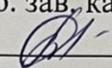


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего профессионального образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и
производств
Направленность (профиль) образовательной программы – Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

и.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко

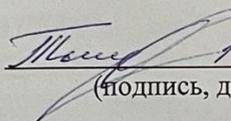
« 24 » июне 2025 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Автоматизированная система управления технологическим процессом
приготовления флокулянта на Амурском ГХК

Исполнитель

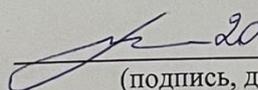
студент группы 141-об

 18.06.2025
(подпись, дата)

А. Тыщенко

Руководитель

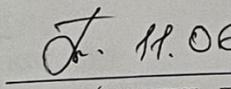
доцент, канд. техн. наук

 20.06.2025
(подпись, дата)

А.Н. Рыбалев

Консультант по безопасности
и экологичности

доцент, канд. техн. наук

 11.06.2025
(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

профессор, д-р техн. наук

 23.06.2025
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

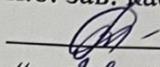
Благовещенск 2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический
Кафедра Автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процес-
сов и производств

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

и.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко

« 24 » июня 2025 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Тыщенко Андрея
1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированная система
управления технологическим процессом приготовления флокулянта на АГХК
(утверждена приказом от 20.04.2023 № 951-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта): 25.06.2025 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

1) Рабочая документация Амурского ГХК;

2) Приказ об утверждении темы бакалаврской работы;

3) Материалы, собранные в ходе практики.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих
разработке вопросов):

1) Описание объекта автоматизации;

2) Обзор технических средств автоматизации;

3) Разработка программного прототипа системы управления в CoDeSys;

4) Безопасность и экологичность

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Общая технологическая схема станции водоподготовки;

Лист 2: Функциональная схема блока приготовления флокулянта;

Лист 3: Принципиальная схема автоматизации схемы блока приготовления;

Лист 4: Принципиальная электрическая схема;

Лист 5: Алгоритм выполнения программы;

Лист 6: Человеко-машинный интерфейс управления;

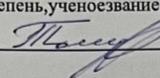
6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов):

Безопасность и экологичность – Булгаков А.Б., доцент, канд. техн. наук

7. Дата выдачи задания: 10.04.2025 г.

8. Руководитель выпускной квалификационной работы: доцент кафедры АП-ПиЭ, канд. техн. наук Рыбалёв Андрей Николаевич

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата, подпись):  10.04.2025

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 73 страницы, 20 рисунков, 22 таблицы, 31 источник, 7 приложений.

ВОДОПОДГОТОВКА, БЛОК ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ФЛОКУЛЯНТ, СТРУКТУРНАЯ СХЕМА, ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА, ДАТЧИК, УПРАВЛЕНИЕ, CODESYS, ПЛК, АСУТП

В работе исследована задача разработки системы управления установкой, технической документации и программного прототипа системы управления с визуальной составляющей для установки приготовления флокулянта на Амурском ГХК.

Целью бакалаврской работы является изучение технической документации установки приготовления флокулянта, технических характеристик и процессов, разработка технической документации, программного прототипа системы управления и визуализации установки приготовления флокулянта на Амурском газохимическом комплексе.

В работе рассмотрены, производственный цикл станции водоподготовки, блока осветления воды и установки приготовления флокулянта. Разработанная техническая документация в виде функциональных и принципиальных схем, а также список оборудования с характеристиками и прототип автоматизированной системы управления технологическим процессом.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Описание работы	8
1.1 Амурский газоперерабатывающий завод	8
1.2 Описание и работа станции	9
1.3 Описание и работа составных частей станции водоподготовки	12
1.4 Блок осветления речной воды	13
1.5 Блок осветления дождевых стоков	18
1.6 Блок хранения приготовления и дозирования флокулянта	22
2 Функциональная схема автоматизации	27
2.1 Назначение и структура функциональной схемы	27
2.2 Описание компонентов функциональной схемы	27
2.3 Логика работы системы	28
3 Технические средства автоматизации	30
3.1 Измерительные датчики и преобразователи	30
3.1.1 Датчик расхода	30
3.1.2 Датчик измерения уровня	31
3.1.3 Преобразователь частоты подъемного крана	32
3.1.4 Сигнализатор уровня сыпучих материалов	33
3.2 Пусковое и релейное оборудование	34
3.2.1 Трехфазные пускатели вибровстряхивателей	35
3.2.2 Автоматические выключатели	36
3.2.3 Трехфазный пускатель автоматических мешалок	37
3.2.4 Реле уровня	38
3.2.5 Тепловое реле	38
3.3 Сенсорная панель оператора	39
3.4 Управляющее оборудование, выбор ПЛК	40
3.4.1 Выбор ПЛК	40
3.4.2 Блок питания для ПЛК и ответственных применений	42

3.4.3 Блок питания датчиков и периферии	43
3.5 Кнопки и индикаторы	45
3.5.1 Кнопки запуска и выключения	45
3.5.2 Индикаторы работы оборудования	46
4 Принципиальная электрическая схема	47
5 Прототип программного обеспечения и визуализация	48
5.1 Среда разработки программного обеспечения и визуализации	48
5.2 Человеко-машинный интерфейс	48
6 Безопасность и экологичность	51
6.1 Безопасность	51
6.1.1 Требования к рабочему месту оператора	52
6.1.2 Требования к микроклимату	53
6.1.3 Требования уровня шума и вибрации	54
6.1.4 Электробезопасность	55
6.1.5 Безопасность при работе с установкой	55
6.2 Экологичность	57
6.3 Чрезвычайные ситуации	58
6.3.1 Опасность при утечке химического реагента	58
6.3.2 Опасность при эксплуатации системы управления	59
6.3.3 Пожарная безопасность	60
Заключение	62
Библиографический список	63
Приложение А Схема станции водоподготовки и блока осветления воды	66
Приложение Б Функциональная схема установки	67
Приложение В Функциональная схема подключений	68
Приложение Г Электрическая схема соединений	69
Приложение Д Спецификация к электрической схеме соединений	70
Приложение Е Алгоритм работы установки	71
Приложение Ж Экран и панель оператора	72

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ГХК – газохимический комплекс;

АСУ – автоматизированная система управления;

Флокулянт – химический реагент;

ОВП – окислительно-восстановительный потенциал;

ПАУ – порошковые активные угли;

ХПК – химическое потребление кислорода;

ПО – программное обеспечение;

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ОРС – Open Platform Communications (стандарт обмена данными между устройствами и приложениями промышленной автоматике).

ВВЕДЕНИЕ

Зачастую вода – взятая из источника не соответствует техническим нормам и регламентам, соответственно на большинстве производств необходимы участки общезаводского хозяйства, где подготавливается и хранится сырье, технические материалы и реагенты. Станция водоподготовки на Амурском Газохимическом Комплексе, не является исключением ведь, там применяются высокие требования к качеству сырья и технической воды, используемой в технологическом процессе.

Блок осветления воды является крайне важной частью станции водоподготовки, где происходит основной процесс очистки воды от примесей. Осветление воды – невозможно провести без подготовки специальных растворов химических реагентов, а именно – коагулянта и флокулянта, инициирующих и ускоряющих процесс слипания примесей, для дальнейшего удаления их из технической воды.

Блок приготовления флокулянта является одной из важнейших составляющих данного производственного цикла, изготавливающим специальный химический раствор флокулянта, для камеры флокуляции блока осветления.

Так как общий технологический процесс крайне ресурсоемкий в расходе воды, приходится очищать большие объемы речной воды и дождевых стоков, соответственно требуются автоматизированные системы управления данными процессами, для обеспечения бесперебойной работы как блоков приготовления и осветления, так и всей станции водоподготовки.

В данном курсовом проекте будут рассмотрены, как технологический процесс в целом, так и автоматизированное управление блоком приготовления флокулянта.

1 ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1 Амурский газохимический комплекс

Амурский ГХК – это масштабный проект по созданию одного из крупнейших в мире производств базовых полимеров: полиэтилена (ПЭ) и полипропилена (ПП) [1]. Комбинат станет ключевым элементом российской нефтегазохимии, обеспечивая сырьем критически важные отрасли промышленности и снижая зависимость от импорта.

1.1.1 Масштабы и мощность производства:

Годовой выпуск: до 2,3 млн тонн полимеров (1,5 млн тонн полиэтилена и 0,8 млн тонн полипропилена).

Сырье: переработка этана, поступающего с Амурского газоперерабатывающего завода (ГПЗ).

Технологии:

Пиролиз (крекинг) этана – получение этилена и пропилена.

Полимеризация – производство полиэтилена

1.1.2 Сырьевая база и логистика:

Источник сырья: Амурский ГПЗ (часть проекта «Сила Сибири»), перерабатывающий газ с Ковыктинского, Чаяндынского и других месторождений.

Инфраструктура:

Железнодорожные и автомобильные пути для поставок продукции.

Близость к Китаю и портам Дальнего Востока (для экспорта в АТР).

Экспортный потенциал: до 70% продукции может поставляться в Китай, Южную Корею, Японию и Юго-Восточную Азию.

3. Применение полимеров Амурского ГХК:

Трубы для ЖКХ и газоснабжения (высокая химическая стойкость).

Упаковка (пищевые пленки, бутылки, контейнеры).

Строительные материалы (изоляция, мембраны, пленки для теплиц).

Медицина (упаковка лекарств, одноразовые инструменты).

1.2 Описание и работа станции

Станция водоподготовки речной воды и очистки дождевых стоков предназначена для подготовки технической воды из поступающей воды р. Зeya, а также для очистки поступающих поверхностных дождевых сточных вод до требований к сбросу в р. Пёра. Технические характеристики станции представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики станции

Наименование	Технические характеристики		
	мин	норм	макс
Станция водоподготовки речной воды и очистки дождевых стоков			
Ультрафильтрат произведенный из речной воды, м ³ /ч	90 м ³ /ч	143 м ³ /ч	350 м ³ /ч
Осветленная вода, произведенная из речной воды, м ³ /ч	300 м ³ /ч	3000 м ³ /ч	3520 м ³ /ч
Очищенный дождевой сток*, м ³ /ч	350 м ³ /ч	1347 м ³ /ч	1347 м ³ /ч
Характеристики электропитания:			
Максимальная установленная мощность станции водоподготовки, кВт	На актуализации		
Напряжение, В	400/690		
Частота, Гц	50/60		
Условия эксплуатации:			
Температура окружающей среды в здании, °С	+5....+30		
Атмосферное давление, мм рт. ст.	650....800		
Относительная влажность в здании, % не более	70		

Продукцией установки водоподготовки являются осветленная вода, ультрафильтрат и очищенный дождевой сток. Предлагаемая технология предусматривает две линии очистки: речной воды и дождевых стоков. Состав станции водоподготовки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав станции водоподготовки

Наименование	Количество
Линия очистки речной воды	1
Блок фильтрации речной воды на песчаных фильтрах	1
Блок ультрафильтрации	1
Линия очистки дождевых стоков, в которой:	1
Блок осветления дождевых стоков	1
Блок фильтрации дождевых стоков на песчаных фильтрах	1
Блок фильтрации дождевых стоков на сорбционных фильтрах	1

Речная вода и дождевые стоки поступают на стадию осветления на скоростных осветлителях с циркуляцией микропеска и безнапорной фильтрации через зернистую загрузку (окатанный кварцевый песок) в самопромывных фильтрах. Элементы станции осветления воды представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Состав станции осветления

Вспомогательные блоки для работы станции очистки дождевых стоков и речной воды:	Количество
1	2
Блок воздухообеспечения	1
Блок сбора осветленной воды	1
Блок нейтрализации	1
Блок сгущения	1
Блок обезвоживания	1
Насосная станция технических нужд	1
Блок хранения и дозирования серной кислоты	1
Блок хранения и дозирования гипохлорита натрия	1

1	2
Блок сбора промывных, осветленных вод и фугата	1
Насосная станция технических нужд	1
Блок хранения и дозирования серной кислоты	1

Так как состав дождевых стоков отличается от состава речной воды (более высокое содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов), то для очистки дождевых стоков в составе станции предусмотрена отдельная линия.

Поверхностные сточные воды поступают в пруды-накопители, откуда КНС равномерно перекачивает их на Станцию. Очищенные дождевые стоки собираются в резервуарах сбора откуда затем насосной станцией откачиваются в р. Большая Пёра.

Источником водоснабжения предприятия является река Зея. Данная речная вода относится к типу маломутных, высокоцветных, холодных вод с низким солесодержанием, щелочностью и водородным показателем рН.

Предусмотрено повторное использование промывных вод от фильтров, предназначенных для получения осветленной воды [3]. Сброс промывных/сточных вод в канализацию не осуществляется. Предусматривается сброс в канализацию аварийных проливов, переливов и опорожнения оборудования. Структурная схема станции водоподготовки речной воды и дождевых стоков изображена на рисунке 1.

Станция водоподготовки

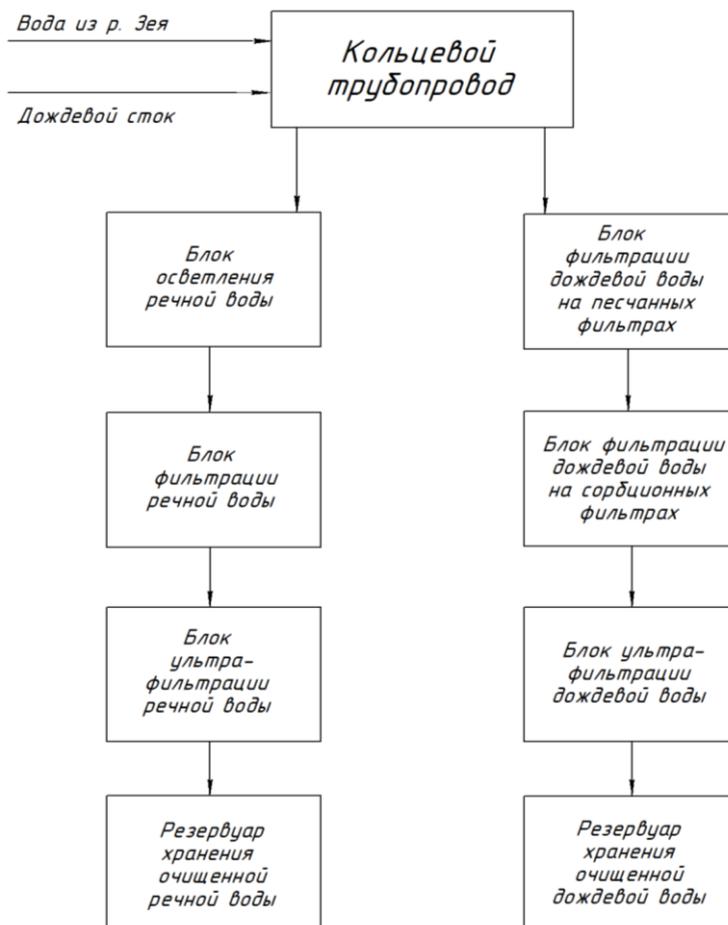


Рисунок 1 – Упрощенная структурная схема станции водоподготовки

1.3 Описание и работа составных частей станции водоподготовки

С восточной стороны расположены трубопроводы подачи речной воды и трубопровод дождевых стоков на очистку в станцию водоподготовки. В эти трубопроводы врезаются трубопроводы подачи промывочной воды для подачи на осветлители речной воды и дождевых стоков.

Исходная речная вода с р.Зезя подаётся насосной станцией I подъёма по двум водоводам технологической схемы на блок водоочистной станции. Максимальный часовой расход подаваемой воды составляет 3960 м³/ч.

Исходный дождевой сток подается насосными группами по одному водоводу технологической схемы. Максимальный часовой расход подаваемого стока составляет 1420 м³/ч. На каждом трубопроводе подачи речной воды установ-

лен датчик давления и, подающий сигнал на отключение насосов I подъема при превышении заданной уставки максимального давления.

От обоих трубопроводов предусмотрен отвод воды на систему аналитического контроля приборов анализа качества исходной (речной) воды: датчик мутности, датчик электропроводности датчик концентрации марганца, датчик концентрации железа и датчик спектрального поглощения при длине волны 254 нм.

Между водоводами подачи речной воды предусмотрена перемычка с установленной на ней запорной арматурой.

Далее вода идет по одному из двух трубопроводов на линии осветления (рабочий и резервный). На каждом трубопроводе установлен расходомер, а также датчики температуры и система аналитического контроля приборов анализа качества исходной (речной) с датчиками и датчиками ОВП.

В оба водовода организованы точки ввода рабочих растворов гипохлорита натрия и едкого натра.

Раствор гипохлорита натрия дозируется для окисления органических веществ, обуславливающих цветность, а также железа и частично марганца. С целью эффективного протекания процесса коагуляции, предусмотрен ввод раствора едкого натра для создания оптимального pH.

Дозирование гипохлорита натрия осуществляется в автоматическом режиме по сигналу, сформированному с расходомеров по расчетному коэффициенту пропорциональности, задаваемому оператором или определяемому программно как отношение концентраций реагента в трубе и концентрации подаваемого раствора реагента. Контроль количества реагента ведется оператором по показаниям датчика ОВП.

1.4 Блок осветления речной воды

Блок осветления предназначен для удаления взвешенных веществ из речной воды с реагентной обработкой и с циркуляцией микропеска. Состав оборудования и сооружений Блока осветления речной воды представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Состав оборудования и сооружений Блока осветления речной воды

Обозначение	Наименование оборудования/сооружения	Количество всего, шт.
Линия z (где $z = A \div D$)	Осветлитель очистки речной воды, в составе которого:	4
61-ТК-5001z (где $z = A \div D$)	Первая контактная камера углевания, в каждой:	4
61-АГ-5001z (где $z = A \div D$)	Вертикальная мешалка первой контактной камеры углевания	4
61-ТК-5002z (где $z = A \div D$)	Вторая контактная камера углевания, в каждой:	4
61-АГ-5002z (где $z = A \div D$)	Вертикальная мешалка второй контактной камеры углевания	4
61-ТК-5003z (где $z = A \div D$)	Камера коагуляции, в каждой:	4
61-АГ-5003z (где $z = A \div D$)	Вертикальная мешалка камеры коагуляции	4
61-ТК-5004z (где $z = A \div D$)	Камера флокуляции, в каждой:	4

В блок осветления речная вода поступает по двум водоводам, где водоводы объединяются в кольцевой трубопровод, также в этот трубопровод подаются дождевые стоки по водоводу. Чтобы исключить смешение речной воды и дождевых стоков, кольцевой трубопровод секционирован. Технологическая схема поступления речной воды и дождевых стоков представлена на чертеже.

С кольцевого водовода организован отвод четырех линий на блоки осветления речной воды.

Поток исходной речной воды с номинальным расходом $3960 \text{ м}^3/\text{ч}$ распределяется на 4 блока осветления, выполненных из железобетона, номинальной производительностью по $990 \text{ м}^3/\text{ч}$ каждый. Перед каждым блоком установлен расходомер и регулирующая арматура, позволяющая равномерно распределить поток воды по линиям осветления.

В состав каждого блока входит один осветлитель разделенный на следующие 6 камер:

1. Контактные камеры углевания – 2 шт. ($V = 130 \text{ м}^3$);
2. Камера коагуляции – 1 шт. ($V = 43 \text{ м}^3$);
3. Камера флокуляции – 1 шт. ($V = 43 \text{ м}^3$);
4. Камера созревания – 1 шт. ($V = 120 \text{ м}^3$);
5. Камера осаждения – 1 шт. ($V = 120 \text{ м}^3$);

Каждая камера, за исключением камеры осаждения, содержит в своем составе мешалку. Камера осаждения включает в себя ламельный блок и скребковый механизм.

Помимо этого, в состав каждого блока осветления входят:

- Гидроциклон – 2 шт. (1 раб. + 1 рез.);
- Насос рециркуляции осадка – 2 шт. (1 раб. + 1 рез.), $Q = 54 \text{ м}^3/\text{ч}$,
 $H = 22,1 \text{ м}$.

В первую, по ходу движения воды, контактную камеру углевания осветлителя технологической схемы может осуществляться дозирование 5%-ой суспензии порошкообразного активированного угля (ПАУ) с технологической схемы. Также предусмотрена дополнительная точка ввода ПАУ в лоток после контактной камеры перед блоком песчаных фильтров. Ввод ПАУ позволяет увеличить эффективность очистки от органических соединений, интегрально выраженных в показателе ХПК. Дозирование ПАУ осуществляется по сигналу оператора. Величина подачи ПАУ определяется программно в зависимости от расхода с коэффициентом пропорциональности, задаваемым оператором. При необходимости производится корректировка дозы ПАУ по значению ХПК с датчика.

Предусмотрено две точки ввода коагулянта: в подающий трубопровод перед контактной камерой осветлителя, либо в камеру коагуляции. Дозирование коагулянта осуществляется в автоматическом режиме пропорционально расходу по расходомерам. Коэффициент пропорциональности задается оператором. Контроль дозирования реагентов производится по датчикам мутности,

установленным на подающей на осветлитель трубе и в последней секции осветлителя в зоне отвода чистой воды.

Для лучшего действия коагулянта и ПАУ в камерах установлены мешалки, соответственно.

После коагуляции вода поступает во вторую камеру углевания, в которой происходит продолжение процесса углевания и коагуляции (при подаче коагулянта в подводящий трубопровод).

Далее вода попадает в камеру коагуляции, в которую подается раствор коагулянта.

Далее вода подается в камеру флокуляции, в которую происходит добавление микропеска. Песок служит в качестве «присадки» для образования хлопьев и развития процесса на следующем этапе технологического процесса. Микропесок добавляется по таймеру. Уставки работы оборудования дозирования и таймер задаются оператором. Таймеры подачи микропеска разведены так, чтобы подача не осуществлялась одновременно в два и более осветлителя.

Обработка воды продолжается при ее прохождении через нижний канал из камеры ввода микропеска в камеру созревания технологической схемы, в которую вводится флокулянт. Предусмотрена возможность дозирования флокулянта в несколько точек камеры флокуляции и на выход гидроциклона. Оптимальная точка ввода определяется при эксплуатации, переключения производятся в ручном режиме. Дозирование флокулянта осуществляется в автоматическом пропорционально расходу по расходомерам. Коэффициент пропорциональности задается оператором. В камерах установлены мешалки.

В камере созревания организовано медленное перемешивание, которое обеспечивает идеальные условия для образования полимерных цепочек между микропеском и дестабилизированными взвешенными веществами. Данный процесс усиливается за счет большой удельной поверхности песка, которая увеличивает возможность образования полимерных цепочек и сцепления микропеска и хлопьев, уже присутствующих во взвешенном состоянии.

Двигатели данных мешалок оснащены частотными приводами для регулирования скорости вращения лопастей мешалки с целью оптимизации условий работы флокулянта. Регулирование скорости вращения мешалки осуществляет оператор.

Полностью сформированные и содержащие балластный песок хлопья поступают из камеры созревания в зону отстаивания. Здесь поток разделяется на шлам, оседающий на дно, и восходящий ламинарный поток воды, который проходит через тонкослойные элементы, обеспечивающие быстрое и эффективное удаление остаточных хлопьев микропеска/осадка. Осветлённая вода выходит из осветлителя самотёком через лоток водослива.

В камерах установлены скребки, соответственно. Двигатели скребков оснащены частотными приводами для регулирования скорости вращения скребка. Регулирование скорости вращения скребка осуществляет оператор.

Балластная смесь хлопьев с песком и шламом накапливается в нижней части камеры отстойника и с помощью шламового насоса (1 рабочий, 1 резервный для каждого осветлителя) подается в гидроциклон (1 рабочий, 1 резервный для каждого осветлителя) для сепарации. В гидроциклоне за счет центробежных сил обеспечивается отделение флоккул шлама от микропеска, обладающего более высокой плотностью. После сепарирования, микропесок собирается в нижней зоне гидроциклона, откуда он возвращается в камеры (-D) установки для повторного использования. Шлам с более низкой плотностью выводится из верхней части гидроциклона и направляется на блок обработки промывных и шламовых вод.

После ступени отстаивания обрабатываемая вода с каждого осветлителя самотеком поступает в контактную камеру технологической схемы, рассчитанную на 9–12 минут пребывания. Каждая контактная камера оборудована быстрорходной мешалкой.

Предусмотрена возможность ввода раствора едкого натра и гипохлорита натрия в контактную камеру. Ввод едкого натра обусловлен либо необходимостью коррекции рН (до 7,4) для соответствия требованиям к очищенным пото-

кам, либо необходимости коррекции рН (до 8,5 – 9,5) для создания оптимальных условий окисления марганца и последующего задержания MnO_2 на песчаной загрузке блока фильтрования. Дозирование осуществляется по ПИД-механизму в зависимости от расхода подаваемой на линию воды по расходомерам до достижения заданной оператором уставки рН по датчику рН, в зависимости от рабочей линии [8].

Ввод гипохлорита натрия предназначен для окисления марганца в случае превышения лимитируемых значений. Превышение фиксируется по датчику марганца в канале осветленной воды после блока песчаных фильтров. Дозирование коагулянта осуществляется в автоматическом пропорционально расходу по расходомерам. Коэффициент пропорциональности задается оператором. Контроль ведется по показаниям датчиков ОВП в зависимости от рабочей линии).

Предусмотрена возможность подачи речной воды на 5 линию освещения (–Е), в случае необходимости. Для очистки дождевого стока остается линия F.

После контактных камер частично осветленная речная вода подается на блоки механической фильтрации речной воды.

1.5 Блок освещения дождевых стоков

Блок освещения предназначен для удаления взвешенных веществ из дождевых стоков с реагентной обработкой и с циркуляцией микропеска.

В блок освещения дождевые стоки поступают по водоводу в кольцевой трубопровод, объединенный с водоводами речной воды. Чтобы исключить смешение речной воды и дождевых стоков, кольцевой трубопровод секционирован.

С кольцевого водовода организован отвод двух линий на блоки освещения дождевого стока.

Поток дождевой воды распределяется на 2 блока освещения, выполненных из железобетона, номинальной производительностью 990,0 м³/ч каждый. Перед каждым блоком установлен расходомер и регулирующая задвижка, позволяющая выровнять поток воды в линии освещения.

В состав каждого блока входит один осветлитель разделенный на следующие 6 камер:

- 1 Контактные камеры углевания – 2 шт. ($V = 130 \text{ м}^3$);
- 2 Камера коагуляции – 1 шт. ($V = 43 \text{ м}^3$);
- 3 Камера флокуляции – 1 шт. ($V = 43 \text{ м}^3$);
- 4 Камера созревания – 1 шт. ($V = 120 \text{ м}^3$);
- 5 Камера осаждения – 1 шт. ($V = 120 \text{ м}^3$);

Каждая камера, за исключением камеры осаждения, содержит в своем составе мешалку. Камера осаждения включает в себя ламельный блок и скребковый механизм.

Помимо этого, в состав каждого блока осветления входят:

Гидроциклон – 2 шт. (1 рабочий + 1 резервный);

Насос рециркуляции осадка – 2 шт. (1 рабочий + 1 резервный), $Q = 54 \text{ м}^3/\text{ч}$,

$H = 22,1 \text{ м}$.

В первую, по ходу движения воды, контактную камеру углевания осветлителя технологической схемы может осуществляться дозирование 5% раствора порошкообразного активированного угля (ПАУ) с технологической схемы. Также предусмотрена дополнительная точка ввода ПАУ в лоток после контактной камеры перед блоком песчаных фильтров. Ввод ПАУ позволяет увеличить эффективность очистки от органических соединений. Дозирование ПАУ осуществляется по сигналу оператора. Величина подачи ПАУ определяется программно в зависимости от расхода с коэффициентом пропорциональности, задаваемым оператором. При необходимости производится корректировка дозы ПАУ по значению содержания органических соединений с датчика.

Предусмотрено две точки ввода коагулянта: в подающий трубопровод перед контактной камерой осветлителя либо в камеру коагуляции. Дозирование коагулянта осуществляется в автоматическом режиме пропорционально расходу по расходомерам. Коэффициент пропорциональности задается оператором.

Контроль дозирования реагентов производится по датчикам мутности, установленным на подающей на осветлитель трубе и в последней секции осветлителя в зоне отвода чистой воды. Для лучшего действия коагулянта и ПАУ в камерах установлены мешалки.

После коагуляции вода поступает во вторую камеру углевания, в которой происходит продолжение процесса углевания и коагуляции (при подаче коагулянта в подводный трубопровод).

Далее вода попадает в камеру коагуляции, в которую подается раствор коагулянта. Далее вода подается в камеру флокуляции, в которой происходит добавление микропеска. Он служит в качестве «присадки» для образования хлопьев и развития процесса на следующем этапе технологического процесса. Микропесок добавляется по таймеру. Уставки работы оборудования дозирования и таймер задаются оператором. Таймеры подачи микропеска разведены так, чтобы подача не осуществлялась одновременно в два и более осветлителя.

Обработка воды продолжается при ее прохождении через нижний канал из камеры ввода микропеска в камеру созревания технологической схемы, в которую вводится флокулянт. Предусмотрена возможность дозирования флокулянта в несколько точек камеры флокуляции и на выход гидроциклона. Оптимальная точка ввода определяется при эксплуатации, переключения производятся в ручном режиме. Дозирование флокулянта осуществляется в автоматическом пропорционально расходу по расходомерам. Коэффициент пропорциональности задается оператором. В камерах установлены мешалки.

В камере созревания организовано сравнительно более мягкое смешение, которое обеспечивает идеальные условия для образования полимерных цепочек между микропеском и дестабилизированными взвешенными веществами. Данный процесс усиливается за счет большой удельной поверхности песка, которая увеличивает возможность образования полимерных цепочек и сцепления микропеска и хлопьев, уже присутствующих во взвешенном состоянии.

Двигатели данных мешалок оснащены частотными приводами для регулирования скорости вращения лопастей мешалки с целью оптимизации условий

работы флокулянта. Регулирование скорости вращения мешалки осуществляет оператор.

Полностью сформированные и содержащие балластный песок хлопья поступают из камеры созревания в зону отстаивания. Здесь поток разделяется на шлам, оседающий на дно, и восходящий ламинарный поток воды, который проходит через тонкослойные элементы, обеспечивающие быстрое и эффективное удаление остаточных хлопьев микропеска/осадка. Осветлённая вода выходит из осветлителя самотёком через лоток водослива.

В камерах установлены скребки. Двигатели скребков оснащены частотными приводами для регулирования скорости вращения скребка. Регулирование скорости вращения скребка осуществляет оператор.

Балластная смесь хлопьев с песком и шламом накапливается в нижней части камеры отстойника и с помощью шламowego насоса (1 рабочий, 1 резервный для каждого осветлителя) подается в гидроциклон (1 рабочий, 1 резервный для каждого осветлителя) для сепарации. В гидроциклоне за счет центробежных сил обеспечивается отделение флоккул шлама от микропеска, обладающего более высокой плотностью. После сепарирования, микропесок собирается в нижней зоне гидроциклона, откуда он возвращается в камеры установки для повторного использования. Шлам с более низкой плотностью выводится из верхней части гидроциклона и направляется на блок обработки промывных и шламовых вод.

После ступени отстаивания обрабатываемая вода с каждого осветлителя самотеком поступает в контактную камеру технологической схемы, рассчитанную на 9–12 минут пребывания. Каждая контактная камера оборудована быстросходной мешалкой.

Предусмотрена возможность ввода раствора едкого натра и гипохлорита натрия в контактную камеру. Ввод едкого натра обусловлен либо необходимостью коррекции рН (до 7,4) для соответствия требованиям к очищенным потокам, либо необходимости коррекции рН (до 8,5 – 9,5) для создания оптималь-

ных условий окисления марганца и последующего задержания MnO_2 на песчаной загрузке блока фильтрования.

Ввод гипохлорита натрия предназначен для окисления марганца в случае превышения лимитируемых значений. Превышение фиксируется по датчику марганца в канале осветленной воды после блока песчаных фильтров.

Дозирование коагулянта осуществляется в автоматическом пропорционально расходу по расходомерам. Коэффициент пропорциональности задается оператором. Контроль ведется по показаниям датчиков ОВП в зависимости от рабочей линии).

Предусмотрена возможность подачи речной воды на 5 линий осветления (А–Е). Для очистки дождевого стока остается линия F.

После контактных камер частично осветленная речная вода подается на блоки механической фильтрации. Структурная схема блока осветления воды представлена на рисунке 2.

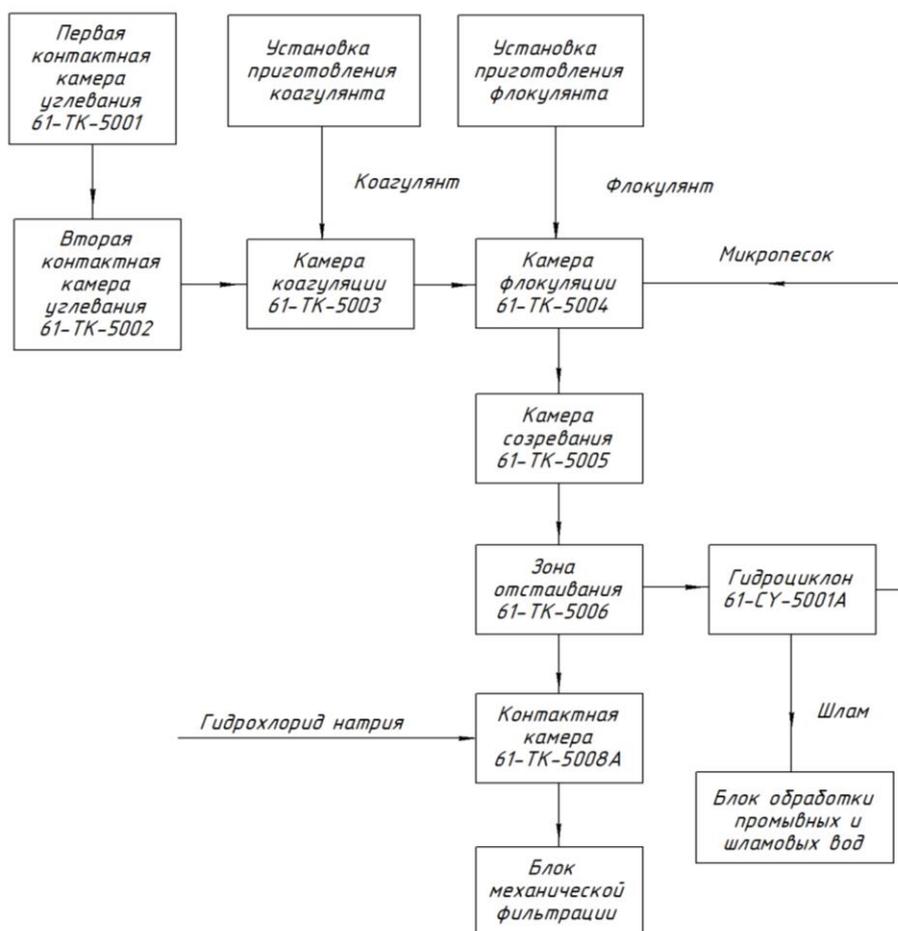


Рисунок 2 – Схема блока осветления речной воды и дождевых стоков.

1.6 Блок хранения, приготовления и дозирования флокулянта

Блок предназначен для хранения, приготовления и дозирования раствора флокулянта в технологическом процессе осветления и очистки речной и дождевой воды. Раствор флокулянта, является одним из основных реагентов в очистке воды.

Состав оборудования Блока приготовления и дозирования флокулянта представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Состав оборудования Блока хранения, приготовления и дозирования флокулянта

Название оборудования	Количество
Блок растворения флокулянта	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Растариватель ножевой	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Кран	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Промежуточный бункер приема	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Вакуумный загрузчик	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Вибровстряхиватель растаривателя ножевого	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Вибровстряхиватель бункера	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Емкость приготовления с мешалка- ми	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Погружные мешалки	12 (9 рабочих; 3 резервных)
Смеситель статический	1 рабочий
Бункер приема флокулянта	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Шнековый дозатор	2 (1 рабочий; 1 резервный)
Блок дозирующих насосов, в кото- ром:	1
Винтовой дозирующий насос с ЧРП	2 рабочих
Смеситель статический	1 рабочий
Бункер	3 (2 рабочих; 1 резервный)

Технические характеристики Блока хранения, приготовления и дозирования флокулянта представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики блока приготовления и дозирования флокулянта.

Параметр	Значение
Вакуумный загрузчик	
Производительность кг/ч	200
Мощность, кВт	1,15
Мостовой кран	
Количество кранов, шт.	3 (2 рабочих; 1 резервный)
Мощность, кВт	2
Грузоподъёмность, кг	1000
Шнековый дозатор	
Длина, мм	700
Диаметр, мм	35
Мощность, кВт	0,2
Вибровстряхиватель растаривателя ножевого	
Мощность, кВт	0,08
Ток, А	0,16
Напряжение, В	400
Вибровстряиватель бункера	
Мощность, кВт	0,06
Ток, А	0,18
Напряжение, В	400
Погружные мешалки	
Мощность, кВт	0,55
Частота, об/мин	900
Напряжение питания, В	400

Товарный реагент флокулянт поставляется в виде сухого порошка. Раствор флокулянта готовится в двух блоках посредством растворения сухого продукта в воде до нужной концентрации. Флокулянт используется в трех технологических процессах: осветлении исходной воды (речной и дождевого стока), сгущении осадка осветлителей, обезвоживании осадка сооружений. Часовой расход товарного реагента для приготовления рабочего раствора составит:

- для осветления речной воды – 1,18 кг/ч и 3,95 кг/ч в период паводка;
- для осветления дождевого стока – 1,35 кг/ч;
- для сгущения осадка осветлителей – 0,26 кг/ч;
- для обезвоживания осадка – 3,43 кг/ч и 5 кг/ч в период паводка.

Проектом предусмотрены 3 автоматические трехсекционные установки приготовления раствора флокулянта для приготовления раствора для очистки речной и дождевой воды 61-РК-5072А производительностью 2000 л/ч.

Сухой реагент после растаривания на комплектной установке с пневмозагрузкой 61-НО-5070А попадает в промежуточный бункер 61-НР-5070А, откуда вакуумным загрузчиком, попадает в бункер приема 61-НР-5071А. Из бункера приема товарный продукт попадает в бункер установки приготовления 61-НР-5072А, откуда шнековым дозатором 61-SF-5072А подается в емкости установки приготовления, оснащенные мешалками 61-АГ-5072А, 61-АГ-5073А, 61-АГ-5074А. Растворение производится технической водой, подача воды контролируется расходомером FT2306, FT2307, FT2308.

Проектом предусмотрены 2 автоматические трехсекционные установки приготовления раствора флокулянта для приготовления раствора для обработки осадка 61-РК-5076В производительностью 4500 л/ч.

Сухой реагент после растаривания на комплектной установке с пневмозагрузкой 61-НО-5074А,В попадает в промежуточный бункер 61-НР-74А,В, откуда вакуумным загрузчиком, попадает в бункер приема 61-НР-5075А,В. Из бункера приема товарный продукт попадает в бункер установки приготовления 61-НР-5076А,В, откуда шнековым дозатором 61-SF-5076А,В подается в емкости установки приготовления, оснащенные мешалками 61-АГ-5076А(÷С), 61-АГ-

5077A(÷C). Растворение производится технической водой, подача воды контролируется расходомером FT2323, FT2324.

Подача реагента осуществляется винтовыми насосами с частотным регулированием привода. Флокулянт в точки дозирования осветлителей подается через панели разбавления технической водой. Количество подаваемого флокулянта и воды на разбавление контролируется расходомерами, установленными после каждого насоса. Схема блока представлена в приложении А.

Для приготовления раствора используется Ph флокулянт, «Флок-100» это катионный полимерный флокулянт в виде порошка, предназначенный для предварительной очистки питьевой воды и других водных сред [2]. Он используется для быстрого и эффективного объединения мелких взвешенных частиц, коллоидных веществ и органических загрязнений в крупные флокки, которые легко удаляются при фильтрации или осаждении. Высокомолекулярный катионный полимер, обладающий положительным зарядом. Такой состав обеспечивает хорошую адгезию к отрицательно заряженным частицам загрязнений и способствует их склеиванию.

В порошке содержание активных полимерных компонентов достигает примерно 85 – 95%, что позволяет регулировать дозировку и обеспечивать высокую эффективность при минимальных расходах [7].

Порошок предварительно растворяют в воде (обычно 0,1 – 1% раствор), тщательно перемешивая до полного растворения. Полученный раствор добавляют в воду с помощью дозаторов или насосов для равномерного распределения.

2 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ

Функциональная схема является документом, описывающим структуру системы, показывающей взаимосвязь и взаимодействие ее компонентов, с целью реализации определенных функций. Отражает логическую составляющую работы системы, последовательность действий и их связь. Используется в инженерных, технических и программных областях при проектировании, анализе и оптимизации систем.

2.1 Назначение и структура функциональной схемы

Функциональная схема представляет собой графическую модель, которая: Отображает логическую последовательность технологических процессов. Определяет взаимосвязь между управляющими и управляемыми компонентами (датчики, исполнительные механизмы, контроллеры). Визуализирует потоки данных и сигналов между элементами системы. Соответствует стандартам графического отображения (ГОСТ, ISA, IEC). Схема разработана с учетом технологических требований к процессу приготовления флокулянта. Взаимодействия оборудования (мостовой кран, краны и клапана с автоматическими приводами, вибровстряхиватели, вакуумный загрузчик, мешалки, датчики уровня и расхода). Структуры системы управления (АСУ ТП, SCADA, промышленные контроллеры).

2.2 Описание компонентов функциональной схемы

На схеме (Приложение А) представлены следующие ключевые элементы: мостовой кран с двумя приводами, для обеспечения вертикального и горизонтального перемещения мешков с порошком флокулянта, бункер растаривания с ножевым растаривателем и вибровстряхивателем ножевого растаривателя, промежуточный бункер приема флокулянта оборудованный реле уровня, для сигнализации о наполнении емкости, вакуумный загрузчик для перемещения исходного реагента во второй промежуточный бункер, шнековый дозатор, основной бункер приготовления с автоматическими мешалками и шаровый кран с автоматическим приводом, перед блоком дозирующих насосов.

2.2.1 Управляющие и контролируемые элементы

Элементами управления и контроля на данной схеме, являются измерительные и релейные датчики. Первым датчиком в данной схеме будет являться релейный датчик уровня промежуточного бункера, перед вакуумным загрузчиком. Вторым будет датчик расхода, установленный на линии подачи воды в бункер приготовления. Третьим по счету будет релейный датчик наполнения промежуточного бункера перед основным бункером приготовления. Четвертый датчик – уровнемер, установленный непосредственно на самом бункере приготовления, для отслеживания текущего состояния процесса приготовления и наполнения бункера раствором.

2.3 Логика работы системы

Логика работы системы основана на автоматическом управлении последовательностью процессов для обеспечения эффективной и безопасной подготовки реагентов и растворов. Она включает в себя контроль уровней в бункерах, управление подачей воды и порошка, а также синхронизацию работы исполнительных механизмов.

Контроль уровней и состояния компонентов осуществляется с помощью датчиков, которые посылают сигналы управляющему контроллеру. На основе этих сигналов система принимает решения о запуске или остановке насосов, клапанов и мешалок. Такой автоматизированный подход позволяет минимизировать человеческое вмешательство, повысить точность дозировки и обеспечить стабильное качество готового продукта.

Параллельное выполнение процессов (например, одновременная подача воды и порошка) ускоряет подготовку раствора, а автоматическое закрытие клапанов и остановка мешалок после достижения нужных параметров обеспечивает безопасность и предотвращает перерасход материалов.

В целом, логика работы системы построена на принципах автоматизации, надежности и эффективности, что позволяет обеспечить бесперебойную работу установки при минимальных затратах времени и ресурсов.

Последовательность действий:

Первым действием будет – включение приводов мостового крана и загрузка исходного реагента (порошка флокулянта) в бункер растаривания.

Второе действие – включение привода вибровстряхивателя ножевого растаривателя для «распаковки» мешков, после чего исходный реагент пересыпается в первый промежуточный бункер.

Третьим действием будет – наполнение промежуточного бункера перед вакуумным загрузчиком, по наполнению релейный датчик подаст сигнал контроллеру о готовности.

Четвертое действие – включение вакуумного загрузчика по наполнению первого промежуточного бункера, для перемещения реагента во второй промежуточный бункер.

Пятым действием – будет наполнение второго промежуточного бункера, который в свою очередь аналогично первому подаст дискретный сигнал контроллеру.

Шестое действие – открытие соленоидного клапана на линии подачи воды в бункер приготовления, данный этап проводится параллельно с седьмым.

Седьмое действие – включение привода шнекового дозатора, который будет подавать флокулянт в бункер приготовления параллельно с подачей воды.

Восьмой этап – включение автоматических мешалок бункера приготовления, для обеспечения лучшего перемешивания исходного реагента с водой.

Девятое действие – ожидание приготовления раствора и наполнение основного бункера, до девятой отметки уровня.

Десятый этап – открытие шарового крана автоматическим приводом по готовности раствора, на линии подачи к насосам дозаторам.

Более подробное и наглядное описание логики работы установки находится в Приложении Д.

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Измерительные датчики и преобразователи

Измерительные приборы являются важной частью автоматизированных систем управления технологическим процессом, так как основная часть информации о технологическом процессе его параметрах, отклонениях от заданных значений, готовности и исправности установок поступает именно с датчиков установленных в местах непосредственного контакта с происходящими процессами. Они передают информацию на средства управления и мониторинга, в свою очередь исходя из которых формируется регулирующее воздействие. Также информация, получаемая с приборов контроля технологического процесса крайне необходима персоналу, отвечающему за правильность исполнения условий протекания процесса и соблюдению протекания согласно заданным уставкам.

Для расшифровывания показаний измерительных приборов, необходимы специальные устройства, преобразующие токовые, пневматические, температурные показания в привычный для восприятия аппаратурой или же человеком вид информации. Они устроены таким образом, что приходящий сигнал от первичного измерительного прибора конвертируется в другой вид сигнала, который сможет распознать вычислительное оборудование или же персонал.

3.1.1 Датчик расхода

На входе подачи воды в установку приготовления флокулянта установлен датчика измерения расхода, для того чтобы понимать, какое количество воды закачивается в установку насосами и скорость данного потока. Исходя из показаний расходомера, можно оценить, насколько количество подаваемой воды соответствует заданному значению или так называемой уставке.

На рисунке 3 представлен датчик расхода установленной на трубопроводе подачи воды OPTIFLUX 5300 [9].



Рисунок 3 – Датчик измерения уровня OPTIFLUX 5300

Данный расходомер предназначен для работы с агрессивными средами и имеет широкий динамический диапазон измерений, является одним из наиболее точных датчиков расхода на данный момент, погрешность измерений которого составляет $\pm 0,15\%$, что в свою очередь полностью соответствует требованиями нашего технологического процесса. Технические характеристики датчика расхода приведены в таблице 7

Таблица 7 – Технические характеристики датчика расхода

Параметр	Характеристики
Температурный диапазон	0 – 180 °С
Максимальная погрешность	$\pm 0,15\%$
Тип соединения	Фланцевый

3.1.2 Датчик измерения уровня

Датчик уровня или же уровнемер предназначен, для передачи показаний наполнения бункера приготовления флокулянта, показания данного прибора сигнализируют об объеме продукта в емкости, данный прибор способен передавать показания в реальном времени с большой скоростью обновления входного сигнала и высокой скоростью передачи. В установке приготовления крайне важно отслеживать уровень приготовленного раствора, так как при достижении заданного значения, контроллер получает сигнал о том, что цикл мо-

жет продолжить свое выполнение. На рисунке 4 представлен датчик измерения уровня Овен ДУ31 [10]. Технические характеристики представлены в таблице 8.



Рисунок 4 – Датчик измерения уровня Овен ДУ31

Таблица 8 – Технические характеристики Овен ДУ31

Параметр	Характеристики
Верхний предел измерений уровня	от 300 до 2500 мм
Максимальная погрешность	$\pm 0,5 \%$
Период измерения уровня	1 с
Выходной сигнал	4-20 мА
Максимальная длина линии связи	1200 м

3.1.3 Преобразователь частоты подъемного крана

Преобразователь частоты крана служит, для регулирования частоты подаваемого сигнала, это необходимо для гибкого управления скоростью перемещения, усилием поднимающего воздействия и плавности управления.

В нашем случае, привод крана имеет трехфазное питание, соответственно, необходим преобразователь частоты поддерживающий 380 В, мощность не-

обходимая для управления одним приводом крана, составляет 1.5 кВт, по этому был выбран преобразователь Овен ПЧВ3-2К2-В, мощностью 2.2 кВт, и напряжением 380 В. Так как, крана на установке смонтировано 2 (для горизонтального и вертикального перемещения), нам необходимо использовать 2 преобразователя. Технические характеристики приведены в таблице 9. На рисунке 5 представлен преобразователь частоты Овен ПЧВ3-2К2-В [11].



Рисунок 5 – Преобразователь частоты Овен ПЧВ1-4К0-В

Таблица 9 – Технические характеристики преобразователя частоты Овен ПЧВ3-2К2-В

Параметр	Характеристики
Перегрузочная способность	150 % – 20 с, 180 % – 0,5 с
Интерфейс	RS-485
Выходной ток	6 А
Выходная частота	0...300 Гц
Диапазон рабочих температур	-10...+50 °С

3.1.4 Сигнализатор уровня сыпучих материалов

В установке имеется промежуточный бункера приема сыпучего химиката (флокулянта), наполняемый для дальнейшей транспортировки вакуумным за-

грузчиком, по дискретному сигналу, для реализации данного действия необходим дискретный датчик уровня сыпучих материалов.

При наполнении промежуточного бункера, датчик подает сигнал на включение вакуумного загрузчика. В качестве датчика был выбран СКАТ-5-С, изображенный на рисунке 6 [12]. Технические характеристики представлены в таблице 10.



Рисунок 6 – Сигнализатор уровня сыпучих материалов

Таблица 10 – Технические характеристики СКАТ-5-С

Параметр	Характеристики
Температура контролируемой среды	-45...+160 °С
Давление контролируемой среды	До 6.3 МПа
Максимальная погрешность	±0,5 %
Диапазон измерений	От 200 до 6000 мм

3.2 Пусковое и релейное оборудование

Пусковая аппаратура необходима для запуска в работу высоковольтного оборудования, таких как двигатели, приводы, насосы и т.д. В установке приготовления раствора флокулянта, имеется 2 промежуточных бункера, при попа-

дании сыпучих сред на стенки емкости, часть среды остается на стенках самой емкости. Для предотвращения «прилипания» сыпучих материалов на производстве используются вибровстряхиватели. Они способствуют более быстрому прохождению сыпучих сред через технические отверстия и не дают материалу оставаться на стенках бункера.

3.2.1 Трехфазные пускатели вибровстряхивателей

Вибровстряхиватели имеют электрический привод, для запуска которого необходима пусковая аппаратура, а именно - пускатели. В качестве пускателя, был выбран контактор КМЭ EKF PROxima 1NO, изображенный на рисунке 7 [13]. Технические характеристики представлены в таблице 11.



Рисунок 7 – КМЭ EKF PROxima 1NO

Таблица 11 – Технические характеристики КМЭ EKF PROxima 1NO

Параметр	Характеристики
Номинальный ток	9 - 25 А
Рабочее напряжение	340...440 В
Количество полюсов	3

3.2.2 Автоматические выключатели

Автоматические выключатели предусмотрены с целью отключения питания приводов, пускового и управляющего оборудования при значении тока, превышающего номинальное, с целью защиты самих приводов от коротких за-

мыканий и перегрузок. Они автоматически отключают фазы питания, не допуская коротких замыканий и перегрузок.

В качестве автоматических выключателей, были выбраны EKF PROxima АПД-32, изображенные на рисунке 8 [14],. Технические характеристики представлены в таблице 12.



Рисунок 8 – Автоматический выключатель EKF PROxima АПД-32

Таблица 12 – Технические характеристики Автоматического выключателя EKF PROxima АПД-32

Параметр	Характеристики
Номинальный продолжительный ток	10 А
Рабочее напряжение	400-600 В
Количество полюсов	3
Тип расцепителя	Термомагнитный
Диапазон установки расцепителя	6...10 А

3.2.3 Трехфазный пускатель автоматических мешалок

В основном бункере приготовления раствора флокулянта, расположены 3 автоматических мешалки приготавливаемого продукта, установленных для лучшего перемешивания порошкообразной среды с водой. Мешалки приводятся в

действие индивидуальными трехфазными приводами, для запуска которых, также необходим пускатель. В качестве пускателя был выбран ЕКF PROxima IP65 КМЭ 12А, сам прибор изображен на рисунке 9 [15]. Технические характеристики представлены в таблице 13.



Рисунок 9 – Пускатель ЕКF PROxima IP65 КМЭ 12А

Таблица 13 – Технические характеристики пускателя ЕКF PROxima IP65 КМЭ 12А

Параметр	Характеристики
Номинальный ток	12А
Рабочее напряжение	400 В
Количество полюсов	3

3.2.4 Реле уровня

Реле уровня является устройством, воспроизводящим дискретный сигнал, работающее как вторичный прибор релейного датчика уровня. Формируемый сигнал с первичного датчика передается на вторичный, а тот в свою очередь, передает сигнал контроллеру, для формирования воздействия или же, является сигналом о выполнении одного из этапов цикла. В нашем случае данный прибор необходим для получения сигнала о наполнении промежуточного бункера от релейного датчика уровня упомянутого в п. 3.1.4. В качестве реле уровня

был выбран IEK ORL 24-240 В [16], сам прибор изображен на рисунке 10. Технические характеристики представлены в таблице 14.



Рисунок 10 – Реле уровня IEK ORL 24-240 В

Таблица 14 – Технические характеристики реле уровня IEK ORL 24-240 В

Параметр	Характеристики
Рабочее напряжение АС 50 Гц	24 В
Минимальная задержка на включение	1.5 с
Максимальная задержка на включение	1.5 с

3.2.5 Тепловое реле

Тепловые реле предназначены для защиты трехфазных двигателей от токовых перегрузок длительной продолжительности, в том числе возникающих и обрыве фазы. В качестве тепловых реле, были выбраны EKF PROxima РТЭ-1314, изображенные на рисунке 11 [17]. Технические характеристики данных тепловых реле представлены в таблице 15.



Рисунок 11 – Тепловое реле EKF PROxima РТЭ-1314

Таблица 15 – Технические характеристики теплового реле EKF PROxima РТЭ-1314

Параметр	Характеристики
Регулируемый диапазон тока	7-10 А
Максимально допустимое рабочее напряжение	660 В
Количество вспомогательных нормально разомкнутых контактов	1
Количество вспомогательных нормально замкнутых контактов	1

3.3 Сенсорная панель оператора

Человеко-машинный интерфейс является неотъемлемой частью ведения технологического процесса. Сенсорные панели, установленные непосредственно на шкафах электроавтоматики, значительно упрощают взаимодействие как установкой, так и с производственным процессом в целом.

На сенсорную панель выводится мнемосхема самой установки, отображающая текущие параметры процесса в реальном времени. Благодаря панелям, установленным по месту можно не только отслеживать текущие параметры, но и вносить изменения, регулируя значения уставок или же управлять отдельным оборудованием в ручном режиме. В качестве сенсорной панели, была выбрана – Weintek сMT3162X [18]. Сама панель изображена на рисунке 12. Технические характеристики представлены в таблице 15.

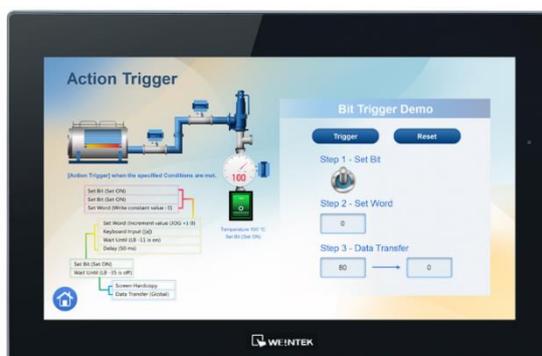


Рисунок 12 – Сенсорная панель оператора Weintek сMT3162X

Таблица 16 – Технические характеристики сенсорной панели оператора Weintek сMT3162X

Параметр	Характеристики
Диагональ экрана	15,6
Разрешение экрана	1920 x 1080
Рабочая температура	50 °С
Максимальная задержка на включение	1,5 с
Интерфейсы	CAN Bus, Ethernet, USB
Напряжение питания	24 В
Цветность	16,7 млн
Яркость	300 кд/м ²
Размер оперативной памяти	1000 мб

3.4 Управляющее оборудование, программируемый логический контроллер

3.4.1 Выбор ПЛК

Овен 210-14-CS, является достаточно мощным и современным контроллером для задач автоматизации. Данный контроллер отечественного производства, в моноблочном исполнении с расширенными коммуникационными возможностями и дополнительными функциями надежности, подходит для реализации крупных и средних проектов. Главными особенностями контроллера являются высокие параметры производительности, компактность, возможность подключения дополнительных модулей аналогового и дискретных входов/выходов, высокая скорость опроса, мультимастерность, вариативная топология сетей [19]. В таблице 16 приведены технические характеристики данного ПЛК.

Таблица 17 – Технические характеристики ПЛК Овен 210-14-CS

Параметр	Характеристики
Центральный процессор	4x Cortex-A55 1.8 ГГц
Объем оперативной памяти	2 гб (DDR4)
Объем флеш-памяти	8 Гб (eMMC)
Скорость передачи	1200 – 115200 бит/с
Поддерживаемые промышленные протоколы	Modbus-TCP, OPC UA, MQTT, SNMP
Поддерживаемые прикладные протоколы	NTP, FTP, FTPS, HTTP, HTTPS, SSH, SMTP, OpenVPN
Рабочая температура	-40...55 °С
Напряжение питания	10...48 В

Данный контроллер не боится тяжелых условий и является отказоустойчивым. Несмотря на моноблочное исполнение имеет компактные размеры и возможность подключения дополнительных модулей ввода и вывода, обладает достаточно большим запасом памяти, что немаловажно на современных условиях, когда необходимо постоянно записывать тренды и журнал событий. Сам контроллер изображен на рисунке 13.



Рисунок 13 – ПЛК Овен 210-14-CS

3.4.2 Блок питания для ПЛК и ответственных применений

В качестве блока питания для контроллера, был выбран Овен БП240К [20]. Данный блок питания предназначен для питания приборов локальной автоматики и распределенных систем. Прибор рекомендуется для совместного использования ПЛК210 и модулями ввода-вывода Мх210. Встроенные программные алгоритмы позволяют блоку питания передавать данные о своем состоянии по сети Ethernet и в облачный сервис OwenCloud.

Особенности и преимуществами данного блока питания являются: конфигурирование и регулировка входного напряжения по Ethernet или USB, ограничение выходного тока 120% от номинального, расширенный климатический диапазон и удобный монтаж. Блок питания изображен на рисунке 14. Технические характеристики представлены в таблице 17.



Рисунок 14 – Блок питания Овен БП240К

Таблица 17 – Технические характеристики блока питания Овен БП-240К

Параметр	Характеристики
1	2
Номинальное напряжение	24 В
Номинальный ток	10 А
Сопротивление изоляции	20 МОм

1	2
Тип автоматического выключателя	10...16 А
Тип защиты от перегрузки	125 % от номинального
Рабочий диапазон температур	-40...+70 °С

3.4.3 Блок питания датчиков и периферии

Датчики и периферия питаются от 24 В, подключение их к сети питания контроллера связано с определенными рисками, потому для датчиков и периферии был выбран отдельный блок питания, Овен БП120Б-С [21]. Данный блок питания обладает необходимой мощностью и количеством клемм для подключения всего необходимого оборудования, с запасом. Блок питания изображен на рисунке 15. Технические характеристики представлены в таблице 18.



Рисунок 15 – Блок питания Овен БП120Б-С

Таблица 18 – Технические характеристики блока питания Овен БП120Б-С

Параметр	Характеристики
1	2
Номинальное напряжение	24 В
Номинальный ток	5 А
Номинальная мощность	120 Вт

1	2
Сопротивление изоляции	20 МОм
Тип автоматического выключателя	10...16 А
Тип защиты от перегрузки	116% от номинального
Рабочий диапазон температур	-40...+70 °С
Излучение радиопомех	Класс А
Частота переменного тока	47...63 Гц
Пусковой ток, не более	30 А
Электрическая прочность изоляции	1500 В
Масса	0,3 кг

3.5 Кнопки и индикаторы

3.5.1 Кнопки запуска и выключения

Кнопки нужны для местного ручного управления коммутацией отдельных элементов. Для запуска и индикации включения приводов установки были выбраны кнопки EKF PROxima BA31, с зеленой подсветкой, для выключения приводов, красного цвета, изображение кнопок на рисунке 16. Технические характеристики в таблице 19 [22].



Рисунок 16 – Кнопки EKF PROxima BA31

Таблица 19 – Технические характеристики кнопок EKF PROxima BA31

Параметр	Характеристики
Напряжение питания	230 В
Высота отверстия	5 мм
Степень защиты	IP 40
Тип подключения	Винтовое соединение

3.5.2 Индикаторы работы оборудования

Индикаторы или же лампы, в данном случае нужны для сигнализации работы оборудования, кнопки имеют собственную подсветку, но она сигнализирует о состоянии и положении самой кнопки, для индикации работы самого оборудования были выбраны синие сигнальные лампы EKF BV66 [23]. Лампа изображены на рисунке 17. Технические характеристики представлены в таблице 20.



Рисунок 17 – Синяя сигнальная лампа EKF BV66

Таблица 20 – Технические характеристики синей сигнальной лампы EKF BV66

Параметр	Характеристики
Напряжение питания	230 В
Высота отверстия	19 мм
Степень защиты	IP 54

4 ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

Принципиальная электрическая схема или же принципиальная схема соединений представляет собой графическое изображение взаимодействия компонентов системы.

Данные схемы необходимы для отображения точной взаимосвязи оборудования, описания устройства этого оборудования, способов его подключения и взаимодействия с остальным оборудованием установок или систем [24].

Требования, предъявляемые для электрических схем соединений, являются надежность, информативность и безопасность. Схемы являются одной из важнейших частей конструкторской документации. В случае ремонта или замены оборудования системы без данных схем, процесс становится крайне проблематичным. По электрической схеме соединений можно легко вычислить расположение отдельных компонентов, выстроить цепочку связей оборудования с этими компонентами и найти способы устранения неисправностей.

Помимо самих компонентов на данных схемах, также изображены некоторые особенности их работы и подключения, цепи питания, средства защиты или их отсутствие. Как правило к данным схемам прилагается спецификация – точная описательная таблица, в которой указаны все необходимые технические характеристики, если таковые не были отображены на самой схеме.

Изображение принципиальной электрической схемы и листов спецификации к ней, приведены в приложениях Г и Д.

5 ПРОТОТИП ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

5.1 Среда разработки программного обеспечения и визуализации

В качестве среды реализации системы управления установкой приготовления флокулянта, была выбрана среда – CoDeSys V2.3. Данная среда применяется для программирования промышленных контроллеров. Для удобства реализации различных решений производственных задач, среда поддерживает 5 стандартизированных языков программирования, стандарта МЭК 61131-3:

1. LD (Ladder Diagram) – Язык лестничных диаграмм
2. FBD (Function Block Diagram – Язык функциональных блоков
3. ST (Structured Text) – Структурированный текст
4. IL (Instruction List) – Инструкционный список
5. SFC (Sequential Function Charts) – Последовательные диаграммы функций

Помимо стандартизированных языков имеется расширение языка FBD – SFC со свободным порядком выполнения блоков. В данной среде разработки также имеется графический редактор, для создания визуализации, конфигураторы протоколов обмена и средства отладки. Для связи с оборудованием, в CoDeSys есть свой собственный OPC – сервер [25]. Данный программный продукт является инструментом для широкого спектра задач.

Вся реализация системы управления установкой приготовления флокулянта была разработана в данной программной среде, без использования дополнительных программ.

5.2 Человеко-машинный интерфейс

Человеко-машинный интерфейс представляет собой визуализацию технологического процесса с привязкой к реальным изменяемым параметрам, с целью мониторинга и контроля состояния протекания технологического процесса [4]. Визуальная составляющая процесса управления технологическим процессом называется – мнемосхемой.

5.2.1 Мнемосхема установки приготовления флокулянта

На рисунке 18 изображена мнемосхема технологического процесса приготовления флокулянта. Она отображает состояние всего управляемого оборудования.

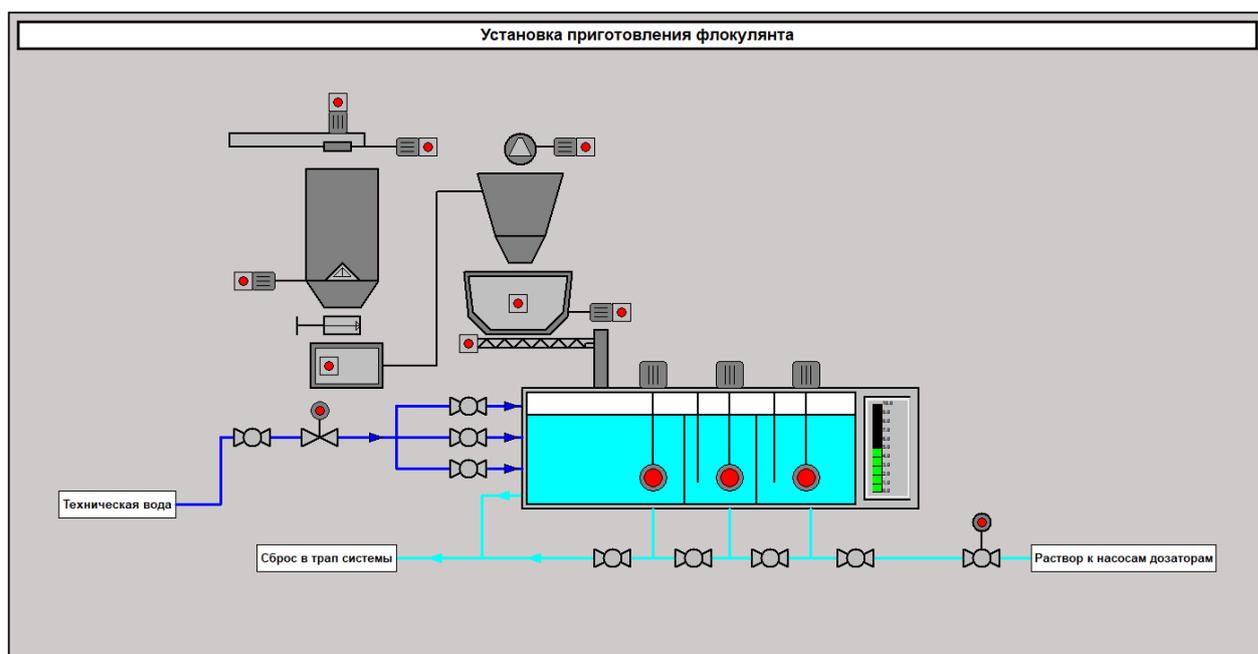


Рисунок 18 – Мнемосхема установки приготовления флокулянта

Помимо отслеживания состояния и параметров оборудования, был спроектирован пульт оператора или же панель управления. С помощью данной панели можно осуществлять взаимодействие с установкой и вручную контролировать отдельные параметры технологического процесса. На панели управления находится индикация состояния всего оборудования установки, отображающая действительное состояние оборудования в данный момент. Кнопки «ПУСК» и «СТОП» отвечают за запуск и останов работы установки, после нажатия кнопки «ПУСК», начинается загрузка порошка флокулянта в бункер с ножевым растаривателем, дальнейшее управление технологической цепочкой производится в автоматическом режиме. На случай непредвиденных ошибок или неисправностей, на панели есть кнопка «СТОП», при нажатии которой технологический процесс останавливается, после устранения непредвиденных

ошибок или же неисправностей, установка заново запускается по нажатию кнопки «ПУСК». Панель управления представлена на рисунке 19.



Рисунок 19 – Панель управления установкой приготовления флокулянта

Помимо кнопок запуска и останова процесса, имеется возможность регулировать положение шарового крана на линии подачи раствора флокулянта к насосам дозаторам. Данный элемент управления предусмотрен, на случай неисправности насосного оборудования или других непредвиденных обстоятельств, по которым транспортировку флокулянта нельзя допустить [6]. При закрытии крана, приготовленный раствор, не покинет бункер приготовления.

Если требуется освободить бункер приготовления, для проведения ремонта, устранения неисправностей, замены оборудования, предусмотрен сброс раствора в трап системы, ручным открытием клапана на линии сброса раствора.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

6.1 Безопасность

На Амурском газохимическом комплексе установка приготовления флокулянта находится в цеху водоочистки, управление работой установки производится из центральной операторной. В разделе будут рассмотрены меры безопасности за рабочим местом оператора.

Так как установка предназначена для приготовления химического раствора, внедрена автоматизированная система управления технологическим процессом с использованием средств вычислительной техники, с целью повышения уровня безопасности сотрудников и минимизации контактирования персонала с химикатами различных типов. Однако работа с вычислительной техникой не лишена влияния вредных факторов на человеческий организм, которые в свою очередь описаны в ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ [34]. Классификация опасных и вредных производственных факторов. Влияние которых работники могут ощутить, даже за пультом в операторной. Взаимодействие с данными факторами может негативно повлиять на здоровье персонала. Применимо к данной установке можно выделить: наличие шума, вибраций, повышенной температуры воздуха. Также необходимо взять во внимание возможный контакт с электрическим оборудованием, что может привести к замыканию электрической цепи через тело человека. На месте оператора в свою очередь имеются такие факторы как, электромагнитные волны и недостаток естественного освещения, что также сказывается на здоровье сотрудников. Немаловажно учитывать совокупность данных факторов и принимать меры для обеспечения безопасности и комфорта за рабочим местом.

С целью предотвращения наиболее вероятных негативных последствий используются следующие методы [26]:

- создание звукоизолированного помещения;
- обеспечение кондиционирования воздуха внутри помещения
- использование искусственного освещения

6.1.1 Требования к рабочему месту оператора

Эргономичное размещение оборудования и мебели на рабочем месте играют важную роль в организации комфортных и безопасных условий труда. Оборудование и мебель должны быть расставлены таким образом, чтобы был обеспечен беспрепятственный проход и перемещение в помещении. Для снижения фактора нагрузки на зрительный орган человека необходимо, чтобы естественный свет падал сбоку, с левой стороны.

Работа за оборудованием оператора осуществляется в сидячем положении, с целью снижения утомления. Основными компонентами рабочего места являются стол и кресло [27].

Рациональная планировка рабочего пространства достигается определенным порядком размещения средств контроля за технологическим процессом и документации. В зоне прямой досягаемости должны находиться предметы, которые используются чаще всего.

В соответствии с ГОСТ Р 50923-96 «Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения» для комфортной работы оператора должны соблюдаться такие требования как [26]: - для взрослых пользователей стола, высота рабочей поверхности должна быть установлена в диапазоне 680-800 мм. Если это невозможно, высота рабочей поверхности должна быть установлена на уровне 725 мм; - рабочие столы для ПЭВМ следует рассчитывать в соответствии с размерами модуля. Эти размеры включают ширину 800 мм, 1000 мм, 1200 мм, 1400 мм и глубину 800 мм и 1000 мм, нерегулируемая высота должна составлять 725 мм. Конструктивные размеры стола должны соответствовать этим параметрам - для работы за столом необходимо, чтобы пространство для ног имело высоту не менее 600 мм, ширину не менее 500 мм, а глубина на уровне колен - не менее 450 мм, а на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. Для рабочих стульев (кресел) высота сиденья и спинки должна быть увеличена таким образом, чтобы можно было регулировать угол наклона и расстояние от переднего края сиденья до спинки стула. Конструкция должна обеспечивать следующее:

сиденье должно иметь ширину и глубину не менее 400 мм и закругленный передний край, высота поверхности сиденья регулируется в пределах от 400 мм до 550 мм и имеет угол наклона до 15 градусов к передней части и 5 градусов к задней части, поверхность спинки должна иметь высоту не менее 300 мм и ширину не менее 380 мм.

В процессе работы оператора, положение монитора должно быть отрегулировано таким образом, чтобы не возникало дискомфорта при длительном использовании.

Размеры знаков, контраст и плотность размещения на мнемосхеме должны соответствовать необходимым размерам, расстояние между знаками должно быть 15-20 % от их высоты. Соотношение яркости фона экрана должно быть от 1:2 до 1:15.

Рекомендуется устанавливать монитор на расстоянии 50-60 сантиметров от глаз. Верхняя часть дисплея должна быть на уровне глаз, либо немного ниже, когда человек смотрит вниз, глаза закрываются неполностью, что может вызвать обезвоживание глаз и увеличивает обзор. Если экран установлен высоко и глаза широко открыты, функция моргания нарушается, что приводит к быстрой утомляемости глаз, поскольку они не закрываются полностью и не получают достаточно увлажнения слезной жидкостью [26].

6.1.2 Требования к микроклимату

Деятельность операторов связана с работой в помещениях, где температура повышается за счет компьютерного оборудования, серверов и находящихся рядом шкафов электроавтоматики. Данные устройства и приборы вносят свой вклад в микроклимат помещения операторной, а конкретнее возрастанию температуры.

Помимо вибраций, повышенной температуры и электромагнитных волн, деятельность связана с умственной и психической нагрузкой, поэтому должны быть обеспечены оптимальные условия микроклимата для рабочих категорий 1а и 1б в соответствии с действующими стандартами и нормами микроклимата в производственных помещениях [27].

Трудовая деятельность операторов относится к категории 1а, соответственно в помещении должны поддерживаться нормативные параметры микроклимата.

Таблица 21 – Нормы микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ

Период года	Температура воздуха, °С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	40-60	0.1
Теплый	23-25	40-60	0.1

В теплое время года поддержание оптимальной температуры достигается отводом тепла из помещения, для этого применяются вентиляторы, дефлекторы и кондиционеры. В холодное время года для поддержания температурных условий применяются системы отопления или же обогреватели.

6.1.3 Требования уровня шума и вибрации

Производительность труда также может быть снижена посредством увеличенного уровня шума, возникающего при работе оборудования. Длительное воздействия данного негативного параметра оказывает влияние на психику и органы слуха человека. Серверы, шкафы электроавтоматики и установки, находящиеся неподалеку от операторной, воспроизводят шум и для обеспечения нормативных параметров необходимы шумоподавляющие и антивибрационные покрытия, способствующие снижению воздействия негативного эффекта на организм. Также применяется изменение направленности шумов и вибраций [26].

6.1.4 Электробезопасность

Напряжение электрической цепей может привести к травмам по разным причинам. Вероятны случаи контакта человека с проводниками и оборудованием у которых нарушилась изоляция в процессе эксплуатации. Наиболее опасным видом травм при таком контакте является термический ожог вследствие перегрева кожного покрова при длительном контакте с электрическим током.

Также существует опасность повреждения мышечных тканей вследствие термического воздействия электрического тока или же непроизвольных сокращений мышц.

С целью обеспечения электробезопасности при работе применяются следующие меры:

Наличие защитных контуров заземления на всех приборах электрооборудования включая шкафы электроавтоматики, розетки выносные панели операторов, расположенные по месту. Максимальное сопротивление цепи контура защитного заземления, не превышаем 4 Ом. Регулярно проводятся инструктажи по технике безопасности, а также регулярно сдаются тесты на знание правил техники безопасности, включающие проверку теоретических и практических знаний [28].

6.1.5 Безопасность при работе с установкой

Установка приготовления флокулянта, является объектом, связанным с использованием химических реагентов, в связи с этим, в цеху должны быть введены особые правила при эксплуатации.

Несмотря на то, что флокулянты являются малоопасными веществами, они имеют ряд свойств, от эффектов которых на производстве должны быть предусмотрены меры безопасности. Негативными свойствами данного реагента являются: раздражение слизистых оболочек, при взаимодействии с ним человека, коррозионные свойства, способствующие разрушению металлов.

Установка сама по себе является объектом повышенной опасности, отказ или поломка одного из элементов оборудования могут привести к чрезвычайным ситуациям и подвергнуть опасности персонал. Переливы и протечки – наиболее вероятный случай аварии, для исключения разлива продукта за пределы установки, вокруг основного бункера приготовления предусмотрены специальные дренажные каналы, для устранения последствий протечек и предотвращения контакта человека с продуктом приготовления, при возникновении аварий.

С программной точки реализации проекта, предусмотрена система предотвращения перелива. Наполнение бункера рассчитывается интегратором в переменную «Nine», которая в свою очередь служит «концевым выключателем» процесса наполнения бункера приготовления. При достижении переменной «Nine» значения равного девятой отметке уровнемера, происходит автоматическое отключение систем подачи воды, порошка флокулянта и работы насосного оборудования. Следующим действием по срабатыванию данной переменной, является открытие клапан на линии подачи раствора к насосам дозаторам, что в свою очередь полностью исключает переполнение. На рисунке 20, представлен элемент программы управления, отвечающий за наполнение бункера приготовления.

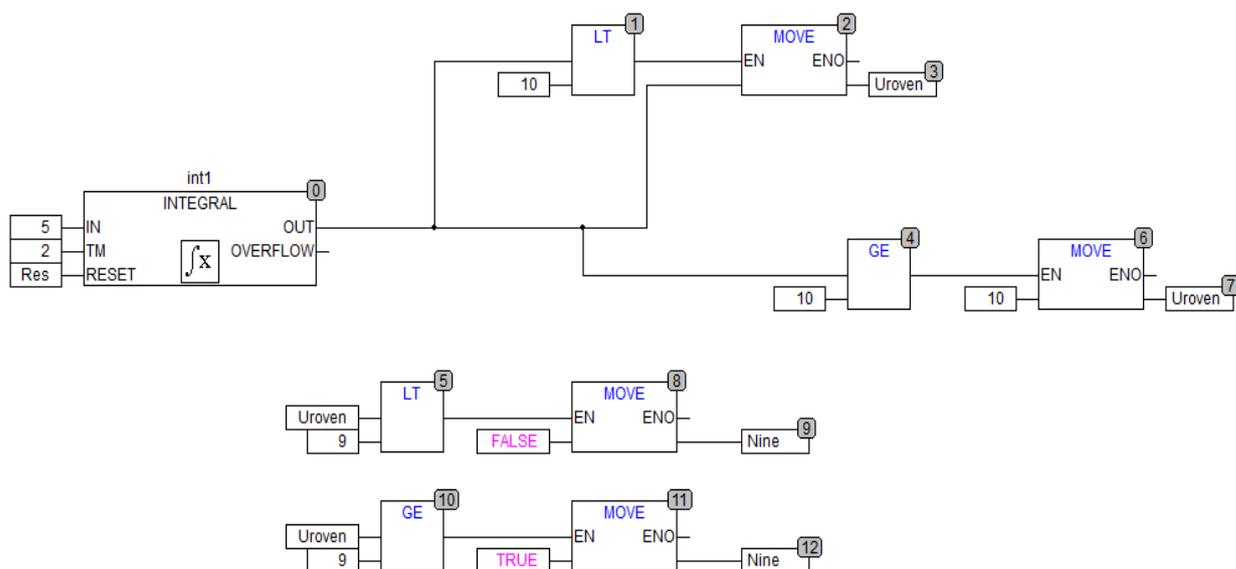


Рисунок 20 – Элемент программы управления

Помимо дренажных каналов, в цеху приготовления действуют строгие правила ношения средств индивидуальной защиты, а именно: ношение специализированных защитных очков, респираторов и перчаток, для защиты от возможного попадания на кожу, в глаза или легкие.

Для предотвращения возникновения ЧС при авариях, система управления процессом спроектирована таким образом, что при неисправности одного из элементов, запуск установки не будет возможен, до устранения поломки или же

неисправности. На приводах и насосах установлена тепловая и коммутационная защита, что исключает перегрев и неправильный запуск оборудования.

Так как сам флокулянт является химическим реагентом, его хранение производится согласно требованиям, в проветриваемом месте, защищенном от прямых солнечных лучей и влаги, в герметичной таре, согласно с ГОСТ 12.1.007 [30].

6.2 Экологичность

Экологическая составляющая является одной из важнейших при построении производств и установок, связанных с производством, переработкой или перегонкой химически активных реагентов. Флокулянты в больших концентрациях, могут негативно сказаться на окружающей природе, в частности на водоемах, влияя на водную экосистему, приводя к исчезновению рыб, некоторых растений и нарушению баланса микроорганизмов.

Флокулянты имеют различный класс опасности в зависимости от типа, в нашем случае используется – СН флокулянт, используемый для очистки сточных вод и других промышленных процессов. Этот тип флокулянта является полимерным и применяется для образования флоккул, которые гораздо легче удалить из воды, относится к 4 группе опасности по ГОСТ 12.1007-76 ССБТ [30].

Таблица 22 – Классификация опасности вредных веществ по ГОСТ 12.1007-76

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
1	2	3	4	5
Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-10	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500

1	2	3	4	5
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 500	50-5000	5001-50000	Более 50000
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Опасными аспектами при утечке большого объема данного химического реагента, являются:

1. При попадании большой концентрации флокулянта в реки, озера и другие водоемы, может измениться химический состав воды, что нарушит естественный баланс микроорганизмов [5].

2. Угнетение водной флоры и фауны:

Высокие концентрации химических веществ могут быть токсичными для рыб, беспозвоночных и растений, вызывая их гибель.

3. Гибель экосистем:

Загрязнение воды может привести к эвтрофикации – чрезмерному обогащению водоемов питательными веществами, что приводит к массовому увеличению количества водорослей и снижению уровня кислорода.

4. Долгосрочные последствия:

Химические компоненты флокулянтов при длительном воздействии могут накапливаться в почве, вызывая экологические нарушения и замедляя восстановление природных экосистем.

Для предотвращения данных последствий воздействия на окружающие водоемы, проливы продукта собираются в специализированные отстойники,

после чего проходят тщательную фильтрацию, для последующего применения в установке осветления воды.

6.3 Чрезвычайные ситуации

6.3.1 Опасность при утечке химического реагента.

При эксплуатации установки приготовления флокулянта возможны различные ЧС, связанные с протечками, разливом флокулянта, нарушением работы оборудования.

Основные риски при утечке флокулянта:

1. Загрязнение окружающей среды Массовая утечка может привести к значительному загрязнению почвы, воды и воздуха, что усложняет ликвидацию аварии и требует масштабных экологических мероприятий.

2. Нарушение технологического процесса:

Утечка флокулянта в производственной зоне может привести к останову технологического процесса, к аварийным ситуациям с оборудованием и создать дополнительные риски, связанными как с самим производством, так и с экологией.

3. Распространение опасных веществ:

В случае сильной утечки химические вещества могут распространиться на большие территории, усложняя локализацию и ликвидацию аварии.

4. Риск для инфраструктуры:

Возможны повреждения оборудования, систем безопасности и коммуникаций, что усугубляет ситуацию и увеличивает последствия аварии.

Для минимизации вышеперечисленных рисков, разработаны специальные системы безопасности, планы ликвидации аварийных ситуаций, системы оповещения, средства индивидуальной защиты для персонала.

6.3.2 Опасность при эксплуатации автоматизированной системы управления.

При эксплуатации программного обеспечения (ПО) систем автоматизированного управления (АСУ) могут возникнуть экологические проблемы, связанные с использованием электронных устройств, их утилизацией, а также потен-

циальными сбоями в функционировании, которые могут приводить к экологически опасным событиям на объекте.

Примерами потенциальных сбоев могут быть:

1. Неисправности оборудования:

Сбой в работе датчиков уровня или расхода, что приводит к неправильной оценке текущего состояния работы установки и возможному переполнению или же утечке. Последствием таких сбоев может быть выброс химиката в окружающую среду и угроза для здоровья людей и животных.

Для предотвращения возможной неисправности оборудования предлагается использовать активное резервирование – при отказе одного из элементов автоматики установки, в работу будет включаться резервный элемент. Реализация данного алгоритма программным методом будет происходить в ручном режиме с панели управления, чтобы не создавать ложных сигналов по срабатыванию первого датчика. Данное действие должно производиться оператором при индикации физического обрыва или обрыва по сети передачи данных.

2. Программные ошибки:

Ошибка в алгоритме автоматического отключения оборудования при обнаружении аварийной ситуации, из-за чего система может не сработать вовремя.

Последствиями будут являться, продолжение аварийной ситуации, увеличение объемов выбросов вредных веществ, возможное разрушение оборудования.

С целью предотвращения возможных ошибок и недоработок в программном обеспечении установок, перед вводом их в эксплуатацию проводятся контурные тестирования и функциональные испытания.

3. Кибер-атаки:

Автоматизированные системы управления могут быть подвергнуты взлому злоумышленниками, которые могут изменять параметры работы оборудования или отключать системы безопасности.

Для защиты программного обеспечения и оборудования, используются специальные операционные системы, также доступ к ПО и оборудованию предоставляется только по надежному ключу доступа, который в свою очередь находится у ответственных лиц.

6.3.3 Пожарная безопасность

В процессе работы оператора могут возникнуть аварийные ситуации, связанные с пожаром, так как сама установка находится удаленно от операторной, в данном пункте рассмотрим правила пожарной безопасности для данного сооружения.

Пожар может возникнуть вследствие неисправностей защиты электрических проводов и сетей, серверного и прочего оборудования. Неправильное использование электрических приборов также может привести к пожару.

Для обеспечения безопасности, в помещении должно быть оборудовано специальными средствами защиты, такими как: устройства защитного отключения, заземление и зануление, предохранители.

В системе пожарной безопасности, помимо средств прямой защиты от электрического тока, широко применяется автоматическая система обнаружения пожара. Эта система способна обнаружить первые признаки пожара, такие как повышение температуры, дым или другие сигналы, характерные для начала возгорания. При обнаружении опасности система автоматически активирует средства пожаротушения – например, спринклерные установки или газовые системы – что позволяет локализовать и подавить огонь на ранней стадии.

Кроме того, автоматическая система обнаружения пожара передает сигналы тревоги в дежурную службу и в пожарную часть. Это обеспечивает оперативное реагирование со стороны специалистов и служб экстренного реагирования. Важной особенностью системы является ее невосприимчивость к факторам, не связанным с пожаром (например, пыли, случайным дымам или техническим сбоям), что значительно снижает риск ложных срабатываний и обеспечивает надежность работы.

На каждом этаже здания размещаются планы эвакуации – важный элемент системы пожарной безопасности. Эти планы расположены на видных местах для быстрого доступа и ознакомления всех находящихся в здании лиц. Каждый план содержит условные знаки и обозначения, которые указывают на расположение ключевых элементов безопасности: огнетушителей, пожарных кранов, телефонов экстренной связи, запасных выходов и пожарных лестниц. Также на планах отображены маршруты эвакуации и действия при пожаре.

Планы эвакуации выполнены в соответствии с требованиями СП 112.13330.2011 «Пожарная безопасность зданий и сооружений», что гарантирует их соответствие нормативам по содержанию и оформлению [31]. Размеры таких планов должны быть не менее 600 мм по длине и 300 мм по ширине – это обеспечивает их читаемость и видимость даже издали.

Для составления плана эвакуации необходимо собрать полную информацию о помещении: поэтажный план здания от бюро технической инвентаризации (БТИ), перечень помещений с правильными названиями, а также сведения о расположении всех элементов безопасности. Важна информация о полном наименовании организации, а также должности и ФИО ответственного лица за утверждение плана эвакуации.

Особое внимание уделяется точному указанию местоположения всех средств противопожарной защиты: огнетушителей, пожарных кранов, электрощитовых, ручных извещателей (например, ручных пожарных извещателей), телефонов для связи с экстренными службами, запасных выходов и пожарных лестниц. Это позволяет быстро ориентироваться в случае возникновения чрезвычайной ситуации и эффективно организовать эвакуацию.

Таким образом, комплекс мер включает автоматическую систему обнаружения пожара с автоматическим реагированием и передачей тревоги в службы экстренного реагирования; а также тщательно подготовленные планы эвакуации с четкими обозначениями маршрутов и расположения средств противопожарной защиты – все это направлено на обеспечение максимальной безопасности людей и имущества при возможных чрезвычайных ситуациях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы были достигнуты все поставленные задачи.

Изучен технологический процесс, структура, взаимосвязь объектов станции водоподготовки, блока осветления воды и установки приготовления флокулянта, в частности. Описаны технологические параметры, алгоритмы и последовательность этапов приготовления раствора флокулянта.

Было подобрано оборудование, составлена общая технологическая схема станции водоподготовки, общая технологическая схема блока осветления воды, функциональная схема установки приготовления флокулянта, функциональная схема автоматизации установки приготовления флокулянта, принципиальная электрическая схема соединений выбранного оборудования, разработан прототип программы управления установкой, алгоритмическая схема работы установки, прототип мнемосхемы установки.

Прототип программного обеспечения управления установкой включает в себя управление основным оборудованием и в случае необходимости может быть модернизирован и доработан для использования на реальном производственном объекте.

Заключением проделанной работы является перечень всей вышеупомянутой документации и приложений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амурский газохимический комплекс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Амурский_газохимический_комплекс. – 29.05.2025.
2. Сидоров, П.Н. Флокуляция в водоочистке: теория и практика – СПб.: Гидрометеиздат, 2019. – 180 с.
3. Кузнецов, И.И. Автоматизация процессов водоподготовки – Казань: Казанский университет, 2021. – 320 с.
4. Тихомиров, А.Ю. Основы управления технологическими системами. – Новосибирск: Наука, 2018. – 400 с.
5. Лебедев, В.Ф. Современные флокулянты: выбор и применение – Ростов-на-Дону: ЮГАЭС, 2022. – 150 с.
6. Коновалов, С.А. Модернизация систем управления в производстве – Екатеринбург: УрГЭУ, 2020. – 250 с.
7. Руткевич, А.П. Исследование эффективности флокулянтов – Москва: Стройиздат, 2019. – 175 с.
8. Герасимов, Д.В. Автоматизация контроля качества воды – Владивосток: Дальневосточное издательство, 2023. – 300 с.
9. Электромагнитный расходомер Krohne Optiflux 5300. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.directindustry.com.ru/prod/krohne-messtechnik-gmbh/product-5863-1295743.html>. – 26.05.2025.
10. Емкостной уровнемер Овен ДУ 31. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/emkostnoj_urovnemer_du311. – 26.05.2025.
11. Преобразователь частоты Овен ПЧВ3-2К2-В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/pchv3_2k2_b. – 26.05.2025.
12. Сигнализатор уровня сыпучих материалов СКАТ-5-С. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.td-urovnemer.ru/vibracionnye/skat-5-s-signalizatory-urovnya-sypuchih-materialov/>. – 27.05.2025.

13. КМЭ EKF PROxima 1NO. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekfgroup.com/ru/catalog/products/kontaktor-kme-malogabaritnyj-12a-380v-1no-ekf-proxima>. – 27.05.2025.
14. Автоматический выключатель EKF PROxima АПД-32. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekfgroup.com/ru/catalog/products/avtomat-puska-dvigatelya-ard-32-6-10a-ekf-proxima>. – 27.05.2025.
15. Пускатель в корпусе IP65 КМЭ 12А 400 В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekfgroup.com/ru/catalog/products/puskatel-v-korpuse-ip65-kme-12a-400v-s-rte-i-indikatorom-ekf-proxima>. – 27.05.2025.
16. Реле уровня IEK ORL 24 В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iek.ru/products/catalog/avtomatizatsiya_zdaniy_i_protsesov/avtomatika_releynaya/rele_kontrolya_i_upravleniya/rele_urovnya/rele_urovnya_orl_24_240v_a_c_dc. – 27.05.2025.
17. Тепловое реле EKF PROxima РТЭ-1314. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekfgroup.com/ru/catalog/products/rele-teplovое-rte-1314-7-10a-ekf-proxima>. – 27.05.2025.
18. Панель оператора Weintek сМТ3162Х. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.weintek.net/cMT3162X.html>. – 27.05.2025.
19. ПЛК Овен 210-14-CS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elefantkip.ru/owen/145753/?srsrtid=AfmBOopqTK39rokgC9eBhmStbnyDd8NhG0UVjOyfA1AkTkSD64TDijh>. – 27.05.2025.
20. Блок питания Овен БП240К. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/bp240k>. – 27.05.2025.
21. Блок питания Овен БП120Б. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/bloki_pitaniya_dlya_tyazhelih_uslovij_ekspluatatsii/ddm. – 27.05.2025.
22. Кнопки EKF PROxima ВА31 с подсветкой. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekfgroup.com/ru/catalog/products/knopka-bw31-s-podsvetkoj-230v-zelenaya-no-ekf-proxima>. – 27.05.2025.

23. Сигнальная лампа ЕКФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekfgroup.com/ru/catalog/products/lampa-signalnaya-bv66-sinyaya-ekf-proxima>. – 27.05.2025.

24. Рыбалёв, А.Н. Программирование ПЛК в CoDeSys. – Благовещенск: Издательство АмГУ, 2023 – 62 с.

25. Рыбалёв, А.Н. Имитационное моделирование АСУ ТП. – Благовещенск: Издательство АмГУ, 2019 – 408 с.

26. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Взамен ГОСТ 12.0.003-74. введ. 2017-03-01. – Пермь : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Изд-во стандартов, 2017. 3 – с.

27. ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерений», 1996, – введ. 1997-01-01, – Москва : Минстандарт России ; М. : Изд-во стандартов, 1996 – 20 с.

28. ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», 2017, – введ. 2018-01-01, – Москва : Росстандарт, 2017 – 24 с.

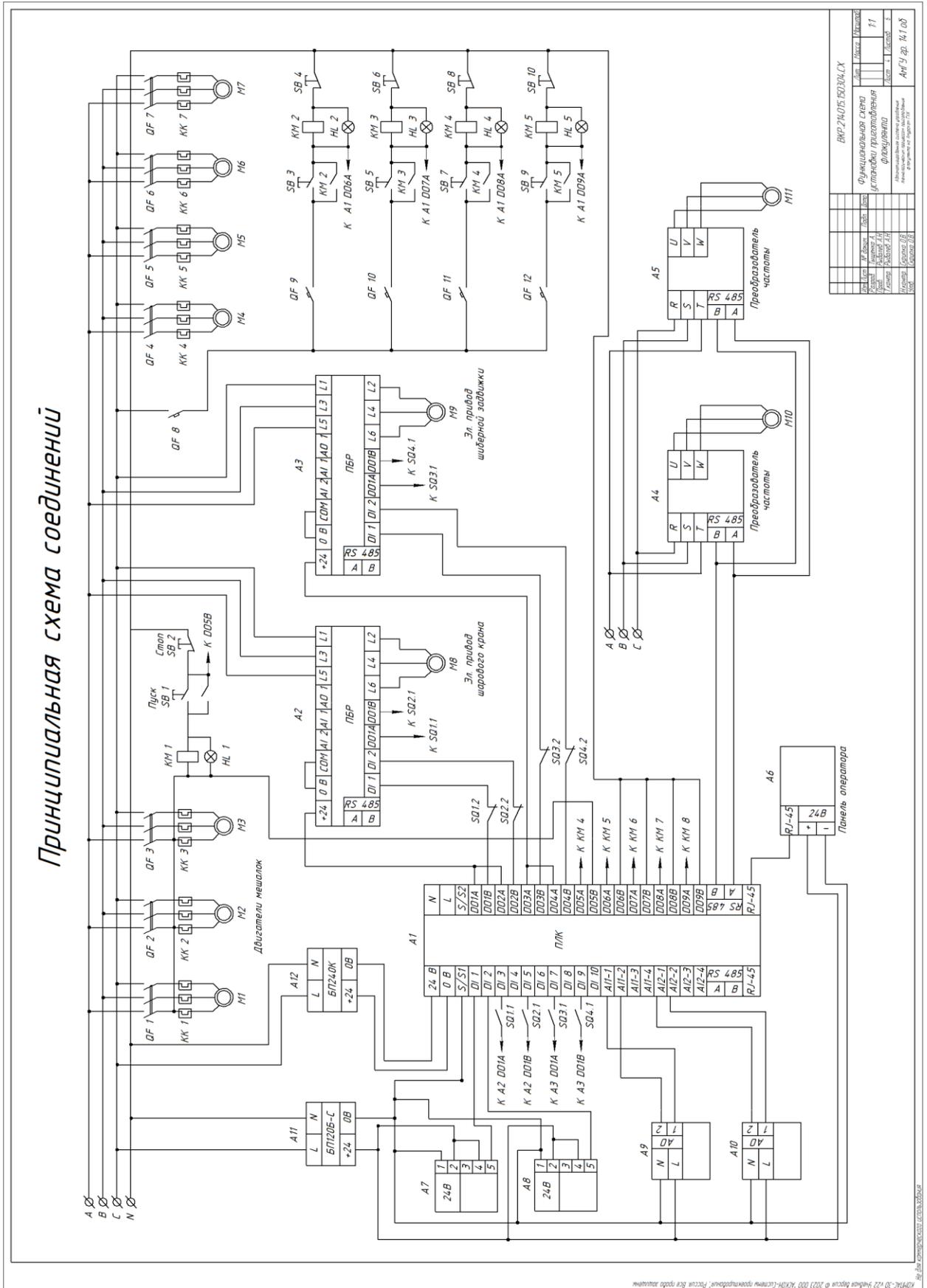
29. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1998. № 26. ст. 3010.

30. Приказ Минприроды РФ от 30.09.2011 N 792 «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра отходов». – 2011. – № 210 (от 30.09.2011). – Ст. 12345.

31. ГОСТ Р 59638-2021 «Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность», 2021, – введ. 2022-01-01, – Москва : Росстандарт, 2021 – 48 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Принципиальная схема соединений

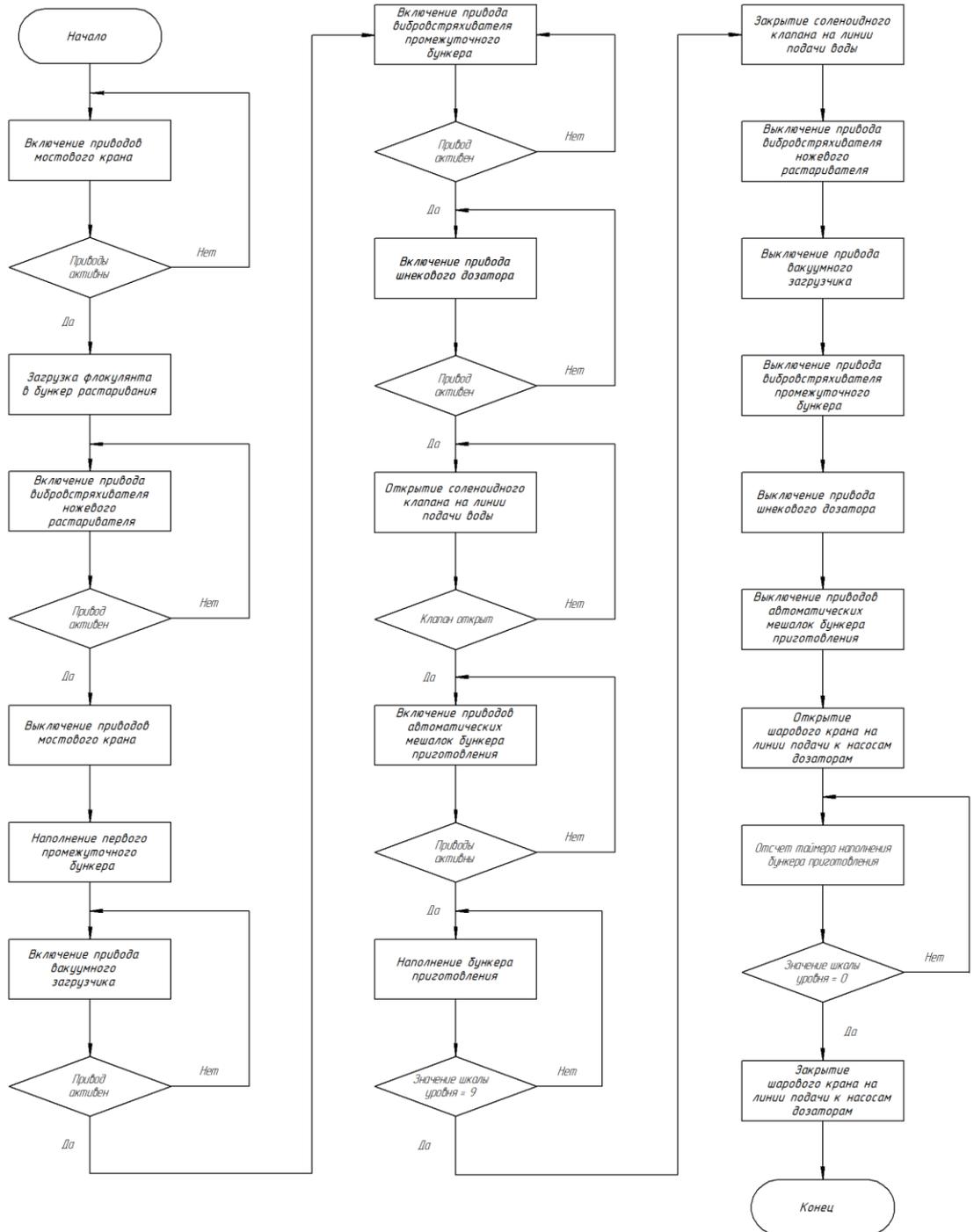


ВНР.2.10.05.00.04.LX	
Функциональная схема	11
Контроль параметров	5
Элементы	5
Масштаб	АМ/У.Ф. 1:1.00

© 2022 ООО "КЭСК-Системы промышленной России" для групп компаний

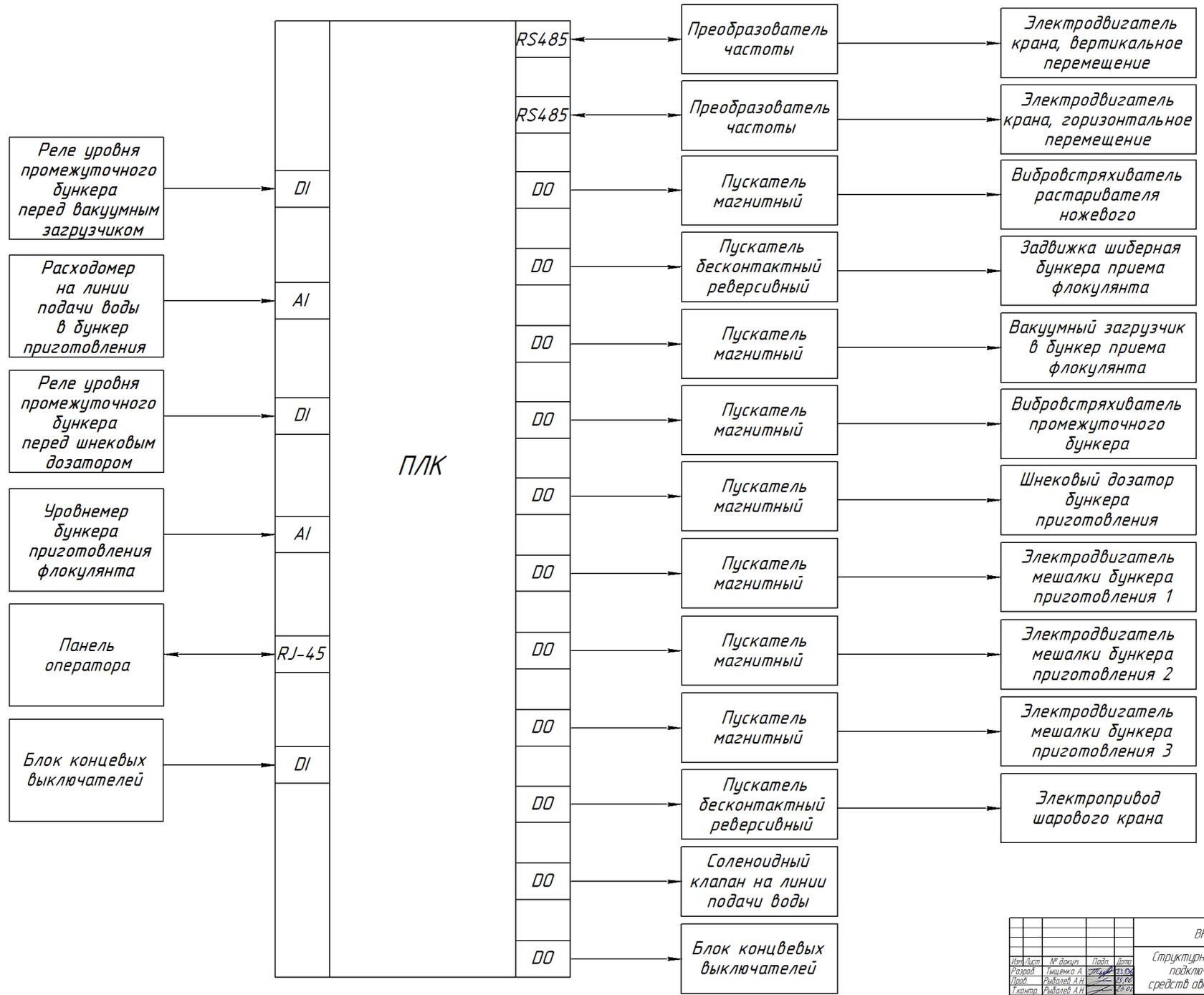
ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Алгоритм работы установки



ИПНБС-Ю-122 Мельная фабрика © 2022 ООО «ИПНБС-Системы автоматизации». Ресурсы для работы защищены. Не для коммерческого использования

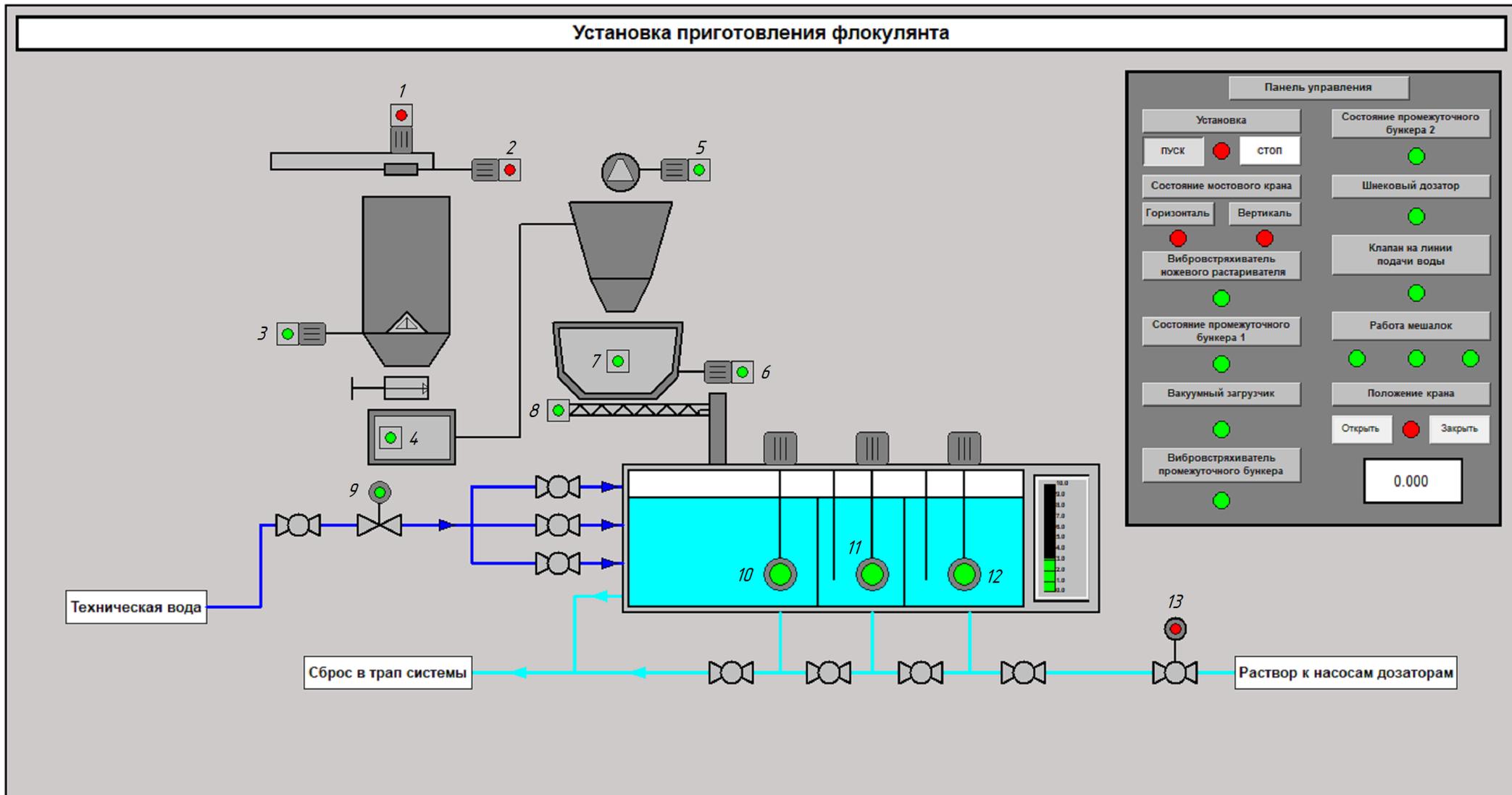
				ВКР.214.015.150.304.CX			
Имя	Адрес	№ документа	Полн.	Дата	Лист	Масштаб	Метки
Разработ	Инженер А.И.						f1
Провер	Инженер А.И.						
Компьютер	Инженер А.И.						
Исполнитель	Специалист А.И.						
Модель	Специалист А.И.						
				Блок-схема алгоритма работы установки			
				Автоматизированная система управления технологическим процессом производства алюминия на ИФНБС-Ю-122			
				Лист 1 из 1			
				Анф.У.зр. 14.1.08			



				ВКР.194.002.150304.60		
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Структурная схема подключений средств автоматизации	Лист 2 / Листов 7
Разраб		Тыщенко А		23.06	1:1	
Проб		Рыбалов А.Н.		23.06		
Т.контр		Рыбалов А.Н.		23.06		
Исполн		Скряпка О.В.		23.06	Автоматизационная система управления технологическим процессом паровой вращающейся флюиды на АмГУ от ПЛК	
Утв		Скряпка О.В.		23.06		

ИЮНЬ-20 122 учебный курс © 2023 ООО АКОН-Системы автоматизации, Россия. Все права защищены.
 Не для коммерческого использования

Экран и панель оператора



- 1 - Привод горизонтального перемещения мостового крана
- 2 - Привод вертикального перемещения мостового крана
- 3 - Привод вибровстряхивателя ножевого растаривателя
- 4 - Промежуточный бункер, перед вакуумным загрузчиком
- 5 - Привод вакуумного загрузчика
- 6 - Привод вибровстряхивателя промежуточного бункера
- 7 - Промежуточный бункер перед бункером приготовления

- 8 - Привод шнекового дозатора
- 9 - Соленоидный клапан на линии подачи воды в бункер приготовления
- 10 - Привод мешалки 1
- 11 - Привод мешалки 2
- 12 - Привод мешалки 3
- 13 - Привод шарового крана на линии подачи раствора к насосам дозаторам

				ВКР.194.002.150.304.В0				
Имен./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Человеко-машинный интерфейс установки	Лист	Масса	Установки	
Разработ	Гыщенко А.	СЗ	23.08		11			
Проб.	Рыделов А.Н.	ЗУ	23.08		Лист	5	Листов	6
Техн.пр.	Рыделов А.Н.	ЗУ	23.08					
Исполн.	Скряпка О.В.	ЗУ	23.08	Автоматизированная система управления технологическим процессом приготовления флокулянта на АмГУ			АмГУ зр. 14.1 об.	
Спец.	Скряпка О.В.	ЗУ	23.08					

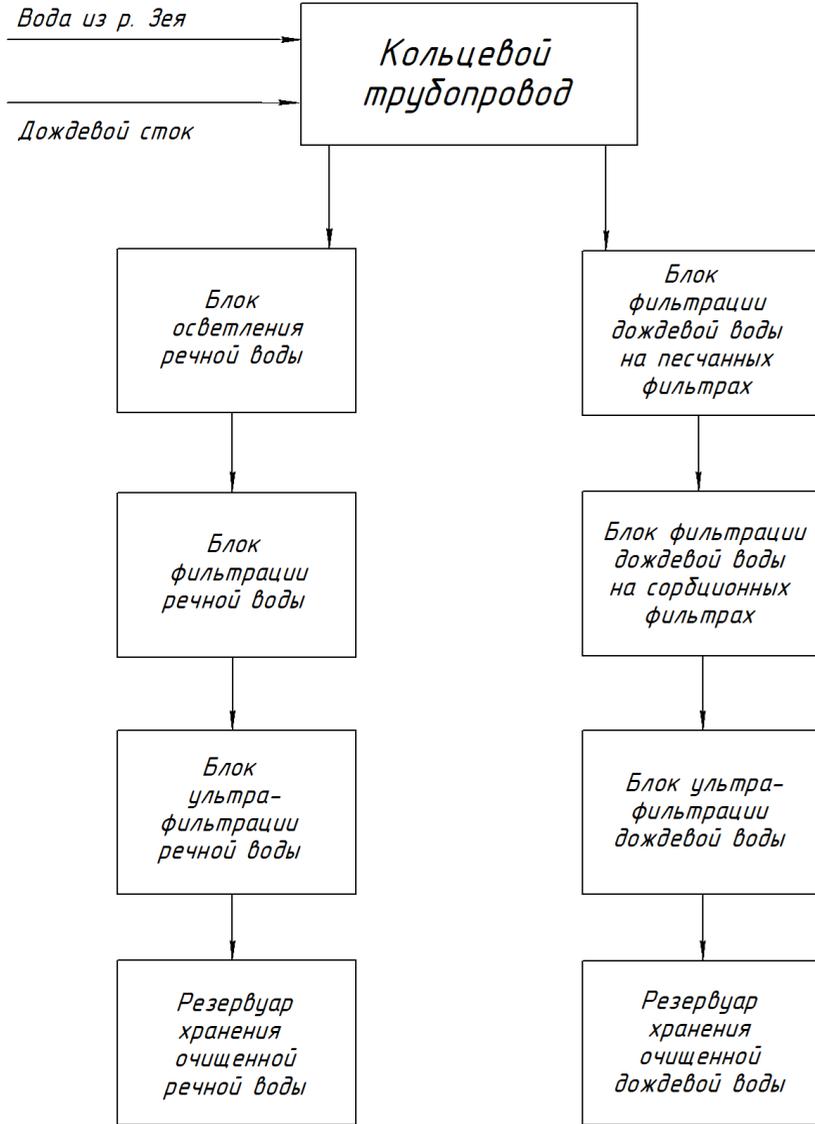
Алгоритм работы установки



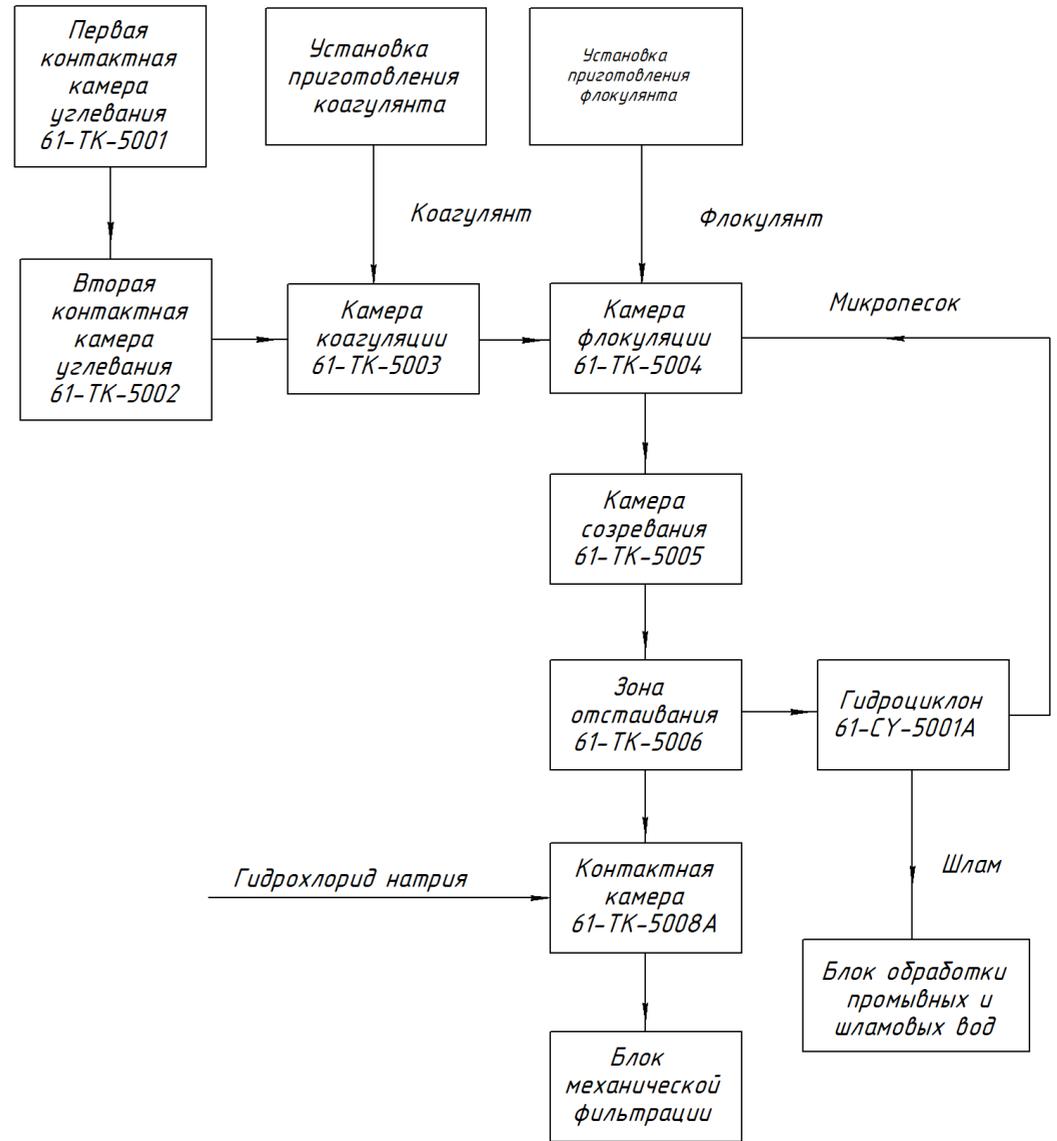
				ВКР.194.002.150304.В0					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Блок-схема алгоритма работы установки	Лит.	Масса	Масштаб	
Разработ	Тыщенко А.	2024	23.06	11					
Проб.	Рыбалов А.	2024	25.06	6					
Технпр.	Рыбалов А.	2024	25.06						
Исполн.	Скрипка О.	2024	25.06						
Утв.	Скрипка О.	2024	27.06		Автоматизированная система управления технологическим процессом приготовления флокулянта на АИРС-ТЭК				
						Лист 5 / Листов 6			
						АИСУ зр. 14.1 од			

Корпус-30-122 Учебная версия © 2022 ООО "ИКСИ-Системы автоматизации". Риск: все права защищены.
 Не для коммерческого использования

Станция водоподготовки

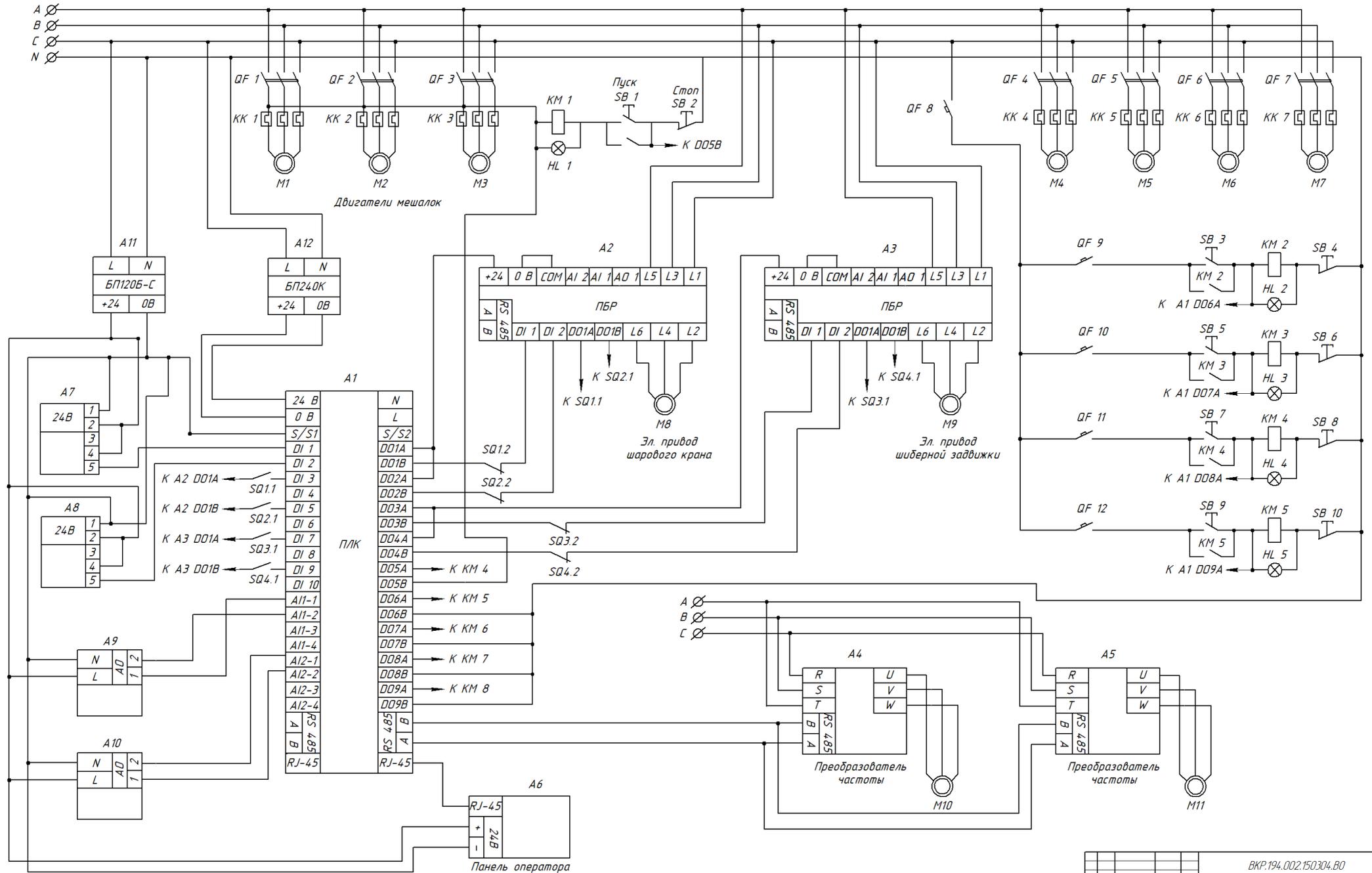


Блок осветления воды



				ВКР.194.002.150304.В0		
Имя	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит. \ Масса \ Удостовер.	
Разраб.	Ищенко А.			2022	11	
Проб.	Рыделов А.Н.			2022		
Т.контр.	Рыделов А.Н.			2022		
Исполн.	Скряпка О.В.			2022		
Упр.	Скряпка О.В.			2022		
Схема станции водоподготовки и блока осветления воды					Лист	11
Автоматизованная система управления технологическим процессом подготовки воды на Алтае ГХК					Листов	6
					АМГУ ар. 14.1 од	

Принципиальная электрическая схема соединений



				ВКР.194.002.150304.В0		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Принципиальная схема установки приготовления флокулянта		Лист 4 / Листов 7
Разработ	Гущенко А.	<i>[Signature]</i>	23.08			11
Проб.	Рыделов А.Н.	<i>[Signature]</i>	23.08			
Технический	Рыделов А.Н.	<i>[Signature]</i>	23.08			
Начальник	Скрягина О.В.	<i>[Signature]</i>	25.08	Автоматизированная система управления технологическим процессом приготовления флокулянта на Алтрасан ГИХ		АМГУ ар. 14.1 од
Удобр.	Скрягина О.В.	<i>[Signature]</i>	25.08			

КОРПУС-30 122 учебная версия © 2022 ООО «АКОН»-Системы автоматизации, Россия. Все права защищены.
 Не для коммерческого использования