катионообменные, а анионы – через анионообменные мембраны. Миграция катионов через анионообменные и анионов через катионообменные мембраны невозможна. На катоде происходило разложение воды с образованием газообразного водорода и ионов гидроксидов, а на аноде – разложение вода с образованием газообразного кислорода и ионов водорода. Таким

образом, работа электродиализного аппарата будет приводить к извлечению сульфата натрия из стока и генерации растворов гидроксида натрия и сульфата аммония.

1.2.1 Назначение процесса

Применяя электрохимическую переработку сточной воды, образующуюся при производстве цеолитов, можно ожидать получение гидроксида натрия и сульфата аммония. Указанные вещества могут быть использованы в производстве цеолитов. При этом будет осуществляться очистка сточной воды.

1.2.2 Описание технологической схемы и основных аппаратов производства

Исходное сырье – сток, содержащий сульфат натрия, поступает в емкость сбора E1. Расход сырья варьируется в диапазоне 0-20 м³/сутки. Концентрация сульфата натрия достигает предела 45 г/л. Дополнительный реагент – гидроксид аммония, поступает в емкость сбора E2. В зависимости от количества и концентрации сульфата натрия рассчитывается расход подачи гидроксида аммония FE 1-1 в электродиализатор поз.5.

Насосами Н-1 и Н-2 растворы из емкостей E1 и E2 подаются в электродиализатор поз. 5, где под действием электрохимического процесса происходит образование новых компонентов, которые собираются в соответствующих теплообменниках T1 и T2.

Поддержание постоянной силы тока происходит за счет регулируемого выпрямителя поз. 15.

Образующиеся растворы сульфата аммония и гидроксида натрия в своем составе имеют свободный аммиак, поэтому теплообменники T1 и T2 подогреваются паром, расход которого (FE 13-1) регулируется клапаном 13-3. Улетучивающийся

аммиак улавливается водой в емкости Е3, где по достижении концентрации равной 25 г/л подается в исходную емкость сбора гидроксида аммония Е1.

1.3 Характеристика материальных и энергетических потоков, рабочих сред, помещений и установок (агрессивность, взрыво- и пожароопасность)

В процессе переработки сточных вод производства цеолитов используется водный раствор аммиака, который характеризуется как негорючая и невзрывоопасная жидкость. Однако при дегазации пары аммиака способны создать в помещении взрывоопасные концентрации [2].

Водный раствор аммиака (трудногорючая жидкость) отсутствует в составе требований, поэтому необходимость оснащать аммиачные помещения АУПТ и АУПС отпадает. Следовательно, помещения, в которых функционирует сжиженный аммиак, следует относить к категории Д. В связи с этим все оборудование выполнено в обычном исполнении.

Исходное сырье, реагенты, полупродукты и готовый продукт, участвующие в данном производстве, не взрывопожароопасны, не горючи, поэтому особых требований к их защите от огня и обезвреживанию нет.

Используемые в производстве вещества, в результате перемещения или обработки внутри оборудования и транспортных устройств, способны подвергаться электризации с образованием опасных потенциалов. Так как, на установке работают с водными растворами, опасных потенциалов, образующихся в результате перемещения продуктов внутри аппаратов и трубопроводов, не возникает.

Следует учесть, что газообразный аммиак, выделяющийся из водного аммиака, при нормальных условиях – газ с резким запахом, взрывоопасен, токсичен и горюч. Возникает необходимость установки системы автоматической вентиляции при повышенном уровне ПДКз. Газообразный аммиак токсичен, по степени воздействия на организм человека относится к 4-му классу опасности. Предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны ПДКз = 20 мг/м³,

максимально разовая концентрация для населенных пунктов – 0,2 мг/м³. Порог восприятия обоняния не превышает 55 мг/м³. Концентрация аммиака С = 1500 мг/м³ (0,21 %) вызывает смертельный исход.

Таблица 1.1 – Исходное сырьё и реагенты

Наименование сырья, материалов, полупродуктов	Государственный или отраслевой стандарт, ТУ, регламент или методика на подготовку сырья	Показатели, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели с допустимыми отклонениями
1	2	3	4
Сульфат натрия	ОКП 21 4111 0620 ГОСТ 21458-75	1 Внешний вид 2 Массовая доля сульфата натрия, % не менее 3 Общая щелочность в пересчете на N ₂ CO ₃ , % не более 4 Потери массы при прокаливании, % 5 Массовая доля нерастворимого остатка, %, не более в кислоте в воде 6 Содержание серной кислоты 7 Массовая доля кальция и магния в пересчете на CaSO ₄ , % не более 8 Массовая доля железа(Fe ³⁺), %, не более 9 Массовая доля цинка (Zn ²⁺), %, не более	Белый кристаллический порошок, высший сорт 99,6 0,15 0,2 0,02 0,15 - 0,01 0,003 0,04

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
		10 Массовая доля хлоридов (Cl ⁻), % не более	0,01
		11 Массовая доля воды, % не более	0,04
Аммиак водный	ОКП 21 1461 0100 ГОСТ 6221-90	1 Массовая доля аммиака, %, не менее 2 Массовая доля азота, %, не менее 3 Массовая доля воды (остаток после испарения), % 4 Массовая доля воды (метод Фишера), %, не более 5 Массовая концентрация масла, мг/дм ³ , не более 6 Массовая концентрация железа, мг/дм ³ , не более 7 Массовая доля общего хлора, млн ⁻¹ (мг/кг), не более 8 Массовая доля оксида углерода (IV), млн ⁻¹ (мг/кг), не более	99,9 - - 0,1 2 1 -

Таблица 1.2 – Характеристики исходного сырья и реагентов

Виды опасности / воздействия	Острая опасность / симптомы	Предупреждение	Первая помощь / ликвидация пожара
1	2	3	4
Сульфат натрия			
Пожарная опасность	Не горючее. В огне выделяют раздражающие или токсичные пары (или газы).		В случае возгорания в окрестностях: разрешены все средства пожаротушения.
Взрывоопасность / воздействие	Не классифицируется		

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
Вдыхание		Вентиляция.	Свежий воздух, покой.
Кожа		Защитные перчатки.	Ополоснуть и затем промыть кожу водой с мылом.
Глаза		Защитные очки,	Вначале промыть большим количеством воды в течение нескольких минут (снять контактные линзы, если это не трудно), затем доставить к врачу.
Проглатывание	Тошнота. Рвота. Боль в животе.	Не принимать пищу, не пить и не курить во время работы.	Вызвать рвоту (только если пострадавший в сознании!). Обратиться за медицинской помощью.
Гидроксид аммония			
Виды опасности / воздействия	Острая опасность / симптомы	Предупреждение	Первая помощь / ликвидация пожара
Пожарная опасность	Негорючее.		В случае возгорания в окрестностях: разрешены все средства пожаротушения.
Взрывоопасность	Водный раствор не является взрывоопасным		В случае пожара: сохранять бочки и пр. охлажденными, обливая их водой.
Воздействие		Строгие меры гигиены!	Во всех случаях обращаться к врачу!
Вдыхание	Ощущение жжения. Кашель. Затрудненное дыхание. Одышка. Боли в горле.	Вентиляция, местная вытяжка или защита органов дыхания. Держать контейнеры плотно закрытыми.	Искусственное дыхание по показаниям. Обратиться за медицинской помощью.
Кожа	Едкое. Покраснение. Серьезные ожоги кожи. Боль. Волдыри.	Защитные перчатки. Защитная одежда.	Удалить загрязненную одежду. Промыть кожу большим количеством воды или под душем. Обратиться за медицинской помощью.

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
Глаза	Едкое. Покраснение. Боль. Неясность зрения. Сильные глубокие ожоги.	Защитная маска или защита глаз в сочетании с защитой органов дыхания.	Вначале промыть большим количеством воды в течение нескольких минут (снять контактные линзы, если это не трудно), затем доставить к врачу.
Проглатывание	Едкое. Колики в животе. Боль в животе. Боль в горле. Рвота.	Не принимать пищу, не пить и не курить во время работы.	Прополоскать рот. НЕ вызывать рвоту. Дать выпить большое количество воды. Обратиться за медицинской помощью.

1.4 Нормируемые показатели качества продуктов

Показателями качества продуктов является концентрация сульфата аммония и гидроксида натрия, поскольку при электролизе сульфата натрия и аммиачной воды образуется именно эти конечные продукты, которые будут возвращены в производственный цикл.

Требования согласно ГОСТ 9097-82 «Межгосударственный стандарт сульфат аммония» [3] по показателям сульфат аммония должен соответствовать нормам, указанным в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Нормы показателя сульфата аммония

Наименование показателя	Норма
1	2
1. Внешний вид	Белые или прозрачные кристаллы
2. Массовая доля азота в пересчете на сухое вещество, %, не менее	21
3. Массовая доля воды, %, не более	0,2
4. Массовая доля свободной серной кислоты, %, не более	0,03
5. Фракционный состав:	
массовая доля фракции размером более 0,5 мм, %, не менее	80
менее 6 мм, %	100
6. Рассыпчатость, %	100
7. Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,02

Технические требования согласно ГОСТ Р 55064-2012 «Натр едкий технический. Технические условия» [4] по показателям гидроксид должен соответствовать нормам, указанным в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Нормы показателя гидроксида натрия

наименование показателя	Норма марок							
	ТР	РР	ТД	РД		Р-МА	РМ-Б	РМ-В
				Высший сорт	Первый сорт			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Внешний вид	Чешуируванная масса белого цвета. Допускается слабая окраска	Бесцветная прозрачная жидкость	Плавленая масса белого цвета. Допускается слабая окраска	Бесцветная или окрашенная жидкость. Допускается выкристаллизованный осадок		Бесцветная прозрачная жидкость	Бесцветная прозрачная жидкость	Бесцветная прозрачная жидкость
2 Массовая доля гидроксида натрия, %, не менее	985	42.0	94.0	46.0	44.0	48.0	46.0	31.0
3 Массовая доля карбоната натрия, %, не более	0.8	0.5	1.0	0.6	0.8	0.10	0.20	Не нормируется
4 массовая доля хлорида натрия, %, на более	0.05	0.05	3.5	3.0	3.8	0.024	0.040	Не нормируется
5 Массовая доля железа, %, не более	0.004 (в пересчете на оксид железа III)	0.0015 (в пересчете на оксид железе III)	0.03 (в пересчете на оксид железа III)	0.007 (в пересчете на оксид железа III)	0.02 (в пересчете на оксид железе III)	0.0015	0.0020	Не нормируется

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6 Сумма массовых долей оксидов железа и алюминия, %, не более	0.02	0.02	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
7 Массовая доля кремниевой кислоты в пересчете на диоксид кремния, %, не более	0.02	0.008	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
8 Массовая доля сульфата натрия, %, не более	0.00	0.03	0.4	Не нормируется	Не нормируется	0.012	0.012	Не нормируется
9 Сумма массовых долей кальция и магния в пересчете на кальций, %, не более	0.01	0.000	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
10 Массовая доля хлората натрия, %, не более	0.01	0.001	0.06	0.25	0.3	0.0020	0.0040	Не нормируется
11 Массовая доля ртути, %, не более	0.0005	0.0005	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется

1.4.1 Критерии качества управления производством

Для получения требуемых показателей качества производства требуется поддержание параметров, приведённых в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Критерии качества управления производством

Наименование измеряемой величины	Поз. на ФСА	Ед. изм.	Пределы регулирования.	Исполнительный механизм
1	2	3	4	5
1)Сила тока в электролизаторе поз. 5	IE 16-1	А	0...113,6	Регулируемый выпрямитель РБП
2)Концентрация аммиака в теплообменнике поз. Т1	AE 10-1	г/л	0...6	Регулирующий клапан 25С945НЖ
3)Концентрация аммиака в теплообменнике поз. Т2	AE 11-1	г/л	0...55	Регулирующий клапан 25С945НЖ

1.5 Оценка подготовленности объекта к автоматизации и предложения по реконструкции или изменению технологических процессов в целях повышения возможностей автоматизации

Разработка установки для переработки отходов производства цеолитов с получением сульфата аммония и гидроксида натрия является новым проектом, который предлагается к внедрению на химические заводы по производству катализаторов.

Поскольку метод переработки и система управления установкой разрабатываются в настоящий момент, то нельзя описать и провести анализ ранее существующей системы автоматизации, по причине ее отсутствия.

2 Обзорная глава

2.1 Обоснование выбора технических и программных средств автоматизации

2.1.1 Обоснование выбора технических средств по измерению температуры

Измерение температуры является важной составляющей во многих технологических процессах. Процесс переработки сточных вод не является исключением. Контроль и регулирование температуры в теплообменниках Т1, Т2, позволяет улучшить качество конечного продукта за счет испарения свободного аммиака.

Для определения требуемого датчика измерения необходимо учесть следующие критерии: рабочая температура, измеряемая среда, класс точности, наличие выходного унифицированного сигнала.

Сравнение датчиков температуры представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнение термопреобразователей с унифицированным выходным сигналом

Наименование	Вид	Рабочая температура, °С	Измеряемая среда	Класс точности, %	Выходной сигнал, мА
1	2	3	4	5	6
Датчик температуры с УВС Метран-2700	термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом	-50...+120	жидкость; газ	0,15	4-20
Датчик температуры с УВС для точных измерений Метран-281	термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом	-50...+1000	жидкость; газ	0,4	4-20
Датчик температуры ТСМУ-16	термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом	-50...+150	жидкость; газ	0,5	4-20

Проанализировав таблицу 2.1 можно сделать вывод, что датчик Метран-2700 обладает явным преимуществом над другими термопреобразователями. Но следует учесть немаловажный фактор – стоимость. Цена датчика Метран-2700 превышает ценовой сегмент аналогичных датчиков в три раза, по этой причине нецелесообразно применение именно этого датчика.

Датчик температуры с УВС для точных измерений Метран-281 имеет диапазон измеряемой температуры от - 50 до 1000 °С. Нет никакой необходимости в охвате температур свыше 150 °С, поэтому рассматриваемый датчик не подходит.

Датчик температуры ТСМУ-16 соответствует всем требованиям, необходимым для контроля температуры растворов сульфата аммония и гидроксида натрия в соответствующих теплообменниках.

2.1.2 Обоснование выбора технических средств по измерению расхода

Измерение расхода в процессе переработки сточных вод производства цеолитов происходит на трубопроводах подачи исходных растворов в электролизер, а также при подаче пара в теплообменники Т1 и Т2.

Основные требования к датчику измерения расхода: возможность работы с токсичными средами, работа с жидкими и газообразными средами, наличие унифицированного выходного сигнала 4-20 мА.

Таблица 2.2 – Сравнение расходомеров

Наименование	Тип расходомера	Рабочая температура, °С	Измеряемая среда	Состояние измеряемой среды	Класс точности, %	Выходной сигнал, мА
1	2	3	4	5	6	7
DYMETIC-1261	вихревой	-50...+350	вода; нефтепродукты; газообразная среда; воздух; природный газ; попутный нефтяной газ; азот; водород; углекислый газ; инертные газы	жидкость; газ; пар	2,5	4-20

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7
DVH-R	вихревой	-40...+400	неэлектропроводящая жидкость; вода; нефтепродукты; газообразная среда; воздух; природный газ; попутный нефтяной газ; азот; водород; углекислый газ; инертные газы; деминерализованная вода	жидкость; газ; пар	1	4-20
Rosemount 3051SFA	перепада давления на базе трубки Annubar	-40...+400	неэлектропроводящая жидкость; вода; нефтепродукты; газообразная среда; воздух; природный газ; попутный нефтяной газ; азот; водород; углекислый газ; инертные газы	жидкость, газ, пар	0,8	4-20

Расходомер Rosemount 3051SFA полностью соответствует всем требованиям и имеет наименьшую погрешность измерения, по этой причине выбран в качестве прибора для измерения расхода.

Расходомеры Rosemount на базе ОНТ Annubar сокращают эксплуатационные затраты. Благодаря конструкции осредняющей напорной трубки безвозвратные потери давления меньше, чем при использовании других первичных элементов в расходомерах переменного перепада давления. Это, в свою очередь, позволяет достичь существенной экономии электроэнергии за счет снижения затрат на энергоснабжение насосов, нагнетающих жидкость, затрат на компрессию газа и на энергоносители для выработки пара. Такая экономия энергозатрат при эксплуатации расходомеров Rosemount на базе ОНТ Annubar обеспечивает их окупаемость в течение шести месяцев.

2.1.3 Обоснование выбора технических средств по измерению уровня

Основной причиной непрерывного измерения уровня сырья с емкостях является необходимость отслеживать количество продуктов в единицах объема или массы. Измерение уровня является одним из ключевых компонентов системы, так как сводится к минимуму вероятности перелива жидкости, а также защитит насос от «сухого хода».

Требования, предъявляемые к уровнемерам: возможность работы с токсичными средами, наличие унифицированного выходного сигнала 4-20 мА.

Таблица 2.3 – Сравнение уровнемеров

Наименование	Принцип действия	Рабочая температура, °С	Измеряемая среда	Диапазон измерения для жидкости, м	Выходной сигнал, мА
1	2	3	4	5	6
РУПТ-АМ	поплавковый; магнитострикционный	-40...+100	жидкость; газ	0.1...16	4-20
VEGAPULS 64	радарный (микроволновый)	-40...+200	агрессивная жидкость; нефть; нефтепродукты; пищевые продукты; загрязненная жидкость	30	4-20
Levelflex FMP54	рефлекс-радарный	-196...450	агрессивная жидкость; неагрессивная жидкость	0-6	4-20

Сравнивая приведенные уровнемеры можно сделать вывод, что наиболее подходящий датчик измерения уровня является Levelflex FMP54. Выбранный уровнемер предназначен для непрерывного измерения уровня растворов, содержащих аммиак, что является главным требованием для процесса переработки стока производства цеолитов.

2.1.4 Обоснование выбора технических средств по измерению концентрации

Для измерения растворенного аммиака рассмотрим промышленные анализаторы NHMS-4, GPro 500 и Q46N.

Анализатор для воды NHMS-4 предназначен для мониторинга ионов аммония.

К основным преимуществам можно отнести:

- простое измерение с помощью простого ионного электрода;
- обеспечивает непрерывное измерение ионов аммония в сбрасываемых промышленных сточных водах, реках и водоочистных сооружениях;
- функция автоматической очистки и калибровки обеспечивает стабильное измерение;
- простая в использовании сенсорная панель;
- доступна функция калибровки с низкой концентрацией.

Датчик аммиака (NH₃) серии GPro 500 – это уникальный TDL-спектрометр, предназначенный для непосредственного измерения содержания аммиака при его накоплении и в случаях проскока. В приборе использован принцип возвращенного пути лазерного луча. Такая технология измерения обеспечивает точность и не требовательна к техническому обслуживанию.

Преимущества:

- высокая производительность при измерении содержания аммиака;
- низкие затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию;
- легкая установка.

Анализатор Q46N растворенного аммиака предназначен для непрерывного мониторинга аммиака в воде и сточных водах.

Преимущества: прибор Q46N – это недорогой, но очень эффективный анализатор, позволяющий осуществлять мониторинг аммиака. Для измерения аммиака используется химическая реакция, преобразующая аммиак в растворе в стабильное соединение монохлорамина, эквивалентное по концентрации исходному

уровню аммиака. Концентрацию хлорамина измеряет амперометрический датчик. Анализатор аммиака производства компании АТІ обеспечивает высокую стабильность измерений, что позволяет избежать применения сложной калибровки.

В сравнении трех вышеперечисленных датчиков измерения концентрации аммиака явное преимущество имеет Q46N, так как это единственный из представленных приборов имеющий аналоговый выход 4-20 мА.

Измерение натрия в сточных водах измеряется промышленным анализатором натрия. В качестве примера рассмотрим анализаторы MAPK-1002, Navigator ASO500 и АН-7101.

Анализатор MAPK-1002 предназначен для непрерывного измерения активности ионов натрия в водном растворе и температуры водного раствора на объектах теплоэнергетики, на предприятиях химической, металлургической, фармацевтической промышленности. Для удобства регистрации измеряемых значений CNa на регистрирующем устройстве с использованием токовых выходов в анализаторе предусмотрена свободная установка нижнего и верхнего пределов интервала диапазона измерения CNa по токовому выходу.

Анализатор натрия Navigator 500 обеспечивает непрерывное измерение концентрации ионов натрия в установках деминерализации и в пароводяном цикле парогенерационных установок.

Преимущества для пользователей:

- измерение до 3-х различных потоков проб с помощью одного анализатора;
- автоматическая регенерация электродов обеспечивает чувствительность электродов при измерении следов натрия;
- низкий расход реагентов и новая конструкция без подвижных частей снижают потребность в техническом обслуживании и снижают стоимость владения;
- автоматическая калибровка сводит к минимуму ручное вмешательство и обеспечивает точность измерений;
- установка для взятия проб позволяет проводить автоматический анализ проб, отображенных вручную;

- интуитивно понятное программное обеспечение с полноцветным графическим дисплеем;
- регистрация данных и графический анализ тенденций процесса;
- полная возможность ведения журнала аудита;
- безопасное архивирование данных на карту sd или usb-накопитель.

Анализатор натрия промышленный АН-7101 предназначен для измерения показателя активности (pNa) и массовой концентрации (CNa) ионов натрия в стоках, химически обессоленной воде и конденсате пара котлов высокого давления и турбин, а также для контроля за состоянием H⁺ - катионитовых фильтров.

Измерительный прибор обеспечивает цифровую индикацию и графическое отображение измеренных параметров, их преобразование в унифицированные выходные токовые сигналы, обмен данными с компьютером по интерфейсу RS-485 (протокол обмена ModBus RTU), сигнализацию и архивирование.

Проанализировав анализаторы натрия можно выделить АН-7101 за параметр выходного сигнала, а также за стоимость прибора.

2.1.5 Обоснование выбора технических средств по регулированию параметров

Клапан регулирующий односедельный с ЭИМ 25ч945нж и клапан запорно-регулирующий с ЭИМ 25ч945П предназначены для использования в химической промышленности для автоматического регулирования технологических процессов. Уплотнение в затворе «металл по металлу» позволяет увеличить диапазон температуры рабочей среды до +300°С.

К основному преимуществу отнесем то, что клапаны позволяют управлять потоками рабочей среды и контролировать ее расход или температуру. Клапаны запорно-регулирующие (КЗР) являются универсальными, поскольку совмещают функции запорного и регулирующего устройств. Требуемая степень герметичности в положении «закрыто» обеспечивается благодаря использованию фторопласта для уплотнения в затворе.

Главные конкуренты регулирующей и запорной арматуры являются зарубежные производители такие как ARMATURY Group, BROEN, Flowserve.

Конкурентное преимущество: низкая стоимость.

2.1.6 Обоснование выбора контроллера

Рынок промышленных контроллеров может предложить покупателю широкий спектр всевозможных моделей различных фирм-производителей, как отечественных, так и зарубежных. Анализируя предложение, приходим к тому, что наиболее подходящими по таким параметрам, как функциональные возможности, программное обеспечение и развитая архитектура, являются контроллеры ведущих мировых фирм: ICP DAS, Siemens, ScadaPack, Allen-Bradley (Rockwell), Yokogawa, Schneider.

Платформы автоматизации семейства Modicon от производителя Schneider Electric совместно с программным обеспечением Unity предлагают оригинальное, гибкое и открытое решение для максимального увеличения производительности предприятия или отдельного агрегата.

Modicon M340 удачно сочетает в себе мощь с инновационными технологиями, всецело удовлетворяя требованиям производителей оборудования.

ПЛК Modicon M340 отличается своей надежностью, мощностью и компактностью

Процессорной мощности контроллера достаточно для полной реализации проекта по автоматизации.

2.1.7 Обоснование выбора программных средств проекта

Для разработки проекта требуется следующие программные средства.

Unity Pro XL – программная среда для разработки и программирования ПЛК Schneider-Electric. Уникальная многозадачная операционная система и одноименное приложение для разработки и программирования контроллеров Modicon M340.

Данный программный продукт позволяет быстрее и проще проектировать приложения с помощью:

- Стандартизированных объектов и библиотек.
- Программных единиц.
- Простой интеграции полевых устройств (стандарт FDT / DTM).
- Мощных инструментов отладки и моделирования.
- Структурированного представления данных, включая predetermined диагностические параметры модулей ввода/вывода.
- Полной совместимости с существующими приложениями.

Vijeo Citect – программное обеспечение для построения систем диспетчеризации любого масштаба. Обладает возможностями визуализации и богатым функционалом, обеспечивает удобство работы операторов и повышает ее эффективность.

Функционал:

- Полное резервирование для самых надежных решений. На важных производственных участках аппаратный сбой может привести к крайне опасным ситуациям. Благодаря функции полного резервирования сбой в любой части вашей системы не приведет к потере ее функциональности и производительности.
- Мощный графический редактор и удобный пользовательский интерфейс: графические возможности вашей SCADA системы определяют удобство ее использования. Citect SCADA позволяет разрабатывать полноцветный, выдержанный в одном стиле, легкий в использовании и интуитивно понятный графический интерфейс пользователя, отвечающий требованиям концепции ситуационной осведомленности.
- Простое конфигурирование: гибкость и большой набор инструментов Citect SCADA ускоряют процесс конфигурирования системы управления, будь то распределенная система для технологического процесса водоподготовки или централизованная система для технологического процесса транспортировки руды.

Так существенно снижается время и стоимость разработки, а также минимизируются проектные риски.

Преимущества Vijeo Citect относительно известных программных продуктов таких как: IntouchWonderware, Tracemode, Genesis, SCADA Infinity, PcVueSolutions, RSView, ClearSCADA, DATARate, Контур, Круг-2000:

- масштабируемость до систем любого размера;
- гибкость, позволяющая управлять нестандартными процессами;
- оптимизация активов, ресурсов и средств производства для повышения эффективности;
- комплексное понимание текущих процессов;
- защита инвестиций в автоматизацию благодаря повышению качества вашей продукции и безопасности производства;
- эффективные управленческие решения, принимаемые благодаря своевременному получению точной информации;
- новейшие средства кибербезопасности и система предоставления информации по процессам и аварийным сигналам повышает эффективность операторов;
- снижение стоимости разработки, уменьшение времени проектирования и нивелирование рисков.

2.2 Патентная проработка

2.2.1 Выбор и обоснования предмета поиска

Патентная проработка является важной задачей при проектировании нового проекта, поскольку на ее основе определяется перспектива разработки нового продукта или технологии, а также проводится анализ конкурентов.

В выпускной работе поставлена задача – подобрать необходимые средства автоматизации для получения качественного конечного продукта в виде сульфата аммония и гидроксида натрия.

Объектом патентного поиска является устройство для измерения температуры.

2.2.2 Патентный поиск

Патентный поиск проводился с использованием источников патентной документации федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности».

Основная область запроса: «Устройство для измерения температуры».

Результаты запроса показали следующие патенты:

- 1) Термопреобразователь сопротивления (номер заявки 2017117907) [5].
- 2) Датчик, контролирующей температуру процесса производства, оснащенный сенсорным устройством диагностики ее колебаний (номер заявки 2014148280/28) [6].
- 3) Пирометр (номер заявки 2016120127) [7].
- 4) Пирометр истинной температуры (номер заявки 2002104325/28) [8].
- 5) Термопреобразователь сопротивления (варианты) и способ его изготовления (номер заявки 2013122973/28) [9].
- 6) Устройство для измерения температуры (номер заявки 2016121605) [10].
- 7) Устройство для измерения и регулирования температуры (номер заявки 94035516/28) [11].
- 8) Устройство для измерения температуры (номер заявки 2012149120/28) [12].
- 9) Устройство для бесконтактного измерения температуры объекта (номер заявки 2016119278) [13].
- 10) Устройство для измерения и контроля температуры (номер заявки 2003104756/28) [14].

2.2.3 Результаты поиска

1) Полезная модель относится к области измерительной техники и может быть использована для измерения температуры поверхностей твердых тел, например подшипников, сыпучих, жидких и газообразных сред [5].

Термопреобразователь сопротивления, состоящий из размещенного в корпусе пленочного чувствительного элемента и средства присоединения его к измерительному устройству. В корпусе установлена печатная плата, на которую запаены выводы пленочного чувствительного элемента и выводы изолированного кабеля для связи с измерительным устройством. Корпус дополнительно механически зафиксирован методом обжатия со стороны входа кабеля.

Технический результат – повышение стабильности работы термопреобразователя сопротивления, стойкости к вибрационным, агрессивным воздействиям, увеличение пыле- и влагозащищенности.

2) Изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано для контроля процесса производства. Датчик 10, контролирующей температуру процесса производства, включает температурный сенсор, предусмотренный для подачи выходного сигнала сенсора 18, связанного с температурой процесса производства. Схема измерения 26, 28 соединена с температурным сенсором 18 и предназначена для определения температуры процесса производства на основании выходного сигнала от сенсора. Выходная схема 24 подает сигнал, связанный с измеряемой температурой. Запоминающее устройство 24 предназначено для хранения данных о температуре, связанных с событиями избыточной температуры, которые испытывает температурный сенсор 18. Диагностическая схема 22 определяет состояние температурного сенсора 18 или других компонентов исходя из накопленных данных о температуре 30. Технический результат – повышение точности получаемых данных [6].

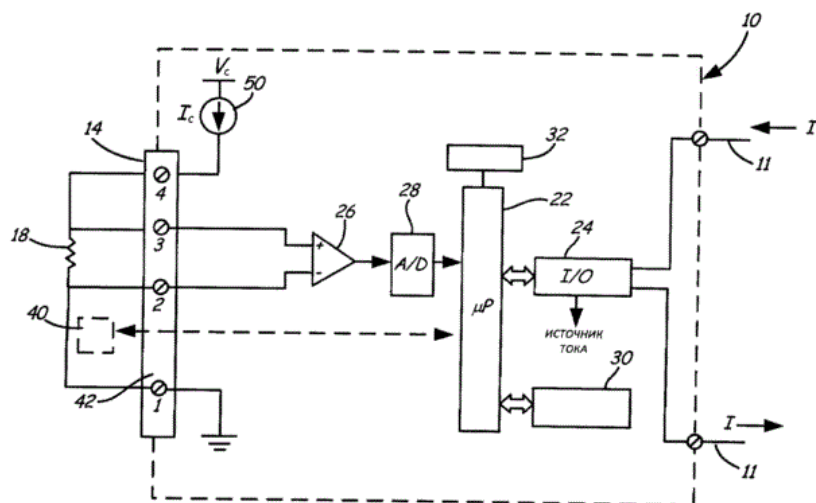


Рисунок 2.1 – Рисунок к патенту 2594623

3) Изобретение относится к области измерительной техники и касается пирометра. Пирометр включает в себя по крайней мере два полупроводниковых инфракрасных фотоприемника с возрастающей по ходу входящих лучей граничной длиной волны фоточувствительности, расположенную по ходу входящих лучей оптическую кювету, заполненную газом или газовой смесью, поглощающей часть излучения в рабочем диапазоне длин волн, оптическую систему, обеспечивающую концентрацию излучения от измеряемого объекта по крайней мере на один из фотоприемников, и электронные блоки, обеспечивающие усиление, аналого-цифровое преобразование и обработку электрических сигналов, расчеты, передачу и визуализацию данных. Оптическая кювета выполнена в виде защитного герметичного корпуса оптической системы [7].

4) Изобретение относится к устройствам пирометрии и может быть использовано для дистанционного измерения истинной температуры различных объектов с неизвестным коэффициентом излучения. Пирометр содержит объектив, диск obtюратора, который включает N спектральных фильтров, приемник излучения, усилитель, устройство управления и вычисления, согласно изобретению в него введен электронный коммутатор между приемником излучения и усилителем, а спектральные фильтры диска obtюратора подбираются таким образом, что левая длина волны начала каждого последующего фильтра, начиная со второго, совпадает

с правой длиной волны конца предыдущего, а спектральный диапазон одного из фильтров охватывает диапазоны всех остальных фильтров. Обтюратор также снабжен датчиком синхронизации, подключенным к устройству управления и вычисления. Техническим результатом изобретения является обеспечение дистанционного измерения истинной температуры различных объектов с неизвестными коэффициентами излучения по их собственному излучению и уменьшение погрешности измерения истинной температуры объектов [8].

5) Группа изобретений относится к измерительной технике и в частности к термоизмерительным преобразователям. Термопреобразователь сопротивления содержит многослойную трубку, состоящую из внешнего металлического слоя, внутреннего диэлектрического слоя, на который намотана катушка чувствительного элемента из изолированного провода. Трубка также содержит электроизолирующий слой, нанесенный поверх катушки чувствительного элемента и внутреннего диэлектрического слоя. Диэлектрическая трубка выполнена из полимера и имеет наружный диаметр, равный или больший внутреннего диаметра металлической трубки, образующей внешний слой термопреобразователя. Способ изготовления термопреобразователя сопротивления предполагает намотку катушки провода на диэлектрическую трубку. При этом перед намоткой катушки диэлектрическую трубку удлиняют путем вытягивания вдоль продольной оси до диаметра, меньшего внутреннего диаметра металлической трубки. После намотки производят защиту провода катушки электроизолирующим слоем, диэлектрическую трубку помещают внутрь металлической трубки и производят нагрев всей конструкции до момента сжатия диэлектрической трубки до образования единого многослойного элемента. Технический результат - повышение точности измерений и надежности измерителя [9].

6) Изобретение относится к области температурных измерений и может быть использовано в качестве датчика температуры биологических и физических объектов. Предложено устройство для измерения температуры, содержащее мостовую схему для компенсации температуры холодного спая, источник стабилизированного питания, терморезистор, делитель напряжения, состоящий из

потенциометра и резистора, включенного в диагональ питания моста, причем отрицательный электрод термопары и средняя точка делителя напряжения подключены к измерительной диагонали моста. Устройство дополнительно снабжено преобразователем напряжения в частоту, реверсивным счетчиком импульсов, двоичным умножителем частоты, делителем частоты, вычитающим устройством, двухвходовой логической схемой «ИЛИ» и двумя цифровыми управляемыми сопротивлениями, кодовые входы которых соответственно связаны с выходами прямого и обратного кодов реверсивного счетчика, а движок потенциометра через входную цепь преобразователя напряжения в частоту соединен с положительным электродом термопары. Второй вход схемы вычитания связан с выходом двоичного умножителя, входы одного операнда которого связаны с выходами реверсивного счетчика, а входы другого операнда связаны с выходами делителя частоты, вход которого связан с шиной опорной частоты. Суммирующий вход реверсивного счетчика связан с выходом преобразователя напряжения в частоту, а вычитающий вход реверсивного счетчика соединен с выходом двоичного умножителя, при этом первый вход вычитающего устройства подключен к выходу преобразователя напряжения в частоту, два выхода вычитающего устройства соединены с входами двухвходовой логической схемы «ИЛИ» и знаковыми выходами скорости изменения температуры устройства, а выход схемы «ИЛИ» соединен с выходом регистрации величины скорости изменения температуры. Выход прямого кода реверсивного счетчика подключен к выходу регистрации значения измеряемой температуры устройством, одно цифровое управляемое сопротивление включено между первым выводом потенциометра и средней точкой делителя напряжения, а второе - последовательно между вторым выводом потенциометра и клеммой питания делителя источника стабилизированного питания. Технический результат - повышение быстродействия и надежности устройства, а также расширение функциональных возможностей - определение наряду с измеряемой температурой скорости ее изменения [10].

7) Использование: техника для измерения и регулирования температуры. Сущность изобретения: устройство содержит оптическую систему, включающую

конденсор, неподвижное зеркало, объектив и диафрагму с прямоугольным отверстием для формирования светового указателя и с отверстием, которое выполнено в копьевидной форме, для формирования светового копира в копьевидной форме. Световой копир такой формы, взаимодействуя со светочувствительным элементом в форме прямоугольника, обеспечивает пропорциональный выходной сигнал светочувствительного элемента на управляющую схему. Предлагаемое устройство повышает точность регулирования и надежность работы исполнительных элементов [11].

8) Устройство для измерения температуры, содержащее кабельный термоэлектрический преобразователь с термоэлектродами, выводами термоэлектродов и рабочим спаем, корпус, выполненный в виде гильзы с заглушкой на конце и расположенным внутри термопарным кабелем, отличающееся тем, что содержит не менее двух кабельных термоэлектрических преобразователей, а корпус имеет не менее чем два отверстия, к каждому из которых дополнительно герметично приварена бобышка с заглушкой на конце, причем термопарные кабели, расположенные внутри корпуса, протянуты через отверстия в корпусе, так что каждый рабочий спай герметично закреплен в бобышке [12].

9) Изобретение относится к оптоэлектронным измерительным устройствам и может быть использовано для бесконтактного измерения температуры объекта по его излучению. Устройство включает фокусирующую оптическую систему (2), фотодетектор (1), совмещенный с изображением измеряемой области (4) объекта (5), по меньшей мере три полупроводниковых излучателя (3) видимого диапазона спектра, расположенных вокруг оптической оси фокусирующей оптической системы (2). Полупроводниковые излучатели (3) видимого диапазона спектра излучения расположены по границе изображения измеряемой области (4) объекта (5). Технический результат - повышение точности и воспроизводимости результатов измерений температуры объекта радиационными методами за счет точного воспроизведения (визуализации) контура измеряемой области на поверхности объекта [13].

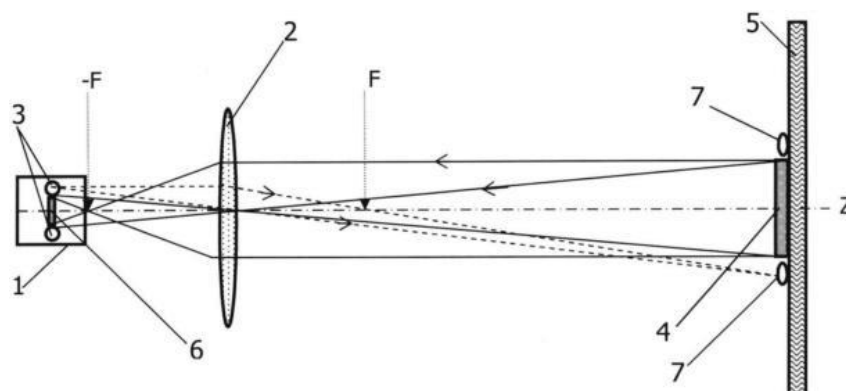


Рисунок 2.2 – Рисунок к патенту 2622239

10) Изобретение относится к устройствам для измерения и контроля температуры. Устройство содержит термпреобразователь сопротивления с трехпроводной линией связи, измерительный усилитель, формирователь тока, резистор установки нуля, цепь уставки из последовательно соединенных задатчика кода, цифроаналогового преобразователя и первого сумматора, компаратор, неинвертирующий и инвертирующий усилители, второй сумматор и ключ. При этом аналоговый умножающий вход цифроаналогового преобразователя подключен к первому входу второго сумматора и через неинвертирующий усилитель к выводу резистора установки нуля. Второй вход второго сумматора подключен к выходу цифроаналогового преобразователя, выход второго сумматора подключен к дополнительному входу первого сумматора через последовательно соединенные инвертирующий усилитель и ключ, управляющий вход которого подключен к выходу компаратора, вход которого соединен с выходом первого сумматора. Изобретение позволяет повысить точность контроля температуры и расширить функциональные возможности устройства [14].

2.2.4 Заключение по поиску

Проработка патентного поиска показала, существуют различные устройства для измерения температуры. Каждое из устройств имеет свою классификацию по

способу измерения. Все найденные аналогичные устройства отличаются принципом работы.

Первый, пятый и десятый патенты описывают работу термопреобразователя сопротивления. Второй патент описывает датчик температуры, который имеет сенсор, аналогово-цифровой преобразователь для преобразования выходного сигнала от сенсора в цифровой формат, микропроцессор для компенсации оцифрованного выходного сигнала. Третий и четвертый патенты описывают принцип работы пирометрического датчика температуры. Шестой патент описывает устройство для измерения температуры с термопарами. Седьмой патент описывает устройства оптического термопреобразователя. Восьмой патент устройство для измерения температуры, содержащее кабельный термоэлектрический преобразователь с термоэлектродами, выводами термоэлектродов и рабочим спаем. Девятый патент описывает принцип бесконтактного измерения температуры.

Проанализировав различные датчики температуры, их принцип действия и дополнительные возможности, можно сделать вывод, что наиболее подходящий датчик под требования разрабатываемого проекта будет термопреобразователь сопротивления с унифицированным выходным сигналом.

3 Разработка системы интеллектуального управления основанного на нейронных сетях

Системы управления на основе искусственных нейронных сетей (НС) – один из ярких примеров управления, когда принципы функционирования и управления эффективно использованы для создания нового поколения систем управления техническими системами.

Проблемы применения нейронных сетей на практике связаны с выбором типа нейронов, количества слоев и структуры сети для решения конкретной задачи с требуемой точностью.

Регуляторы на основе НС эффективны в случаях, когда создание адекватной аналитической модели исполнительной системы и синтез на ее основе затруднен. Такая ситуация может быть обусловлена целым рядом факторов, среди которых наиболее распространенными являются:

- переменность параметров и структуры самой системы;
- сложные физические (в частности, динамические) взаимосвязи между элементами системы;
- технические и методические проблемы с постановкой и проведением экспериментальных исследований на реальных объектах для идентификации параметров математической модели с необходимой точностью.

Нейрорегуляторы позволяют управлять технологическим процессом на базе накопленных знаний.

3.1 Постановка задачи и обоснование необходимости её решения на основе интеллектуализации управлений

В настоящее время химическим и нефтехимическим предприятиям приходится функционировать в сложных финансово-экономических условиях. В связи с этим организациям необходимо максимизировать продуктивность своей деятельности. Главной целью процесса увеличения результативности является

максимально эффективная организация деятельности предприятия на всех уровнях, которая позволит оптимизировать технологические процессы с целью улучшения качества готового продукта.

Показателями качества в процессе переработки сточных вод производства цеолитов с получением сульфата аммония и гидроксида натрия на основе водных растворов сульфата натрия и аммиака являются соответственно концентрации сульфата аммония и гидроксида натрия, поскольку являются конечными продуктами. Однако, сульфат аммония и гидроксид натрия, получаемые в качестве продуктов, содержат в своем составе свободный аммиак. Концентрация аммиака в гидроксиде натрия доходит до 5,7 г/л, а концентрация аммиака в сульфате аммония достигает 54,6 г/л. Очевидно, перед использованием этих веществ их необходимо подвергнуть нагреву для извлечения из них аммиака.

К задачам нейрорегулирования относятся:

- выбор оптимального значения силы тока в электродиализаторе;
- определение необходимого расхода гидроксида аммония для процесса электродиализа.

3.2 Выбор метода интеллектуального управления

Методы интеллектуального управления актуальны при невозможности установить и скорректировать до необходимой степени точности модель системы. Имеющуюся неопределенность возмущений и характеристик компенсируют за счет внедрения в систему управления некоторого заимствуемого у человека «знания».

Система управления является интеллектуальной, если она ориентирована на использование привносимой от человека информации для компенсации разного рода неопределенностей.

В качестве метода интеллектуального управления выберем автоматический режим, т.е. без участия человека, в котором принятие решения выполняется с использованием баз данных (таблица 3.1).

База данных для обучения нейронной сети основана исходя из материального баланса.

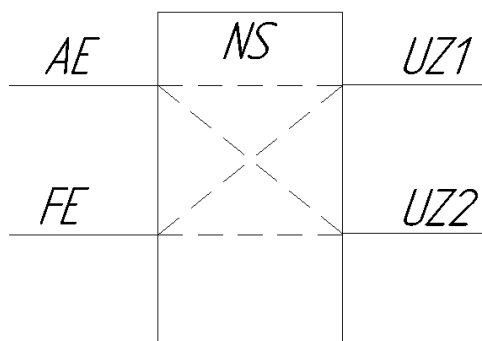


Рисунок 3.1 – Концептуальная модель

Входные переменные:

AE – концентрация сульфата натрия в сточных водах, г/л, диапазон значений 0-45 г/л.

FE – расход гидроксида аммония, подаваемого в электродиализатор, м³/ч, диапазон значений рассчитывается исходя из материального баланса.

Выходные переменные:

UZ1 – регулируемый выпрямитель, В.

UZ2 – частотный преобразователь, об/мин.

Массу сульфата натрия после обработки m , вычисляют по формуле:

$$m_{Na_2SO_4} = (m_H - m_R) \cdot V, \quad (3.1)$$

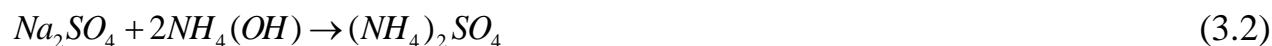
где m_H – содержание вещества в исходном растворе, кг/м³;

m_R – содержание вещества в растворе после обработки, кг/м³;

V – объем стока, м³/сут.

$$m_{Na_2SO_4} = \frac{(45 - 0,62) \cdot 20}{24} = 36,98 \text{ кг} / \text{ч}$$

Извлечение сульфата натрия из стока протекает по следующей реакции:



Зная массу сульфата натрия определим массу требуемого гидроксида аммония по формуле:

$$m_{NH_4OH} = \frac{2 \cdot M_{NH_4OH} \cdot m_{Na_2SO_4}}{M_{Na_2SO_4}} \quad (3.3)$$

где M_{NH_4OH} – молярная масса NH_4OH ;

$m_{Na_2SO_4}$ – масса Na_2SO_4 ;

$M_{Na_2SO_4}$ – молярная масса, Na_2SO_4 .

$$m_{NH_4OH} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 36,98}{142} = 18,23 \text{ кг} / \text{ч}$$

Определим начальный расход 25 % раствора аммиака, плотность которого равна 900 кг/м³:

$$Q_{нач} = \frac{100}{\rho} \quad (3.4)$$

$$Q_{нач} = \frac{100}{900} = 0,111 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Требуемый расход на массу аммиака, вычисленную по формуле (3.3), определим следующим образом:

$$Q_{NH_4OH} = \frac{Q_{нач} \cdot m_{NH_4OH}}{m_{0NH_4OH}} \quad (3.5)$$

где m_{0NH_4OH} – начальная масса гидроксида аммония, содержащаяся в 0,111 м³

$$Q_{NH_4OH} = \frac{0,111 \cdot 18,23}{25} = 0,081 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Силу тока I_1 , необходимую для извлечения массы вещества, вычисляют по формуле:

$$I_1 = \frac{m_{Na_2SO_4} \cdot F}{\mathcal{E} \cdot t \cdot \eta} \quad (3.6)$$

где $m_{Na_2SO_4}$ – масса вещества полученного электролизом, кг;

F – число Фарадея, $F = 96500$ Кл/г-экв = 26,8 А·ч/ г-экв;

\mathcal{E} – электрохимический эквивалент вещества, г;

t – время работы аппарата, с;

η – выход по току.

$$I_1 = \frac{36,98 \cdot 26,8}{71 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 0,91} = 15339 \text{ А}$$

Сила тока, необходимая для 1 ячейки электролизатора:

$$I = \frac{I_1}{N}, \quad (3.7)$$

где N – количество ячеек.

$$I = \frac{15339}{135} = 113,6 \text{ А}$$

Согласно экспериментальным данным, сопротивление ячейки промышленного аппарата $R = 0,017 \text{ Ом}$

Напряжение, которое необходимо поддерживать в аппарате, рассчитывается по формуле (3.8):

$$U = I \cdot R \cdot N \quad (3.8)$$

$$U = 113,6 \cdot 0,017 \cdot 135 = 260,7 \text{ В}$$

Частота вращения двигателя рассчитывается по формуле (3.9):

$$n = 2900 \cdot (Q_{\text{тек}}/Q_{\text{NH}_4\text{OH}}) \quad (3.9)$$

Таблица 3.1 – База данных для обучения нейронной сети

A Na ₂ SO ₄	F Na ₂ SO ₄ , м ³ /ч	Частотный преобразователь	Выпрямитель
1	2	3	4
45	0,8	2898,1	260,7
44	0,8	2832,8	254,9
39	0,8	2506,3	225,5
29	0,8	1853,3	166,8
28	0,8	1788,0	160,9
27	0,8	1722,7	155,0
26	0,8	1657,4	149,1
25	0,8	1592,1	143,3
24	0,8	1526,8	137,4
...
45,0	0,04	144,9	13,0
44,0	0,04	141,6	12,7
43,0	0,04	138,4	12,5
42,0	0,04	135,1	12,2
41,0	0,04	131,8	11,9
40,0	0,04	128,6	11,6

3.3 Разработка модели

Для построения и обучения НС воспользуемся встроенным инструментом NNTool среды MATLAB.

Чтобы запустить NNTool, необходимо выполнить одноименную команду в командном окне MATLAB:

```
>>nntool
```

После этого появится главное окно «Окно управления сетями и данными» (Network/Data Manager). Загрузка базы данных для обучения осуществляется через импортирование из рабочей области MATLAB (Import from MATLAB workspace).

Во вкладке Network окна создания нейронной сети (рисунок 3.2) можно выбрать тип нейронной сети (Network Type), диапазон входных значений (Input data), функцию тренировки сети (Training function), адаптивную функцию обучения (Adaption learning function), функцию ошибки (Performance function), количество слоев нейронной сети (Number of Layers) и для каждого слоя указать количество нейронов (Number of neurons) и активационную функцию (Transfer Function).

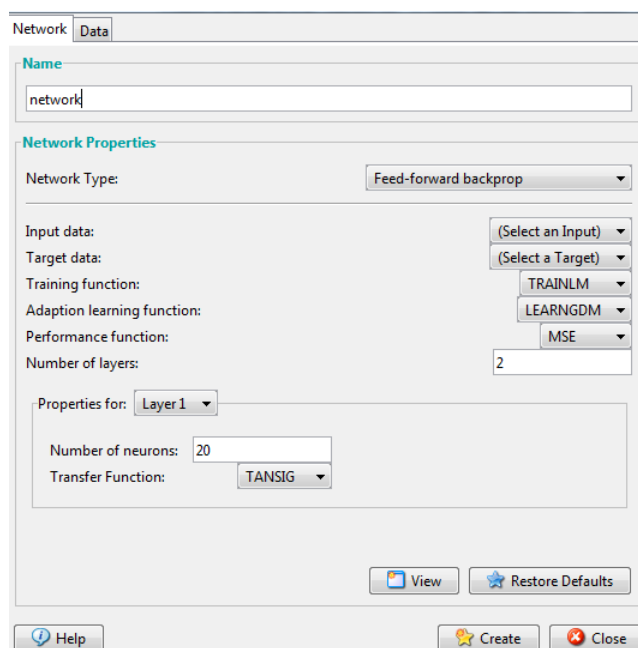


Рисунок 3.2 – Вкладка Network окна создания нейронной сети

Рассмотрим несколько типов нейронной сети, а именно:

- 1) Feed-forward backprop.
- 2) Cascade- forward backprop.

Спроектируем прямонаправленную нейронную сеть обратного распространения ошибки с диапазоном входных переменных [inp] (количество входных значений равно 2), и двумя слоями (не считая входного слоя). В первом слое задали 10 нейронов и функцию активации в виде нелинейной передаточной функции.

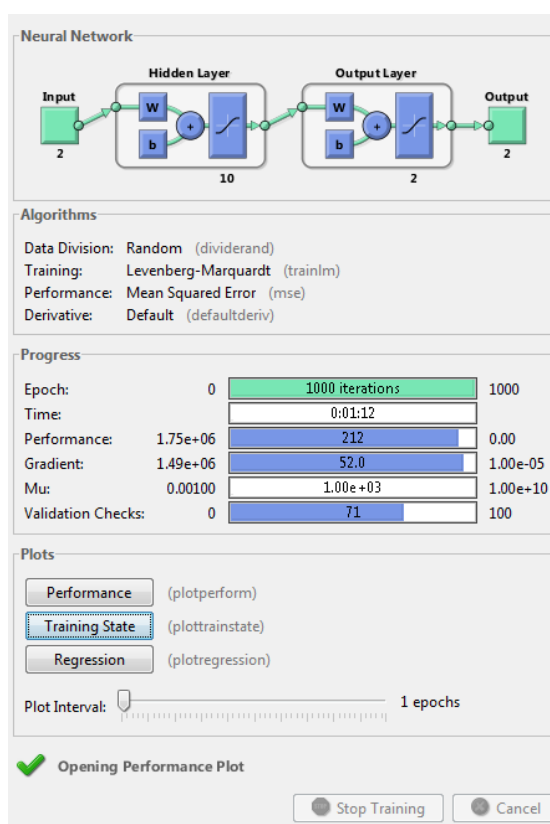


Рисунок 3.3 – Структура построенной нейронной сети с 10-ю нейронами

Во время обучения нейронной сети можно наблюдать, как изменяется ошибка обучения (рисунок 3.4).

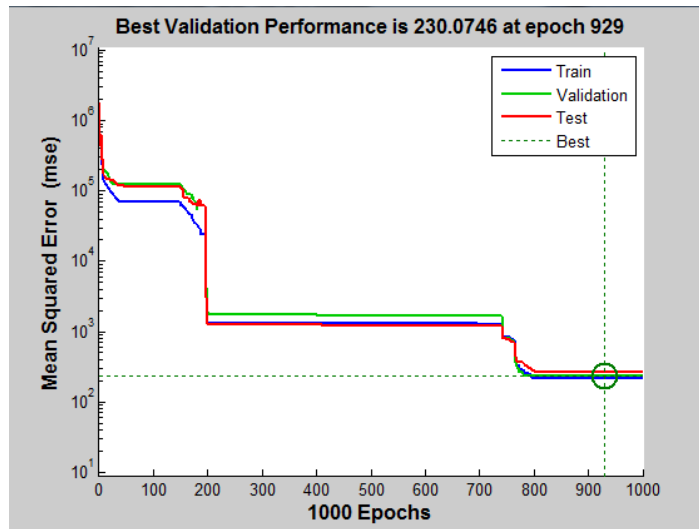


Рисунок 3.4 – Графики обучения нейронной сети

Спроектируем прямонаправленную нейронную сеть обратного распространения ошибки с диапазоном входных переменных [inp] (количество входных значений равно 2), и двумя слоями (не считая входного слоя). В первом слое задали 20 нейронов и функцию активации в виде нелинейной передаточной функции.



Рисунок 3.5 – Структура построенной нейронной сети с 20-ю нейронами

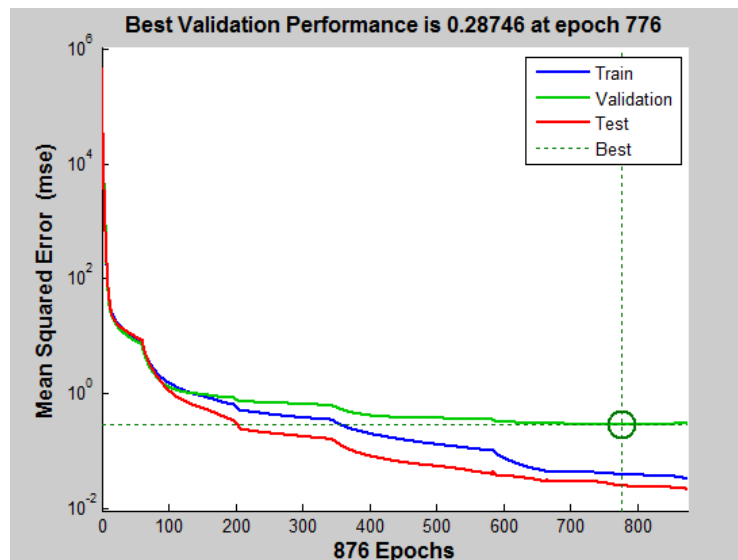


Рисунок 3.6 – Графики обучения нейронной сети

Спроектируем прямонаправленную нейронную сеть обратного распространения ошибки с диапазоном входных переменных [inp] (количество входных значений равно 2), и двумя слоями (не считая входного слоя). В первом слое задали 30 нейронов и функцию активации в виде нелинейной передаточной функции.

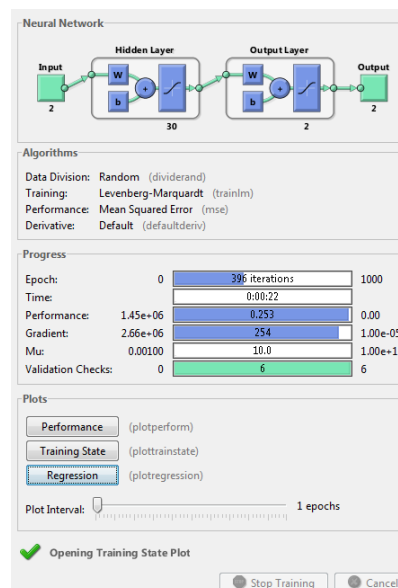


Рисунок 3.7 – Структура построенной нейронной сети с 30-ю нейронами

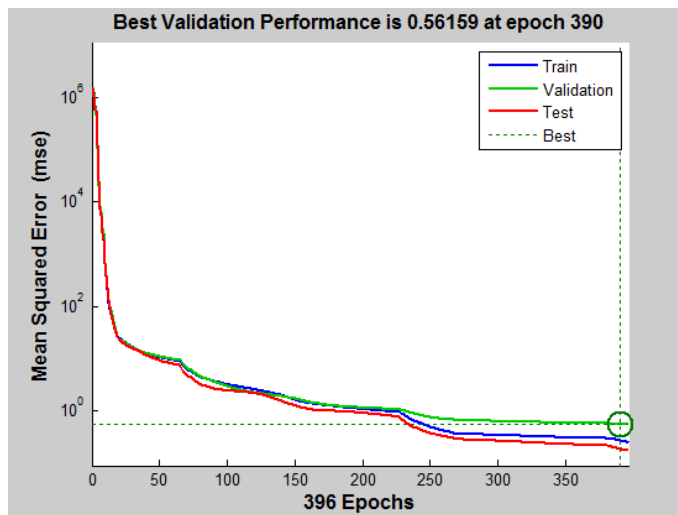


Рисунок 3.8 – Графики обучения нейронной сети

Спроектируем каскадную нейронную сеть обратного распространения ошибки с диапазоном входных переменных [inp] (количество входных значений равно 2), и двумя слоями (не считая входного слоя). В первом слое задали 10 нейронов и функцию активации в виде нелинейной передаточной функции.

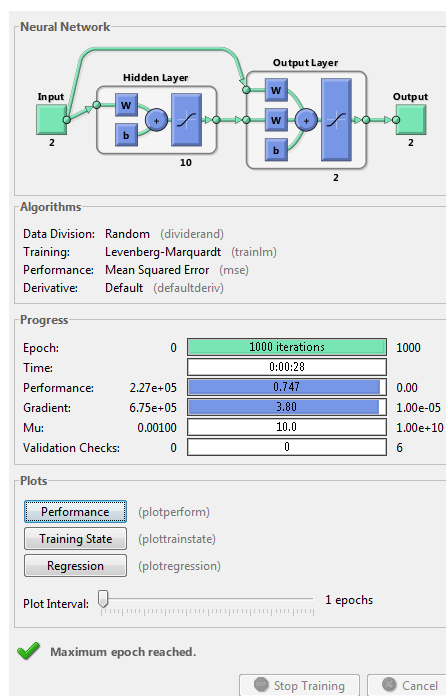


Рисунок 3.9 – Структура построенной нейронной сети с 10-ю нейронами

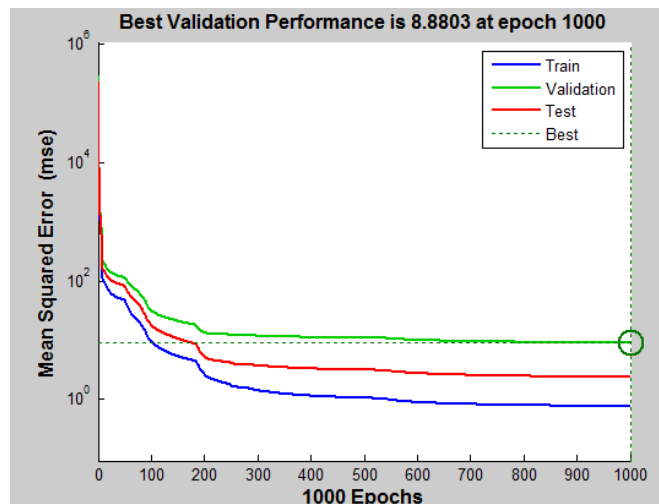


Рисунок 3.10 – Графики обучения нейронной сети

Спроектируем каскадную нейронную сеть обратного распространения ошибки с диапазоном входных переменных [inp] (количество входных значений равно 2), и двумя слоями (не считая входного слоя). В первом слое задали 20 нейронов и функцию активации в виде нелинейной передаточной функции.

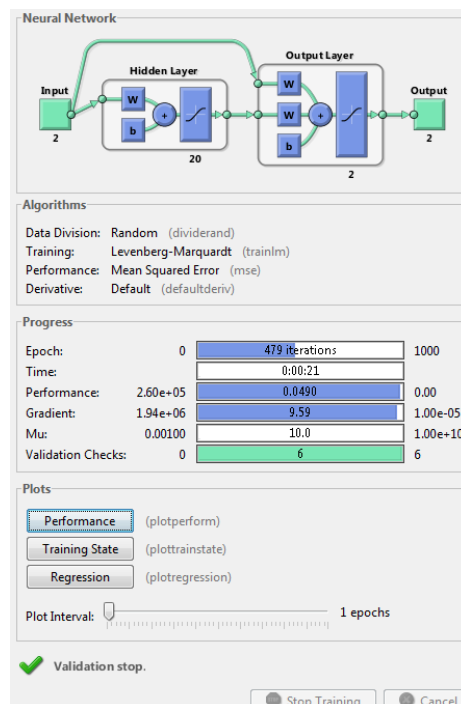


Рисунок 3.11 – Структура построенной нейронной сети с 20-ю нейронами

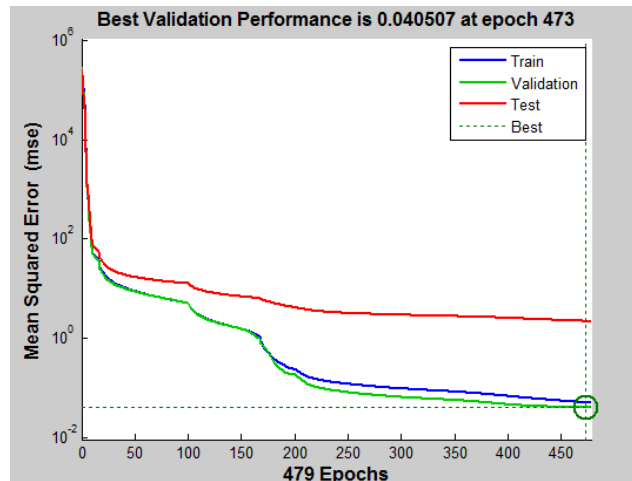


Рисунок 3.12 – Графики обучения нейронной сети

Спроектируем каскадную нейронную сеть обратного распространения ошибки с диапазоном входных переменных [inp] (количество входных значений равно 2), и двумя слоями (не считая входного слоя). В первом слое задали 30 нейронов и функцию активации в виде нелинейной передаточной функции.



Рисунок 3.13 – Структура построенной нейронной сети с 30-ю нейронами

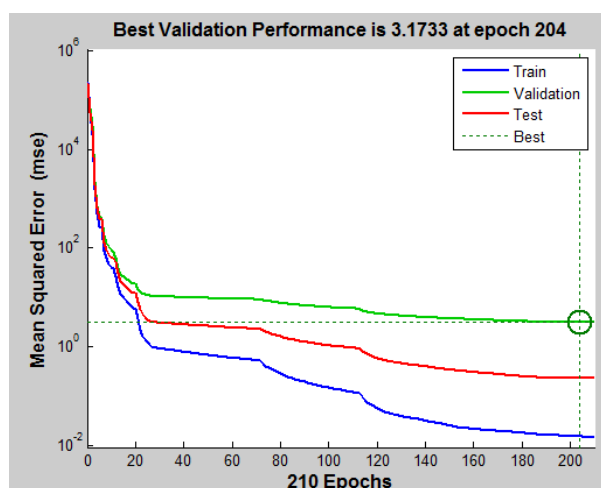


Рисунок 3.14 – Графики обучения нейронной сети

Сравним полученные результаты и занесем в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Сравнение обучения нейронных сетей

Тип нейронной сети	Количество нейронов	СКО	Время обучения, с
1	2	3	4
Feed-forward backprop	10	230,07	72
Feed-forward backprop	20	0,287	33
Feed-forward backprop	30	0,562	22
Cascade- forward backprop	10	8,88	28
Cascade- forward backprop	20	0,04	21
Cascade- forward backprop	30	3,1733	11

Сети с двадцатью нейронами в скрытом слое имеют относительно адекватный характер из следующих соображений, что из графиков, представленных на рисунках 3.5 и 3.12, видно, что:

- заключительная среднеквадратичная ошибка (СКО) мала;
- переобучения не произошло.

Вышеперечисленные факторы подтверждают, что нами правильно создана база данных для обучения, а также выбраны правильные параметры при создании

нейронной сети. Таким образом, предложенный нами метод регулирования процессом переработки сточных вод с помощью нейронной сети, может быть взят за основу дальнейшей разработки системы управления.

3.4 Моделирование АСР с интеллектуальным управлением и её тестирование

Тестирование нейронной сети проведем с помощью команды «sim».

Использование команды «sim», задаваемой в командной строке системы MATLAB, позволяет моделировать процессы в системах, модели которых заданы в системе Simulink. Эта процедура обеспечивает доступ к переменным состояния системы, повторный запуск процесса моделирования с измененными параметрами, входными воздействиями и начальными условиями.

```
>> t=sim(Feed20,test)
t =
    1.0e+003 *
    2.701907786413285
    0.243174979355136

>> t=sim(Cascade20,test)
t =
    1.0e+003 *
    2.703098101238061
    0.243254967874189
```

Рисунок 3.15 – Тестирование нейронных сетей Feed20 и Cascade20

Таблица 3.3 – Сравнение значений тестирования нейронных сетей

Наименование сети	Значение	Абсолютная погрешность
1	2	3
Feed20	2701,9	0,3
	243,17	0,03
Cascade20	2703,1	0,9
	243,25	0,05

Согласно таблице 3.3 с тестированием лучше справилась нейросеть Feed20, поэтому дальнейшая работа будет основана именно на этой нейросети.

Моделирование нейронной сети осуществляется с помощью среды моделирования Simulink, входящей в состав Matlab.

Построить модель НС и отобразить схему можно командой gensim(Feed20).

Для того чтобы задать входные значения был использован функциональный блок Constant. Объединение двух входных значений произведено с помощью блока Mux. Для отображения выходных значений использован блок Display. Разъединение одного сигнала в два произведено с помощью блока Demux.

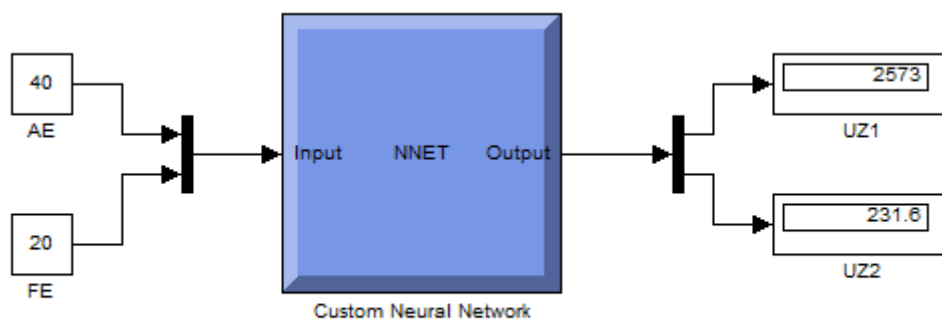


Рисунок 3.16 – Структурная схема созданной нейронной сети в среде Simulink

Моделирование нейронной сети показало адекватный результат, что говорит о возможности дальнейшего подключения нейросетевого блока со средой разработки программного кода управления программируемым логическим контроллером Modicon M340 через OPC-сервер.

4 Основные технические решения по автоматизации процесса переработки стока с получением сульфата аммония и гидроксида натрия

4.1 Выбор приборов и средств автоматизации

При выборе приборов и технических средств автоматизации необходимо учитывать характер технологического процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, токсичность и агрессивность окружающей среды; параметры и физико-химические свойства измеряемой среды; дальность передачи сигналов информации от места установки измеряемых преобразователей до пунктов контроля и управления. Требования к качеству работы системы автоматического контроля включают в себя основные метрологические данные: точность измерения; порог чувствительности; быстродействие системы.

В дипломном проекте возникают ограничения предварительным выбором и обоснованием приборов и измерительных преобразователей исходя из основных метрологических характеристик (диапазон измерения), условий технологического процесса (свойства измеряемой среды, агрессивность среды, физико-химические свойства и т.д.), условия согласования входных и выходных сигналов в системе управления (измерительный преобразователь – контроллер, контроллер – исполнительный механизм).

4.1.1 Перечень регулируемых технологических параметров

Таблица 4.1 – Перечень регулируемых параметров

Наименование измеряемой величины	Поз. на ФСА	Ед. изм.	Пределы	Регулирующий орган
1	2	3	4	5
1) Расход аммиачной воды в электролизатор поз. 5	FE 1-1	м ³ /ч	0-0,08	Частотный преобразователь NS 2-2
2) Расход пара в теплообменники Т1,2	FE 13-1	м ³ /ч	0-15	Регулирующий клапан 13-3

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
3) Уровень аммиачной воды в емкости поз.1	LT 4-1	%	10-90	Запорно-регулирующий клапан 4-2, Частотный преобразователь NS 4-3, Регулирующий клапан 5-2
4) Уровень сульфата натрия в емкости поз.2	LT 2-1	%	10-90	Запорно-регулирующий клапан 2-3, Частотный преобразователь NS 2-2
5) Уровень гидроксида натрия в теплообменнике поз. T1	LT 7-1	%	10-90	Регулирующие клапаны 7-2, 7-3
6) Уровень сульфата аммония в теплообменнике поз. T2	LT 8-1	%	10-90	Регулирующие клапаны 8-2, 8-3
7) Уровень раствора в электролизаторе поз. 5	LT 3-1	%	10-90	Частотные преобразователи NS 2-2, NS 4-3, Регулирующие клапаны 7-2, 8-2
8) Уровень аммиачной воды в емкости поз.3	LT 5-1	%	10-90	Регулирующие клапаны 5-2, 5-3
9) Напряжение выпрямителя поз.15	EE 15-1	В	0-288	Выпрямитель
10) Температура раствора в теплообменнике T1	TE 9-1	°С	40-80	Регулирующий клапан 13-3
11) Температура раствора в теплообменнике T2	TE 12-1	°С	40-80	Регулирующий клапан 13-3
12) Концентрация аммиака в теплообменнике поз. T1	AE 10-1	г/л	0-6	Регулирующий клапан 13-3
13) Концентрация аммиака в теплообменнике поз. T2	AE 11-1	г/л	0-55	Регулирующий клапан 13-3
14) Концентрация аммиака в ёмкости поз. E3	AE 6-1	г/л	0-25	Регулирующий клапан 5-3
15) Концентрация аммиака в области рабочей зоны	AE 19-1	мг/м ³	0-20	Вентиляция

4.1.2 Перечень контролируемых параметров

Для осуществления оперативного управления возникает необходимость контроля наиболее важных выходных параметров процесса, приведенных в таблице 4.1.

Контролируемые величины выбирают так, чтобы их число было минимальным, но чтобы при этом обеспечивалось наиболее полное представление о ходе протекания технологического процесса. Перечень контролируемых параметров приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Перечень контролируемых параметров

Наименование измеряемой величины	Поз. на ФСА	Ед. изм.	Пределы
1	2	3	4
1) Расход аммиачной воды в электролизер поз. 5	FE 1-1	м ³ /ч	0-0,08
2) Расход сульфата натрия в электролизер поз. 5	FE 17-1	м ³ /ч	0-0,83
3) Расход пара в теплообменники Т1,2	FE 13-1	м ³ /ч	0-15
4) Уровень аммиачной воды в емкости поз. Е-1	LT 4-1	%	10-90
5) Уровень сульфата натрия в емкости поз. Е-2	LT 2-1	%	10-90
6) Уровень гидроксида натрия в теплообменнике поз. Т1	LT 7-1	%	10-90
7) Уровень сульфата аммония в теплообменнике поз. Т2	LT 8-1	%	10-90
8) Уровень раствора в электролизере поз. 5	LT 3-1	%	10-90
9) Уровень аммиачной воды в емкости поз. Е-3	LT 5-1	%	10-90
10) Напряжение выпрямителя поз. 15	EE 15-1	В	0-288
11) Сила тока в электролизере поз. 5	IE 16-1	А	113,6
12) Температура сырья в теплообменнике поз. Т1	TE 9-1	°С	40-80
13) Температура сырья в теплообменнике поз. Т2	TE 12-1	°С	40-80
14) Концентрация аммиака в теплообменнике поз. Т1	AE 10-1	г/л	0-6
15) Концентрация аммиака в теплообменнике поз. Т2	AE 11-1	г/л	0-55
16) Концентрация аммиака в емкости поз. Е3	AE 6-1	г/л	10-55
17) Концентрация аммиака в области рабочей зоны	AE 19-1	мг/м ³	0-20
18) Концентрация сульфата натрия в емкости поз. 2	AE 18-1	г/л	0-45
19) Концентрация гидроксида аммония в емкости поз. 1	AE 14-1	г/л	0-25

От правильности выбора технологических параметров контроля зависят технико-экономические показатели производства. Выбранные в данном случае параметры контроля обеспечивают максимальный выход целевых продуктов и их высокое качество.

4.1.3 Приборы для контроля технологических параметров

При выборе приборов контроля руководствуемся следующими положениями:

- 1) приборы должны обеспечивать необходимую точность измерения, быть достаточно быстродействующими и надежными в работе;
- 2) показывающие приборы должны иметь наглядную шкалу и указатель, самопишущие приборы должны регистрировать показания в виде четкой линии;
- 3) местные приборы должны быть легкодоступными для наблюдения за их показаниями;
- 4) погрешность датчиков и вторичных приборов не должна превышать допустимых значений.

Для измерения температуры сырья в теплообменниках Т1 и Т2 использовался термопреобразователь сопротивления с выходным сигналом 4...20 мА [15].



Рисунок 4.1 – Термопреобразователь сопротивления ТСМУ-16

Датчик температуры ТСМУ-16 (термопреобразователь) с унифицированным выходным сигналом 4-20мА используются в системах автоматического контроля и регулирования АСУ ТП; предназначены для измерения температуры жидких и газообразных сред и непрерывного преобразования измеренного значения в унифицированный токовый выходной сигнал (УВС) 4...20мА. Класс точности 0,5%.

Термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом ТСМУ-16,

состоит из термометра сопротивления (ТС) и измерительного преобразователя (ИП), вмонтированного в коммутационную головку термопреобразователя. Значение измеряемой температуры преобразуется термосопротивлением в сигнал электрического сопротивления и поступает на вход ИП, который преобразует его в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20мА. В качестве ИП используется программируемый микроконтроллер.

Принцип действия термометра сопротивления ТСМУ-16 основан на свойстве металлов изменять электрическое сопротивление под воздействием температуры.

Таблица 4.3 – Основные метрологические параметры датчика температуры ТСМУ-16

Параметр 1	Характеристики 2
Диапазон измеряемых температур	от – 50 до + 150 °С
Зависимость выходного сигнала от температуры	линейная
Диапазон изменения выходного сигнала	от 4 до 20 мА
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности	± 0,5 %
Пределы допускаемой дополнительной погрешности, вызванной воздействием повышенной относительной влажности в диапазоне свыше 80 до 95 %, не более	± 0,75 %
Рабочие условия эксплуатации: температура окружающего воздуха, Т°С, относительная влажность воздуха, атмосферное давление.	от – 40 до + 50 °С от 30 до 80 % от 84 до 106,7 кПа
Параметры электропитания: напряжение постоянного тока, потребляемая мощность, не более	24 ± 2 В 0,8 Вт
Сопротивление нагрузки	от 200 до 800 Ом
Электрическое сопротивление изоляции измерительной цепи относительно корпуса, не менее	20 МОм
Степень защиты от воды, твердых тел по ГОСТ 14254 (пылеводозащита)	IP65
Средняя наработка на отказ (ресурс)	10000 ч
Средний срок службы, не менее	5 лет

В качестве измерения уровня использовался микроимпульсный уровнемер Endress+Hauser Levelflex FMP54 (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Микроимпульсный уровнемер Endress+Hauser Levelflex FMP54

Levelflex FMP54 предназначен для непрерывного измерения уровня жидкостей в экстремальных условиях. Рабочее соединение с керамико-графитовым уплотнением обеспечивает применение при высокой температуре и давлении в паровых котлах и токсичных средах, например, аммиаке. Газонепроницаемое уплотнение является дополнительным условием безопасности. Только функция компенсации газовой фазы FMP54 обеспечивает стабильные показания при наличии газовой и паровой фазы. Стабильные показания в случае турбулентной поверхности, пенообразования и меняющихся сред [16].

Преимущества:

- стабильные показания даже при изменении продукта и рабочих условий;
- система управления данными HistoROM для быстрой и простой пусконаладки, обслуживания и диагностики;
- стабильность показаний благодаря инновационной технологии Multi-Echo Tracking;
- программное и аппаратное обеспечение разработано и сертифицировано в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61508 (IEC 61508) для применения в контурах ПАЗ SIL2/SIL3;

- технология Heartbeat Technology для эффективной и безопасной эксплуатации завода на протяжении всего жизненного цикла;
- простая интеграция в системы управления или системы технологического учета и интуитивно-понятное управление (на месте или через систему управления);
- простота контрольных испытаний на соответствие SIL и WHG экономит время и средства.

Таблица 4.4 – Технические характеристики

Характеристика	Значение
1	2
Марка	ENDRESS+HAUSER (Германия)
Тип прибора	уровнемер (датчик уровня)
Способ измерения	Контактный
Измеряемая среда	Жидкие продукты
Жидкая среда	агрессивная жидкость; неагрессивная жидкость
Режим измерений	непрерывное измерение
Функции	измерение уровня; измерение уровня раздела сред
Диапазон измерения для жидкости	0...6 м; 0...10 м; 0...45 м
Длина чувствительного элемента	6 м; 10 м; 45 м
Температура контролируемой среды	-196...450 С
Температура окружающей среды для датчика	-40...80 С
Максимальное давление контролируемой среды	40 МПа
Точность измерения	2 мм; 10 мм
Выходные сигналы	Токовый 4-20 мА; HART
Тип присоединения	Фланец; Резьба
Количество уровней сигнализации	0

Для измерения концентрации аммиака используется анализатор растворенного аммиака Analytical Technology Q46N.

Анализатор аммиака производства компании АТІ обеспечивает высокую стабильность измерений, что позволяет избежать применения сложной калибровки [17].



Рисунок 4.3 – Analytical Technology Q46N

Таблица 4.5 – Технические характеристики

Измеряемый параметр	Общий аммиак (NH ₃ или NH ₃ -N) Свободный аммиак, монохлорамины (NH ₂ Cl или NH ₂ Cl-N)
1	2
Тип датчика	Амперометрическая мембранная ячейка
Диапазон измерений	Общий аммиак: 0-5.00 PPM Монохлорамин: 0-10.00 PPM
Время отклика	90% за 180 сек
Точность	± 0.05 PPM или 2% от всей шкалы
Чувствительность	0.01 PPM
Стабильность нуля	± 0.01 PPM в месяц
Аналоговые выходы	2 изолированных 4-20 мА, 575 Ом max
Питание	220 В, 50 Гц
Реле сигнализации	3 SPDT реле, 5А @ 230 VAC
Цифровой выход	опционально (протоколы Profibus-DP, Modbus-RTU (TCP/IP) или Ethernet-IP)
Корпус	NEMA 4X, поликарбонат, монтаж на стену

Для определения натрия в растворах используется анализатор натрия промышленный

Измерительный прибор обеспечивает цифровую индикацию и графическое отображение измеренных параметров, их преобразование в унифицированные выходные токовые сигналы, обмен данными с компьютером по интерфейсу, сигнализацию и архивирование.



Рисунок 4.4 – Анализатор натрия АН-7101

Таблица 4.6 – Технические характеристики

Диапазон измерений активность ионов натрия рNa:	
- с электродом NAB15XX	(2,36...8,36) рNa
- с электродами ЭС-10-07 и ЭЛИС-212Na/3	(2,36...7,5) рNa
Диапазон измерений концентрации ионов натрия С _{Na} :	
- с электродом NAB15XX	(0,1...100000) мкг/дм ³
- с электродами ЭС-10-07 и ЭЛИС-212Na/3	(0,7...100000) мкг/дм ³
Предел допускаемого значения основной абсолютной погрешности:	
- при измерении рNa	не более ±0,05 рNa
- при концентрации ионов натрия С _{Na}	± (0,1 + 0,1×А) мкг/дм ³ , где А - показания анализатора
- при измерении рН	не более ±0,1 рН
- при измерении температуры	±0,3 °С
Параметры выходных сигналов:	
- два аналоговых	(0...5), (0...20), (4...20) мА (программируются пользователем)
- цифровой	RS-485, протокол обмена ModBus RTU
Тип индикатора	жидкокристаллический графический
Напряжение питания	~(187...242) В, 50 Гц
Материал корпуса	ABS пластик
- температура окружающего воздуха	(+5...+50) °С
- относительная влажность окружающего воздуха, не более	80%
- атмосферное давление	(84...106) кПа

Для измерения расхода можно использовать расходомер Rosemount 3051SFA.



Рисунок 4.5 – Rosemount 3051SFA

Расходомеры на базе осредняющей напорной трубки Annubar предназначены для измерения расхода жидкости, газа, пара в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, а также в системах технологического и коммерческого учета [18].

Основные преимущества:

- интегральная конструкция расходомера исключает потребность в импульсных линиях и дополнительных устройствах, сокращается количество потенциальных мест утечек среды;

- низкие безвозвратные потери давления в трубопроводе сокращают затраты на электроэнергию;

- многопараметрические преобразователи 3051SMV в составе расходомеров обеспечивают вычисление мгновенного массового расхода жидкости, пара, газа или объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям;

- установка расходомера экономична и менее трудоемка по сравнению с установкой измерительного комплекса на базе стандартной диафрагмы;

– возможность установки расходомера без остановки техпроцесса благодаря конструкции Flo-Tap.

Для измерения концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны используется ПКГ100-NH₃ промышленный датчик (преобразователь) концентрации аммиака в воздухе.



Рисунок 4.6 – ПКГ100-NH₃

Промышленный датчик концентрации аммиака ОВЕН ПКГ100-NH₃ предназначен для непрерывного преобразования концентрации газа в два унифицированных выходных сигнала 4...20 мА и передачи измеренных значений по интерфейсу RS-485 (Modbus RTU) [19].

Функциональные особенности

- точность измерения: основная приведенная погрешность не более 15 %,
- измеряемая концентрация: от 0 до 1000 ppm,
- комбинированный выходной сигнал: два канала с 4...20мА + RS-485 (Modbus RTU),
- возможность замены зонда с сенсором,
- эргономичный корпус, степень защиты IP65.

Преобразователи ОВЕН ПКГ100-ННЗ применяются для измерения концентрации газа в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

4.1.4 Приборы для регулирования технологических параметров

Для управления параметрами рабочей среды используют регулирующие и запорно-регулирующие клапаны [20].



Рисунок 4.7 – Клапан регулирующий с ЭИМ тип: 25Ч945НЖ



Рисунок 4.8 – Клапан запорно-регулирующий с ЭИМ тип: 25Ч945П

Клапаны регулирующие (КР) позволяют управлять потоками рабочей среды и контролировать ее расход или температуру. Клапаны запорно-регулирующие (КЗР) являются универсальными, поскольку совмещают функции запорного и регулирующего устройств. Требуемая степень герметичности в положении «закрыто» обеспечивается благодаря использованию фторопласта для уплотнения в затворе.

Для управления двигателем насосов и вентилятора используется частотный преобразователь P201T2

Инвертор векторного управления серии P – это продукт рынка высоких технологий для заказчиков, являющихся производителями комплектного оборудования, и для особых потребностей применения для вентиляторов и насосов. Благодаря своей гибкой конструкции, встроенному векторному управлению без применения датчиков и управлению «U/f» (два в одном) он может широко использоваться для обеспечения точности управления скоростью, скоростью реагирования на крутящий момент, низкочастотными выходными характеристиками, а также в других ситуациях с повышенными требованиями [21].



Рисунок 4.9 – Преобразователь частоты P201T2

Регулируемый блок питания РБП предназначен для регулирования постоянного напряжения и тока в широком диапазоне – от 5% до 105% от $U_{ном}$ [22].



Рисунок 4.10 – Регулируемый блок питания РБП-288-62

РБП построен на основе импульсного транзисторного преобразователя, другое его название – регулируемый инверторный выпрямитель. Такой преобразователь обеспечивает высокий КПД, относительно небольшие габаритные размеры, практически не вносит помех в сеть и радио эфир.

РБП обеспечивает гальваническую развязку между питающей сетью и выходом. Выходное напряжение РБП имеет минимальные пульсации – не более 2% от $U_{ном}$.

Регулировка выходного напряжения (тока) может быть реализована несколькими способами – регулировочным резистором, размещенным на дверце шкафа, кнопками с панели управления, внешними аналоговыми сигналами 0..10 В, 4-20 мА, внешним переменным резистором.

Панель управления РБП имеет жидко-кристаллический дисплей и кнопки управления. С помощью кнопок можно задать способ управления – местно/дистанционно, вид сигнала для регулировки, предельные значения напряжения и тока, режим работы – стабилизация по напряжению или току.

Сфера применения РБП – химико-гальванические процессы, зарядка аккумуляторных батарей, лабораторные исследования, управление двигателями постоянного тока. Диапазон номинальных выходных напряжений РБП от 12 до 384 В, номинальных выходных токов от 62 до 1000 А.

РБП имеет большие преимущества перед трансформаторными источниками питания: он обеспечивает выходную мощность при значительно меньших массо-габаритных показателях. Кроме того РБП имеет встроенный корректор коэффициента мощности, благодаря которому он поддерживает входной коэффициент мощности на уровне 0,97..0,99, а форму входного тока практически идеальной синусоидой. КПД импульсного источника составляет не менее 90%.

4.1.5 Приборы для управления технологическим процессом – контроллеры: конфигурация, описание состава

Для управления установкой переработкой стока используется контроллер Modicon M340. Процессорные модули платформы автоматизации Modicon M340 предназначены для комплексного управления станцией ПЛК, в состав которой могут входить дискретные модули входов-выходов, аналоговые модули входов-выходов, счетные модули. Модули размещаются на одном шасси.

Таблица 4.7 – Конфигурация контроллера

Наименование модуля	Шифр модуля	Количество	Примечание
1	2	3	4
1) Монтажное шасси	ВМЕ ХВР 1200	1	12 слотов
2) Модуль аналогового ввода/вывода	ВМХ АММ 0600	6	4 входных слотов 2 выходных слота
2) Модуль дискретного ввода	ВМХ ДДИ 1602	1	16 входных слотов
2) Модуль дискретного вывода	ВМХ ДДО 1602	1	16 выходных слотов
3) Процессорный модуль	ВМХ Р34 2020	1	
4) Модуль питания	ВМХ СРС 3540	1	

Монтажное шасси ВМЕ ХВР 1200, внешний вид которого представлен на рисунке 4.11, имеет 12 слотов и необходимо для обеспечения обмена данными между модулями, установленными в данное шасси.

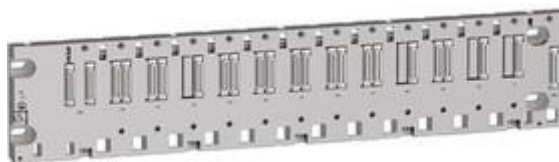


Рисунок 4.11 – Монтажное шасси ВМЕ ХВР 1200

Модуль ВМХ АММ 0600 (рисунок 4.12) аналоговых входов-выходов имеет 4 неизолированных входных канала и 2 неизолированных выходных канала.

Настройка диапазона изменения входного сигнала производится в процессе конфигурации модуля для каждого канала. Диапазоны изменения входного сигнала могут быть следующими:

- входные каналы по напряжению +/-10 В/0-10 В/0-5 В/1-5 В;
- входные каналы по току 0-20 мА/4-20 мА;
- выходные каналы по напряжению +/-10 В;
- выходные каналы по току 0-20 мА/4-20 мА.

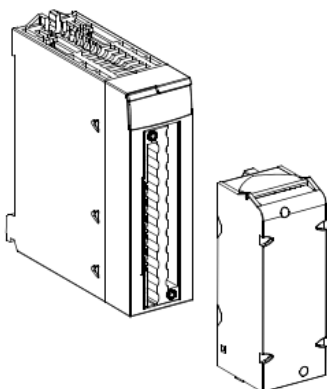


Рисунок 4.12 – Модуль аналоговых входов/выходов ВМХ АММ 0600

Процессорный модуль ВМХ Р34 2020 выполняет следующие задачи:

- собирает данные из модулей ввода в память и отправляет данные из памяти в модули вывода;
- выполняет обмен данными с устройством для программирования контроллера;
- осуществляет обмен данными с промышленной сетью;
- выполняет начальную загрузку и исполнение операционной системы;
- исполняет загрузочный модуль пользовательской программы системы автоматизации;
- управляет актами обмена с памятью.



Рисунок 4.13 – Процессорный модуль ВМХ Р34 2020

Модуль питания имеет вид, представленный на рисунке 4.14



Рисунок 4.14 – Модуль питания ВМХ CPS 3540

4.2 Система технологической сигнализации и блокировки

4.2.1 Перечень сигнализируемых параметров

В качестве параметров сигнализации выступают те величины, при отклонении которых возникает возможность возникновения нарушения технологического режима, способные повлечь за собой возникновение аварий, пожара, взрыва, причинение вреда здоровью.

Таблица 4.8 – Перечень сигнализируемых параметров

Наименование измеряемой величины	Поз. на ФСА	Ед. изм.	Сигнализация	
1	2	3	4	
1) Уровень аммиачной воды в емкости поз. Е-1	ЛТ 4-1	%	10	90
2) Уровень сульфата натрия в емкости поз. Е-2	ЛТ 2-1	%	10	90
3) Уровень гидроксида натрия в теплообменнике поз. Т-1	ЛТ 7-1	%	10	90
4) Уровень сульфата аммония в теплообменнике поз. Т-2	ЛТ 8-1	%	10	90
5) Уровень раствора в электролизаторе поз. 5	ЛТ 3-1	%	10	90
6) Уровень аммиачной воды в емкости поз. Е-3	ЛТ 5-1	%	10	90
7) Ток в электролизере поз.5	IE 16-1	А	113,6	
8) Напряжение выпрямителя поз. 15	EE 15-1	В	270	
9) Концентрация аммиака в области рабочей зоны	AE 19-1	мг/м ³	20	

4.2.2 Перечень блокируемых параметров

Для защиты технологического оборудования, предотвращения от перелива растворов из емкостей, для защиты насосов от сухого хода, а также недопущения выхода за пределы нормального режима управления осуществляется блокировка в соответствии с представленной таблицей 4.9.

Таблица 4.9 – Перечень блокируемых параметров

Наименование измеряемой величины	Поз. на ФСА	Ед. изм.	Блокировка	Действия при блокировке
1	2	3	4	5
1) Уровень аммиачной воды в емкости поз. Е-1	LT 4-1	%	90	заккрытие запорно-регулирующего клапана 4-2
2) Уровень аммиачной воды в емкости поз. Е-1	LT 4-1	%	10	выключение насоса поз. Н-1
3) Уровень сульфата натрия в емкости поз. Е-2	LT 2-1	%	90	заккрытие запорно-регулирующего клапана 2-3
4) Уровень сульфата натрия в емкости поз. Е-2	LT 2-1	%	10	выключение насоса поз. Н-2
5) Напряжение в электролизере поз.5	ЕЕ 15-1	В	288	отключение выпрямителя поз. 15

4.3 Программное обеспечение проекта автоматической системы на базе интегрированной системы проектирования и управления

Для разработки проекта по переработке стока производства цеолитов необходимо следующее программное обеспечение:

- Matlab (создание, обучение, тестирование и моделирования нейронной сети).
- Unity Pro XL (создание программного кода для управления процессом переработки сточных вод).
- Viject Citect (создание SCADA-системы).
- OFS Configuration Tool (создание связи между нейронной сетью и программной частью проекта).

4.3.1 Эргономическое обеспечение рабочего места оператора: мнемосхемы управления технологическим объектом

На экране оператора отображены все контролируемые и регулируемые параметры. Сигнализация по уровням предусмотрена в виде ламп на емкостях. Сигнализации по току и ПДК рабочей зоны вынесены в отдельное табло.

Блокирование и отключение исполнительных механизмов показаны красным цветом. При их работоспособном состоянии включается зеленая индикация.

Задать начальные значения концентрации и расхода сульфата натрия можно с помощью ползунка.

Заданные значения начальной концентрации и расхода сульфата натрия передаются в Unity Pro, после чего с помощью программы OFC Configuration Tool значения подаются на вход нейронной сети, созданной в программе Matlab.

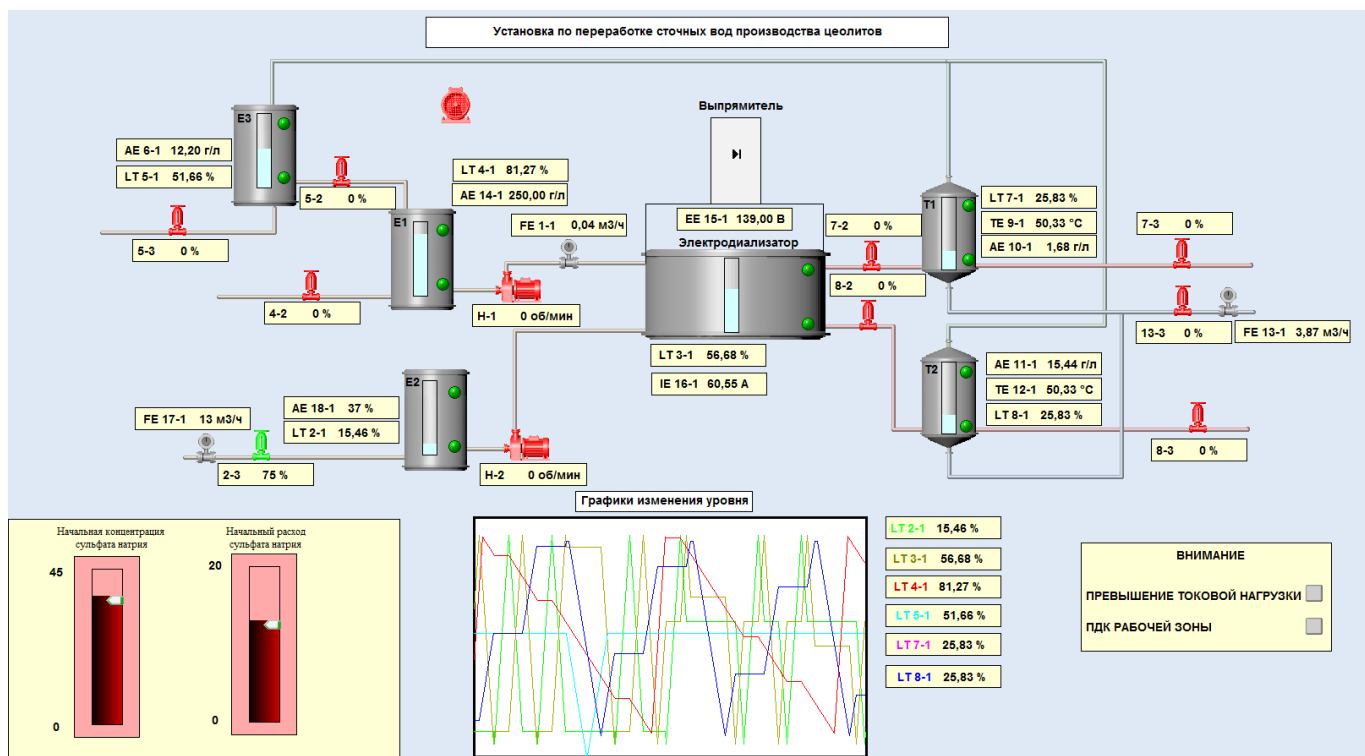


Рисунок 4.15 – Мнемосхема для управления за технологическим процессом

4.3.2 Математическая часть проекта: программы для контроллеров, база каналов, переменные проекта и их взаимосвязь

Для управления технологическим процессом необходимо обозначить все контролируемые и регулируемые параметры в окне создания переменные Data Editor программного обеспечения Unity Pro XL. Помимо основных параметров были созданы дополнительные теги, отвечающие за работу RS-триггеров, таймера, счетчика. А также булевы переменные для обозначения нижних и верхних границ уровней. Для симуляции процесса задаем переменную hz, которая создает импульс в 1 секунду.

Name	Type	Value	Alias	Al...	Address	HMI variable	R
auto	BOOL						
ctu	BOOL						
hz	EBOOL						
LE21_H	BOOL						
LE21_L	BOOL						
LE31_H	BOOL						
LE31_L	BOOL						
LE41_H	BOOL						
LE41_L	BOOL						
LE51_H	BOOL						
LE51_L	BOOL						
LE71_H	BOOL						
LE71_L	BOOL						
LE81_H	BOOL						
LE81_L	BOOL						
START	EBOOL				%M0		
STOP	EBOOL				%M1		
AE_19_1	EBOOL				%M3		
rs1	EBOOL				%M4		
rs2	EBOOL				%M5		
rs3	EBOOL				%M6		
rs3Jon	EBOOL				%M7		
rs4	EBOOL				%M8		
rs4Jon	EBOOL				%M9		
rs5	EBOOL				%M10		
rs6	EBOOL				%M11		
rs_A	EBOOL				%M12		
ctu_cv	INT				%MW0		
A_T1	REAL				%MW4		
A_T2	REAL				%MW6		
AE_1	REAL				%MW8		
AT_3	REAL				%MW10		
FT_17_1	REAL				%MW12		
IE_SP	REAL				%MW14		
LE21_PV	REAL				%MW16		
LE21_SP	REAL				%MW18		
LE31_PV	REAL				%MW20		
LE41_PV	REAL				%MW22		
LE51_PV	REAL				%MW24		
LE71_PV	REAL				%MW26		
LE81_PV	REAL				%MW28		
START	EBOOL				%M0		
STOP	EBOOL				%M1		
AE_19_1	EBOOL				%M3		
rs1	EBOOL				%M4		
rs2	EBOOL				%M5		
rs3	EBOOL				%M6		
rs3Jon	EBOOL				%M7		
rs4	EBOOL				%M8		
rs4Jon	EBOOL				%M9		
rs5	EBOOL				%M10		
rs6	EBOOL				%M11		
rs_A	EBOOL				%M12		
ctu_cv	INT				%MW0		
A_T1	REAL				%MW4		
A_T2	REAL				%MW6		
AE_1	REAL				%MW8		
AT_3	REAL				%MW10		
FT_17_1	REAL				%MW12		
IE_SP	REAL				%MW14		
LE21_PV	REAL				%MW16		
LE21_SP	REAL				%MW18		
LE31_PV	REAL				%MW20		
LE41_PV	REAL				%MW22		
LE51_PV	REAL				%MW24		
LE71_PV	REAL				%MW26		
LE81_PV	REAL				%MW28		

Рисунок 4.16 – Созданные переменные в программе Unity Pro

Программный код на языке ST представлен в приложении Б.

Температура в теплообменниках T1, T2 и расход подачи пара в теплообменник имеют прямую связь с уровнем сырья в этих теплообменниках. Поэтому для их отображения используется преобразователь Scaling.

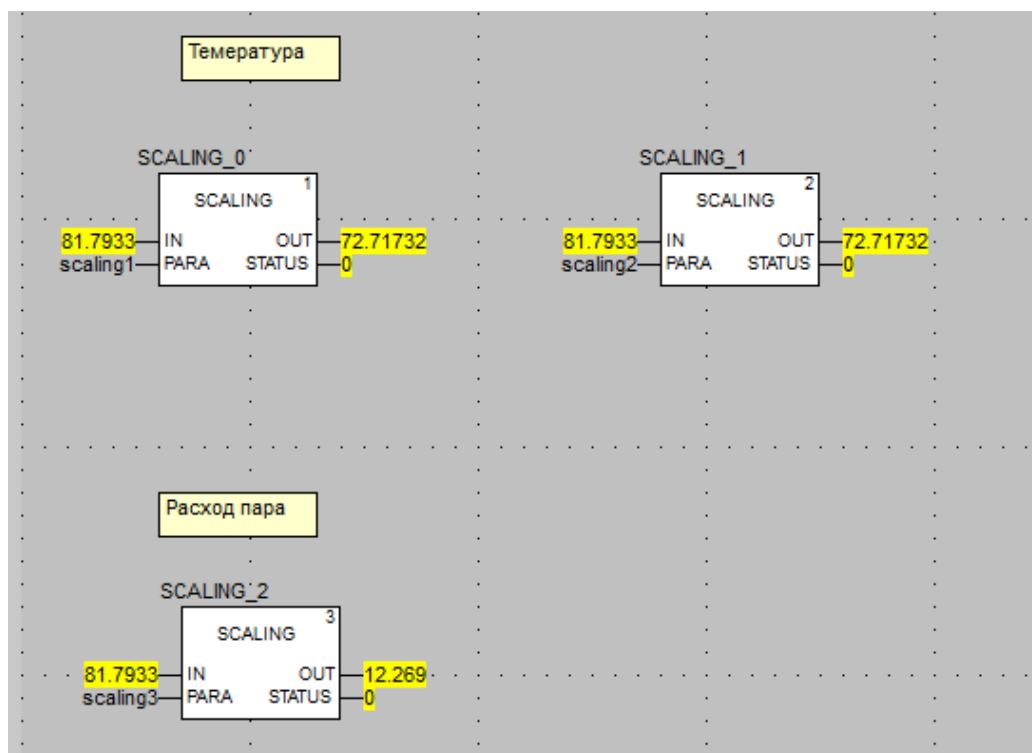


Рисунок 4.17 – Программный код преобразования диапазона величин на языке FBD

4.3.3 Связь программной и аппаратной частей проекта

Для создания связи между платформой программной разработки Matlab и средой программирования Unity Pro была использована программа OFC Configuration Tool. В первую очередь необходимо настроить связь. Для этого в графе Device address 1 был прописан IP-адрес симуляции ПЛК. В качестве устройства выбран ПЛК Modicon M340. В графе Symbol table file указываем путь к проекту.

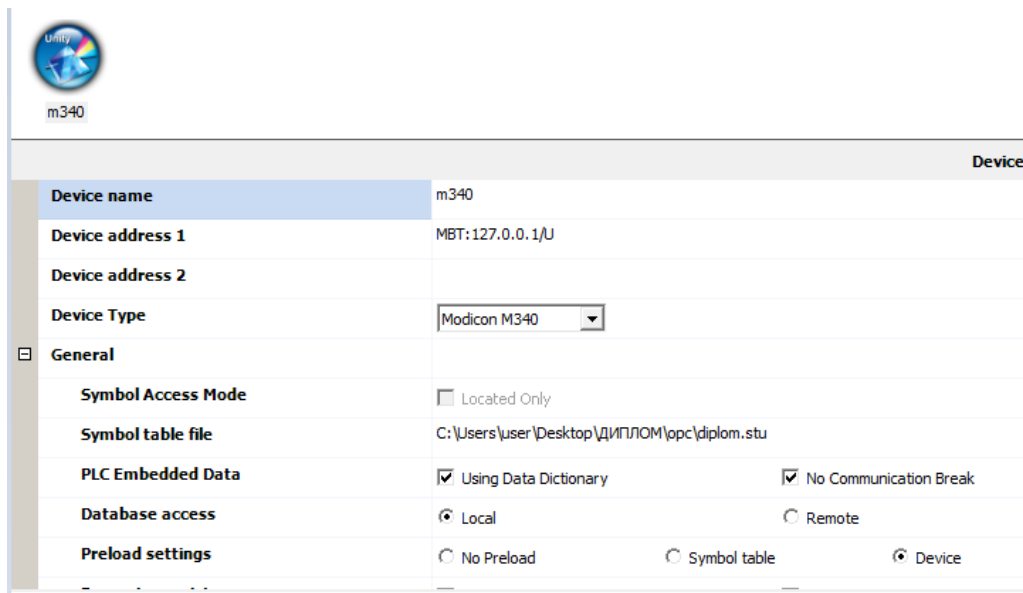


Рисунок 4.18 – Окно настройки сервера OPC

Настройка OPC сервера в Matlab возможна при помощи готовых блоков OPC Config Real-Time. При двойном нажатии на блок открывается окно (рисунок 4.4) настройки OPC Client manager. Нажатие кнопки Add... во вкладке OPC Client открывает окно OPC Server Properties. Выбор сервера осуществляется в окне OPC Configuration: Select Server.

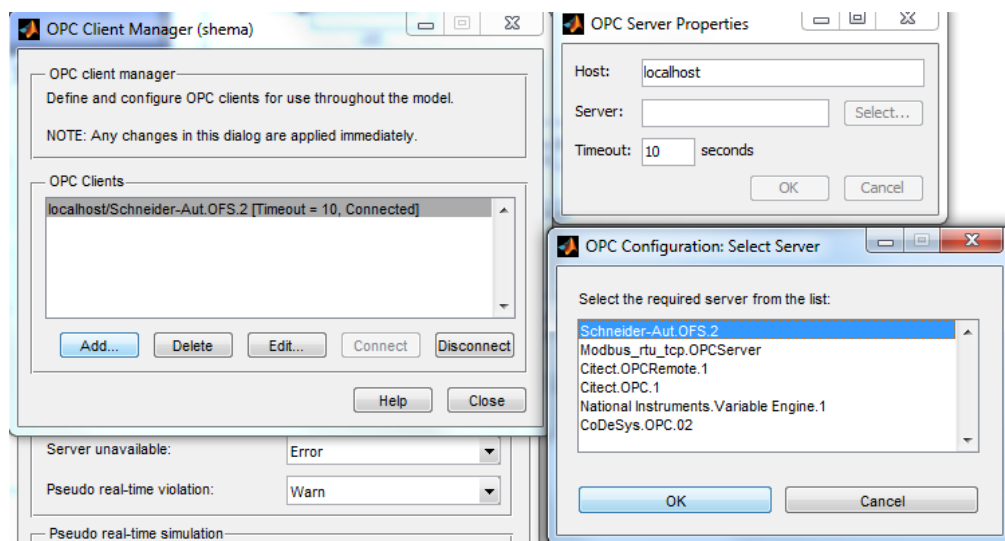


Рисунок 4.19 – Настройка подключения к серверу

Для ввода входных параметров использован блок OPC Read. Двойным щелчком мыши можно открыть настройку блока, где выбирается необходимая переменная (рисунок 4.20).

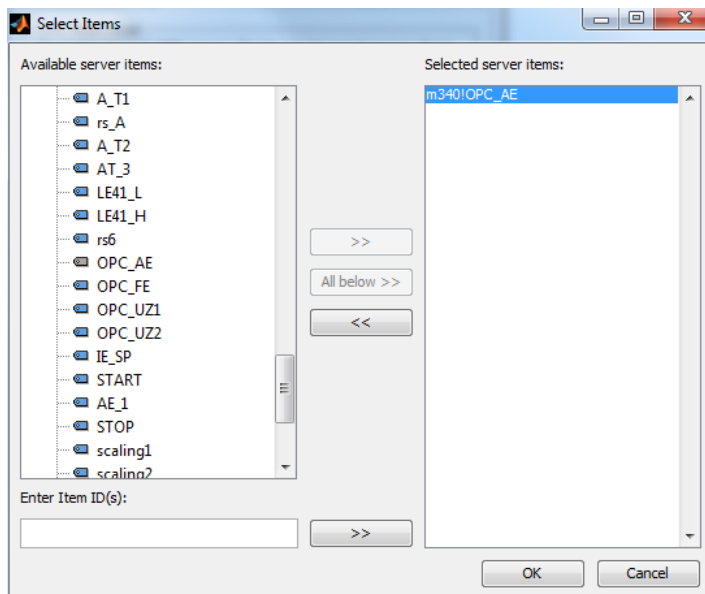


Рисунок 4.20 – Настройка входного параметра концентрации сульфата натрия

Аналогичным образом создаем выходной параметр с помощью блока OPC Write.

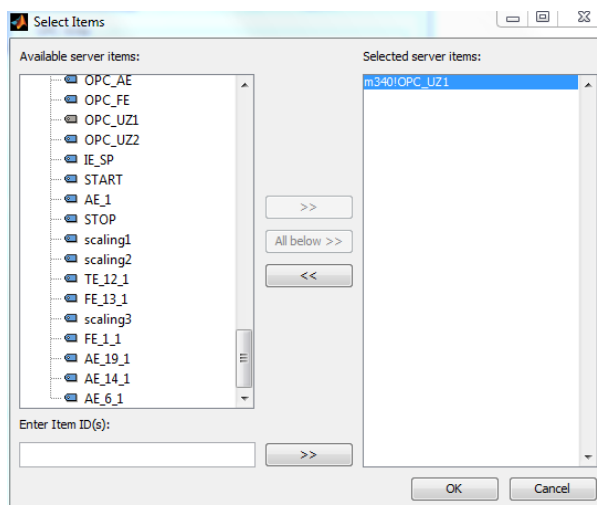


Рисунок 4.21 – Настройка выходного параметра оборотов двигателя насоса

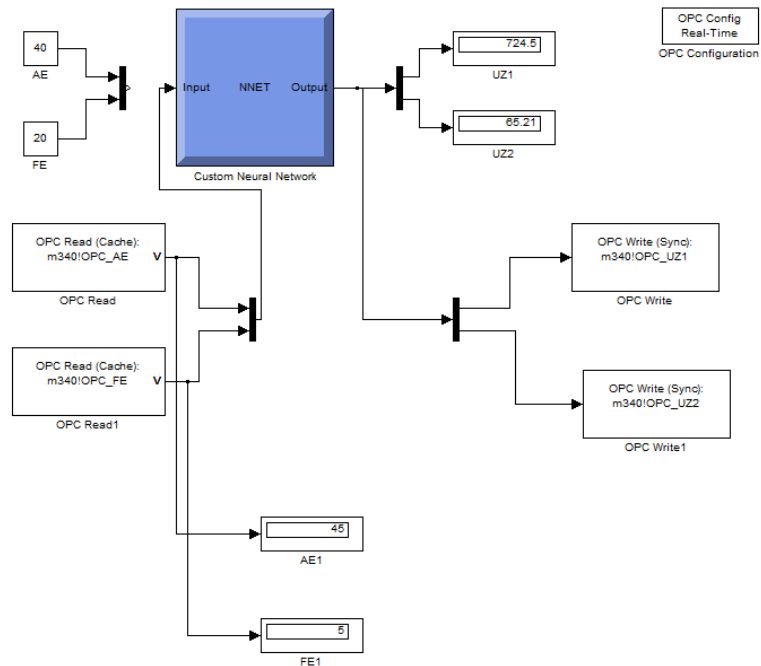


Рисунок 4.22 – Схема создания OPC соединения нейронной сети с Unity Pro

Проверкой связи между программами служит OFC Client. После настройки OPC-связи в Matlab в окне OPC Factory Server в графе Clients Connected появляется подключенный пользователь.

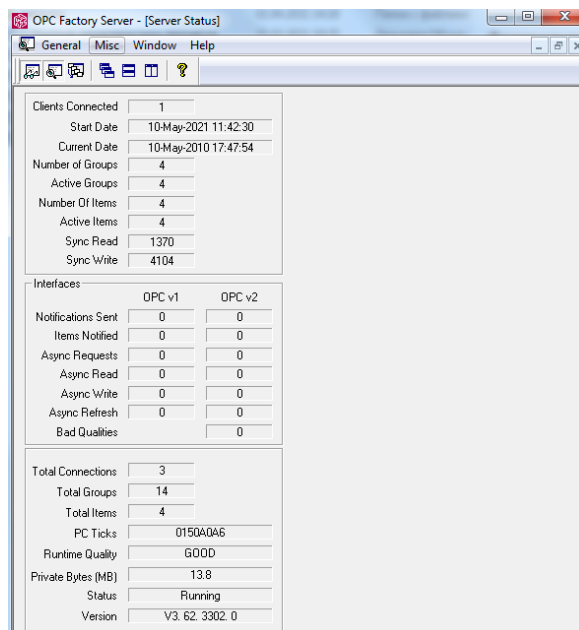


Рисунок 4.23 – Окно программы OFC Client

4.4 Питание системы автоматизации: описание схем электропитания

Напряжение 220 Вольт поступает на блоки питания: BMX CPS 3020 и Modicon Power Supply ABLS1A24031.

С BMX CPS 3020 выходит постоянное напряжение 24 В на монтажное шасси BME XBE 1200, на шасси имеются разъемы, с которых питаются: модули аналоговых вводов/выводов BMX AMM 0600, дискретного ввода BMX DDI 1602, дискретного вывода BMX DDO 1602, а также процессор CPU BMX P34 2020.

С оптимального блока питания Modicon Power ABLS1A24031 мощностью 75 Вт выходит постоянное напряжение 24 В, которое питает датчики: температуры ТСМУ-10, уровня Levelflex FMP51, расхода Rosemount 3051SFA, преобразователь концентрации аммиака в воздухе ПКГ100-NH3.

Электроприводы запорно-регулирующих и регулирующих клапанов питаются от второго блока питания Modicon Power ABLS1A24031.

Анализатор растворенного аммиака Q46N и промышленный анализатор натрия АН-710 имеют встроенный блок питания, на вход которого подается переменное напряжение 220 В.

Частотные преобразователи Regada ST и Регулируемый блок питания РБП питаются трехфазным переменным напряжением 380 В.

Все средства автоматизации заземлены для защиты от поражения электрическим током.

4.5 Особенности выполнения работ по монтажу систем автоматизации

4.5.1 Монтаж системы автоматизации

К основным положениям монтажа, согласно СТО 11233753-001-2006 [10], отнесем:

1) При подготовке к производству, производстве работ по монтажу, наладке и приемке систем автоматизации в эксплуатацию должны соблюдаться требования

настоящего стандарта, СНиП 3.05.07, СНиП 12-01, СНиП 3.01.04, СНиП 12-03, СНиП 12-04 и отраслевых нормативных документов.

2) Работы по монтажу и наладке систем автоматизации могут выполняться только организациями, имеющими лицензии на проведение данных видов работ. При выполнении работ на объектах, поднадзорных органам государственного надзора, организации, выполняющие эти работы, должны быть зарегистрированы в реестрах этих органов или иметь разрешение на выполнение этих работ.

3) Организации, выполняющие монтаж и наладку систем автоматизации через генподрядчика, должны привлекаться генподрядчиком к рассмотрению проекта организации строительства (ПОС) в части обеспечения бытовыми и складскими помещениями, охраны труда и техники безопасности, сроков сдачи объектов и помещений под монтаж систем автоматизации.

При выполнении работ по монтажу и наладке систем автоматизации по прямым договорам с заказчиками условия производства работ оговариваются в договорах подряда.

4) Работы по монтажу систем автоматизации выполняют в соответствии с утвержденной заказчиком проектно-сметной документацией (рабочая документация), при необходимости – с учетом разработанного монтажной организацией проекта производства работ (ППР), а также на основе технической документацией предприятий (фирм) – изготовителей технических средств автоматизации:

Разработка ППР осуществляется в случаях, предусмотренных СНиП 12-01.

Работы по наладке автоматизированных систем выполняют в соответствии с технической документацией на АС по ГОСТ 34.201 и эксплуатационной документацией предприятий (фирм) – поставщиков технических средств систем автоматизации.

5) При монтаже, наладке и сдаче в эксплуатацию систем автоматизации следует оформлять документацию в соответствии с приложениями 1-20 стандарта.

4.5.2 Размещение приемных и отборных устройств, измерительных преобразователей и регулирующих клапанов

Правила установки термопреобразователей ТСМУ-16:

– ТСМУ-16 монтируется таким образом, чтобы чувствительный элемент прибора, расположенный на конце монтажной части, располагался не менее чем 10% уровня.

– При монтаже термометра сопротивления под углом 45° концы монтажной части прибора должны быть направлены навстречу потоку теплоносителя.

– Во избежание помех при измерении, необходимо удалить присоединительные провода приборов от электрических кабелей с напряжением 220 В и более на расстояние не менее 0,3 м.

– Производить ориентацию корпуса (головки) необходимо в нужном направлении и закрепите штуцер.

– При горизонтальной ориентации термопреобразователя сопротивления с клеммной головкой кабельный ввод должен быть обращен вниз.

– Предусмотреть сальниковое уплотнение под применяемый кабель.

– Подсоединение комплекта термопреобразователей сопротивления производится к измерительному прибору, затем закрепляется кабель в сальниковом вводе.

– Установленный термометр должен быть опломбирован.

При размещении расходомера Rosemount 3051SFA необходимо учесть, что устанавливается необходимо в диапазоне от 15° до 45° от вертикали, чтобы гарантировать, что воздух будет выходить из Annubar, и в нем не будут скапливаться отложения и твердые частицы.

Если в качестве технологической среды используется жидкость, устанавливается боковой дренажный/воздушный клапан в направлении вверх, чтобы обеспечить выход газов. В вертикальных трубопроводах сенсор Annubar может

устанавливаться в любом положении по окружности трубопровода при условии надлежащего размещения дренажных вентилях, обеспечивающих стравливание воздуха и слив жидкостей.

Надлежащее монтажное положение для уровнемера Levelflex FMP54 представлено на рисунке 4.24.

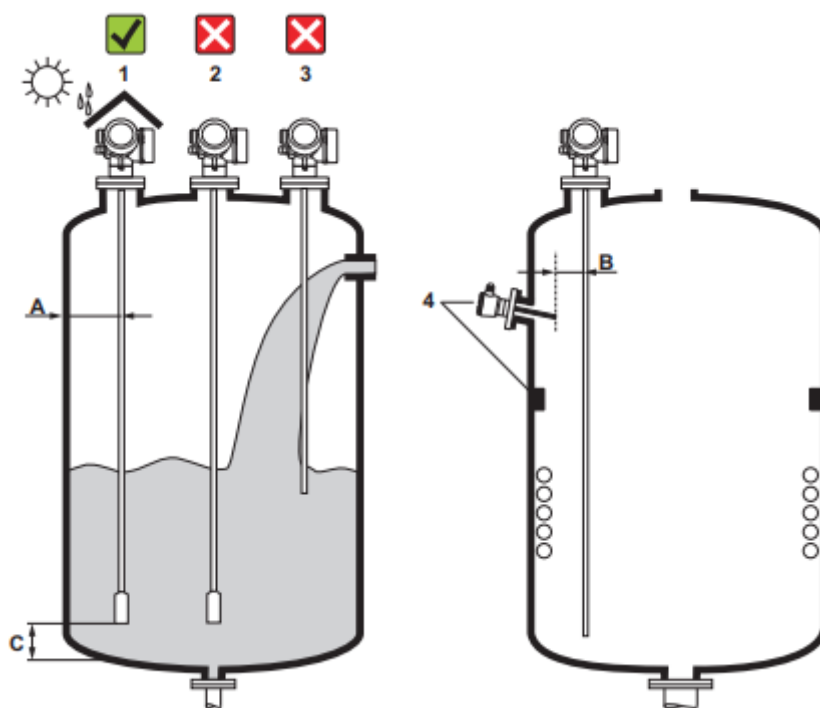


Рисунок 4.24 – Размещение уровнемера FMP54

Расстояние (А) между стеной и стержневым/тросовым зондом:

– для гладких металлических стен: > 50 мм (2»);

– для пластиковых стен: > 300 мм (12») до металлических частей вне сосуда;

– для бетонных стен: > 500 мм (20»), в противном случае доступный диапазон измерений может быть снижен.

Расстояние (В) между стержневым/тросовым зондом и внутренней арматурой сосуда:

> 300 мм (12»).

Расстояние (С) от конца зонда до дна сосуда:

- тросовый зонд: > 150 mm (6 in);
- стержневой зонд: > 10 mm (0,4 in);
- коаксиальный зонд: > 10 mm (0,4 in).

При монтаже промышленного анализатора натрия необходимо предусмотреть следующие условия:

- место установки должно быть легкодоступно для обслуживания;
- над местом установки не должно быть кранов, фланцев и трубопроводов во избежание капель агрессивных растворов;
- место установки должно быть выбрано так, чтобы измеренное значение наилучшим образом характеризовало контролируемый процесс.

Установка ГП на объекте производится в следующем порядке:

- ГП крепится на металлические рейки в вертикальном положении с помощью 4 монтажных болтов М6х30, нижний край ГП должен находиться на расстоянии не менее 0,5 метра от пола; расстояние от задней стенки панели до стены должно быть достаточным для удобства электромонтажа;
- подвод и слив контролируемого раствора осуществляется с использованием трубок ПВХ сечением 4х6 и 10х14 соответственно;
- подводу присоединительных кабелей анализатора производить через резиновые втулки, расположенных на панели.

Монтаж промышленного датчика (преобразователя) концентрации аммиака в воздухе:

- на стене, на высоте не ниже, чем 30 см от потолка или на потолке;
- всегда выше верхнего края двери или окон;
- как можно ближе к потенциальному источнику газа, не далее 6 м от него (по потолку);
- вдали от вентиляционных отверстий, окон;
- в месте, не отделенном от потенциального источника газа перегородкой выше 30 см (балка, кессоны на потолке);

– там, где нет опасности прямого воздействия наружного воздуха, водяного пара, воды или других жидкостей, газов сгорания из печи, пыли, механических ударов, вибраций.

4.5.3 Указания по монтажу электрических проводов

Монтаж электропроводок систем автоматизации проводами, кабелями (контрольными, управления, связи и т.п.) в коробках и на лотках, в пластмассовых и стальных защитных трубах, на кабельных конструкциях, в кабельных сооружениях и земле; монтаж электропроводок во взрыво-и пожароопасных зонах должны отвечать требованиям СНиП 3.05.06, настоящего стандарта и СНиП 3.05.07.

При прокладке кабельных сетей должны выполняться следующие требования:

– каждый кабель должен иметь на обоих концах бирки с маркировкой, расположенные непосредственно на концах кабеля и обеспечивающие свободное чтение маркировки;

– каждый кабель при прокладке по эстакаде должен иметь по всей длине трассы с шагом 10м бирки с маркировкой, обеспечивающие чтение маркировки;

– места поворотов кабельные трассы маркируются указателями;

– вдоль подземной кабельной трассы укладывается сигнальная лента;

– прокладка кабелей должна предусматриваться по кратчайшему расстоянию;

– электрическое сопротивление изоляции кабеля между жилами и каждой жилой и экранирующей оболочкой должно быть не менее 20МОм для силовых кабелей и 5 МОм для информационных.

Для подключения датчиков к модулям аналогового ввод/вывода использовали Кабель монтажный экранированный МКЭШ 2х0.75.



Рисунок 4.25 – Монтажный кабель МКЭШ 2x0.75

В качестве питания электролизера от выпрямителя использовали провод силовой ВВГ-П 2x1.5 плоский однопроволочный.



Рисунок 4.26 – Силовой провод ВВГ-П 2x1.5

Для заземления использовали провод ПуГВ 1x2.5 желто-зеленый ТРТС.



Рисунок 4.27 – Провод ПуГВ 1x2.5 желто-зеленый ТРТС

Питание от ВРУ (вводно-распределительного устройства) осуществляется с помощью силового кабеля ВВГнг-LS 5x25.



Рисунок 4.28 – Силовой кабель ВВГнг-LS 5х25

Автоматические выключатели для защиты от короткого замыкания выбраны фирмы Schneider Electric.



Рисунок 4.29 – Выключатель автоматический двухполюсный 10А С 4.5кА EASY 9



Рисунок 4.30 – Выключатель автоматический трехполюсный 25А С TX3 6кА



Рисунок 4.31 – Выключатель автоматический четырехполюсный 50А С Easy9 4.5кА



Рисунок 4.32 – Выключатель автоматический однополюсный 1А С iC60N 6кА

Для разветвления сигнала от блока питания к датчикам используется разветвительная клемма РТFIX.



Рисунок 4.33 – Разветвительная клемма РТFIX 10/12X4-NS35А ВU

4.5.4 Размещение преобразователей и аппаратуры в шкафах

Большинство приборов и средств автоматизации должны размещаться в щитах и пультах, это означает, что размеры щитов и пультов зависят от размеров технических средств. Рассмотрим некоторые положения, которыми необходимо руководствоваться при определении размеров щитов.

Приборы и аппараты на лицевой стороне щита размещаются, исходя из условий обеспечения удобства работы оператора, а также безопасности обслуживания. Щиты с дверью, у которых глубина, то есть расстояние от двери до противоположной стенки не превышает 600 мм, относятся к щитам, которые обслуживаются снаружи. В таких щитах аппараты и приборы с открытыми токоведущими частями можно устанавливать на любых внутренних стенках. В пультах для размещения аппаратов и приборов, как правило, используют только рабочую (верхнюю) поверхность пульта и переднюю стенку приставки для приборов.

При размещении приборов и аппаратов в щитах и пультах расстояние между открытыми токоведущими элементами различных фаз, а также между элементами и неизолированными металлическими частями должна быть не менее 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху.

Аппараты с движущимися частями (контакторы, магнитные пускатели, реле) необходимо располагать так, чтобы они под действием силы тяжести не могли самостоятельно замкнуть круг. Электрические проводки в щитах и пультах выполняют открытыми, объединяя их в жгуты. Не разрешается соединять в общие жгуты проводки цепей питания, управления и сигнализации с измерительными кругами приборов. Общая прокладка кругов различного назначения приводит к тому, что в кругах измерительных приборов возникают электрические помехи, которые в значительной степени искажают результаты измерений. Измерительные круга прокладывают отдельно. Монтаж проводов внутри щитов выполняют проводом с медными жилами марки ПВ, а монтаж проводок к приборам, которые

установлены на подвижных элементах (двери, поворотные рамки) – гибкими проводами марки ПГВ.

4.5.5 Монтаж оборудования в помещении управления

В помещении управления (операторной) располагается АРМ оператора. Его размещение производится на специализированном столе.

В состав АРМ входит:

- системный блок;
- монитор;
- клавиатура;
- мышь;
- модуль связи с ПЛК.

В качестве кабеля для связи ПЛК и SCADA использовали кабель ВМХ ХСА 045.



Рисунок 4.34 – Кабель Ethernet ВМХ ХСА 045

5 Специфика стартапа

5.1 Научно-техническая новизна

Обратной стороной увеличения числа промышленных предприятий стало возрастание сбросов сточных вод и одновременное ужесточение требований и нормирования природоохранных мероприятий. Возникает необходимость разработки системы, которая позволит решить проблемы очистки, регенерации и утилизации стоков.

Согласно данным федеральной службы государственной статистики в разделе «Окружающая среда» подпункт «Водные ресурсы» (последняя дата обновления 08.09.2020) в период за 2010 – 2019 гг. в водоемы было сброшено 435, 8 млрд. м³ промышленных стоков. В состав сброшенных стоков входят сульфаты. За аналогичный период масса сульфата составила 18,9 млн. т.

Таблица 5.1 – Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы по Российской Федерации

год	Объем сброса сточных вод, млрд. м ³	в составе сточных вод сброшено:							
		сульфатов, млн. т	хлоридов, млн. т	общего азота, тыс. т	нитратов, тыс. т	жиров и масел, тыс. т	фенола, т	свинца, т	ртути ¹ , т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2010	49,2	1,9	5,7	36,5	366,4	4,1	28,0	9,0	0,02
2011	48,1	1,9	5,4	34,2	409,9	3,4	24,5	6,4	0,01
2012	45,5	2,0	5,6	32,0	434,2	2,9	22,4	6,2	0,01
2013	42,9	1,8	5,7	35,9	437,9	2,8	20,2	8,7	0,01
2014	43,9	1,8	5,4	27,7	424,6	2,2	17,7	7,6	0,01
2015	42,9	1,9	5,6	25,5	421,2	2,1	16,1	5,7	0,01
2016	42,9	2,0	5,7	35,6	423,8	2,1	18,2	5,1	0,01
2017	42,6	2,2	5,8	28,5	404,8	1,8	14,3	6,2	0,00
2018	40,1	1,7	6,3	31,5	387,9	1,9	21,2	4,2	0,01
2019	37,7	1,7	6,7	...	368,0	1,8	15,1	5,0	0,01

В целях предотвращения дальнейшего возрастания объемов сброса сточных вод необходимо внедрять на предприятия системы по переработки стоков.

Сложность технологического процесса определяется в первую очередь разнообразием примесей, объемом и составом стоков. Разработка индивидуальной установки позволит учитывать характер стока и позволит извлекать определенные компоненты, которые пагубно влияют на состояние окружающей среды.

Научная новизна предлагаемого проекта в части переработки промышленного стока производства цеолитов состоит в возможности применение метода электрохимической переработки, что позволяет извлечь из стока компонент в виде сульфата натрия, а также получить в виде конечного продукта сульфата аммония и гидроксида натрия, которые используются в производстве цеолитов.

Научная новизна в части разработки системы автоматического управления заключается в разработке нейросетевого регулятора. Данный регулятор является перспективным за счет простоты в обучении и лучшими показателями качества регулирования относительно стандартных АСР. Регулирование с помощью нейросетевого регулятора имеет такую особенность, как наличие множество входов и выходов. Именно поэтому целесообразно использование данного регулирования в сложных системах.

5.2 Концепция рыночного продукта, MVP (минимальный жизнеспособный продукт)

Описание продукта

В рамках проекта предлагается разработка метода переработки стока в мембранном электролизере, установка по переработке и автоматизированная система управления данной установкой.

Предлагаемая система позволит автоматически подбирать необходимую токовую нагрузку при определенном объеме стока и содержанию в нем сульфата натрия.

Метод переработки заключается в следующем: при подаче напряжения на электроды электролизера, на ионы в растворах начинают действовать

электростатические силы, что приводит к возникновению потока катионов по направлению к катоду, а анионов – по направлению к аноду. Катионы могут свободно мигрировать через катионообменные, а анионы – через анионообменные мембраны. Миграция катионов через анионообменные и анионов через катионообменные мембраны невозможна. На катоде происходило разложение воды с образованием газообразного водорода и ионов гидроксидов, а на аноде – разложение вода с образованием газообразного кислорода и ионов водорода. Таким образом, работа электродиализного аппарата будет приводить к извлечению сульфата натрия из стока и генерации растворов гидроксида натрия и сульфата аммония.

Для поддержания качества нам нужно внедрить необходимые средства автоматизации, а именно: анализатор растворенного аммиака в теплообменниках Т1 и Т2 (поз. АЕ 10-1, поз. АЕ 11-1). Для регулирования процесса испарения свободного аммиака в теплообменниках предусмотрен регулирующий клапан поз. 13-3 на трубопроводе подачи пара для подогрева, а для регулирования параметров концентрации конечных продуктов необходим регулируемый выпрямитель поз. 15-1.

Регулирование подачи напряжения на электроды электролизера с помощью выпрямителя поможет обеспечивать постоянную силу тока, необходимую для оптимального образования растворов гидроксида натрия и сульфата аммония.

Нейросетевое регулирование позволяет подобрать оптимальную токовую нагрузку, что обеспечивает эффективное извлечение сульфата натрия из стока и получение из него сульфата аммония и гидроксида натрия.

Перспективы внедрения

Современные экологические проблемы указали на такую проблему как загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями. Для решения возникшей проблемы появилась необходимость очистки стоков. Простые очистные сооружения являются не особо эффективны, поскольку в основном применяется

метод отстаивания, который позволяет отделить крупные тяжелые частицы в сточной воде. Для повышения эффективности используются физико-химические методы. Тенденция появления новых норм и правил для предприятий в области сброса сточных вод тесно связана с появлением новых технологических решений и оборудования. Эта связь поможет в будущем правильно организовать отведение и очистку промышленных сточных вод.

В предлагаемом проекте используется электрохимический способ переработки сточных вод производства цеолитов в мембранном электролизере.

Внедрение данного проекта в производство позволит решить не только экологические вопросы (снижение объема сточных вод), но и экономические (сокращение затрат на приобретение компонентов, возвращенных в процессе электрохимической переработки).

Требования законодательства

Природоохранное законодательство Российской Федерации строго запрещает сброс сточных вод без разработки соответствующего проекта и получения разрешения от государственных органов. Эта мера обеспечивает защиту окружающей среды, а также жизни и здоровья населения от вредного воздействия загрязняющих веществ.

В соответствии с Федеральным законом N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и Водным кодексом РФ № 74-ФЗ, перед организацией сброса сточных вод в окружающую среду, должен быть проведен комплекс мер по их очищению и контролю химического состава. Законный сброс может проводиться только в том случае, если концентрация опасных химических веществ в воде не превышает предельно допустимые уровни, установленные нормативами государства. Для контроля этих показателей и недопущения загрязнения водоемов и рельефа, для официального сброса сточных вод необходимо обязательно получить соответствующее разрешение в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Метод очистки разрабатывается индивидуально, с учетом типа сточных вод, концентрации загрязняющих веществ и особенностей точки сброса.

Конкретные нормы и правила по вопросам сохранения экологии определяются Федеральным законом N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Сброс сточных вод регламентируется отдельным сводом законов – Водным кодексом РФ. Важнейшим нормативно-документальным актом, определяющим порядок получения разрешения на сброс сточных вод, является Приказ Минприроды России от 09.01.2013 № 2.

Необходимость внедрения каких-либо сооружений по очистке или переработке сточных вод определяется требованиями к промышленным стокам, а также КоАП РФ Статья 8.13 и 8.14 Нарушение правил охраны водных объектов.

Минимальный жизнеспособный продукт

Минимальный жизнеспособный продукт представляет собой установку, состоящую из мембранного электродиализатора, запитанного от регулируемого выпрямителя. Через камеры обессоливания из соответствующих емкостей насосами прокачиваются растворы сточной воды, содержащей сульфат натрия и водный раствор аммиака. В камерах концентрирования образуются растворы гидроксида натрия и сульфата аммония, которые по мере накопления собираются в соответствующих емкостях.

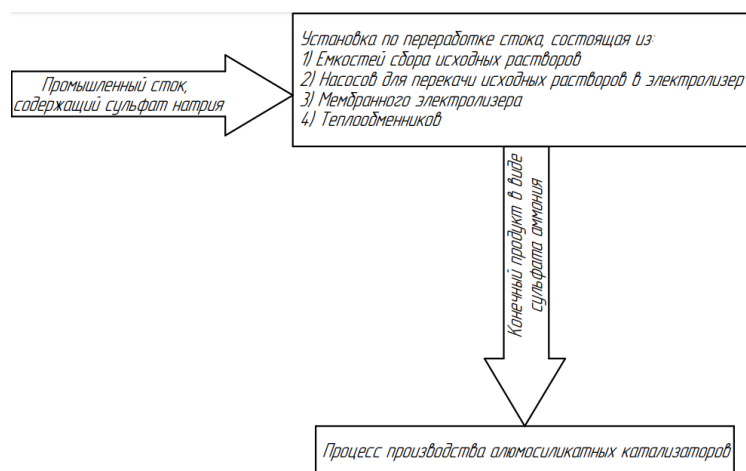


Рисунок 5.1 – Принципиальная блок-схема переработки стока

5.3 Концептуальное решение по бизнес-модели стартапа

Для упрощения представления о бизнесе, источниках дохода и создания выгоды необходимо выбрать требуемую бизнес-модель. Для того, чтобы понять какая модель для стартапа окажется более выгодной, определим следующие критерии:

- Сегменты потребителей.
- Ценностное предложение.
- Каналы взаимодействия.
- Взаимоотношения с потребителями.
- Ключевые ресурсы.
- Ключевые виды деятельности.

Сегменты потребителей. Основной целевой клиент разрабатываемого проекта являются химические предприятия, производящие катализаторы на основе цеолитов. Особенность таких предприятий заключается в том, что в процессе получения алюмосиликатных катализаторов образуются сточные воды, содержащие примеси в виде сульфата натрия.

Ценностное предложение. Основная проблема, с которой сталкиваются большинство предприятий – сточные воды. Последствия сбросов неочищенных стоков крайне неблагоприятны для состояния окружающей среды. В результате сброса сточных вод изменяются физические свойства воды (уменьшается прозрачность, появляются окраска, привкусы, запахи); на поверхности водоема появляются плавающие вещества, а на дне образуется осадок; изменяется химический состав воды (увеличивается содержание органических и неорганических веществ, появляются токсичные вещества, уменьшается содержание кислорода, изменяется активная реакция среды); изменяется качественный и количественный бактериальный состав, появляются болезнетворные бактерии. В целях сохранения природных объектов в виде водоемов, необходимо использовать системы по переработке стоков.

Предлагаемая система по переработке стока обладает следующими ценностями:

- Решение экологических вопросов.
- Экономическая эффективность проектного решения.
- Минимизация ручного труда за счет внедренных средств автоматизации.

Каналы взаимодействия. Основным каналом взаимодействия с потенциальными клиентами является прямое взаимодействие.

Взаимоотношения с потребителями. Разработка проекта по переработке стоков с получением конечных продуктов является сложным, поскольку для качественного готового продукта требуется учесть ряд индивидуальных характеристик стока. Поэтому рассматриваются взаимоотношения «напрямую». За клиентом закрепляется команда разработчиков, которая сопровождает на протяжении всего этапа от создания установки до внедрения ее в производство и вывод ее рабочий режим.

Ключевые ресурсы. Для того чтобы проект был реализован и выведен на рынок, необходим поиск потенциального клиента. Проект неоднократно представляется в различных конкурсах всероссийского уровня. Также поиск клиентов будет осуществляться среди многочисленных партнеров ФГБОУ ВО УГНТУ.

Ключевые виды деятельности. Основа проекта заключается в поиске предприятия, которое требует решения проблемы сточных вод, содержащих сульфат натрия.

Разработанная установка по переработке сточных вод производства цеолитов предлагается к реализации по модели «Прямые продажи».

- 1) Поиск предприятия, имеющего сток, содержащий сульфат натрия.
- 2) Встреча с потенциальными покупателями. Презентация проекта. Получение предварительного заказа на разработку установки.
- 3) Получение оплаты на исполнение заказа.

4) Продажа установки по переработке стока, с индивидуальными настройками для конкретных значений концентрации сульфата натрия и среднесуточного расхода стока.

5.4 Обзор рынка

Анализ рынка проведем методом TAM-SAM-SOM. Метод иллюстрируется в виде 3 кругов — общий, доступный и достижимый рынки, каждый круг вложен один в другой.

Для того чтобы определить объем рынка, воспользуемся данными из открытых источников и выделим предприятия, которые занимаются производством катализаторов для нефтепереработки в России и за рубежом.

Основные предприятия-производители катализаторов в Российской Федерации:

– АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания» (г. Новокуйбышевск, Самарская обл.);

– АО «Газпромнефть-Омский нефтеперерабатывающий завод» (г. Омск);

– ООО «Салаватский катализаторный завод» (г. Салават, Республика Башкортостан);

– АО «Техметалл-2002» (ЗАО «Уралтехногенмет») (г. Кировград, Свердловская обл.);

– ОАО «Катализатор» (г. Новосибирск);

– ЗАО «Катализатор» (г. Дорогобуж, Смоленская обл.);

– ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» (г. Ангарск, Иркутская обл.);

– АО «Промышленные катализаторы» (г. Рязань);

– ООО «Новокуйбышевский завод катализаторов» (г. Новокуйбышевск, Самарская обл.);

– АО «Редкинский катализаторный завод» (г. Редкино, Тверская обл.);

- ЗАО «Нижегородские сорбенты» (г. Нижний Новгород);
- АО «Самарский завод катализаторов» (пос. Новосемейкино, Самарская обл.);
- ООО «Щелковский катализаторный завод» (г. Щелково, Московская обл.);
- ООО «РосЭко, каталитические нейтрализаторы» (г. Тольятти, Самарская обл.);
- ООО «Стерлитамакский завод катализаторов» (г. Стерлитамак, Башкортостан);
- ООО «Ишимбайский специализированный химический завод катализаторов» (г. Ишимбай, Башкортостан).

Мировой рынок катализаторов для нефтепереработки отличается высокой конкурентностью. Важнейшими игроками на нем являются крупные транснациональные корпорации:

- Grace Catalysts Technologies (W.R. Grace & Co.);
- Albemarle Corporation;
- Catalysts (BASF SE);
- Axens S.A.;
- Haldor Topsøe ;
- Honeywell UOP;
- Criterion Catalysts & Technologies (Shell);
- SINOPEC Catalyst Company (Sinopec Corp.);
- Johnson Matthey.

TAM (Total Addressable Market) – общий объём целевого рынка. Рынок рассчитывается исходя из общего числа предприятий, занимающихся производством катализаторов.

SAM (Served/Serviceable Available Market) – доступный объём рынка. Рынок рассчитывается исходя из числа предприятий, занимающихся производством катализаторов в России.

SOM (Serviceable & Obtainable Market) – реально достижимый объем рынка.

Рассматриваются предприятия находящиеся в Республике Башкортостан.

Объем рынка вычисляется по формуле:

$$V = n \cdot C_{\text{пр}}, \quad (5.1)$$

где n – количество предприятий;

$C_{\text{пр}}$ – стоимость проекта.

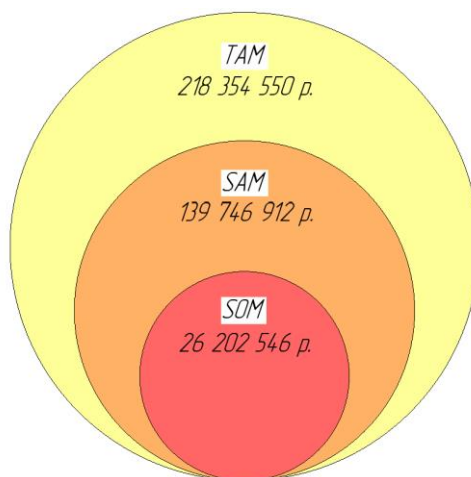


Рисунок 3.2 – Иллюстрация рынков TAM-SAM-SOM

5.5 Основные бизнес-гипотезы

После формулировки идеи бизнес-проекта необходимо описать ключевые понятия бизнес-гипотез.

Предположение о потребности

Производство алюмосиликатных катализаторов приводят к возникновению сточных вод с содержанием сульфата 45 г/л, что значительно превышает уровень ПДК (ПДК по сульфатам – 500 мг/л; по натрию – 200 мг/л). Сбрасывать данный сток без обработки категорически запрещено. В противном случае грозит штраф согласно КоАП РФ Статья 8.13 и 8.14 Нарушение правил охраны водных объектов.

Предположение о проблеме

Основная проблема потенциальных потребителей – сточные воды. Внедрение предлагаемой системы по переработке стоков позволяют сократить объемы сточных вод, а также вернуть в производство конечный продукт в виде сульфата натрия.

Электрохимическая система по переработке стока является оптимальной, поскольку установка достаточно проста в эксплуатации, обладает низким энергопотреблением. Окупаемость проекта составляет чуть более двух лет.

Предположение о потенциальных клиентах

Целевой аудиторией являются предприятия, производящие катализаторы на основе цеолитов.

Предположение о ценностном предложении

Основное преимущество: возврат в производство компонентов, полученных в процессе переработки стока.

Уникальность предложения заключается в методе переработке, а также в системе управления процессом переработке на основе регулирования с использованием нейронных сетей.

Предположение о предлагаемых товарах/услугах

В качестве предлагаемых товаров потенциальный клиент получает:

- метод переработки стока;
- установку по переработке;
- автоматизированную систему управления.

Предположение о модели выручки

Выручка включает в себя стоимость проектно-исследовательских работ в виде 20% от стоимости установки.

Бизнес-гипотезы

После определения основных понятий перейдем непосредственно к самим гипотезам:

Гипотеза №1

Химические предприятия по производству цеолитов заинтересованы во внедрении новых технологий по очистке сточных вод.

Гипотеза №2

Химические предприятия по производству цеолитов будут готовы заплатить за систему по переработке сточных вод 8 750 000 рублей.

Гипотеза №3

Химические предприятия по производству цеолитов заинтересованы в сокращении затрат на дополнительные компоненты путем внедрения системы по переработке сточных вод производства цеолитов

Для проверки бизнес-гипотез проект был направлен для ознакомления на Ишимбайский химический специализированный завод катализаторов. Ответное письмо представлено в приложении В.

5.6 Конкуренты

ООО АКВАТЕХ-ХТ

Направления деятельности. Экология промышленных объектов, комплексная переработка твёрдых техногенных отходов, извлечение из промышленных отходов ценных компонентов (золото, серебро, медь, хром, никель, цинк и т.д.)

Экспертиза проблем производств и очистных сооружений:

- проектирование очистных сооружений;
- поставка оборудования;
- монтаж и пуско-наладка. Шеф-монтаж;
- обучение персонала;
- комплексный анализ воды.

Комплексные электрохимические технологии для извлечения ценных примесей из отходов промышленных предприятий.

Новый уникальный экстрагент DX-510А для процесса добычи металлов (золото, серебро, медь, никель, цинк и т.д.) из аммиачных растворов и системы жидкость-жидкость.

Научная значимость: возможность извлечения редких компонентов, оптимизация процесса за счёт исследования и разработки новых экстрагентов.

Изготовление специализированного оборудования (электрофлотаторы, экстракторы, аноды из драгметаллов, керамические мембраны), весь спектр аналитических услуг.

ООО «Ансер-Девелопмент»

Предприятие, специализирующееся на выпуске сосудов, аппаратов, резервуаров и нестандартного оборудования весом до 30 тн., из различных марок стали, с различными типами покрытий, с рабочим давлением до 16,0 МПа. Основной концепцией развития компании стала разработка и изготовление современного технологического оборудования для нефтехимической, нефтеперерабатывающей, химической и газовой отраслей промышленности с использованием опыта ведущих западных и российских компаний и институтов.

Anser-GM является одним из немногих предприятий в России способных самостоятельно вести разработку, инжиниринг и изготовление оборудования по нормам ЕСКД, ASME, DIN, JIS.

Одним из основополагающих принципов компании является постоянное повышение качества выпускаемой продукции благодаря приобретению современного оборудования, обучению персонала, сертификации системы менеджмента качества в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2001.

ООО БМТ

Одна из ведущих компаний на российском рынке в области промышленной водоподготовки и очистки сточных вод, имеющей 30-ти летний опыт создания систем водоочистки для различных отраслей промышленности с использованием мембранных нанотехнологий.

Приоритетными направлениями деятельности компании являются разработка и проектирование высокоэффективных технологий и изготовление оборудования для водоподготовки и очистки сточных вод предприятий машиностроительной, химической, легкой, медицинской, фармацевтической, пищевой, перерабатывающей и др. отраслей промышленности.

Потенциал и структура компании позволяют обеспечивать законченный цикл работ и эффективно решать экологические проблемы любой сложности на объектах заказчика.

ЗАО «Ионообменные Технологии»

Компания выполняет работы по созданию или реконструкции объектов практически во всех регионах РФ: от разработки технических решений и проектно-сметной документации до монтажа оборудования и пусконаладочных работ. Объекты сдаются «под ключ». Также проводится обучение персонала.

Компания постоянно совершенствует свои подходы к разработке технических решений, что позволяет создавать максимально экономичные инженерные системы.

ЗАО «Ионообменные Технологии» – инжиниринговая компания, основным направлением деятельности которой является комплексное внедрение новейших технологий и разработок зарубежных и отечественных производителей в области:

- водоподготовки (получение обессоленной и питьевой воды) на базе технологий ионного обмена с помощью ионообменных смол катионитов и анионитов производства Dow Chemical и Rohm and Haas;
- обезжелезивания и мембранных технологий с помощью установок обратного осмоса и ультрафильтрации на мембранах Inge, Norit, Ge и других;
- очистки сточных вод коммунального хозяйства и промышленных предприятий, приготовления, эксплуатации СОЖ и утилизации отработанного концентрата СОЖ;
- охраны природы;
- систем утилизации отходов и автоматизированных систем различного назначения.

Таблица 5.2 – Сравнение компаний, занимающихся очисткой сточных вод

Компания	Направление деятельности	Способ переработки	Очистка стока	Рабочая среда	Возможность возврата в производство конечных продуктов
1	2	3	4	5	6
Предлагаемый проект	Переработка отходов производства цеолитов	Электрохимический	+	Жидкие отходы	+
ООО АКВА-ТЕХ-ХТ	Экология промышленных объектов, комплексная переработка твёрдых техногенных отходов, извлечение из промышленных отходов ценных компонентов	Электрохимический	+	Твердые отходы	-

Продолжение таблицы 5.2

ООО «Ан-сер-Девелопмент»	Специализация на выпуске сосудов, аппаратов, резервуаров и нестандартного оборудования	По заказу	+	По заказу	По заказу
ООО БМТ	Промышленная водоподготовка и очистка сточных вод	Обессоливание стока	+	Жидкие отходы	-
ЗАО «Ионо-обменные Технологии»	Комплексное внедрение новейших технологий и разработок зарубежных и отечественных производителей	Мембранные технологии	+	Жидкие отходы	-

5.7 Варианты привлечения финансирования для реализации проекта

Необходимость привлечения внешнего финансирования может возникнуть на любой стадии разработки проекта. Особенно часто это случается на уровне стартапов, когда привлечение финансирования необходимо для реализации нового бизнес-проекта и вывода его на рынок.

К основным источникам возможного финансирования отнесем:

- государственно-частное партнерство;
- получение ГРАНТА.

5.8 Финансовая модель

В предлагаемом проекте предлагается переработка отхода производства цеолитов с получением растворов сульфата аммония и гидроксида натрия. Это позволит одновременно решить две задачи:

- экологическую, снизить объем сточных вод;

– экономическую, возврат в производство извлекаемого сульфата аммония и гидроксида натрия.

Целью разработки финансовой модели является обоснование экономической эффективности проектного решения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить стоимость получаемой продукции;
- определить производственную мощность объекта;
- рассчитать капитальные вложения на создание основных фондов;
- расчет экономического эффекта от внедрения проекта в производство.

5.8.1 Расчет стоимости продукции

При обработке сточных вод электрохимическим методом в мембранном электродиализаторе получаются растворы сульфата аммония и гидроксида натрия. При переработке 20 м³/сут (0,833 м³/час) стока за час работы в электродиализаторе выделяется 31 кг сульфата аммония и 18,79 кг гидроксида натрия, считая на безводные соединения, соответственно при переработке 1 т стока образуется 37,21 кг/т сульфата аммония и 22,56 кг/т гидроксида натрия.

Стоимость 1 кг сульфата аммония составляет 34,14 руб., а гидроксида натрия – 21,24 руб.

Таким образом, стоимость извлекаемых продуктов за час работы аппарата равна:

а) при получении сульфата аммония:

$$C_{NH_3SO_4} = C \cdot Q, \quad (5.2)$$

где C – стоимость сульфата аммония,

Q – количество образовавшегося сульфата аммония.

$$C_{NH_3SO_4} = 34,14 \cdot 37,21 = 1270,35 \text{ руб} / \text{т}$$

а) при получении гидроксида натрия:

$$C_{NaOH} = C \cdot Q, \quad (5.3)$$

где C – стоимость гидроксида натрия,
 Q – количество образовавшегося гидроксида натрия.

$$C_{NaOH} = 21,24 \cdot 22,56 = 479,17 \text{ руб / т}$$

Общая стоимость продукции составляет 1749,52 руб/т.

$$C_{общ} = C_{NH_3SO_4} \cdot C_{NaOH} \quad (5.4)$$

$$C_{общ} = 1270,35 + 479,17 = 1749,52$$

5.8.2 Расчет производственной мощности объекта

Исходными данными для определения мощности являются технические нормы производительности и эффективный фонд времени ведущих агрегатов в течение года.

Производственную мощность объекта M , т/год, вычисляют по формуле:

$$M = N \cdot q_{СТ} \cdot T_{ЭФ}, \quad (5.5)$$

где N – количество единиц однотипного оборудования, шт.;

$q_{СТ}$ – технически возможная суточная производительность единицы оборудования, т;

$T_{ЭФ}$ – эффективный фонд рабочего времени, дней.

Тогда производственную мощность переработки стока вычислили по формуле (5.1):

$$M = 1 \cdot 22,5 \cdot 335 = 7537,5 \text{ т/год}$$

Количество израсходованной аммиачной воды на получение продуктов – сульфата аммония и гидроксида натрия, определяем исходя из материального баланса которая равна 21,88 кг/ч.

Количество потребленной электроэнергии рассчитываем на основе производственной мощности промышленного электродиализатора, равная 26,6 кВт·ч.

Расчёт расходного контингента сырья, материалов, топлива и энергии в стоимостном выражении сведён в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Расчёт расходного контингента сырья, материалов, топлива и энергии

Наименование	Цена за единицу ресурса, руб	Норма расхода на единицу производственной мощности	Расходный контингент	
			Кол-во	Сумма, руб
1	2	3	4	5
1 Сырьё и основные материалы: - аммиак жидкий технический, т	6700	0,02	175,92	1178664
2 Топливо и энергоресурсы: - электроэнергия, кВт·ч	3	28,37	213864	641592

5.8.3 Расчет капитальных вложений

Расчет оборудования производили поэлементно из основных затрат на его изготовление.

Стоимость приобретения определена на основе прайс-листов, приведенных в открытых источниках.

Таблица 5.4 – Расчет стоимости оборудования

Наименование	Единицы измерения	Цена за ед. в руб.	Кол.	Затраты, в руб.
1	2	3	4	5
Корпусные рамки	кг	126,61	732	92679
Мембраны	шт	4200	488	2049600
Катод	кг	930	2,53	2347
Анод	шт	9000	1	9000
Орг стекло	шт	692029	2	1384058
Стол	т	38500	0,982	37870
итого				3575491

Таблица 5.5 – Расчет стоимости оборудования

Наименование оборудования	Количество единиц	Цена приобретения, руб.	Общая стоимость приобретения, руб.	Транспортные расходы, руб.	Загрaты на хранение, руб.	Загрaты на монтаж, руб.	Сметная стоимость, руб.	Амортизация	
								норма, %	сумма, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Электролизер	1	3575491	3575491	54865	107264,73	1072647,3	4810268,03	15	721540,2045
Емкость	6	24000	144000	7200	4320	43200	198720	20	39744
Насос	2	54000	108000	5400	3240	32400	149040	16,1	23995,44
Выпрямитель	1	285 000	285000	14250	8550	85500	393300	14	55062
Итого:							5551328,03		840341,6445
Неучтенное оборудование							388592,9621	10	38859,29621
Всего:							5939920,992		879200,9407
Приборы КИП и А							1187984,198	17	201957,3137
Всего							7127905,191		1081158,254

Стоимость нормативных оборотных средств H_{OC} , руб./т, вычисляют по формуле:

$$H_{OC} = H_C + H_{ЭР} + H_{ГП} + H_{ЗЧ}, \quad (5.6)$$

где H_C – норматив по сырью, материалам, руб/т;

$H_{ЭР}$ – норматив по энергоресурсам, руб/т;

$H_{ГП}$ – норматив по готовой продукции, руб/т;

$H_{ЗЧ}$ – норматив по запасным частям, руб/т.

Норматив по сырью H_C , руб/т, вычисляют по формуле:

$$H_C = \frac{R_{КС} \cdot Z_C}{T_{ЭФ}}, \quad (5.7)$$

где $R_{КС}$ – расходный контингент по сырью, руб/т;

Z_C – норма запаса по сырью, $Z_C = 3$ дн;

$T_{ЭФ}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, дн.

$$H_C = \frac{1178664 \cdot 3}{335} = 10555,2 \text{ руб.}$$

Норматив по энергоресурсам $H_{ЭР}$, руб/т, вычисляют по формуле:

$$H_{ЭР} = \frac{R_{КЭ} \cdot Z_Э}{T_{ЭФ}}, \quad (5.8)$$

где $R_{КЭ}$ – расходный контингент по энергоресурсам, руб/т;

$Z_Э$ – норма запаса по энергоресурсам, $Z_Э = 8$ дн;

$T_{ЭФ}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, дн.

$$H_{ЭР} = \frac{641592 \cdot 8}{335} = 15321,6 \text{ руб.}$$

Норматив по готовой продукции $H_{ГП}$, руб/т, вычисляют по формуле:

$$H_{ГП} = \frac{Q \cdot Ц \cdot 0,15}{T_{ЭФ}}, \quad (5.9)$$

где Q – годовой выпуск продукции, т;

$Ц$ – цена продукции руб./т;

$T_{ЭФ}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, дн.

$$H_{III} = \frac{7537,5 \cdot 1749,52 \cdot 0,15}{335} = 5904,63 \text{ руб.}$$

Норматив по запасным частям $H_{зч}$, руб./т, вычисляют по формуле:

$$H_{зч} = C_{ОБОР} \cdot 0,02, \quad (5.10)$$

где $C_{ОБОР}$ – стоимость оборудования, руб.

$$H_{зч} = 5939920,992 \cdot 0,02 = 118798,42 \text{ руб.}$$

Стоимость нормативных оборотных средств $H_{ос}$, руб./т, вычислили по формуле (5.6):

$$H_{ос} = 10555,2 + 15321,6 + 5904,63 + 118798,42 = 150579,85 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования определяются по таблице 5.5. Статья «Амортизация» учитывает сумму амортизации, определённую по оборудованию. Расходы по эксплуатации оборудования принимают в размере 5 % от стоимости оборудования, расходы на текущий и капитальный ремонт – 8 %. Единый социальный налог рассчитывают в размере 26 % от фонда заработной платы вспомогательных рабочих. Прочие расходы составляют 0,5 % от суммы всех предыдущих затрат.

Таблица 5.6 – Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Статьи расходов	Сумма, руб.
1) Амортизационные отчисления	879200,94
2) Расходы по эксплуатации оборудования	296996,05
3) Расходы на текущий и капитальный ремонт	475193,68
4) Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих	1397463,35
5) Единый социальный налог	363340,47
6) Прочие расходы	17060,97
Итого	3429255,46

5.8.4 Расчет себестоимости продукции

Себестоимость продукции отражает технический и организационный уровень проекта. Её расчет производится на проектируемый объем выпуска продукции и на основе предыдущих расчётов. Для вычисления себестоимости продукции

составляют калькуляцию типовой формы (таблица 5.7).

Единый социальный налог рассчитывается в размере 26 % от фонда заработной платы основных рабочих. При этом необходимо учитывать процент отчислений по страхованию работников от несчастного случая на производстве.

Общехозяйственные и прочие производственные расходы включают затраты на управление предприятием, на стандартизацию и др. Величина этих затрат в проектах организации новых производств определяется укрупненным методом - в процентах к расходам по переработке (обычно принимают в размере 15% от разности между цеховой себестоимостью продукции и затратами на сырье и материалы).

Коммерческие расходы, т.е. расходы по реализации продукции, следует учитывать по данным действующего производства, в проектах по организации новых процессов в размере 3 % от производственной себестоимости.

Таблица 5.7 – Проектная калькуляция себестоимости переработки стока

Статьи затрат	На весь выпуск			На единицу продукции	
	количество	цена, руб.	сумма, руб.	количество	сумма, руб.
1	2	3	4	5	6
1) Сырье и основные материалы - аммиак жидкий технический, т	175,92	6700	1178664	0,02	156,37
2) Топливо и энергоресурсы - электроэнергия, кВт·ч	213864	3	641592	28,37	85,12
3) Основная и дополнительная заработная плата основных производственных рабочих			722576,71		95,86
4) Единый социальный налог			187869,94		24,92
5) Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования			3429255,46		454,96
Итого цеховая себестоимость			8562197,13		1135,95
6) Общехозяйственные расходы			1107529,97		146,94
7) Производственная себестоимость			9669727,1		1282,88
8) Коммерческие расходы			290091,81		38,49
Полная себестоимость			9959818,91		1321,37

5.8.5 Обоснование экономической эффективности проектного решения

Удельные капитальные вложения рассчитываются следующим образом:

$$K_v = \frac{C_{опф}}{M}, \quad (5.11)$$

где $C_{опф}$ – стоимость основных производственных фондов, руб.

$$K_v = \frac{7127905,191}{7537,5} = 945,70 \text{ руб./т}$$

Эффективность использования основных производственных фондов определяем с помощью показателя фондоотдачи:

$$\Phi_o = \frac{Q_{тп}}{C_{опф}}, \quad (5.12)$$

где $Q_{тп}$ – количество переработанного стока.

$C_{опф}$ – стоимость основных производственных фондов.

$$\Phi_o = \frac{7537,5}{7127905,191} = 0,0011 \text{ кг/руб}$$

Прибыль от реализации продукции P_p , руб, вычисляют по формуле:

$$P_p = (Ц - C) \cdot M, \quad (5.13)$$

где $Ц$ - цена продукции, руб./т;

C - себестоимость переработки 1 т отхода, руб./т.

$$P_p = (1749,52 - 1321,37) \cdot 7537,5 = 3227180,63 \text{ руб / год}$$

Для оценки выгодности производства вычисляют показатель рентабельности продукции $R_{пр}$, %, по формуле:

$$R_{пр} = \frac{(Ц - C) \cdot 100}{C} \quad (5.14)$$

$$R_{пр} = \frac{(1749,52 - 1321,37) \cdot 100}{1321,37} = 32,40 \%$$

Инвестиции рассчитываем по формуле:

$$I = C_{опф} + C_{нос} \quad (5.15)$$

Однако, при расчете инвестиции, необходимо включить стоимость проектно – изыскательных работ. Примем надбавку за научные исследования и проектно – изыскательные работы равной 20% от суммы инвестиции.

Тогда стоимость проекта вычислили по формуле:

$$I = C_{\text{опф}} + C_{\text{нос}} + (C_{\text{опф}} + C_{\text{нос}}) \cdot 0,2 \quad (5.16)$$

$$I = 7127905,19 + 150579,85 + (7127905,19 + 150579,85) \cdot 0,2 = 8734182,05 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект рассчитываем по формуле:

$$\mathcal{E}_r = (Ц - С) \cdot Q \quad (5.17)$$

где \mathcal{E}_r – экономический эффект от проведения многоцелевых мероприятий, руб;

С – себестоимость переработки 1 т отхода руб./т;

Q – годовое количество переработанного стока, т;

$$\mathcal{E}_r = (1749,52 - 1321,37) \cdot 7537,5 = 3227180,63 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений вычисляют по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{опф}}}{Pr} \quad (5.18)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{7127905,19}{3227180,63} = 2,2 \text{ года.}$$

Основные показатели технико-экономической оценки проекта представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Основные технико-экономические показатели проектируемого производства

Наименование	Показатели
1	2
1 Производственная мощность объекта, т/ год	7537,5
2 Удельные капитальные вложения, руб./т	945,70
3 Фондоотдача кг/руб	0,0011
4 Полная себестоимость переработки стока руб.	1321,37
5 Стоимость проекта, руб	8734182,05
6 Прибыль от реализации продукции, руб/год	3227180,63
7 Рентабельность продукции, %	32,40
8 Годовой экономический эффект, руб	3227180,63
9 Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет.	2,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе разработана система управления установкой переработки стока производства цеолитов с получением сульфата аммония и гидроксида натрия на основе водного раствора сульфата натрия и аммиака.

В первой главе была описана характеристика процесса переработки стока с получением сульфата аммония и гидроксида натрия, структура производства, технологический процесс, физико-химические основы процесса, а также характеристика материальных и энергетических потоков, рабочих сред. Выделены основные критерии качества управления производством и приведены нормируемые показатели качества продукции.

Во второй главе приведено обоснование выбора технических и программных средств автоматизации. Сделан патентный поиск по устройствам измерения температуры.

В третьей главе описана разработка системы интеллектуального управления основанного на нейронной сети. В качестве метода управления был выбран автоматический режим, который позволяет управлять процессом с помощью базы данных. В помощь инструмента NNTool среды MATLAB была создана и обучена нейросеть, которая в процессе тестирования выдала удовлетворяющий условиям базы данных результат.

В четвертой главе были предложены основные технические решения по автоматизации. Подобраны приборы и средства автоматизации в соответствии с основными метрологическими характеристиками (диапазон измерения), условиями технологического процесса (свойства измеряемой среды, агрессивность среды, физико-химические свойства), условиями согласования входных и выходных сигналов в системе управления (измерительный преобразователь – контроллер, контроллер – исполнительный механизм). Представлен листинг программы, созданный с использованием двух языков программирования – ST и FBD. Даны указания по монтажу, учитывая особенности выполнения работ по монтажу систем

автоматизации и прокладки электрических проводок. Было описано помещение управления (операторная), в которой располагается АРМ оператора.

В пятой главе описана специфика стартапа. Обоснована экономическая эффективность проектного решения исходя из расчета стоимости получаемой продукции, капитальных вложений на создание основных фондов, экономического эффекта от внедрения проекта в производство.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии (Поверхностные явления и дисперсные системы): учебник для вузов. – М.: Химия, 1982. – 400 с.
- 2) ГОСТ 9-92. Межгосударственный стандарт. Аммиак водный технический. Технические условия. Утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта от 30.03.92 N 332.
- 3) ГОСТ 9097-82. Межгосударственный стандарт. Сульфат аммония. Технические условия. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 06.10.82 N 3902.
- 4) ГОСТ Р 55064-2012. Межгосударственный стандарт. Натр едкий технический. Технические условия. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 ноября 2012 г. N 762-ст.
- 5) Пат. 177643 Рос. Федерация, G01K 7/16. Термопреобразователь сопротивления/ Зорин А.Р., Болтенков Р.А.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное предприятие «ЭЛЕМЕР» (ООО НПП «ЭЛЕМЕР»). – № 2017117907; заявл. 24.05.2017, опубл. 05.03.2018, Бюл. №7.
- 6) Пат. 2594623 Рос. Федерация, G01K 15/0. Датчик, контролирующий температуру процесса производства, оснащенный сенсорным устройством диагностики ее колебаний/ Элке Э.М.; патентообладатель РОСЕМОУНТ ИНК. – № 2014148280/28; заявл. 04.06.2013, опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23.
- 7) Пат. 2726901 Рос. Федерация, G01J 5/08. Пирометр/ Александров С.Е., Гаврилов Г.А., Капралов А.А., Матвеев Б.А., Ременный М.А., Сотникова Г.Ю.; Патентообладатели Общество с ограниченной ответственностью «ИоффеЛЕД», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. – № 2016120127; заявл. 25.05.2016, опубл. 16.07.2020, Бюл. № 20.

- 8) Пат. 2219504 Рос. Федерация, G01J 5/00. Пирометр истинной температуры/ Тымкул В.М., Лебедев Н.С., Шелковой Д.С., Воронин С.А.; патентообладатель Сибирская государственная геодезическая академия. – № 2002104325/28; заявл. 18.02.2002, опубл. 20.12.2003, Бюл. № 35.
- 9) Пат. 2 533 755 Рос. Федерация, G01K 7/00. Термопреобразователь сопротивления (варианты) и способ его изготовления/ Куликов В.А., Никитин К.А. Рогожников М.А.; патентообладатели Куликов В.А., Никитин К.А. – № 2013122973/28; заявл. 20.05.2013, опубл. 20.11.2014, Бюл. № 32.
- 10) Пат. 2623196 Рос. Федерация, G01K 7/13. Устройство для измерения температуры/ Арутюнов Б.А., Фесенко А.И. Строев В.М., Штейнбрехер В.В.; патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина». – № 2016121605; заявл. 31.05.2016, опубл. 22.06.2017, Бюл. № 18.
- 11) Пат. 94035516 Рос. Федерация, G01K 1/00. Устройство для измерения и регулирования температуры/ Шляхов А.С.; патентообладатель Шляхов А.С.. – № 94035516/28; заявл. 23.09.1994, опубл. 27.07.1996.
- 12) Пат. 127 458 Рос. Федерация, G01K 7/12. Устройство для измерения температуры/ Мунц В.А., Папченков А.И. Папченков И.Н.; патентообладатели Мунц В.А., Папченков А.И. Папченков И.Н.. – № 2012149120/28; заявл. 19.11.2012, опубл. 27.04.2013, Бюл. № 12.
- 13) Пат. 2622239 Рос. Федерация, G01J 5/00. Устройство для бесконтактного измерения температуры объекта/ Александров С.Е., Гаврилов Г.А., Капралов А.А., Матвеев Б.А., Ременный М.А., Сотникова Г.Ю.; Патентообладатели Общество с ограниченной ответственностью «ИоффелеД», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. – № 2016119278; заявл. 18.05.2016, опубл. 13.06.2017, Бюл. № 17.
- 14) Пат. 2231760 Рос. Федерация, G01K 7/16. Устройство для измерения и контроля температуры/ Никулин Э.С., Пахоменков Ю.М., Петухов М.В.;

патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Аврора». – № 2003104756/28; заявл. 17.02.2003, опубл. 27.06.2004, Бюл. № 18.

- 15) ТеплоПрибор.рф. Контрольно-измерительные приборы и автоматика [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://xn--90ahjlrccsjdm.xn--p1ai/produkcija/termopreobrazovateli-s-unifitsirovannym-vyhodnym-signalom/> (дата обращения: 26.04.2021).
- 16) Endress+Hauser. Каталог продукции [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/uroven/Levelflex-FMP54> (дата обращения: 26.04.2021).
- 17) LabDepot. Q46N Анализатор растворенного аммиака [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://labdepot.ru/oborudovanie/analiz-vody/promyshlennyj-analiz-vody/analizatory-vody/q46n-analizator-rastvorennogo-ammiaka/> (дата обращения: 26.04.2021).
- 18) Сервис для выбора и покупки оборудования [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://mopra.ru/> (дата обращения: 26.04.2021).
- 19) ОВЕН. Оборудование для автоматизации [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://owen.ru/product/pkg100_nh3 (дата обращения: 26.04.2021).
- 20) Регулирующие клапаны с электроприводом [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://valfit.ru/catalog/reguliruyuschie-klapany-s-eim?utm_source=yandex&utm_medium=srch&utm_campaign=47563044 (дата обращения: 26.04.2021).
- 21) P201T2B Инструкция по эксплуатации онлайн [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://mcgrp.ru/files/viewer/575361/14#navigate_bar (дата обращения: 26.04.2021).
- 22) Регулируемый блок питания РБП-288 с номинальным выходным напряжением 288 В [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://zvezda-el.ru/assets/mgr/files/DOC/RBP-288.pdf> (дата обращения: 26.04.2021).

Приложение А

Спецификация на средства автоматизации

Таблица А.1 – Спецификация на средства автоматизации

№ поз.	Наименование и краткая характеристика прибора	Тип прибора	Кол-во	Завод изготовитель	Примечание
1	2	3	4	5	6
ТЕ 9-1, ТЕ 12-1,	Термометр сопротивления	ТСМУ-16	2	ТеплоПрибор, г. Москва	
LT 2-1 LT 3-1 LT 4-1 LT 5-1 LT 7-1 LT 8-1	Микроимпульсный уровнемер	FMP54	6	ПГ «Метран», г. Челябинск	
FE 1-1 FE 13-1 FE 17-1	Массовый расходомер	Rosemount 3051SFA	3	ПГ «Метран», г. Челябинск	
АЕ 6-1 АЕ 10-1 АЕ 11-1 АЕ 14-1	Анализатор растворенного аммиака	Q46N	4	AnalyticalTechnology, США	
АЕ 19-1	Анализатор аммиака в воздухе рабочей зоны	ПКГ100- NH3	1	ОВЕН, г. Москва	
АЕ 18-1	Анализатор натрия промышленный	АН-7101	1	ЗАО «НПП АВТОМАТИКА», г. Владимир	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
NS 2-2 NS 4-3 NS 19-3	Преобразова- тель частоты	P201T2	3	INNOVARI, Италия	
IE 16-1	Амперметр	M4N-DA	1	«Autonics», Южная Корея	
EE 15-1	Вольтметр	M4N-DV	1	«Autonics», Южная Корея	
2-3; 4-2; 5-2; 5-3; 7-2; 7-3; 8-2; 8-3; 13-3	Привод для клапанов	Regada ST	9	Старооскольский Арматурный Завод, г. Старый Оскол	
	Монтажное шасси	BMX XBP 1200	1	SchneiderElectric, Фран- ция	
	Модуль анало- гового ввода/вывода	BMX AMM 0600	5	SchneiderElectric, Фран- ция	
	Модуль дис- кретного ввода	BMX DDI 1602	1	SchneiderElectric, Фран- ция	
	Модуль дис- кретного вы- вода	BMX DDO 1602	1	SchneiderElectric, Фран- ция	
А 1.2	Процессорный модуль	BMX P34 2020	1	SchneiderElectric, Фран- ция	
А 1.1	Модуль пита- ния	BMX CPS 3540	1	SchneiderElectric, Фран- ция	
	Провод сило- вой	ВВГ-П 2x1.5	20 м	«Ореол», Россия	
	Кабель монтажный	МКЭШ 2x0.75	600 м	АЛЬФАКАБЕЛЬ, Россия	
	Провод	ПуГВ 1x2.5 желто-зеле- ный ТРТС	150 м	«Ореол», Россия	
	Кабель	BMX XCA USB 045	1	SchneiderElectric, Фран- ция	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
	Лоток перфорированный	50x50x3000 x0.55мм	200 м	КМ-Профиль, Россия	
	Крышка на лоток	50 мм L=3000мм	200 м	DCS, Россия	
	Труба гофрированная двустенная	СТГ12-050- К04-050-R	1	IEK, Россия	
	Кабель силовой	ВВГ-нг (А)- LS 5x2.5 ТРТС	100 м	IEK, Россия	
SF1-21	Выключатель автоматический	1А С iC60N 6кА	1	SchneiderElectric, Франция	
QF6-13	Выключатель автоматический	10А С 4.5кА EASY 9	1	SchneiderElectric, Франция	
QF1	Выключатель автоматический	50А С Easy9 4.5кА	1	SchneiderElectric, Франция	
QF2-5	Выключатель автоматический	25А С TX3 6кА	1	SchneiderElectric, Франция	
	Шина ЗЕМЛЯ	ШНИ-6x9- 12-К-3 ИЭК	1	IEK, Россия	
ХТ1	Блок распределительный шинный	ШРБ-160	1	IEK, Россия	
ХТ-24V	Разветвительная клемма	PTFIX 10/12X4- NS35A BU	1	Phoenix Contact, Германия	
ХТ+24V	Разветвительная клемма	PTFIX 10/12X4- NS35A RD	1	Phoenix Contact, Германия	
ШК-CRN	Шкаф напольный	CRN	1	SchneiderElectric, Франция	
	Ограничитель на DIN-рейку (металл)	IEK YXD10	8	IEK, Китай	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
	DIN-рейка перфорированная оцинкованная 2000 мм	IEK YDN10- 0200	4	IEK, Китай	
	Карман для документации, пластиковый, 222x230x30 мм	DKC R5TE100	1	DKC, Италия	

Приложение Б

Листинг программы управления

```
(*Частотный импульс*)
hz:=%s6;
(*Уровень в E21*)
IF LE21_PV<0.0 THEN LE21_PV:=0.0;
ELSIF LE21_PV>100.0 THEN LE21_PV:=100.0;
END_IF;
(*Условия*)
if OPC_FE>0 and re(Hz) then
if LE21_PV<10.0 then
LE21_L:=1;
else
LE21_L:=0;
end_if;
if LE21_PV>90.0 then
LE21_H:=1;
else
LE21_H:=0;
end_if;
RS_0 (S := LE21_H,
      R1 := LE21_L,
      Q1 => rs1);
(*Условия уменьшения значения уровня*)
if rs1=1 and rs2=0 and rs6 then
LE21_PV:=LE21_PV-5.1524545;
(*Условия увеличения значения уровня*)
elsif rs1=0 then
LE21_PV:=LE21_PV+5.1524545;
end_if;
end_if;
(*ЭЛЕКТРОДИАЛИЗАТОР*)
IF LE31_PV<0.0 THEN LE31_PV:=0.0;
ELSIF LE31_PV>100.0 THEN LE31_PV:=100.0;
END_IF;
(*Условия*)
if LE31_PV<10.0 then
LE31_L:=1;
else
LE31_L:=0;
end_if;
if LE31_PV>90.0 then
LE31_H:=1;
else
LE31_H:=0;
end_if;
RS_1 (S := LE31_H,
      R1 := LE31_L,
      Q1 => rs2);
```



```

(*Условия уменьшения значения уровня*)
if rs1=1 and re(Hz) then
if rs2=1 and (rs3=0 or rs4=0) then
LE31_PV:=LE31_PV-5.1524545;
(*Условия увеличения значения уровня*)
elsif rs2=0 then
LE31_PV:=LE31_PV+5.1524545;
end_if;
end_if;
(*Теплообменник L71*)
IF LE71_PV<0.0 THEN LE71_PV:=0.0;
ELSIF LE71_PV>100.0 THEN LE71_PV:=100.0;
END_IF;
(*Условие концентрации свободного аммиака*)
IF A_T1<=0.0 THEN A_T1:=0.0;
ELSIF A_T1>=6.0 THEN A_T1:=6.0;
END_IF;
(*Условия уровня*)
if LE71_PV<10.0 then
LE71_L:=1;
else
LE71_L:=0;
end_if;
if LE71_PV>90.0 then
LE71_H:=1;
else
LE71_H:=0;
end_if;
RS_2 (S := LE71_H,
      R1 := LE71_L,
      Q1 => rs3);
(*Создание таймера*)
TON_1 (IN := rs3,
      PT := t#3s,
      Q => rs3_ton);
(*Условия уменьшения значения уровня*)
if re(Hz) then
if rs3_ton=1 then
LE71_PV:=LE71_PV-2.1524545;
(*Условия увеличения значения уровня*)
elsif rs2=1 and rs3=0 then
LE71_PV:=LE71_PV+2.1524545;
A_T1:=LE71_PV*0.06522;
else LE71_PV:=LE71_PV;
if rs3=1 then
A_T1:=A_T1-2.0;
end_if;
end_if;
end_if;
end_if;
(*Теплообменник L81*)
IF LE81_PV<0.0 THEN LE81_PV:=0.0;
ELSIF LE81_PV>100.0 THEN LE81_PV:=100.0;

```

```

END_IF;
(*Условие концентрации свободного аммиака*)
IF A_T2<=0.0 THEN A_T2:=0.0;
ELSIF A_T2>=55.0 THEN A_T2:=55.0;
END_IF;
if LE81_PV<10.0 then
LE81_L:=1;
else
LE81_L:=0;
end_if;
if LE81_PV>90.0 then
LE81_H:=1;
else
LE81_H:=0;
end_if;
RS_3 (S := LE81_H,
      R1 := LE81_L,
      Q1 => rs4);
(*Создание таймера*)
TON_0 (IN := rs4,
       PT := t#3s,
       Q => rs4_ton);
(*Условия уменьшения значения уровня*)
if re(Hz) then
if rs4_ton=1 then
LE81_PV:=LE81_PV-2.1524545;
(*Условия увеличения значения уровня*)
elsif rs2=1 and rs4=0 then
LE81_PV:=LE81_PV+2.1524545;
A_T2:=LE81_PV*0.5978;
else LE81_PV:=LE81_PV;
if rs4=1 then
A_T2:=A_T2-18.34;
end_if;
end_if;
end_if;
end_if;
(*E3*)
IF LE51_PV<0.0 THEN LE51_PV:=0.0;
ELSIF LE51_PV>100.0 THEN LE51_PV:=100.0;
END_IF;
(*Условия*)
if LE51_PV<=0.0 then
LE51_L:=1;
else
LE51_L:=0;
end_if;
if LE51_PV>50.0 then
LE51_H:=1;
else
LE51_H:=0;
end_if;
RS_4 (S := LE51_H,

```

```

    R1 := LE51_L,
    Q1 => rs5);
CTU_1 (CU := rs4,
    R := LE51_L,
    PV := 4,
    Q => ctu,
    CV => ctu_cv);
(*Условия увеличения значения уровня*)
if re(Hz) then
if rs5=0 then
LE51_PV:=LE51_PV+2.1524545;
(*Условия уменьшения значения уровня*)
elsif rs5=1 and ctu then
LE51_PV:=LE51_PV-2.1524545;
else LE51_PV:=LE51_PV;
end_if;
end_if;
(*Концентрация E3*)
IF AT_3<0.0 THEN AT_3:=0.0;
ELSIF AT_3>100.0 THEN AT_3:=100.0;
END_IF;
AT_3:=int_to_real(ctu_cv)*8.3333;
(*Уровень в E41*)
IF LE41_PV<=0.0 THEN LE41_PV:=0.0;
ELSIF LE41_PV>=100.0 THEN LE41_PV:=100.0;
END_IF;
if LE41_PV<10.0 then
LE41_L:=1;
else
LE41_L:=0;
end_if;
if LE41_PV>90.0 then
LE41_H:=1;
else
LE41_H:=0;
end_if;
RS_6 (S := LE41_H,
    R1 := LE41_L,
    Q1 => rs6);
(*Условия уменьшения значения уровня*)
if re(Hz) then
if rs6=1 and rs1 then
LE41_PV:=LE41_PV-0.5524545;
(*Условия увеличения значения уровня*)
elsif rs6=0 or (rs5=1 and ctu) then
LE41_PV:=LE41_PV+5.1524545;
end_if;
end_if;
(*Токовая нагрузка*)
IF AT_3<0.0 THEN AT_3:=0.0;
END_IF;
(*Уравнение материального баланса*)

```

IE_SP:=(int_to_real(OPC_AE)-0.62)*int_to_real(OPC_FE)/24.0*26.8/0.91/0.071/135.0;
(*Расход аммиачной воды*)
(*Уравнение материального баланса*)
FE_1_1:=(int_to_real(OPC_AE)-0.62)*int_to_real(OPC_FE)/24.0*70.0/142.0*0.111/25.0;
(*Концентрация E3*)
AE_6_1:=int_to_real(ctu_cv)*6.1;

Приложение В

Рекомендательное письмо

“Ишембай катализаторзар естештереу
буйынса махсулаштырылган
химия заводы”
ЯУАПЛЫЛЫГЫ
СИКЛЭНГЭН ЙЭМГИЭТ



453203, Башкортостан республикасы, Ишембай каласы, Туул як яр, 6
применная (34794) 6-34-20, факс (34794) 6-29-90
www.katgroup.ru, info@katgroup.ru

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
“Ишимбайский
специализированный
химический завод катализаторов”

453203, Республика Башкортостан, г. Ишимбай, Левый берег, 6
применная (34794) 6-34-20, факс (34794) 6-29-90
www.katgroup.ru, info@katgroup.ru

Рекомендательное письмо

На дипломный проект Атангуловой Э. Х. на тему «Разработка системы управления переработкой отходов производства цеолитов с получением сульфата аммония и гидроксида натрия»

Ознакомление с дипломным проектом показало, что разработанная тема является актуальной.

Значимость проекта заключается в использовании системы по переработке сточных вод не только для непосредственной их очистки, но в возможности циклического использования сульфата аммония в производстве алюмосиликатных катализаторов.

Применение нейронных сетей в системе управления подтверждает новизну проекта, которая позволит добиться оптимальных показателей системы регулирования.

Стоимость разрабатываемого проекта обоснована расчетом экономической эффективности.

Проект «Разработка системы управления переработкой отходов производства цеолитов с получением сульфата аммония и гидроксида натрия» рекомендуется для внедрения на предприятиях, производящих алюмосиликатные катализаторы.

Директор ООО «Ишимбайский
специализированный химический
завод катализаторов»



Бодрый А.Б.