

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Специальность 220301 Автоматизация технологических процессов и производств
(в нефтегазовой отрасли)

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
«Автоматизация установки производства и распределения воды для инъекций на «НПО «Вирион»»

УДК 661.12:628.16.048

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8202	Сараев Денис Дмитриевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник ОКИПиА	Черноусов Владимир Владимирович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов Олег Николаевич	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лиепиньш Андрей Вилнисович	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 109 страниц машинописного текста, 39 таблиц, 26 рисунков, 9 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: УСТАНОВКА ПРОИЗВОДСТВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ ДЛЯ ИНЪЕКЦИЙ, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, КОНЦЕНТРАТОР, УНИФИЦИРОВАННЫЙ СИГНАЛ, ИНТЕРФЕЙС.

Объектом исследования является установка производства и распределения воды для инъекций.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления установки производства и распределения воды для инъекций с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данной работе была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленного контроллера Siemens SIMATIC S7-300.

Разработанная система позволит увеличить эффективность управления установкой, увеличить точностные характеристики полученных измерений, уменьшить количество возможных аварийных ситуаций.

Оглавление

Введение.....	8
1 Техническое задание.....	9
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ УПРВДИ.....	9
1.2 Назначение и состав УПРВДИ	10
1.3 Требования к автоматике УПРВДИ.....	10
1.4 Требования к техническому обеспечению	12
1.5 Требования к метрологическому обеспечению	13
1.6 Требования к программному обеспечению.....	13
1.7 Требования к математическому обеспечению.....	16
1.8 Требования к информационному обеспечению.....	17
2 Основная часть	19
2.1 Описание технологического процесса.....	19
2.2 Выбор архитектуры АС	21
2.3 Разработка структурной схемы АС	27
2.4 Функциональная схема автоматизации	28
2.5 Разработка схемы информационных потоков.....	29
2.6 Выбор средств реализации АС УПРВДИ.....	35
2.6.1 Выбор контроллерного оборудования.....	35
2.6.2 Выбор датчиков.....	42
2.6.3. Нормирование погрешности канала измерения	51
2.6.4 Выбор исполнительных механизмов	53
2.7 Разработка схемы внешних проводок.....	57
2.8 Выбор алгоритмов управления.....	57

2.8.1 Разработка алгоритма сбора данных.....	59
2.8.2 Разработка алгоритма релейного автоматического управления.....	60
2.8.3 Разработка алгоритма аналогового автоматического управления.....	61
2.9 Экранные формы АС	62

Введение

Проектирование и введение автоматических систем регулирования технологическими процессами являются основой для развития современного промышленного производства.

Главная задача автоматизации — это увеличение эффективности управления и производительности труда. Подъем качества выпускаемой продукции, оптимизация планирования и управления, уменьшение работы человека во вредных условиях.

Благодаря автоматизации возможно улучшение основных показателей производства:

- повышение объема производимой продукции;
- повышение качества производимой продукции;
- уменьшение себестоимости производимой продукции;
- увеличение производительности труда.

Введение автоматизированных систем и устройств обеспечивает высокое качество продукции, уменьшение произведенного брака и отходов производства, понижение финансовых затрат на сырье и энергию, снижение количества рабочих, уменьшение затрат на строительство зданий и сооружений, увеличение сроков межремонтного рабочего времени оборудования.

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы управления установки производства и распределения воды для инъекций с использованием ПЛК.

1 Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели создания АСУ УПРВДИ

Основными задачами разработки АС УПРВДИ являются:

- соответствие автоматизированной системы передовым требованиям безопасности;
- сокращение и предупреждение возможных аварийных ситуаций, увеличение надежности УПРВДИ;
- контроль и поддержание оптимальных технических условий для работы применяемого оборудования;
- учет затраченных энергетических и материальных ресурсов;
- уменьшение периода времени ремонта, а так же снижение обслуживания УПРВДИ;
- повышение качества очистки воды;

АСУ УПРВДИ реализует следующие задачи:

- регулирование технологических процессов УПРВДИ в автоматическом режиме и в режиме дистанционного контроля и управления;
- обеспечение надежной работы оборудования установки и предотвращение аварийных ситуаций;
- архивацию событий и значений отдельных технологических параметров;
- возможность коррекции исходных данных и непосредственное управление оператором установкой с клавиатуры ПЭВМ;
- периодическую выдачу рапортов и отчетов;
- диагностику системы сбора информации и управления исполнительными органами.

1.2 Назначение и состав УПРВДИ

1.2.1 Установка производства и распределения воды для инъекций предназначена для производства качественной стерильной апиrogenной воды для инъекций, а также хранение и распределение воды для инъекций по потребителю при сохранении ее качества.

1.2.2 В состав УПРВДИ входят:

- четыре дистилляционные колонны;
- емкость воды для инъекций;
- центробежный насос;
- два конденсатора/охладителя;
- теплообменник/нагреватель;
- запорно-регулирующая арматура;
- контрольно-измерительные устройства.

1.3 Требования к автоматике УПРВДИ

Система автоматизации УПРВДИ должна обеспечивать следующее:

1.3.1 Управление технологическим процессом в автоматическом режиме и в режиме дистанционного контроля и управления;

1.3.2 Архивацию событий и значений отдельных технологических параметров;

1.3.3 Возможность коррекции исходных данных и непосредственное управление оператором установкой с клавиатуры ПЭВМ;

1.3.4 Периодическую выдачу рапортов и отчетов;

1.3.5 Диагностику системы сбора информации и управления исполнительными органами;

1.3.6 Измерение:

- давления на линии подачи очищенной воды;

- давления греющего пара;
- давления в колонне K0101;
- уровня в колонне K0101;
- температуры в колоннах K0102, K0103, K0104;
- температуры и электропроводности дистиллята;
- уровня в емкости воды для инъекций;
- скорости потока воды для инъекций в системе распределения;
- скорость потока в системе распределения;
- температуры и электропроводности в системе распределения;

1.3.7 Управление:

- уровнем и давлением в колонне K0101;
- температурой на выходе конденсатора W0202;
- уровнем в емкости воды для инъекций;
- давлением в системе распределения;
- температурой в системе распределения;

1.3.8 Сигнализацию:

- при повышенном и пониженном значении температуры дистиллята;
- при повышенном и пониженном значении уровня очищенной воды в колонне K0101;
- при повышенном значении давления в колонне K0101;
- при повышенном значении температуры в колоннах K0102, K0103, K0104;
- при повышенном значении электропроводности дистиллята;
- при повышенном значении электропроводности в системе распределения;
- неисправность насоса системы распределения;

– при пониженном значении скорости потока в системе распределения;

– при пониженном значении температуры в системе распределения.

1.4 Требования к техническому обеспечению

1.4.1 Измерительные и исполнительные устройства необходимо подобрать с возможностью выдерживать воздействие температур до 120 °С .

1.4.2 Программно-технический комплекс обязан иметь возможность дальнейшего усовершенствования. Иметь необходимый резерва для каналов ввода/вывода не меньше 20 % от используемых.

1.4.3 Применяемые датчики, должны соответствовать гигиеническому исполнению.

1.4.4 Степень защиты средств реализации необходимо подбирать не меньше IP56.

1.4.5 Необходимые показатели надежности датчиков фармацевтического и пищевого назначения рекомендуется подбирать, отталкиваясь от показателей мирового уровня и лучших образцов отечественных изделий:

- время отказоустойчивости должно быть не менее 10000 тыс. час;
- срок необходимой работы не менее 10 лет.

1.4.6 При выборе контроллерного оборудования необходимо учесть, чтобы они имели модульную конструкцию при помощи которой можно произвести абсолютно свободную компоновку используемых модулей. Контроллерам необходимо иметь модульную архитектуру, которая позволяет производить свободную компоновку модулей ввода/вывода. Контроль уровня в емкости воды для инъекций необходимо производить предельными датчиками уровня, измерение уровня производить датчиками, на которые не влияет проводимость жидкости.

1.4.7 Расположить шкафы управления, и контрольно измерительных устройств таким образом, чтобы обеспечить свободный доступ со всех сторон для произведения необходимого обслуживания и ремонта.

1.5 Требования к метрологическому обеспечению

1.5.1 Полная приведенная погрешность модулей измерительных каналов не должна превышать $\pm 0,5$ %. При расчете погрешности канала измерения должны учитываться все элементы, входящие в измерительную цепь.

1.6 Требования к программному обеспечению

1.6.1 Программное обеспечение ПЛК

1.6.1.1. Системное ПО

1.6.1.1.1 В качестве главного компонента системного программного обеспечения ПЛК должна использоваться высокопроизводительная операционная система реального времени, которая должна обеспечивать:

- поддержку многозадачного режима;
- модульность, гибкую конфигурированность;
- определенное техническим заданием время реакции системы на поступивший запрос или сигнал о событии;
- многоуровневую, основанную на приоритетах, обработку прерываний.

1.6.1.2 Прикладное ПО

1.6.1.2.1 Прикладное программное обеспечение уровня ПЛК, работающее в реальном времени, должно разрабатываться для конкретной автоматизированной системы с учетом ее специфики с использованием:

- стандартных языков программирования ПЛК;
- современных графических языков программирования.

1.6.1.2.2 Прикладное программное обеспечение должно быть совместимо с системным программным обеспечением контроллеров и должно обеспечивать:

- приём и обработку сигналов от первичных измерительных преобразователей;

- оценку достоверности входной информации;

- организацию автоматического управления исполнительными устройствами (для объектов автоматизации базового и перспективного классов);

1.6.1.2.3 Обнаружение непроверенной информации должно производить формирование аварийного сигнала. Все управляющие действия необходимо блокировать, связанные с данной информацией.

1.6.1.2.4 Должна предусматриваться возможность сохранения исходных прикладных программ на электронных носителях и дальнейшая загрузка (при необходимости) через интерфейсные каналы в память контроллера.

1.6.2 Программное обеспечение уровня диспетчерского контроля и управления.

1.6.2.1 Системное ПО

1.6.2.1.1 В качестве операционной системы необходимо использовать систему, обеспечивающую надёжную работу, отсутствие системных сбоев, доступ к сетевым ресурсам.

1.6.2.1.2 Операционные системы уровня диспетчерского контроля и управления необходимо выбрать, чтобы они удовлетворяли следующим требованиям:

- поддержка многозадачного режима;
- высокая производительность;
- надёжность, высокая степень устойчивости;
- поддержка протоколов обмена информации по используемым сетям;
- возможность конфигурирования под конкретные условия использования.

1.6.2.1.3 Системы управления базами данных должны обеспечивать поддержку функционирования следующих задач:

- надёжное хранение данных реального времени с длительностью хранения и частотой записи параметров, определенными на этапе формирования требований к системе;

- контроль целостности информации в БД;
- сжатие поступающих данных перед их записью в архив;
- индивидуальная настройка записи для каждого параметра;
- добавление, удаление, переименование и конфигурация параметров в режиме on-line без потери данных;
- обеспечение доступа клиентским приложениям к технологическим данным;
- защита информация от несанкционированного доступа;
- возможность резервного копирования и быстрого восстановления информации;
- разграничение прав пользователей;
- администрирование БД;
- легкость интеграции с широким спектром ПО и стандартными системами управления базами данных (СУБД);
- репликация баз данных, ведение которых осуществляется на разных уровнях системы.

1.6.2.1.4 Регламентация доступа к БД должна представлять собой реализацию задачи обеспечения доступа к базе данных по паролям.

1.6.2.2 Прикладное ПО

1.6.2.2.1 Прикладное программное обеспечение АРМ специалистов должно разрабатываться на основе современных SCADA-пакетов и реализовывать в АСУ ТП отображение информации на экранах мониторов ПК (видеокадры, табличные формы) для выполнения технологического мониторинга, команд управления с пульта оператора-технолога, формирование архивной информации, формирование трендов по измеряемым параметрам, файлов журнала событий и системного журнала.

1.6.2.2.2 Отображение информации на экранах мониторов АРМ специалистов должно осуществляться посредством интерфейса оператора с использованием анимированных графических объектов, обеспечивающего

удобство в работе и наглядное представление технологических процесса нефтегазодобычи и нефтеподготовки.

1.6.2.2.3 Прикладное программное обеспечение АРМ специалистов должно обеспечить выполнение следующих основных функций:

- прием информации о состоянии технологического процесса от промышленной аппаратуры нижнего уровня;
- контроль достоверности, обработка принятой информации и управление технологическим процессом на основе заданных алгоритмов;
- регистрация событий, связанных с контролируемым технологическим процессом и действиями работника, ответственного за эксплуатацию и обслуживание системы;
- ведение архива данных и событий и предоставление доступа к нему;
- графическое представление хода технологического процесса в удобной для восприятия оператором форме (мнемосхемы, графики, отчёты и т. д.);
- навигация по информационной модели объекта контроля и управления;
- диалог с оператором: прием команд оператора и передача их в адрес контроллеров нижних уровней (дистанционное управление);
- генерация оперативных и ретроспективных сводок и отчетных документов;
- обмен информацией с автоматизированными системами управления предприятием;
- санкционированный доступ к ресурсам системы, обеспечивающим управление технологическим процессом (группы пользователей, пароли, уровни доступа);

1.7 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации,

используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.

1.8 Требования к информационному обеспечению

1.8.1 По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составными частями АС;
- структура процесса сбора, обработки, передачи информации в АС;
- информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.

1.8.2 В состав информационного обеспечения должны входить:

- унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности;
- распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов;
- средства ведения и управления базами данных.

1.8.3 Обмен информацией между персональными компьютерами в ЛВС должен осуществляться по протоколам, принятым в вычислительной сети НПО «Вирион».

1.8.4 Каналы связи вычислительной сети должны обеспечивать передачу информации со скоростью:

- между производствами НПО - не менее 64 Кбит/с;
- между Компанией и производством - не менее 128 Кбит/с.

1.8.5 Информационная безопасность на всех уровнях управления должна обеспечиваться программными и аппаратными средствами системы посредством:

- использования протоколов передачи данных в ЛВС требуемого типа и конфигурации;
 - организации идентификации пользователей системы;
 - разграничения прав пользователей на использование ресурсов сети и хранимых данных;
 - создания резервных копий массивов данных;
- разграничение прав на функциональные задачи.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Установка производства и распределения воды для инъекций предназначена для производства стерильной апирогенной воды для инъекций. Процесс дистилляции основан на экономичном многоступенчатом принципе. Все компоненты оборудования выполнены из расчета наименьшего расхода электроэнергии и охлаждающей воды.

Клапан подачи очищенной воды V2001 открывается, чтобы наполнить колонны и постоянно поддерживать заданное значение уровня в колонне K0101.

Когда заданное значение уровня в колонне достигнуто, клапан греющего пара V1001 открывается, происходит нагрев жидкости в колонне K0101, чтобы повысить и постоянно поддерживать заданное значение давления.

В других колоннах температура также медленно повышается. При этом между отдельными колоннами возникает приблизительно равная разность температур.

Как только температура в последней колонне достигнет заданного номинального значения, процесс пуска заканчивается.

Требуемая температура воды для инъекций регулируется вентилем V1201 посредством изменения подачи охлаждающей воды на конденсатор/охладитель W0202. По истечении заданного времени сброса соблюдения заданных предельных величин для проводимости и температуры дистиллята начинается производство воды для инъекций в емкость ВДИ Т4001.

Производство воды для инъекций в емкость ВДИ автоматически прерывается в следующих случаях:

- Температура дистиллята находится вне требуемого допуска. При этом трубопровод к емкости ВДИ запирается клапаном V4001 и дистиллят

сбрасывается через V4002. Аварийное сообщение не выдается. Если отклонение температуры увеличивается, появляется аварийное сообщение. Как только температура дистиллята снова окажется в границах допуска, производство автоматически продолжается.

- Проводимость дистиллята превышает заданное предельное значение. При этом трубопровод к емкости ВДИ запирается клапаном V4001 и дистиллят сбрасывается через V4002. Выдается аварийное сообщение. Как только проводимость дистиллята снова окажется в границах допуска, производство автоматически продолжается.

- Емкость ВДИ полная. Установка переходит в режим ожидания. При этом трубопровод к емкости ВДИ запирается клапаном V4001, а дистиллят сбрасывается через клапан V4002. Давление в колонне K0101 понижается до уровня давления в режиме ожидания. Так установка поддерживается в теплом состоянии с незначительным потреблением энергии. Таким образом, при потребности в воде для инъекций установка может автоматически продолжить производство в течение короткого промежутка времени. В режиме ожидания установка расходует мало очищенной воды, охлаждающей воды и греющего пара.

Вода для инъекций хранится в емкости ВДИ T4001, в случае необходимости сборник можно опустошить при помощи вентиля V4004.

Из сборника, вода для инъекций поступает в закольцованную систему распределения. В системе распределение поддержание скорости потока осуществляется при помощи насоса P4006. Требуемая температура в системе регулируется вентилем V4008 посредством изменения подачи греющего пара на теплообменник W0203.

2.2 Выбор архитектуры АС

При разработке пользовательского интерфейса проекта АС следует описать ее профиль [1]. Профиль — набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи АС. Методологической основой для разработки профиля АС выбрана модель OSE/RM (Open System Environment/Reference Model), определяющая концептуальный базис и систематический подход к классификации интерфейсов и сервисов АС как открытой программно-технической системы.

Основными целями применения профилей являются:

- снижение трудоемкости проектов АС;
- повышение качества оборудования АС;
- обеспечения расширяемости (масштабируемости) АС по набору прикладных функций;
- обеспечение возможности функциональной интеграции задач информационных систем.

Профили АС включают в себя следующие группы [1]:

- профиль прикладного ПО;
- профиль среды АС;
- профиль защиты информации АС;
- профиль инструментальных средств АС.

В качестве различных профилей АС выбраны:

- профиль прикладного программного обеспечения - SCADA-система WinCC (с обязательным интегрированным HMI);
- профиль среды АС - операционная система Windows XP;
- профиль защиты информации - включает в себя стандартные средства защиты Windows XP;
- профиль инструментальных средств.

Концептуальная модель архитектуры OSE/RM предусматривает разбиение ПО на три уровня:

- внешняя среда (полевой уровень) АС;
- платформа сервисов;
- прикладное ПО (верхний уровень).

Уровни взаимодействуют между собой посредством интерфейсов.

Концептуальная модель OSE/RM представлена на рисунке 1.

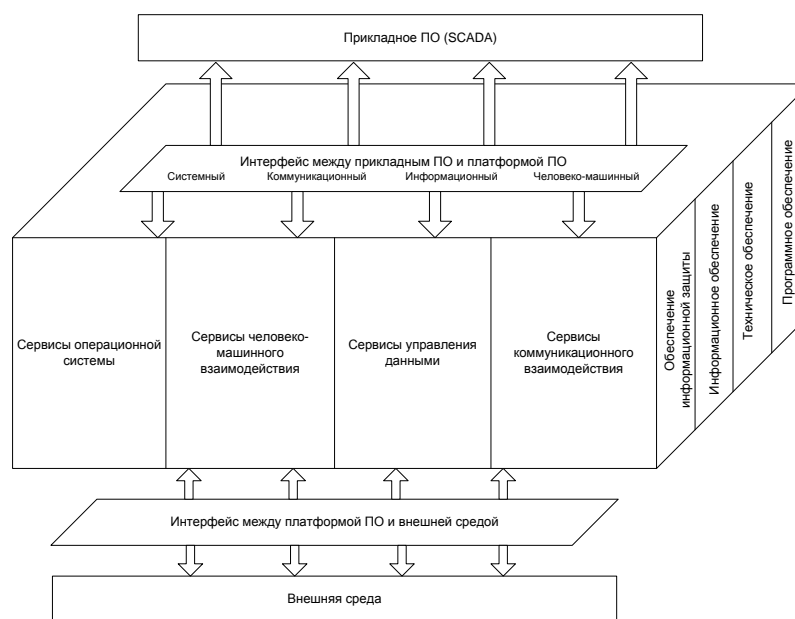


Рисунок 1 – Концептуальная модель архитектуры OSE/RM

Наиболее актуальными прикладными программными системами АС являются открытые распределенные АС с архитектурой «клиент-сервер». Для решения задач взаимодействия клиента с сервером используются стандарты OPC. Суть OPC сводится к предоставлению разработчикам промышленных программ универсального интерфейса (набора функций обмена данными с любыми устройствами АС).

Стандарты OPC – это стандарты подключаемости компонентов АС. С их помощью осуществляется взаимодействие используемых PLC и SCADA.

Структура OPC взаимодействий в АС продемонстрирована на рисунке 2.

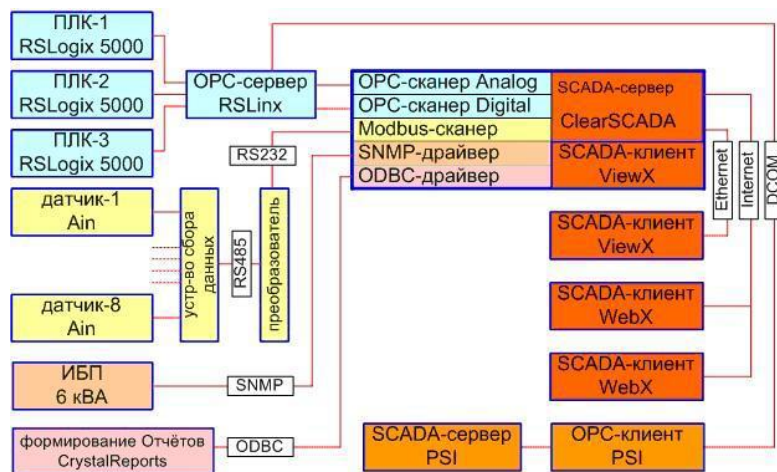


Рисунок 2 – Структура OPC-взаимодействий SCADA

Взаимодействие ПЛК со SCADA осуществляется посредством OPC-сервера.

Датчики и исполнительные устройства связаны с ПЛК посредством унифицированного токового сигнала 4...20 мА. Широко применяется для организации связи промышленного электронного оборудования. Использует для передачи данных последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP. Доступ к устройствам полевого уровня (датчикам, исполнительным устройствам) со всех уровней управления предприятием осуществляется посредством протокола HART.

Связь источника бесперебойного питания со SCADA осуществляется посредством протокола SNMP, который позволяет контролировать всю сетевую инфраструктуру, управляя сетевым оборудованием различных типов, наблюдать за работой служб OSE/RM и анализировать отчеты по их работе за заданный период. SNMP предназначен для мониторинга состояния сети АС и управления сетевыми устройствами.

Основные из выбранных стандартов OPC:

- OPC DA (Data Access) описывает набор функций обмена данными в реальном времени с ПЛК и другими устройствами;

- OPC AE (Alarms & Events) предоставляет функции уведомления по требованию о различных событиях: аварийные ситуации, действия оператора, информационные сообщения и др.;

- OPC DX (Data eXchange) предоставляет функции организации обмена данными между OPC-серверами через сеть Ethernet. Основное назначение – создание шлюзов для обмена данными между устройствами и программами разных производителей;

- OPC HDA (Historical Data Access) предоставляет доступ к уже сохраненным данным;

- OPC XML-DA (XML-Data Access), предоставляющий гибкий управляемый правилами формат обмена данными через Intranet-среду.

Профиль среды АС должен включать в себя стандарт протокола транспортного уровня Modbus, стандарты локальных сетей (стандарт Ethernet IEEE 802.3 или стандарт Fast Ethernet IEEE 802.3 u), а также стандарты средств сопряжения проектируемой АС с сетями передачи данных общего назначения (в частности, RS-485, сети CAN, ProfiBus и др.).

Используемые информационные протоколы в рамках модели OSI:

- физический уровень: RS-232, RS-485;
- канальный уровень: Ethernet (семейство IEEE 802.3), ModBus;
- сетевой уровень: IPv4;
- транспортный уровень: TCP, HDCL.

Профиль защиты информации должен обеспечивать реализацию политики информационной безопасности. Функциональная область защиты информации включает в себя функции защиты, реализуемые разными компонентами АС [1]:

- функции защиты, реализуемые операционной системой;
- функции защиты от несанкционированного доступа, реализуемые на уровне программного обеспечения промежуточного слоя;
- функции управления данными, реализуемые СУБД;

- функции защиты программных средств, включая средства защиты от вирусов;
- функции защиты информации при обмене данными в распределенных системах;
- функции администрирования средств безопасности.

Основопологающим документом в области защиты информации в распределенных системах являются рекомендации X.800, принятые МККТТ (сейчас ITU-T) в 1991 г. Подмножество указанных рекомендаций составляет профиль защиты информации в АС с учетом распределения функций защиты информации по уровням концептуальной модели АС и взаимосвязи функций и применяемых механизмов защиты информации.

Профиль инструментальных средств, встроенных в АС, должен отражать решения по выбору методологии и технологии создания, сопровождения и развития конкретной АС. Функциональная область профиля инструментальных средств, встроенных в АС, охватывает функции централизованного управления и администрирования, связанные [1]:

- с контролем производительности и корректности функционирования системы в целом;
- управлением конфигурацией прикладного программного обеспечения, тиражированием версий;
- управлением доступом пользователей к ресурсам системы и конфигурацией ресурсов;
- перенастройкой приложений в связи с изменениями прикладных функций АС;
- настройкой пользовательских интерфейсов (генерация экранных форм и отчетов);
- ведением БД системы;
- восстановлением работоспособности системы после сбоев и аварий.

Номенклатура выбранных протоколов для профиля АС приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Номенклатура выбранных протоколов для профиля АС

№ документа	Назначение	Web-адрес базового стандарта	Web-адрес поставщика
IEC 61131-3: Programming Languages	Языки программирования ПЛК	http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/47556	http://webstore.iec.ch
Siemens SIMATIC WinCC	SCADA–система, с интегрированным HMI	http://www.siemens.com/support/	http://www.siemens.com/
Стандарты OPC	Решение задач взаимодействия клиента с сервером	https://opcfoundation.org/products/	http://www.opcfoundation.org/
OpenPCS	ПО обеспечивает доступ клиентских прикладных программ	http://www.infoteam.de/en/downloads/datasheets/	http://www.infoteam.de/
X.800 (ITU-T)	Профиль защиты информации	http://www.ntc-sss.ru/mejdunarodnye-rekomendacii-itu-t--standarty-etsi.html	http://www.ntc-sss.ru/
Ethernet (IEEE 802.3)	Информационный протокол – канальный уровень	http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html	http://standards.ieee.org/
Modbus	Информационный протокол – канальный уровень	http://www.modbus.org/tech.php	http://www.modbus.org/
TCP/IP	Информационные протоколы транспортного/ сетевого уровней	http://www.protocols.ru/files/Protocols/TCP/IP.pdf	http://www.protocols.ru
HDLC	Информационный протокол - транспортный уровень	http://www.icmm.ru/~mashch/win/lexion/hdlc/hdlc.html	http://www.icmm.ru

2.3 Разработка структурной схемы АС

Нижний полевой уровень реализуется на основе измерительных устройств аналогового и дискретного типов, а также вторичных преобразователей (трансммиттеров). Для передачи данных о параметрах технологического процесса используются цифровые каналы на основе интерфейса RS-485 (Modbus RTU) с унифицированными токовыми сигналами 4-20 мА. Для управления исполнительными устройствами типа "задвижка" и "электропневматический клапан" используются как аналоговые, так и дискретные сигналы.

Средний уровень автоматизации реализован на основе ПЛК Siemens SIMATIC S7-300. Для связи ПЛК с АРМ оператора используется протокол Ethernet, посредством передачи данных через витую пару.

Верхний уровень представлен сервером БД, а также АРМами операторов и диспетчера на основе ОС Windows XP и ПО Siemens SIMATIC WinCC.

Информация с датчиков полевого уровня поступает на средний (контроллерный) уровень управления где ПЛК выполняет следующие функции [1]:

- сбор, первичная обработка и хранение информации о состоянии оборудования и параметра ТП;
- автоматическое логическое управление и регулирование;
- исполнение команд с ПУ;
- обмен информацией с ПУ.

Далее информация с локального ПЛК направляется в сеть диспетчерского пункта управления (ДПУ) через концентратор (коммуникационный контроллер верхнего уровня), реализующий следующие функции [1]:

- сбор данных с локального ПЛК;
- обработка данных, включая масштабирование;

- поддержание единого времени работы в системе;
- синхронизация работы подсистем;
- организация архивов по выбранным параметрам;
- обмен информацией между локальным ПЛК и верхним уровнем.

ДПУ включает несколько станций управления, представляющих собой АРМ диспетчера/оператора. Кроме того, здесь установлен сервер БД. Компьютерные экраны на АРМ диспетчера/оператора предназначены для отображения хода ТП и оперативного управления.

Трехуровневая структура АС приведена в приложении В.

2.4 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации (ФСА) является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования ТП и оснащения ОУ приборами и средствами автоматизации. На ФСА изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок [1].

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.

Схема автоматизации строится в соответствии с требованиями ГОСТ 21.404-85 " Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах", а также ГОСТ 21.408-93 " Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов".

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям ГОСТ 21.404-85 и приведена в приложении А.

2.5 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков, которая приведена на рисунке 3, включает в себя три уровня сбора и хранения информации [1]:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки, полевой);
- средний уровень (уровень текущего хранения, контроллерный);
- верхний уровень (уровень архивного хранения, информационно-вычислительный).

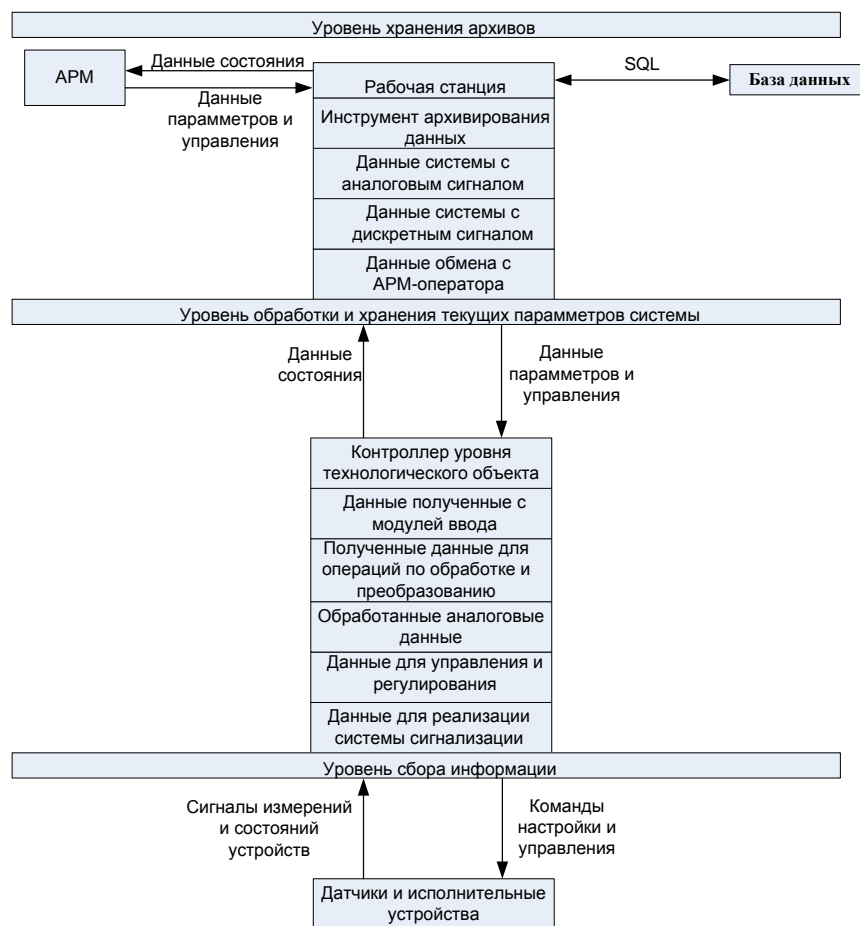


Рисунок 3 – Схема информационных потоков

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода и вывода. Они включают в себя данные сигналов о состоянии процесса полученные с аналоговых и дискретных устройств, а также данные о их преобразовании.

Средний уровень представляет собой буферную базу обмена данными, которая является как приемником данных от внешних систем, так и их источником, т.е. выполняет роль распределителя информационных потоков между системой автоматики и рабочей станцией «Professional». На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллером объекта и рабочей станцией «Professional» передаются по протоколу Ethernet.

Параметры, передаваемые на рабочую станцию «Professional» включают в себя:

- давление очищенной воды на линии подачи, bar;
- давление греющего пара, bar;
- давление в колонне K0101, bar;
- уровень в колонне K0101, %;
- температура в колонне K0102, °C;
- температура в колонне K0103, °C;
- температура в колонне K0104, °C;
- температура дистиллята, °C;
- электропроводность дистиллята, мкС/см;
- уровень в емкости воды для инъекций, %;
- предельный верхний уровень воды для инъекций в емкости;
- предельный нижний уровень воды для инъекций в емкости;
- предельный верхний уровень очищенной воды в колонне;
- предельный нижний уровень очищенной воды в колонне;
- скорость потока воды для инъекций в системе распределения, м/с;
- давление в системе распределения, bar;
- температура в системе распределения, °C;
- электропроводность в системе распределения мкС/см;
- Состояние электроприводных задвижек;
- Насос запущен;

Каждый сигнал контроля и управления имеет свой идентификатор (тег), представляющий из себя набор определенных символов. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_CCC_DDDD, где

– AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- 1) PRS – давление;
- 2) TMP – температура;
- 3) LVL – уровень;

- 4) FLW – скорость потока;
- 5) CDT – электропроводность;
- 6) STT – состояние;
- BBB – код технологического объекта, не более 3 символов:
 - 1) SR– система распределения;
 - 2) EMK – емкость ВДИ Т4001;
 - 3) KL1 – колонна К0101;
 - 4) KL2 – колонна К0102;
 - 5) KL3 – колонна К0103;
 - 6) KL4 – колонна К0104;
 - 7) VL1 – клапан V1001;
 - 8) VL2 – клапан V1201;
 - 9) VL3 – клапан V2001;
 - 10) VL4 – клапан V4001;
 - 11) VL5 – клапан V4002;
 - 12) VL6 – клапан V4007;
 - 13) NAS – насос Р4006;
 - 14) VHD – вход;
 - 15) VYH – выход;
- CCC – уточнение, 3 символа:
 - 1) GPR – греющий пар;
 - 2) VDI – вода для инъекций;
 - 3) OV – очищенная вода;
 - 4) CPR – чистый пар;
 - 5) DIS – дистиллят;
 - 6) COL – охлаждающая вода;
- DDDD – примечание, 4 символа:
 - 1) CTRL – регулирование/управление;
 - 2) MESR – измерение;
 - 3) HL – верхнее (максимальное) предельное значение;

4) LL – нижнее (минимальное) предельное значение.

5) VKL – включен;

6) OTKL – отключен;

7) OTKR – открыт;

8) ZAKR – закрыт.

Знак подчеркивания «_» служит для отделения частей идентификатора между собой.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Кодировка сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
PRS_VHD_OV_MESR	Давление очищенной воды на входе
PRS_VHD_GPR_MESR	Давление греющего пара на входе
PRS_KL1_CPR_MESR	Давление чистого пара в колонне K0101
FLW_SR_VDI_MESR	Скорость потока ВДИ в системе распределения
LVL_KL1_OV_MESR	Уровень очищенной воды в колонне K0101
TMP_KL2_CPR_MESR	Температура чистого пара в колонне K0102
TMP_KL3_CPR_MESR	Температура чистого пара в колонне K0103
TMP_KL4_CPR_MESR	Температура чистого пара в колонне K0104
TMP_VYH_DIS_MESR	Температура дистиллята на выходе
CDT_VYH_DIS_MESR	Электропроводность дистиллята на выходе
LVL_EMK_VDI_MESR	Уровень ВДИ в емкости T4001
LVL_EVK_VDI_HL	Верхнее предельное значение уровня ВДИ в емкости T4001
LVL_EMK_VDI_LL	Нижнее предельное значение уровня ВДИ в емкости T4001
LVL_KL1_OV_HL	Верхнее предельное значение уровня очищенной воды в колонне K0101
LVL_KL1_OV_LL	Нижнее предельное значение уровня очищенной воды в колонне K0101
PRS_SR_VDI_MESR	Давление ВДИ в системе распределения
TMP_SR_VDI_MESR	Температура ВДИ в системе распределения
CDT_SR_VDI_MESR	Электропроводность ВДИ в системе распределения

STT_NAS_VDI_VKL	Насос Р4006 включен
STT_NAS_VDI_OTKL	Насос Р4006 отключен
STT_VL4_DIS_OTKR	Клапан V4001 открыт
STT_VL4_DIS_ZAKR	Клапан V4001 закрыт
STT_VL5_DIS_OTKR	Клапан V4002 открыт
STT_VL5_DIS_ZAKR	Клапан V4002 закрыт

Верхний уровень представлен рабочей станцией на базе АРМ-оператора и базой данных АСУ ТП. На мониторе АРМ оператора отображаются информационные и управляющие элементы автоматизированной системы.

Для регуляризации информации в базах данных используются таблицы и поля записи. Поля записей канала сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Поля записей канала

Имя поля	Значение	Комментарий
code	T_007	Код канала
description	Primary circuit TMP_VYH_DIS_ MESR	Описание (первичная цепь, температура дистиллята на выходе)
type	AI	Тип сигнала: аналоговый
address	6_T_007	Адрес
event code	1	Код технологического события
alarm code	4	Код аварии
sample (sec)	5	Интервал выборки
raw value	5179	Первичное значение
converted value	101	Преобразованное значение °С
alarm state	no	Аварийное состояние
coefficient	0,0195	Коэффициент преобразования
units	°С	Единицы измерения
min	0	Минимальное значение
max	120	Максимальное значение

2.6 Выбор средств реализации АС УПРВДИ

Задачей выбора программно-технических средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости [1].

Программно-технические средства АС УПРВДИ включают в себя: измерительные приборы и исполнительные устройства, а также контроллерное оборудование.

2.6.1 Выбор контроллерного оборудования

Основная задача АС — выполнение алгоритмов автоматизированного управления ТП (ввод сигналов измерений, вычисление регулирующего воздействия, вывод сигналов управления исполнительным органом). Для решения этих задач используется программируемый логический контроллер (ПЛК) [1].

К контроллерному оборудованию предъявлены следующие требования:

- модульность,
- достаточная функциональность,
- совместимость с используемыми коммуникационными интерфейсами (PROFIBUS, Ethernet),
- высокая надежность
- широкая номенклатура модулей ввода вывода,
- простота монтажа, программирования и эксплуатации.

В большой степени данным требованиям удовлетворяют ПЛК следующих производителей: ABB, Bernecker & Rainer, Delta-V, Schneider Electric, Siemens. Учитывая стоимость и распространенность оборудования данных производителей в России, предпочтительнее продукция компании Siemens, а именно контроллеры серии SIMATIC S7-300, рисунок 4. Широкая

распространенность контроллеров данной серии позволит снизить затраты связанные с обучением персонала и поиском комплектующих на протяжении всего периода эксплуатации.



Рисунок 4 – Вид общий ПЛК Siemens SIMATIC S7-300

Предполагается использование контроллера с двумя коммуникационными процессорами CP (первый – локальный, второй – для связи с верхним уровнем).

Siemens SIMATIC S7-300 – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.

Модульная конструкция SIMATIC S7-300, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства. Эффективному применению контроллеров Siemens SIMATIC S7-300 способствует: возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей, и коммуникационных процессоров [1].

Контроллеры Siemens SIMATIC S7-300 имеют модульную конструкцию и могут включать в свой состав:

- Модуль центрального процессора (CPU);
- Модули блоков питания (PS);
- Сигнальные модули (SM);
- Коммуникационные процессоры (CP);
- Функциональные модули (FM);
- Интерфейсные модули (IM).

Все модули работают с естественным охлаждением.

Выбранный ПЛК (Siemens SIMATIC S7-300 с процессорным модулем CPU315-2 PN/DP) удовлетворяет следующим параметрам:

1. Периферийные устройства (дисплей, принтер): не используются.
2. УСО ввода/вывода: 12 каналов ввода аналоговых сигналов (модуль ввода SM 331) и 5 каналов вывода аналоговых сигналов (модуль вывода SM 332), 5 каналов ввода и 3 канала вывода дискретных сигналов (модуль ввода/вывода SM 323) (все унифицированные токовые сигналы).
3. Алгоритмы управления включают в себя числовые и битовые операции.
4. Общий объем манипуляций для одного ПЛК: не менее 100 команд.
5. Управление ПЛК: по прерываниям, по готовности или по командам человека. Необходимо управлять как минимум одним устройством.
6. Контроль и управление следующих типов I/O-устройств: сенсоры (температура, давление, расход), контакторы.
7. Питания контроллера: напряжение 220В от сети переменного тока.
8. Отказоустойчивость источника напряжения: высокой.
9. Возможность ПЛК работы при напряжении сети питания технологической площадки: есть.

10. Удерживание напряжения в узком фиксированном диапазоне изменений: есть.
11. Рабочий ток: 140 мА.
12. Возможность работы контроллера от сети: есть.
13. Возможность работы контроллера от батарей: есть.
14. Время работы батареи без перезарядки: не менее 24 часов в рабочем режиме и не менее 12 месяцев при работе в режиме ожидания.
15. Ограничения по размеру, весу, эстетическим параметрам: нет.
16. Требования к условиям окружающей среды:
 - температура: -40 оС до +70 оС;
 - атмосферное давление: от 1080 гПа до 660 гПа (соответствует высоте от -1000 м до 3500 м);
 - относительная влажность: от 10% до 95%, без конденсации.
17. Пользовательское программное обеспечение базируется на: флеш-памяти (Flash EEPROM). АС работает в режиме реального времени и для этого необходимо приобрести ядро программ реального времени.
18. Для развития собственного ядра программ персонала и времени: не достаточно.

Блок-схема УСО ПЛК представлена на рисунке 5.

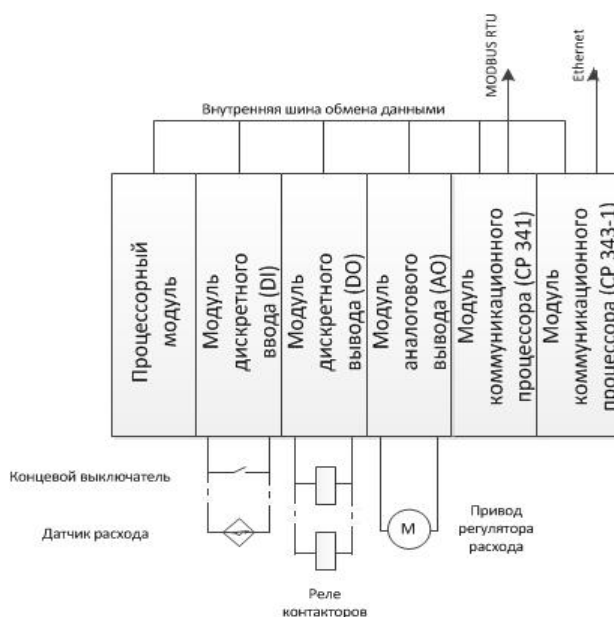


Рисунок 5 – Блок-схема УСО ПЛК

Технические характеристики процессорного модуля CPU315-2 PN/DP приведены в таблице 4 [].

Таблица 4 – Характеристики процессорного модуля

Технические параметры		Значение
Рабочая память встроенная, RAM		256 КБайт
Загружаемая память (микрокарта памяти Flash-EPROM)		до 8 МБайт
Минимальное время выполнения	логических операций/ операций со словами	0,1/0,2 мкс
	арифметических операций с фиксированной/ плавающей точкой	2/3 мкс
S7-счетчики		256
S7-таймеры		256
Адресное пространство ввод/вывод	ввод/вывод	2048/2048 байт
	Отображение процесса	128/128 байт
	Дискретные IO (общее кол-во/ в системе локального IO)	до 16384/1024
	Аналоговые IO(общее кол-во/ в системе локального IO)	до 1024/256
Кол-во монтажных стоек (базовых/расширения)		1/3
Кол-во модулей в системе локального IO		32
Макс. кол-во интеллектуальных модулей	FM	8
	PtP	8
	ASi, Profibus, Industrial Ethernet	10
Типы интерфейсов		RS 485, PROFINET, Ethernet
Напряжение питания	номинальное	=24В
	допустимое	20,4...28,8 В
Потребляемый ток	холостой ход	100 мА
	номинальный	0,8 А
	пусковой	2,5 А
Потребляемая мощность		3,5 Вт

Габариты ШхВхГ (мм)	80x125x130
Масса (кг)	0,46
Диапазон рабочих температур	-40...+70 °С

Технические характеристики модуля ввода аналоговых сигналов SM 331, модуля вывода аналоговых сигналов SM 332 и модуля ввода/вывода дискретных сигналов SM 323 приведены в таблице 5 [].

Таблица 5 – Характеристики модулей ввода вывода

Технические параметры		Значения
Модуль ввода/вывода дискретных сигналов SM 323		
Габариты ШхВхГ (мм)		40x125x120
Масса (кг)		0,22
Количество входов		8
Количество выходов		8
Длина кабеля (обычного/экранированного), не более		600 м/1000 м
Фронтальный соединитель		20-полюсный
Напряжение питания	номинальное значение	24 VDC
	допустимый диапазон изменений	20,4...28,8 VDC
Количество одновременно опрашиваемых входов		8
Гальваническое разделение		есть
Потребляемый ток, не более		40 мА
Потребляемая мощность		3,5 Вт
Индикация состояний входов и выходов		1 зеленый диод на каждый канал
Модуль ввода аналоговых сигналов SM 331		
Габариты ШхВхГ (мм)		40x125x120
Масса (кг)		0,25
Количество входов		8
Длина экранированного кабеля, не более		200 м
Фронтальный соединитель		20-полюсный
Напряжение питания нагрузки		24 VDC
Питание датчиков		есть
Защита от неправильной полярности		есть
Гальваническое разделение		есть

Защита датчиков от короткого замыкания		есть
Потребляемый ток, не более		200 мА
Потребляемая мощность		1 Вт
Параметры аналого-цифрового преобразователя	принцип измерения	интегрирование
	разрешающая способность, включая знаковый разряд	12 бит
	настройка параметров интегрирования	есть
	время интегрирования	20 мс
	Базовое время ответа модулю	102 мс
Модуль вывода аналоговых сигналов SM 332		
Габариты ШxВxГ (мм)		40x125x120
Масса (кг)		0,272
Количество выходов		8
Длина экранированного кабеля, не более		200 м
Фронтальный соединитель		40-полюсный
Напряжение питания нагрузки		24 VDC
Защита от короткого замыкания		есть
Диапазоны изменения выходных сигналов, для каналов напряжения		есть
Диапазоны изменения выходных сигналов, для каналов силы тока		есть
Ток срабатывания защиты, не более		25 мА
Потребляемый ток, не более		340 мА
Потребляемая мощность		6 Вт
Параметры цифро-аналогового преобразователя	Разрешающая способность, включая знаковый разряд	12 бит
	Время преобразования на канал, не более	0,8 мс
	Время установки выходного сигнала, не более	0,2 мс

Для обеспечения необходимого количества каналов ввода-вывода с учетом резерва не менее 20% необходимо не менее: 14 каналов аналогового ввода, 6 каналов аналогового вывода, 5 каналов дискретного ввода, 4 канала дискретного вывода, один интерфейс Ethernet. Список необходимых модулей представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Список необходимых модулей

Наименование модуля	Заказной номер	Кол-во	Примечание
CPU315-2 PN/DP	6AG1 315-2EH13-2AB0	1	CPU
SM 331	6ES7 331-7KF02-0AB0	2	AI
SM 332	6ES7 332-5HF00-0AB0	1	AO
SM 323	6ES7 323-1BH01-0AA0	1	DI/DO
CP 343-1 Lean	6GK7 343-1CX10-0XE0	1	Ethernet

2.6.2 Выбор датчиков

2.6.2.1 Выбор датчиков уровня

2.6.2.1.1. Выбор датчика уровня в емкости ВДИ Т4001

В качестве датчика уровня в емкости ВДИ Т4001 будет использоваться преобразователь абсолютного и избыточного давления Cerabar M PMC51 фирмы Endress+Hauser, который показан на рисунке 6. Технические характеристики Cerabar M PMC51 представлены в таблице 7 [].

Цифровой преобразователь давления Cerabar PMC51 с тензорезистивным принципом измерения и металлической мембраной используется во всех отраслях промышленности для измерения давления, уровня, объема и массы в жидкостях.



Рисунок 6 – Датчик уровня Cerabar M PMC51

Принцип работы основан на изменении электрического сопротивления тензоэлементом при воздействии на него давления. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемое давление в унифицированный выходной сигнал постоянного тока и цифровой сигнал на базе HART-протокола.

Таблица 7 – Технические характеристики датчика уровня Cerabar M PMC51

Технические характеристики	Значение
Принцип измерения	гидростатический
Материал корпуса	нерж. сталь AISI 316L
Погрешность	"Стандарт" 0,15%, "Платинум" 0,075%
Перестройка диапазона	20:1
Рабочая температура	-20...130°C
Температура окружающей среды	-40...85°C
Присоединение к процессу	Tri-Clamp
Выходной сигнал	4...20 мА (HART)
Диапазон измерений	0,1...40 bar (0,01...4 МПа)
Напряжение питания	11,5...45VDC
Степень защиты	IP66

2.6.2.1.2. Выбор датчика уровня в колонне K0101

В качестве датчика уровня в колонне K0101 будет использоваться емкостной уровнемер Liquicap FMI51 фирмы Endress+Hauser, который показан на рисунке 7. Технические характеристики Liquicap FMI51 представлены в таблице 8 [].

Емкостной уровнемер Liquicap FMI51 используется во всех отраслях промышленности для непрерывного измерения уровня электропроводящих и неэлектропроводящих жидкостей.



Рисунок 7 – Датчик уровня Liquicap FMI51

Принцип работы основан на изменении электрической емкости обкладок чувствительного элемента при изменении уровня. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемое значение уровня в унифицированный выходной сигнал постоянного тока.

Таблица 8 – Технические характеристики датчика уровня Liquicap FMI51

Технические характеристики	Значение
Принцип измерения	емкостной
Материал корпуса	нерж. сталь AISI 316L
Погрешность	0,25%

Рабочая температура	-80...200°C
Температура окружающей среды	-50...70°C
Присоединение к процессу	Tri-Clamp
Выходной сигнал	4...20 мА (HART)
Длина датчика	0,1...4,0 м
Напряжение питания	12...36 VDC
Степень защиты	IP66

2.6.2.2 Выбор сигнализаторов уровня

Для контроля предельных значений уровня воды для инъекций в емкости Т4001 устанавливаются сигнализаторы предельного верхнего и нижнего уровней. Данные сигналы используются для аварийной сигнализации.

В качестве датчиков-сигнализаторов уровня будем использовать вибрационный датчик предельного уровня для жидкостей Liquiphant FTL50Н фирмы Endress+Hauser, который показан на рисунке 8. Технические характеристики Liquiphant FTL50Н представлены в таблице 9 [].

Данные датчики предназначены для определения максимального или минимального уровня в резервуарах или трубопроводах, содержащих любые возможные виды жидкостей, в том числе во взрывоопасных зонах и при работе в пищевой и фармацевтической областях.



Рисунок 8 – Сигнализатор уровня Liquiphant FTL50Н

Принцип работы сигнализатора основывается на принципе действия камертона, который делает его подходящим для применения практически в любых жидкостях.

Вибровилка датчика осуществляет вибрации с заранее заданной частотой. При покрытии вилки жидкостью эта частота уменьшается. Подобное изменение частоты вызывает переключение сигнализатора.

Таблица 9 – Технические характеристики датчика уровня Liquiphant FTL50H

Технические характеристики	Значение
Принцип измерения	вибрационный датчик
Материал корпуса	нерж. сталь AISI 316L
Рабочая температура	-50...150°C
Температура окружающей среды	-50...70°C
Предел избыточного давления	64 bar (6,4 МПа)
Присоединение к процессу	Tri-Clamp
Выходной сигнал	10...55В DC-PNP
Напряжение питания	10...55 VDC
Степень защиты	IP66

2.6.2.3 Выбор датчиков температуры

В качестве датчиков температуры в колоннах K0102-K0104, температуры дистиллята, температуры в емкости T4001, а так же в системе распределения будут использоваться термопреобразователи сопротивления Omnigrad M TR10 со встраиваемым преобразователем температуры iTEMP TMT182 фирмы Endress+Hauser, который показан на рисунке 9. Технические характеристики термопреобразователя сопротивления Omnigrad M TR10 представлены в таблице 10 [1].



Рисунок 9 – Датчик температуры Omnigrad M TR10

Принцип работы основан на изменении электрического сопротивления терморезистором при изменении его температуры. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока.

Таблица 10 – Технические характеристики датчика температуры Omnigrad M TR10

Технические характеристики	Значение
Принцип измерения	терморезистор
Материал корпуса	алюминий
Погрешность	0,15°C
Диапазон измерения	-50...200°C
Температура окружающей среды	-40...85°C
Присоединение к процессу	Tri-Clamp
Выходной сигнал	4...20 мА
Напряжение питания	11,5...35 VDC
Степень защиты	IP66/68

2.6.2.4 Выбор датчиков давления

В качестве датчиков давления в колонне K0101 и системе распределения будет использоваться преобразователь давления Cerabar M

РМР51 фирмы Endress+Hauser, который показан на рисунке 10. Технические характеристики Cerabar M РМР51 представлены в таблице 11 [].



Рисунок 10 – Датчик давления Cerabar M РМР51

Принцип работы основан на изменении электрического сопротивления тензоэлементом при воздействии на него давления. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемое давление в унифицированный выходной сигнал постоянного тока и цифровой сигнал на базе HART-протокола.

Таблица 11 – Технические характеристики датчика уровня Cerabar M РМС51

Технические характеристики	Значение
Принцип измерения	избыточное давление
Материал корпуса	нерж. сталь AISI 316L
Погрешность	0,15%
Перестройка диапазона	20:1
Рабочая температура	-40...125°C
Температура окружающей среды	-40...85°C
Присоединение к процессу	Tri-Clamp
Выходной сигнал	4...20 мА (HART)
Диапазон измерений	0,1...40 bar (0,01...4 МПа)
Напряжение питания	11,5...45VDC
Степень защиты	IP66

2.6.2.5 Выбор преобразователей проводимости

Для измерения проводимости дистиллята, а также проводимости воды для инъекций в системе распределения будут использоваться преобразователи проводимости Liquisys CLM253 с датчиком проводимости Condumax CLS15 фирмы Endress+Hauser, который показан на рисунке 11. Технические характеристики преобразователя и датчика проводимости представлены в таблице 12 [1].



Рисунок 11 – Преобразователь Liquisys CLM253 с датчиком проводимости Condumax CLS15

Для измерения проводимости жидкости используется следующая измерительная установка: два электрода погружаются в среду. На электроды подается напряжение переменного тока, за счет чего в среде создается ток. Преобразователь преобразует измеренное значение проводимости в унифицированный выходной сигнал постоянного тока.

Таблица 12 – Технические характеристики преобразователя Liquisys CLM253 с датчиком проводимости Condumax CLS15

Технические характеристики	Значение
Принцип измерения	кондуктивный
Материал корпуса преобразователя	термопластик PC/ABS
Материал датчика	нержавеющая сталь AISI 316L
Погрешность	0,5%
Диапазон измерения	k=0,01: 0-20 мкСм/см
Рабочая температура	макс. 130°C
Температура окружающей среды	-20...65°C
Присоединение к процессу	Tri-Clamp
Выходной сигнал	4...20 мА
Напряжение питания	11,5...35 VDC
Степень защиты преобразователя	IP65
Степень защиты датчика	IP 67

2.6.2.6 Выбор расходомера

Для измерения скорости потока воды для инъекций в системе распределения будет использоваться ротаметр H250/M40 с модулем ESK4-T (2-проводный токовый выход 4...20 мА, связь по протоколу HART) фирмы KROHNE, который показан на рисунке 12. Технические характеристики преобразователя и датчика проводимости представлены в таблице 13 [].



Рисунок 12 – Ротаметр KROHNE H250/M40

Данный ротаметр разработан для пищевой и фармацевтической промышленности. Используется для измерения расхода жидкостей, газов и насыщенного пара. У данного прибора гигиеническое исполнение и благодаря исполнению без застойных зон, микроорганизмы не могут прилипнуть и размножиться в нем.

Расходомер H250 работает по принципу поплавковой технологии измерения. Измерительное устройство состоит из металлического конуса, в котором поплавки свободно передвигаются вверх и вниз. Поток направлен снизу вверх. Поплавки изменяют своё положение таким образом, что действующая на него подъёмная сила уравнивается сопротивлением и силой тяжести поплавка. При использовании встроенного преобразователя сигналов (ESK4-T) высота поплавка, зависящая от расхода, фиксируется датчиками магнитного поля, обрабатывается и преобразуется электроникой в унифицированный выходной сигнал постоянного тока и цифровой сигнал на базе HART-протокола.

Таблица 13 – Технические характеристики ротаметра KROHNE H250/M40

Технические характеристики	Значение
Принцип измерения	поплавковый
Материал корпуса	нерж. сталь 316L
Погрешность	0,5%
Рабочая температура	-20...200°C
Температура окружающей среды	-20...75°C
Присоединение к процессу	Tri-Clamp
Выходной сигнал	4...20 мА (HART)
Диапазон измерений	0,7...12 м ³ /ч
Напряжение питания	16...30VDC
Степень защиты	IP 65

2.6.3. Нормирование погрешности канала измерения

Нормирование погрешности канала измерения выполняется в соответствии с РМГ 62-2003 «Обеспечение эффективности измерений при

управлении технологическими процессами. Основание погрешности измерений при ограниченной исходной информации ВНИИМС Госстандарта» [7].

В качестве канала измерения выберем канал измерения температуры. Требование к погрешности канала измерения не более 0,5 %. Разрядность АЦП составляет 12 разрядов.

Расчет допустимой погрешности измерения датчика температуры производится по формуле:

$$\delta_1 \leq \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2 + \delta_7^2)}, \text{ где}$$

$\delta = 0.5\%$ — требуемая суммарная погрешность измерения канала измерений при доверительной вероятности 0,95;

δ_2 — погрешность передачи по каналу измерений;

δ_3 — погрешность, вносимая АЦП;

$\delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7$ — дополнительные погрешности, вносимые напряжением питания, температурой окружающего воздуха и сопротивлением нагрузки, а также продолжительностью эксплуатации соответственно.

Погрешность передачи по каналу измерений устанавливается рекомендациями [7]:

$$\delta_2 = \frac{0.5 \cdot 2}{100} = 0.01\%.$$

Погрешность, вносимая 12-разрядным АЦП, рассчитывается следующим образом:

$$\delta_3 = \frac{1 \cdot 100}{2^{12}} = 0.024\%.$$

При расчете также учитываются дополнительные погрешности, вызываемые влиянием:

- напряжения питания;
- температуры окружающего воздуха;
- сопротивления нагрузки;
- продолжительности эксплуатации.

Дополнительная погрешность, вносимая влиянием температуры окружающего воздуха, устанавливается рекомендациями [7]:

$$\delta_4 = \frac{0.5 \cdot 1}{100} = 0.005\%.$$

Дополнительная погрешность, вносимая влиянием температуры окружающего воздуха, устанавливается рекомендациями [7]:

$$\delta_5 = \frac{0.5 \cdot 1}{100} = 0.005\%.$$

Дополнительная погрешность, вносимая влиянием сопротивления нагрузки, устанавливается рекомендациями [7]:

$$\delta_6 = \frac{0.5 \cdot 1}{100} = 0.005\%.$$

Дополнительная погрешность, вносимая влиянием продолжительности эксплуатации, устанавливается рекомендациями [7]:

$$\delta_7 = \frac{0.5 \cdot 84}{100} = 0.42\%.$$

Следовательно, допустимая основная погрешность манометра не должна превышать:

$$\delta_1 = \sqrt{0.5^2 - (0.01^2 + 0.024^2 + 0.005^2 + 0.005^2 + 0.005^2 + 0.42^2)} = 0.27\%.$$

В итоге видно, что основная погрешность выбранной термопары не превышает допустимой расчетной погрешности. Таким образом, можно сделать заключение о том, что прибор пригоден для использования.

2.6.4 Выбор исполнительных механизмов

2.6.4.1 Выбор отсечных клапанов

Отсечные клапана необходимы для открытия и закрытия прохода дистиллята в емкость ВДИ и дренажа.

В качестве отсечных клапанов будут использоваться электромагнитные клапаны BURKERT серии 6011, которые показаны на рисунке 14. Они предназначены для использования в агрессивных и чистых

средах. Технические характеристики преобразователя и датчика проводимости представлены в таблице 13 [].



Рисунок 13 – Электромагнитные клапаны BURKERT серии 6011

Таблица 14 – Технические характеристики Электромагнитные клапаны BURKERT серии 6011

Техническая характеристика	Значение
Применяемая среда	жидкость, газ
Температура рабочей среды	-10...120°C
Материал корпуса	нержавеющая сталь
Напряжение питания	24VDC
Время открытия	100-800 мс
Время закрытия	1000-4000 мс
Отклонение напряжения	±10 %
Степень защиты корпуса	IP65

2.6.4.2 Выбор регулирующих клапанов

В качестве регулирующего клапана был выбран пневматический клапан с цифровым электропневматическим позиционером TopControl 8693 фирмы BURKERT, который показан на рисунке 14. Технические характеристики преобразователя и датчика проводимости представлены в таблице 15 [].



Рисунок 14 – Позиционер TopControl 8693

Компактный регулятор процесса типа 8693 сконструирован для установки на пневмоприводах регулирующих клапанов с учетом гигиенических требований, предъявляемых к процессам. Фактические характеристики процесса передаются непосредственно на прибор в виде сигнала 4-20мА. При сравнении фактического и заданного значений позиционер рассчитывает заданное значение для зависимого регулятора положения. При помощи аналогового сигнала обратной связи аналоговые значения передаются системе управления.

Таблица 15 – Технические характеристики позиционера TopControl 8693

Технические характеристики	Значение
Применяемая среда	жидкость, газ
Материал корпуса	нержавеющая сталь, термопластик
Погрешность	0,5%
Рабочая температура	-10...130°C
Температура окружающей среды	0...55°C
Присоединение	фланцевое
Номинальный диаметр	10...100 DN
Входной сигнал	4...20 мА
Напряжение питания	24VDC±10 %
Степень защиты	IP 65

2.6.4.3 Выбор частотного преобразователя

Для регулирования и поддержания необходимого давления воды для инъекций в системе распределения необходимо использование частотного преобразователя VLT FC51 Micro Drive фирмы Danfoss который показан на рисунке 15. Технические характеристики преобразователя и датчика проводимости представлены в таблице 16.

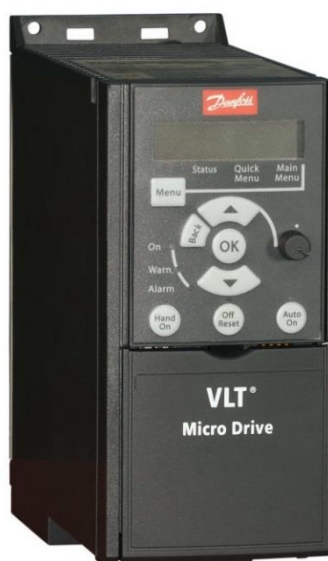


Рисунок 15 – Частотный преобразователь VLT FC51 Micro Drive

Частотный преобразователь путем изменения частоты питающего напряжения, согласно управляющих воздействий с контроллерной системы будет поддерживать давление в необходимых пределах регулирования.

Таблица 16 – Технические характеристики частотного преобразователя VLT FC51 Micro Drive

Технические характеристики	Значение
Мощность	2,2...3,7 кВт
Напряжение питания	380 В
Температура окружающей среды	0...50°C
Выходной ток	15,5А
Максимальная частота	50 Гц
Входной сигнал	4...20 мА
Степень защиты	IP 20

2.7 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешних соединений приведена в приложении Б.

Первичные и внешитовые приборы включают в себя 1 датчик уровня «Cerabar M PMC51», 1 датчик уровня «Liquicap FMI51», 2 сигнализатора уровня «Liquiphant FTL50H», 6 датчиков температуры «Omnigrad M TR10», 4 датчика давления «Cerabar M PMP51», 2 датчика проводимости «Liquisys CLM253», 1 датчик расхода «KROHNE H250/M40 », 4 позиционера «TopControl 8693», 2 электромагнитных клапана «BURKERT серии 6011», 1 частотный преобразователь «VLT FC51 Micro Drive».

Все датчики и исполнительные механизмы, кроме отсечных клапанов и датчиков предельного уровня, на выходе имеют унифицированный токовый сигнал 4...20мА. Питание преобразователей проводимости, расходомера и позиционера осуществляется дополнительными жилами постоянным напряжением 24VDC.

Для соединения используются кабели марки КВВГЭнг. Кабель прокладывается по кабельным эстакадам между УПРВДИ и шкафом управления.

2.8 Выбор алгоритмов управления

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы [1]:

- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуются на ПЛК),
- релейные алгоритмы автоматического управления технологическим оборудованием (управление положением отсечных клапанов, положением

клапана, регулирующего уровень конденсата в газовом сепараторе)
(реализуются на ПЛК),

– аналоговые алгоритмы автоматического управления технологическим оборудованием (управление положением регулирующих клапанов) (реализуются на ПЛК),

– алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) и др.

В данной работе разработаны следующие алгоритмы АС:

– алгоритм сбора данных измерений,

– алгоритм автоматического управления технологическим оборудованием в релейном режиме,

– алгоритм автоматического управления технологическим оборудованием в аналоговом режиме.

Для представления алгоритмов будем использовать правила ГОСТ 19.002.

2.8.1 Разработка алгоритма сбора данных

Разработаем алгоритм сбора данных на примере канала измерения уровня в емкости ВДИ. Блок схема такого алгоритма представлена на рисунке 16.

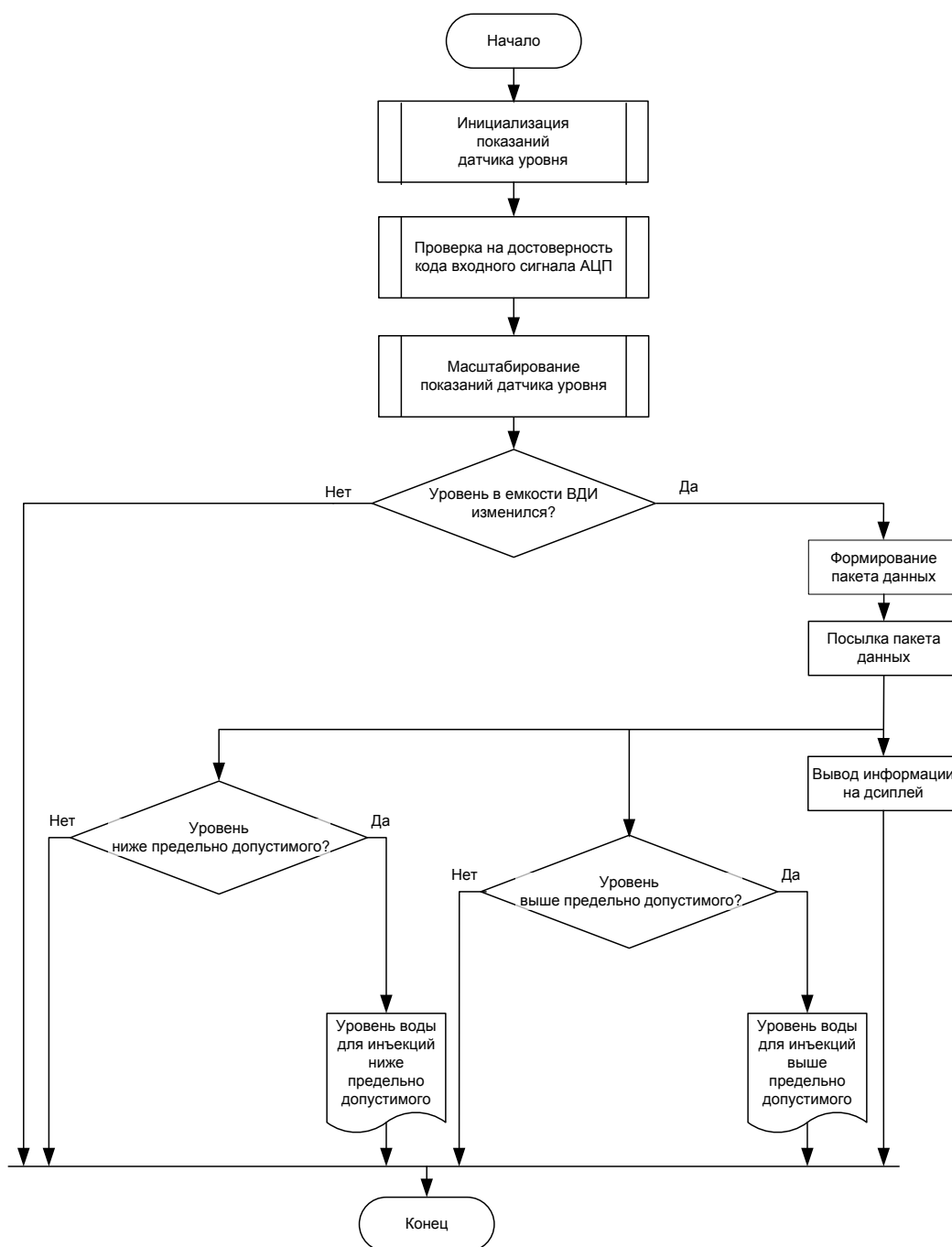


Рисунок 16 – Алгоритм сбора данных с канала измерения уровня в емкости ВДИ

2.8.2 Разработка алгоритма релейного автоматического управления

Алгоритм автоматического управления в релейном режиме разработаем на примере управления отсечными клапанами. Автоматическое управление отсечными клапанами является релейным и организовано на ПЛК и реле, которое в свою очередь, приводит в действие электрическую катушку клапана. Алгоритм открытия/закрытия представлен на рисунке 17.

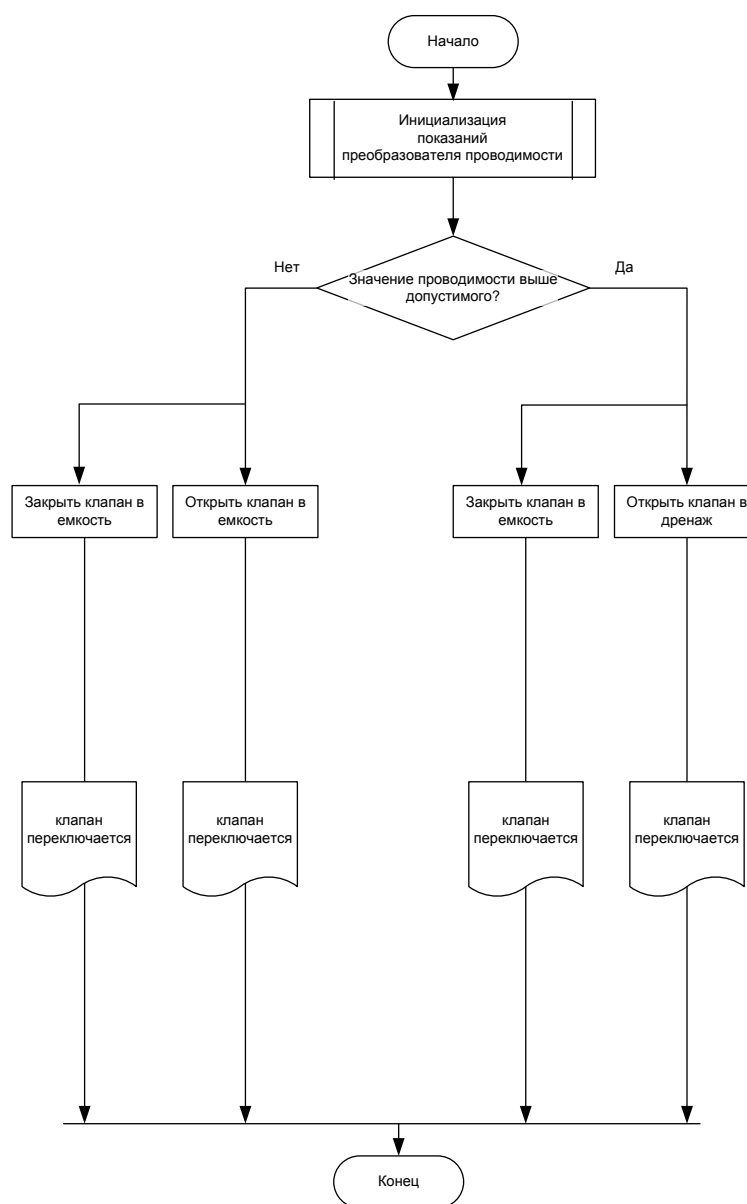


Рисунок 17 – Алгоритм автоматического управления отсечными клапанами

2.8.3 Разработка алгоритма аналогового автоматического управления

Алгоритм автоматического управления в аналоговом режиме разработаем на примере управления положением регулирующего клапана. Автоматическое управление положением клапана является аналоговым и организовано на ПЛК, который ведет непрерывный контроль положения клапана и при необходимости корректирует его выходным аналоговым сигналом задания положения. Блок схема такого алгоритма представлена на рисунке 18.

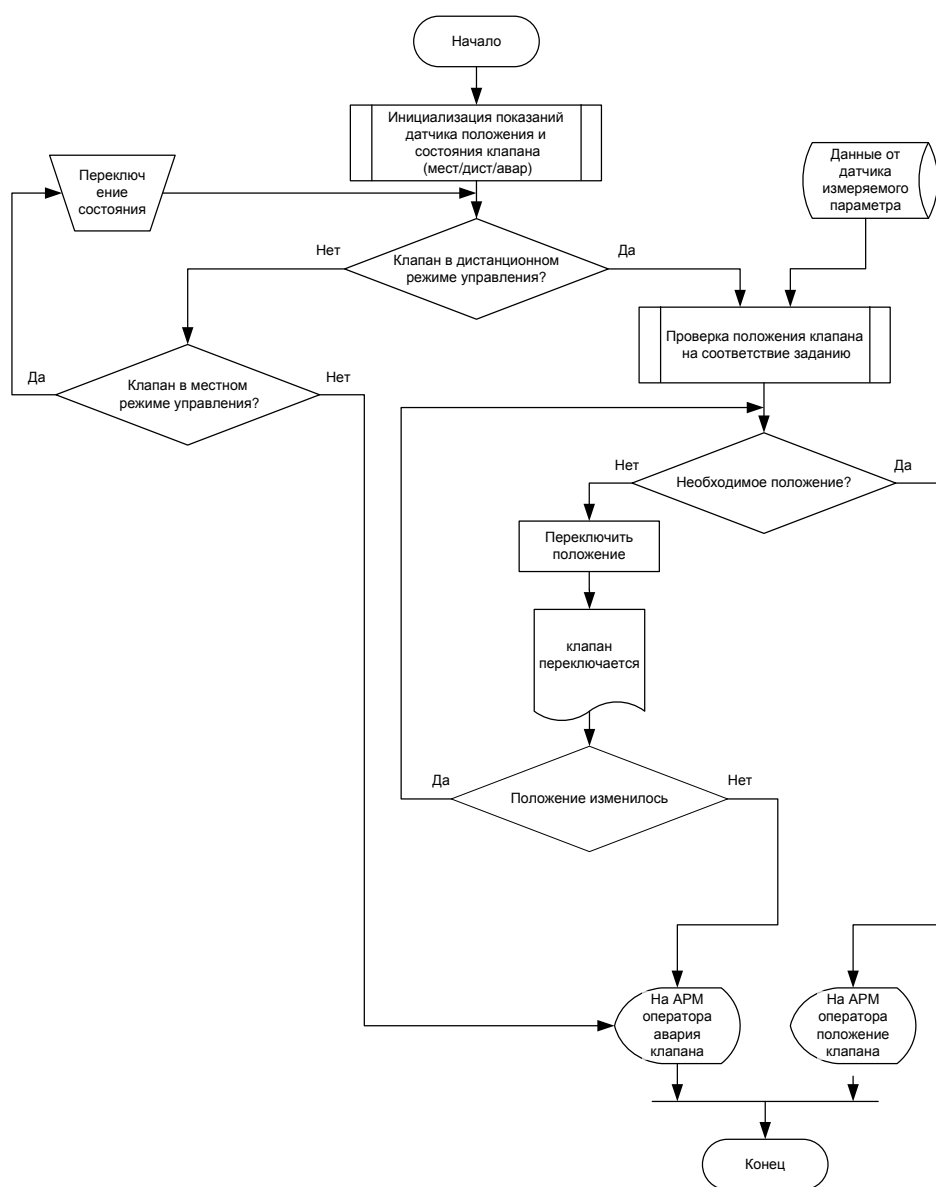


Рисунок 18 – Алгоритм автоматического управления положением регулирующего клапана

2.9 Экранные формы АС

Основные возможности SCADA-систем:

- сбор первичной информации от устройств нижнего уровня;
- архивирование и хранение информации для последующей обработки (создание архивов событий, аварийной сигнализации, изменения технологических параметров во времени, полное или частичное сохранение параметров через определенные промежутки времени);
- визуализация процессов;
- реализация алгоритмов управления, математических и логических вычислений,
- передача управляющих воздействий на объект;
- документирование, как технологического процесса, так и процесса управления (создание отчетов), выдача на печать графиков, таблиц, результатов вычислений и др.;
- сетевые функции (LAN, SQL);
- защита от несанкционированного доступа в систему;
- обмен информацией с другими программами (например, Outlook, Word и др. через DDE, OLE и т.д.).

Аппаратная открытость устройств SCADA это поддержка или возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC технологии.

Для подсоединения драйверов ввода-вывода к SCADA используется стандартный динамический обмен данными OLE (ObjectLinkingandEmbedding), включение и встраивание объектов.

Управление в АС в УПРВДИ реализовано с использованием SCADA-системы WinCC компании Siemens. Эта SCADA-система предназначена для использования на действующих технологических установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении, отвечающей жестким требованиям в смысле надежности,

стоимости и безопасности. SCADA-система WinCC обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Другими словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода/вывода. Это позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.