

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ТЗ – Техническое задание

АРМ – Автоматизированное рабочее место

АСУ – Автоматизированная система управления

КИП – Контрольно – измерительные приборы

ПО – Программное обеспечение

CPU - Central Processor Unit (Центральное процессорное устройство)

ПЛК - Программируемый логический контроллер

ПИД – Пропорционально интегрально-дифференцирующий

МСД – Модуль сбора данных

CU –Central Unit (Центральный блок)

CP – Communication Processor (Коммутационное устройство)

SM- Single Module (Отдельный модуль)

DI- Дискретный вход

DO- Дискретный выход

AI – Аналоговый вход

АО - Аналоговый выход

ПК – Персональный компьютер

GMP – Good manufacture practice (Правила правильного производства)

ВВЕДЕНИЕ

В фармацевтической промышленности автоматизации уделяется особое внимание. Это объясняется сложностью и высокой скоростью протекания технологических процессов, чувствительностью их к нарушению режима, вредностью условий работы, взрыва – пожара опасностью перерабатываемых веществ и т.д. В сложных химических процессах отклонение параметра от нормы может привести к авариям, взрывам, пожарам, порчи большого количества продукции, травм производственного персонала.

Автоматизация приводит к повышению основных показателей эффективности производства: увеличению количества, повышению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда. Внедрение автоматических устройств обеспечивает сокращение брака и отходов, уменьшает затраты сырья и энергии, обеспечивает уменьшение численности основных рабочих, снижение капитальных затрат на строительство зданий, удлинение сроков межремонтного пробега оборудования.

Данная ВКР разрабатывается на базе фармацевтического предприятия АО «Органика». Акционерное общество «Органика» один из крупнейших в Сибири и на Дальнем Востоке производителей субстанций и готовых лекарственных средств. АО "Органика" производит препараты 18 фармакотерапевтических групп (антибиотики, анестетики, сердечнососудистые и снотворные, витамины, анксиолитики, нейролептики и т.д.), 60% из них входят в Перечень жизненно-необходимых и важнейших лекарственных средств Министерства здравоохранения РФ.

Целью ВКР является разработка автоматизированной системы управления для промышленного автоклава МГФ – 24, которая способна выдерживать критические параметры процесса в заданных диапазонах. Регистрировать значения этих параметров с передачей в АРМ верхнего уровня с возможностью обработки данных и формирования отчетов.

1.1 Общие сведения

1.1.1 Наименование системы

Автоматизированная система управления автоклава МГФ-24

1.1.2 Основание для разработки системы

Основанием для разработки автоматизированной системы управления является задание на разработку проекта по внедрению автоматизированной системы управления устройства стерилизации и проверки герметичности автоклава МГФ-24.

1.1.3 Назначение и область применения системы

В целях соответствия требованиям нормативных документов РФ и промышленного регламента на процесс стерилизации и проверки герметичности ампульной продукции разрабатывается АСУ, способная выдержать критические параметры процесса в заданных диапазонах и регистрировать значения этих параметров с передачей в АРМ верхнего уровня, с возможностью обработки данных и формирования отчетов в виде графиков.

1.1.4 Цели создания системы

Целями создания системы являются:

- Обеспечить работу технологического оборудования в автоматизированном режиме в соответствии с выбранными параметрами управления;
- Повысить удобства управления за счет установки современных устройств ввода – вывода информации;
- Обеспечить автоматический сбор аналоговой, дискретной информации;
- Обеспечить регистрацию информации, архивирование и документирование информации;
- Разработать прикладное программное обеспечение;
- Разработать систему отчетной документации соответствующий внедряемым правилам GMP;
- Разработать руководство пользователя прикладной программы;
- Разработать инструкцию пользования автоматизированной системы.

1.2 Характеристика объекта автоматизации

Автоклав МГФ-24 промышленного типа. Изготовитель: Ждановский завод технологического оборудования медицинской промышленности. Дата изготовления июнь 1990 год.

№ п/п	Техническая характеристика	Требование
1	Максимальное количество загружаемых в камеру кассет, штук	500
2	Температура стерилизации, °С	101-132
3	Максимальное рабочее давление (избыточное) в стерилизационной камере, кгс/см ²	2
4	Рабочая среда (теплоноситель)	пар
5	Разряжение в вакуумной магистрали на входе в стерилизатор, кгс/см ² , не менее	0,7
6	Давление сжатого воздуха, кгс/см ² , не менее	2,5
7	Рабочий объем стерилизационной камеры, л	1700
8	Температура контрольной жидкости, °С	40-50
9	Загрузка и выгрузка кассет с ампулами	ручная

1.3 Требования к системе

1.3.1 Требования к функционированию системы

Требование к системе в целом и функциям, выполняемым системой:

- Формирование управляющих воздействий посредством средств индивидуального и избирательного дистанционного управления;
- Предусмотреть как ручной, так и автоматический режим работы АСУ.
- Представления информации на панелях – дисплей, показывающие приборы;
- Периодичность обновления информации на обобщенной мнемосхеме в случае управления мнемосхемой.

1.3.2 Требование к программному обеспечению

Программное обеспечение разрабатываемой системы должно быть достаточным для надежного и качественного выполнения всех вышеуказанных функций и дальнейшего ее расширения.

ПО должно создаваться на основе следующих принципов:

- функциональная достаточность;
- надежность (в том числе восстанавливаемость, наличие средств выявления ошибок);

- модульность построения для обеспечения единой технологии написания программ и удобства эксплуатации (ПО должно быть построено таким образом, чтобы отсутствие отдельных данных не сказывалось на выполнении функций, для реализации которых эти данные не используются);
- модифицируемость (внесение изменений в ПО должно осуществляться программистами сопровождения достаточно просто, без значительных изменений всего ПО).
- Среда разработки и выбор языка программирования для прикладных программ должны определяться согласно основного документа АО «Органика» регламентирующего создание ПО: СОП_ОЗИ – УК_3918 «Инструкция по разработки программного обеспечения».

Документация по программному обеспечению и инструкции по эксплуатации должны храниться как на машинных носителях, так и в бумажном варианте, изменения программного обеспечения необходимо отражать в документации.

1.3.3 Требования к защите информации

Требования согласно основного документа по информационной безопасности АО «Органика» СОП ОТ_8187 «Общее положение информационной безопасности вычислительной сети».

- Пароль доступа должностного лица к выполнению группы функций;
- Пароль доступа должностного лица к выполнению индивидуальной функции;
- Программное обеспечение АСУ должно предусматривать меры защиты от несанкционированного доступа к логической части программ с целью их изменения;
- В составе применяемых компонентов АСУ должны быть предусмотрены устройства памяти, гарантирующие сохранность программного обеспечения.

1.3.4 Требования к защите от воздействий

- В производственном помещении должна предусматриваться система вентиляции и кондиционирования;
- Температура воздуха 10-30 С⁰;
- Относительная влажность воздуха 50-80%;
- Содержание пыли в помещениях не выше 1.0 мг/м³ при размере частиц не более 3 мкм.

1.3.5 Требования по унификации и стандартизации

Состав аппаратного и программного обеспечения должен удовлетворять требованиям внутренней документации АО «Органика», отдела КИП, отдела Метрологии (документ СОП-АК-054-012 «Средства

измерения и автоматизации»). При выборе аппаратных и программных средств следует руководствоваться следующими принципами:

- Использование рационально ограниченного количества типов датчиков аналоговых и дискретных сигналов;
- Применение во всех частях и на всех уровнях системы средств вычислительной техники единой архитектурной линии, обладающих свойствами электрической, логической, конструктивной и иной совместимости и имеющих единую установленную систему интерфейсов;
- Использование одинаковых средств и способов конструктивной и эргономической компоновки оборудования;
- Специального программного обеспечения - на использование методов структурного программирования, модульного принципа построения программных компонентов и единообразных связей между программными модулями, принимаемых на стадиях проектирования системы управления;
- Вне машинной информационной базы - на использование единой системы идентификации документов и показателей, единых методов и средств подготовки, контроля, сбора, хранения и корректировки всех документированных сведений и сообщений, используемых в системе, а также на рациональное ограничение используемых форм документов;

1.3.6 Требования к безопасности

Требования безопасности должны соответствовать следующим документам:

1. Безопасная эксплуатация сосуда, осуществляется согласно ОЗИ-ПБ-028-12 «Инструкция по безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».
2. Аппаратное обеспечение системы должно соответствовать требованиям пожарной безопасности в производственных помещениях по ГОСТ 12.1.004-91.

1.3.7 Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие

План работ представлен в виде таблицы.

Таблица 2

Наименование работ	Сроки выпол-я	Наименование работ	Сроки выпол-я

Преддипломная практика		Дипломирование	
1. Анализ предметной области.	11.01.16- 13.01.16	7. Разработка, тестирование программы управления АСУ.	01.03.16- 21.03.16
2. Изучение текущей системы и процесса.	14.01.16- 18.01.16	8. Разработка, тестирования прикладной программы для АРМ.	23.03.16- 18.04.16
3. Составление Технического задания.	19.01.16- 22.01.16	9. Интеграция АРМ с сервером СУБД предприятия	18.04.16- 23.04.16
4. Проектирование АСУ.	25.01.16- 27.01.16	10. Ввод системы в эксплуатацию.	25.04.16- 16.05.16
5. Разработка технической структуры АСУ автоклава МГФ-24.	28.01.16- 01.02.16	11. Оформление пояснительной записки.	16.05.16- 10.06.16
6. Выбор состава технического обеспечения.	02.02.16- 05.02.16		

1.4 Источники разработки

ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.

ГОСТ 34.601-90. Автоматизированные системы. Стадии создания.

ТИ-154-006-15 «Стерилизация раствора и проверка ампул на герметичность»;

ГОСТ 26.013 – 81. Средства измерения и автоматизации. Сигналы электрические с дискретным изменением параметров входные и выходные;

СОП_ОЗИ – УК_3918 «Инструкция по разработки программного обеспечения»;

СОП -АК-054-012 «Средства измерения и автоматизации»;

СОП ОТ_8187 «Общее положение информационной безопасности вычислительной сети».

ОЗИ-ПБ-028-12 «Инструкция по безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»;

Документация ПЛК ОВЕН.

2 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

2.1 Анализ предметной области

Автоклав — устройство для проведения различных процессов при нагреве и под давлением выше атмосферного. В фармацевтической промышленности используется для стерилизации при высоком давлении и температуре готовых ампульных лекарственных средств [6].

Разновидность автоклавов: вертикальные, горизонтальные, вращающиеся, качающиеся, и колонные. Автоклав представляет собой сосуд либо замкнутый, либо с открывающейся крышкой. При необходимости снабжаются внутренними, наружными или выносными теплообменниками, механическими, электромагнитными, либо пневматическими перемешивающими устройствами и контрольно-измерительными приборами для измерения и регулирования давления, температуры, уровня жидкости и т. п.

Конструкция и основные параметры промышленного автоклава разнообразны, ёмкость от нескольких десятков см³ до сотен м³, предназначаются для работы под давлением до 1500 кгс/см² при температуре до 500 °С. Промышленные автоклавы стерилизаторы высокого давления представляют собой агрегаты, которые осуществляют стерилизацию за счет использования паров воды.[6] На предприятии АО «Органика» используется паровой автоклав. Так же это устройство предназначено для проверки качества готовой продукции, осуществляет проверку герметичности.

2.2 Действующая система работы автоклава

Схема управления процессами стерилизации, проверки герметичности ампул.

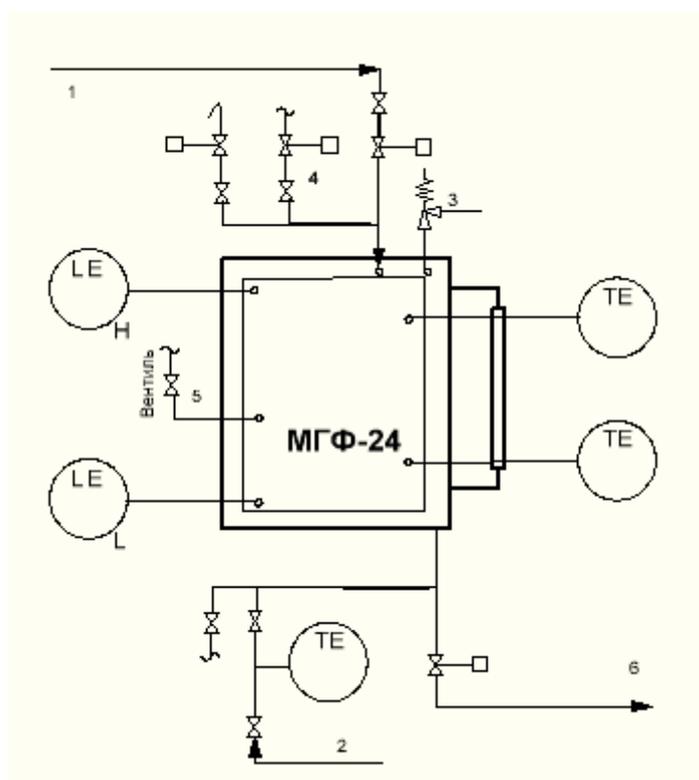


Рисунок 1 – Система управления

Действующая система автоклавирования оснащена:

- трубопроводами для подачи конденсата и сообщения камеры с атмосферой,
- трубопроводами для слива окрашенного раствора метиленового синего,
- трубопроводом для подачи сжатого воздуха в камеру автоклава,
- трубопроводом для сообщения с вакуумной магистралью
- датчиками верхнего и нижнего уровней,

- автоматическими клапанами закачки и откачки жидкостей,
- предохранительным клапаном,
- средствами автоматизированного управления процессом, (моновакууметрами, клапанами с пневмоприводами, электропневматическими преобразователями).

Система автоматического управления состоит из:

- измерителя регулятора Диск-250;
- датчиков давления (электроконтактных манометров);
- датчика температуры (термометр сопротивления);
- датчиков верхнего и нижнего уровня;
- восьми пневмоуправляемых клапанов;
- пневмооборудования (преобразование электрических команд в пневматические импульсы).

Автоклав представляет собой прямоугольную стерилизационную камеру, объемом 1,7 м³, корпус которой выполнен из нержавеющей стали с ребрами жесткости, оборудованную двумя дверями с центральным затвором. Пороги предназначены для передвижения тележек с ампулами в камеру автоклава, а так же для их извлечения из камеры автоклава для перемещения на следующую стадию производства.

2.2.1 Недостатки действующей системы

Главным недостатком действующей системы является отсутствие функции предварительного подогрева ампул и контрольного раствора, из-за чего при резком изменении температуры в камере происходит порча ампул ($\approx 10\%$ брака от общего числа загруженных в автоклав ампул), а так же износ камеры автоклава.

Следующим недостатком действующей системы автоклавирования является морально устаревшее и физически изношенное оборудование, что существенно затрудняет техническое обслуживание системы. Соответственно невозможность текущей системы вести отчетность, современным требованием GMP.

Также из недостатков следует отметить отсутствие информативного интерфейса, на котором бы отображалась детальная информация о ходе технологического процесса для оператора автоклава, с целью упрощения функции управления процессом автоклавирования.

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

3.2 Проектирование автоматизированной системы управления

При автоматизации автоклава МГФ-24 предлагается расширить функциональные возможности всех подсистем, добавить подсистему аварийного оповещения, а также добавить связь с АСУ верхнего уровня.

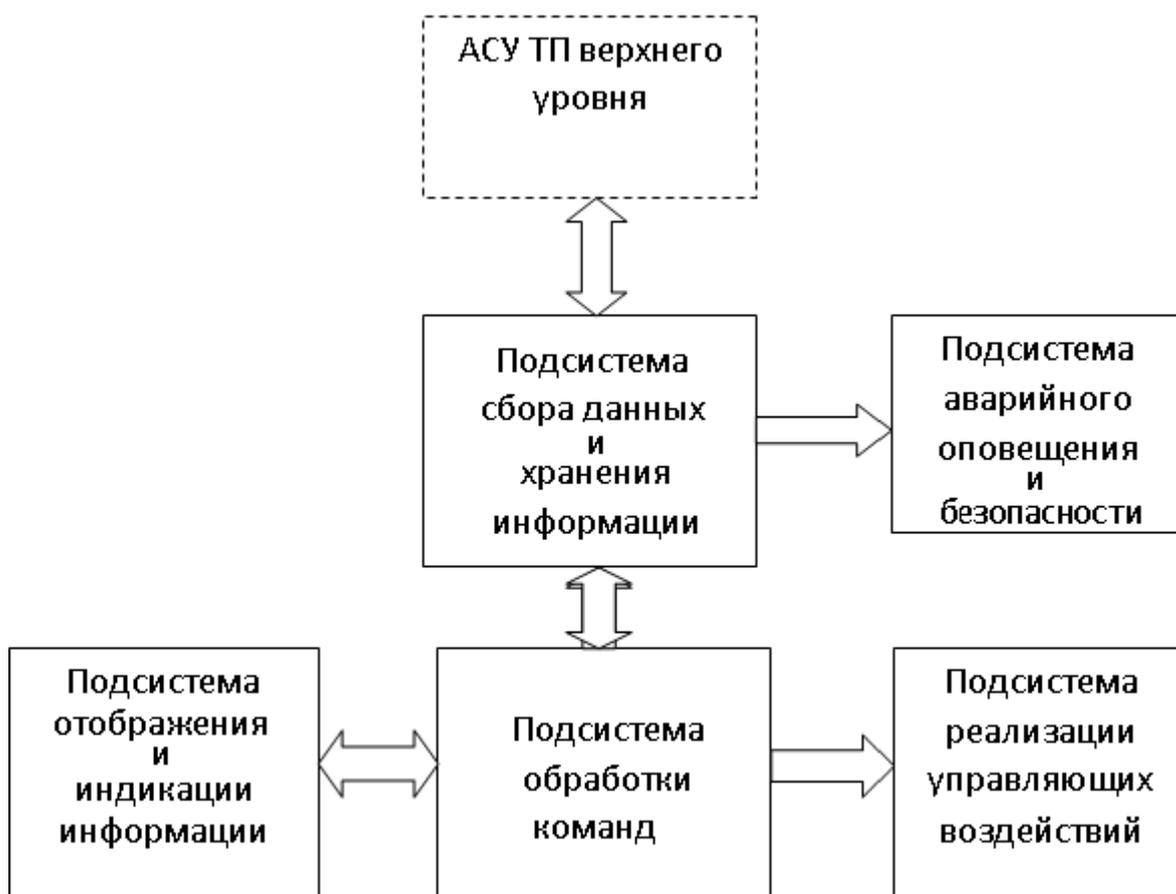


Рисунок 2 – Общая схема подсистем

Предлагаемая функциональная структура, включает подсистемы:

- а) подсистема отображения и индикации информации;
- б) подсистема сбора данных и хранения информации;
- в) подсистема обработки команд;
- г) подсистема реализации управляющих воздействий;
- д) подсистема аварийного оповещения и безопасности.

Связь с АСУ верхнего уровня позволит реализовать:

- запись в общую базу данных истории прохождения каждой производственной партии;
- ведение истории событий работы АСУ (в том числе и ведение истории аварийных событий);
- хранение и архивирование всех параметров процесса производства;
- формирование отчетов о производстве продукции;
- предоставление интерфейсов для интеграции в приложения для управления производством.

Подсистему отображения и индикации информации предлагается дополнить сенсорным дисплеем, на котором будет отображаться ход технологического процесса, а так же значения всех его показателей: давления, температуры, времени.

Подсистему сбора данных и хранения информации предлагается оснастить современными измерительными приборами: термометрами сопротивления и датчиками давления, а так же блоком хранения данных.

В подсистеме обработки команд и выработки управляющих воздействий необходимо реализовать функцию подогрева ампул и контрольного раствора.

Структурная схема системы МГФ -24 после автоматизации

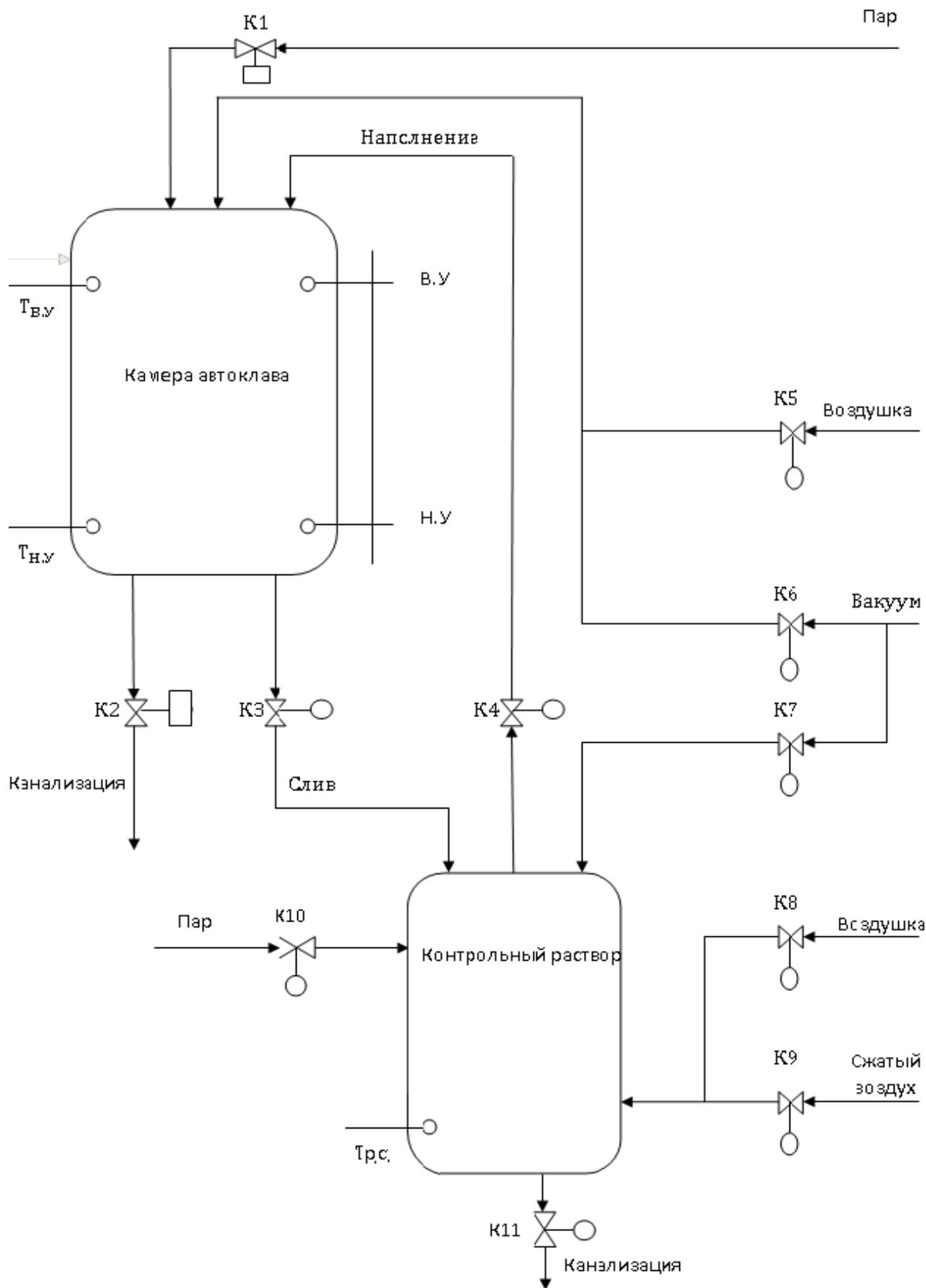


Рисунок 3 – МГФ -24 после автоматизации

На рисунке изображены компоненты:

- K1 –регулирующий клапан подачи пара в камеру автоклава;
- K2 – регулирующий клапан слива конденсата в канализацию;
- K3 – клапан слива раствора синьки;
- K4 – клапан наполнения автоклава раствором синьки;
- K5 – атмосферный клапан камеры автоклава;
- K6 – клапан подачи вакуума в камеру автоклава;
- K7- клапан подачи вакуума в камеру сборника синьки;
- K8 – атмосферный клапан сборника синьки;
- K9 – клапан подачи сжатого воздуха в камеру сборника синьки;
- K10 – клапан подачи пара в рубашку емкости сборника контрольного раствора;
- K11 – клапан слива конденсата в канализацию;
- T_{В.У} – температурный датчик верхнего уровня камеры автоклава;
- T_{Н.У} - температурный датчик нижнего уровня камеры автоклава;
- T_{р.с.} – температурный датчик контрольного раствора;
- В.У- датчик верхнего уровня наполнения камеры автоклава;
- Н.У – датчик нижнего уровня наполнения камеры автоклава.

3.3 Состав технического обеспечения автоматизированной системы

Автоматизированная система автоклава МГФ-24 должна состоять из следующих компонентов:

- Программируемый логический контроллер;
- Панель оператора;
- Модуль сбора данных;
- ПИД регулятор;
- Преобразователь интерфейса RS – 485 для АРМ;
- Аналоговый модуль ввода, вывода;
- Устройство контроля уровня;
- Преобразователь давления;
- Первичные преобразователи измерения температуры;
- Приборы для измерения давления;
- Датчики уровня;

- Датчики давления;
- Светозвуковая сигнализация.

3.3.1 Технические требования к ПЛК, обзор оборудования

Для более объективной и качественной оценки сразу поставим рамки выбора. ПЛК для автоматизации автоклава МГФ-24 должен иметь модули цифровых входов не менее 20-ти. И аналогичное количество релейных выходов. Иметь возможность подключения ЖК панели (панели оператора). Т.к в проекте предусмотрено АРМ верхнего уровня, контролер должен быть оборудован соответствующими коммуникационными модулями. Для выбора основного устройства АСУ приведем пример из четырех ПЛК, продаваемых и наиболее распространенных в России, как отечественного, так и зарубежного производства. Кроме того, все рассмотренные модели сертифицированы Ростехнадзором и входят в реестр утверждённых средств измерения Росстандарта [11].

- ПЛК Omron.

Программируемые логические контроллеры корпорации OMRON делятся на четыре класса: Micro (микро), Small (малые), Medium (средние) и Large (большие). Широкое применение в системах автоматического управления (САУ) непрерывными технологическими процессами получили ПЛК классов Medium и Large. Сбалансированная совокупность основных характеристик и функциональных возможностей ПЛК этих классов определило их преимущественное использование в АСУ наиболее ответственными объектами. К их числу относятся бортовые установки космических агрегатов, системы управления процессами ядерных технологий, объекты военно-промышленного комплекса, объекты теплоэнергетики. Далее в отчете будет отображена сводная таблица 3 с основными характеристиками, в виде сравнения. В качестве обзора будем рассматривать модель CP1E-N60S1DR-D.

- Рассмотрим ПЛК Siemens SIMATIC на примере модели S300

Программируемый контроллер S300 является модульным малым устройством управления для экономичных решений средних и сложных задач автоматизации.

Программируемый контроллер S7 состоит из:

- центрального модуля;
- шинных модулей;
- периферийных модулей, которые крепятся на шинные модули;
- блока питания;
- модулей подключения.

Центральные модули, шинные модули, блоки питания и модули подключения крепятся непосредственно на стандартную профильную шину.

Периферийные модули крепятся на стандартную профильную шину через шинные модули. На четырех стандартных профильных шинах можно разместить максимально 32 периферийных модуля:

Периферийными модулями являются:

- модули цифрового ввода-вывода;
- модули аналогового ввода-вывода;
- модули подключения датчиков и исполнительных устройств для работы во взрывоопасных помещениях;
- модули предварительной обработки сигналов;
- специальные модули внешних таймеров;
- модули диагностики для контроля периферийной шины контроллера;
- модули имитации для проверки программ;
- интеллектуальные модули для быстропротекающих процессов предварительной обработки [8].

Цены на продукцию ПЛК Siemens SIMATIC варьируются от 90000 до 170000 рублей, в зависимости от модели ПЛК. Стоит отметить, что пакет программного обеспечения в комплект поставки не входит и приобретается отдельно. Его цена составляет 55000 рублей. Цены показаны согласно текущему курсу евро 80 руб. Программное обеспечение и техническая документация предоставляется русским, английским и немецким языках. Далее анализ проводится на примере ПЛК SIMATIC S300 в виде сравнительной таблицы.

- ПЛК Овен на примере модель 110.P60

Контроллер ПЛК110 может быть применен на промышленных объектах, подконтрольных Ростехнадзору.

Логика работы ПЛК110 определяется потребителем в процессе программирования контроллера. Программирование осуществляется с помощью программного обеспечения CoDeSys (версии 2.3.x).

Документация по программированию контроллера и работе с программным обеспечением CoDeSys приведена на компакт-диске, входящем в комплект поставки.

Контроллер ПЛК110 может быть использован как:

- специализированное устройство управления выделенным локализованным объектом;
- устройство мониторинга локализованного объекта в составе комплексной информационной сети;
- специализированное устройство управления и мониторинга группой локализованных объектов в составе комплексной информационной сети.

Характеристики контроллера:

- процессор RISC архитектуры ARM9, с частотой 180МГц компании Atmel;
- объем оперативной памяти - 8МБ;
- объем постоянной памяти - Flash память, 4МБ;
- объем энергонезависимой памяти, для хранения значений переменных - до 16КБ;
- время цикла по умолчанию составляет 1мс при 50 логических операциях, при отсутствии сетевого обмена.

Программирование контроллеров осуществляется в среде CoDeSys v.2.3.x, которая имеет следующие возможности:

- поддержка 5 языков программирования;
- средство разработки и отладки комплексных проектов автоматизации на базе контроллеров;
- функции документирования проектов;
- количество логических операций ограничивается только количеством свободной памяти контроллера;
- неограниченное количество используемых в проекте счетчиков, триггеров, генераторов.

Стоит отметить, что среда разработки CoDeSys, входит в комплект поставки контроллера и является бесплатной. При необходимости последнюю версию программы можно загрузить на сайте производителя. Также следует отметить документацию на русском языке [9].

- Модульный ПЛК TREI-5B-02 (Россия)

Устройства серии TREI-5B-02 предназначены для локальных и распределенных систем автоматического контроля и управления технологическими процессами на промышленных предприятиях с нормальным и взрывоопасным производством, а также для построения систем противоаварийных защит.

Устройство представляет собой проектно-компонуемое изделие.

В каждом конкретном случае устройство комплектуется и конфигурируется под конкретный объект контроля и управления в соответствии со спецификациями потребителя.

Устройство в общем случае включает установочный каркас, в котором размещаются:

- модуль питания;
- мастер-модуль M701E;

- модули ввода/вывода, включающие следующие типы: универсальный модуль M732U, дискретный модуль M743B/ M743D/ M743F/ M743O/ M743S/ M743G, модуль датчиков M730P, дискретный модуль M754O/ M754D, M733O-S/ M733D-S, M723O-S, модуль аналогового ввода M745A.

Устройство выпускается в четырех исполнениях:

- для установки в щит КИПиА с расположением коммуникационной панели и панели питания сзади;
- для установки на монтажную плиту - коммуникационная панель и панель питания спереди;
- для установки в шкаф - без коммуникационной панели и панели питания;
- в защищенном боксе (степень защиты IP65).

Контроллер оснащен внутренним программатором. При конфигурировании не требует подключения к ПК. Имеет возможность подключения монитора и клавиатуры.

Контроллер TREI-5B-02 является многофункциональным устройством автоматического контроля и управления в 19" конструктивен (IEC 297) на базе промышленной процессорной платы, поддерживающей стандартный интерфейс PC 104. Он позволяет:

- принимать аналоговые, дискретные и частотно-импульсные электрические сигналы первичных преобразователей (датчиков, термодпар, термометров сопротивления);
- измерять и нормировать принятые сигналы;
- выполнять программную обработку сигналов первичных преобразователей и формирует аналоговые и дискретные управляющие сигналы;
- отображать информацию на экране VGA-монитора;
- обеспечивать запись и хранение программ и данных пользователя на FLASH-диске и в статическом энергонезависимом ОЗУ;
- обмениваться информацией с внешними устройствами по последовательным каналам связи ИРПС, RS232C / RS485;
- подключаться к локальным компьютерным сетям с помощью сетевых адаптеров.

- Модульный ПЛК DCS-2000 Эмикон

DCS-2000 предназначен для создания распределенных и централизованных систем автоматизации. Корпуса модулей выполнены из металла. Конструкция модулей предусматривает установку их в каркас, содержащий кроссовую плату. Модули объединяются в контроллер с помощью двух интерфейсных каналов RS-485. Кроссовые платы имеют цепи, предназначенные для подключения двух независимых источников питания (основного и резервного) и для автоматического задания сетевых адресов в информационной сети RS-485.

Контроллеры на базе модулей серии DCS-2000 построены по модульному принципу. С помощью интерфейсных каналов RS-485 модули УСО подключаются к модулю центрального процессорного устройства CPU. Протокол обмена – Modbus RTU, максимальная скорость обмена – до 981600 бит/с.

Номенклатура модулей включает в себя несколько типов и модификаций CPU, модулей аналогового и дискретного ввода-вывода.

Два типа процессорных модулей, предназначенных для установки в каркас, предусматривают использование разных систем программирования. Модуль CPU-31, построенный на базе микропроцессора Am186CU-50 фирмы AMD, поддерживает систему программирования CONT-Designer (разработки ЗАО «ЭМИКОН»). Второй модуль CPU-32, выполненный на базе микропроцессора IPC@CHIP SC143 фирмы BECK, предназначен для использования системы программирования CoDeSys.

Модули УСО в своем составе содержат микроконтроллер типа ATmega162 фирмы ATMEL и реализуют первичное преобразование входных сигналов, освобождая, тем самым, от этого модули CPU. Модули связи с объектом снабжены устройством гальванической изоляции объектной части от системной.

Объединительным устройством модулей является кроссовая плата, содержащая:

- шины питания основного и резервного источников питания;
- шины двух интерфейсных каналов RS-485 (основного и резервного);
- сигналы сетевого адреса модуля;
- микропереключатели для задания адреса каркаса.

Все основные важные для нас характеристики сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Модель ПЛК	CP1E-N60S1dr-d	SIMATIC S7-300	ПЛК110 P60	TREI-5B-02	DCS-2000
Производитель	OMRON (Япония)	Siemens (Германия)	ОВЕН (Россия)	TREI (Россия)	Эмикон (Россия)
Гарантия производителя	2 года	3 года	2 года	5 лет	5 лет
Срок эксплуатации "на отказ"	10 лет	20 лет	10 лет	25 лет	15 лет
Кол-во аналоговых входов	опционально, в базовую комплектацию не входят	опционально, в базовую комплектацию не входят	В базовой комплектации отсутствуют	В базовой комплектации отсутствуют	В базовой комплектации отсутствуют
Кол-во цифровых входов/выходов	36/24 +расширяемые дополнительными модулями по внутренней шине	опционально, в базовую комплектацию не входят	36/24 +расширяемые дополнительными модулями по порту RS232	36/24 +расширяемые дополнительными модулями по внутренней шине	опционально, в базовую комплектацию не входят
Расширяемость входов/выходов	до 180	256/64	до 180	до 3968	до 3968

Продолжение таблицы 3

Скоростные выходы	опционально, в базовую комплектацию не входят	опционально, в базовую комплектацию не входят	4 скоростных выхода по протоколу ModBus	8 по протоколу ST-BUSM	опционально, в базовую комплектацию не входят
Тип процессора	CP1E omron/320 МГц	CPU 312 SIMATIC/128 МГц	Atmel/ 180 МГц	Pentium / 166МГц	Am186CU-40KI/50МГц
Время выполнения операции	100 н.с	0,05 – 0,1 мкс	256 мкс – 1мс	0,9 мкс – 1 мс	260 мкс
Коммуникационные модули	1 RS232; 1 RS485; USB	1 RS232; 1 RS485 предусмотрено наращивание по дополнительной шине	1шт RS232; 2шт RS485; Ethernet; USB	RS-232, RS-485, Ethernet, USB	1шт RS232; 1шт RS485; Ethernet;
Промышленный протокол (основной)	PMCU	Profibus	ModBus	STBusM	Modbus RTU
Встроенный аккумулятор	опционально, в базовую комплектацию не входит	опционально, в базовую комплектацию не входит	Встроенный, срок службы не более 5лет	Встроенный	Встроенный
ОС	Sysmac	S7-400H	EmbOS Segger	QNX	Нет данных

Окончание таблицы 3

Среда программирования	Sysmac Studio	STEP 7	CoDeSys	Unimod PRO	CONT-Designer
Способ монтажа	DIN рейка	DIN рейка	DIN рейка	стойку 19"	Свободное крепление
Исполнение	Моноблок	Модульный	Моноблок	Монолит дополняемый	Каркасное исполнение
Стоимость	61800р	от 90000р	41000р	от 80000р	от 50000р

3.3.2 Обоснование выбора

Т.к. модели контроллеров SIMATIC S7-300; TREI-5B-02; DCS-2000 предназначены для сложных Scada систем автоматизации. Применение этих моделей в объемных, глобальных системах оправдывает их мультифункциональность. Эти три модели целесообразно использовать в автоматизированных системах, которые будут модернизироваться в ходе работы, в тех системах, в которых может изменяться технологический процесс. Мультифункциональности и масштабируемости этих контроллеров также сопутствует их высокая стоимость. автоклав МГФ -24 является локальным объектом автоматизации. Сам процесс стерилизации и проверки герметичности автоклава МГФ-24, модернизироваться и изменяться не будет. Автоматизация МГФ -24 будет конечной. Масштабируемый ПЛК в данном случае технически неуместен и экономически нецелесообразен.

CP1E-N60S1dr-d от OMRON и отечественный ОВЕН ПЛК110 Р60, модели более подходящие для автоматизации автоклава. В базовой комплектации этих ПЛК имеется достаточное количество цифровых входов и выходов. Однако в ПЛК CP1E-N60S1dr-d в базовой комплектации, присутствует только один порт RS-232 и один порт RS-485, что не позволит подключить одновременно модуль сбора данных, и ПИД регулятор. Оба эти устройства работают по порту RS-485. Покупка отдельного коммутационного модуля приведет к удорожанию проекта.

Следующим фактором выбора в пользу ОВЕН ПЛК110.60.Р является программное обеспечение, входящее в комплекте с ПЛК CoDeSys v.2.3 и является бесплатной средой разработки. Среда разработки для OMRON Sysmac Studio v2, не входит в комплект поставки и докупается отдельно. Стоимость одной лицензии доходит до 10000 р.

Неоспоримыми преимуществами ОВЕН ПЛК110 Р60 являются:

- Широкий диапазон питающего напряжения (90 – 245) В, возможность цифровой фильтрации показаний и устойчивость к электромагнитным воздействиям, что актуально в условиях промышленных помех и в моменты пуска энергоёмкого электрооборудования;
- Малые габариты и энергоёмкость – потребляемая мощность одного ПЛК не превышает 26 Вт;
- Гарантийный срок эксплуатации составляет 2 года, с последующим сервисным обслуживанием;
- Возможность подключения широкого диапазона входных и выходных устройств;
- Возможность конфигурирования на ЭВМ и передача (регистрация) показаний на расстояние – используется промышленный интерфейс RS-485;
- Не имеет полных аналогов среди отечественных и зарубежных ПЛК;
- Низкая стоимость по сравнению с контроллерами зарубежных производителей.

Все приборы ООО «ПО Овен» имеют сертификаты соответствия Ростехнадзора и включены в государственный реестр средств измерений рисунок 4.



Рисунок 4 – Внешний вид ПЛК 110.60.P

3.3.3 Выбор технического обеспечения системы автоматизации

Учитывая свойства и конструктивные особенности автоклава, для построения системы автоматизации предлагается использовать следующие устройства:

- 1) термометр сопротивления ДТС015-50М.

Термопреобразователь (датчик температуры) ДТС015-50М предназначен для непрерывного измерения температуры различных рабочих сред (например, пар, газ, вода, сыпучие материалы, химические реагенты и т.п.), не агрессивных к материалу корпуса датчика. Принцип действия термосопротивления основан на свойстве проводника изменять электрическое сопротивление с изменением температуры окружающей среды. Класс точности датчика категория В.

Технические характеристики ДТС015-50М

Таблица 4

Характеристика	Значение
Рабочий диапазон измеряемых температур	-50... +180С

Класс допуска	В; С
Группа климатического исполнения	Д2, Р2
Показатель тепловой энергии, не более	10... 30с
Материал защитной арматуры	Сталь 12Х18Н10Т

Датчик выбран в связи с конструкторскими особенностями автоклава.

2) Преобразователь давления ПД100-ДИ.

Датчик ПД100-ДИ предназначен для непрерывного преобразования избыточного давления измеряемой среды в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА.

Характеристики преобразователя ПД100-ДИ представлены в таблице 5.

Таблица 5

Характеристики	Значения
Выходной сигнал по ГОСТ 26.011	4... 20 мА постоянного тока
Предел допустимой основной погрешности измерения	$\pm 1,0\%$ от ВПИ
Предел допустимой дополнительной температурной погрешности измерения	$\pm 0,3\%$ от ВПИ/ 10°C
Повторяемость	не более $\pm 0,1\%$ от ВПИ
Диапазон рабочих температур контролируемой и окружающей среды	$-40... +80^\circ \text{C}$
Напряжения питания постоянного тока	12... 36В
Соппротивление нагрузки	0... 1200 Ом

Потребляемая мощность	не более 0,8 Вт
Устойчивость к механическим воздействиям по ГОСТ Р 52931-2008	группа исполнения V3
Степень защиты корпуса датчиков давления по ГОСТ 14254	IP 65
Среднее время наработки на отказ	не менее 100000ч
Средний срок службы	12 лет
Масса	не более 0,2 кг
Штуцер порта давления	M20x 1,5
Тип электрического соединителя	DIN 43650A

3) Поплавковый датчик уровня ПДУ-2.1.

Датчик уровня ПДУ-2.1 предназначен для измерения как текущего, так и предельного (максимального или минимального) уровня жидкости.

Датчик имеет поплавок, передвигающийся по вертикальному штоку. Внутри поплавок находится постоянный магнит, а в штоке, представляющем собой полую трубку, находится геркон. Герконовый контакт срабатывает при приближении магнита. Выбранный датчик соответствует конструктивным особенностям автоклава.

4) Модуль аналогового ввода MB110-224.8A.

Устройство предназначено для измерения аналоговых сигналов встроенными аналоговыми входами, преобразования измеренных величин в значение физической величины. MB110 работает в сети RS – 485 по протоколам OVEN, ModBus'RTU, ModBus'ASCII, DCON. Конфигурирование MB110 осуществляется на ПК через адаптер интерфейса RS-485/RS'232 или RS-485/USB (например, OVEN AC3'М или AC4, соответственно) с помощью программы «Конфигуратор M110». Данная программа поставляется вместе с модулем.

Характеристики модуля аналогового ввода представлены в таблице 6

Таблица 6

Наименование	Значение
--------------	----------

Напряжение питания	90... 264 В переменного тока частотой 47... 63Гц или 20... 375В постоянного тока
Потребляемая мощность, Вт, не более	6
Количество аналоговых входов	2
Время опроса одного входа	
термометры сопротивления, С, не более	0,8
термоэлектрические преобразователи и унифицированные сигналы постоянного напряжения и тока, %	0,4
Предел основной приведенной погрешности при измерении:	
термоэлектрическими преобразователями, %	±0,5

Окончание таблицы 6

термометрами сопротивления и унифицированными сигналами постоянного напряжения и тока, %	±0,25
Напряжение встроенного источника питания, В	24±3
Ток встроенного источника питания, мА, не более	50
Интерфейс связи	RS-485
Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS-485, бит/сек	115200
Протокол связи, для передачи информации	ModBus -RTU; ModBus -ASCII; DCON
Габаритные размеры прибора, мм	63x110x73
Масса прибора	0,5
Средний срок службы	8

5) Модуль вывода аналоговый МУ110 – 224.8И.

Устройство предназначено для преобразования цифровых сигналов, в аналоговые сигналы диапазоном от 4 до 20 мА для управления исполнительными механизмами или для передачи сигналов к аналоговым приборам регистрации и самописцам.

К устройству МУ110 предоставляется OPC-драйвер, а так же библиотека стандарта WIN DLL.

Характеристики модуля представлены в таблице 7

Таблица 7

Наименование	Значение
Напряжение питания	90...264 В переменного тока (номинальное напряжение 220 В) частотой 47...63Гц
Потребляемая мощность, Вт, не более	6
Количество аналоговых входов	8
Тип аналоговых выходных элементов	ЦАП «параметр – ток 4...20 мА»

Окончание таблицы 7

Основная приведенная погрешность ЦАП, %, не более	± 0,5
Сопротивление нагрузки, подключаемое к выходу, Ом	0...1300
Диапазон напряжений питания выхода, В	10...36
Протокол связи, используемый для передачи информации	ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON

5) Измеритель- терморегулятор ТРМ210-Ш1.

Измеритель ПИД регулятор ТРМ210 в комплекте с первичным преобразователем предназначены для измерения и автоматического регулирования температуры (при использовании в качестве первичных преобразователей термопреобразователей сопротивления или термоэлектрических преобразователей), а также других физических параметров, значение которых первичными преобразователями (далее «датчиками») может быть преобразовано в унифицированный сигнал постоянного тока или напряжения.

Информация о любом из измеренных физических параметров отображается в цифровом виде на встроенном четырехразрядном цифровом индикаторе рисунок 5.



Рисунок 5 – Внешний вид TRM 210

Прибор позволяет осуществлять следующие функции:

- измерение температуры или другой физической величины;
- регулирование измеряемой величины по ПИД закону путем импульсного или аналогового управления или по двухпозиционному закону;
- автонастройка ПИД регулятора на установленном объекте;
- ручное управление выходной мощностью ПИД регулятора;
- определение аварийной ситуации при выходе измеряемого параметра за заданные границы и при обрыве в контуре регулирования;
- обнаружение ошибок работы и определение причины неисправности;
- работа в сети, организованной по стандарту RS485, что позволяет задавать необходимые режимы работы прибора и осуществлять контроль;
- дистанционное управление запуском и остановкой регулирования.

Наименование	Значение
Основной вход	
Время опроса входа, не более	1 с
Входное сопротивление прибора при подключении источника унифицированного сигнала:	
- тока	100 Ом±0,1%
- напряжения, не менее	100 кОм
Предел основной допускаемой приведенной погрешности прибора при измерении:	
-термопреобразователем сопротивления	0,25%
-термопарой	0,50%
-унифицированных сигналов тока и напряжения	0,50%
Дополнительный вход	
Сопротивление ключей в состоянии:	
-"замкнуто"	0...1 кОм
-"разомкнуто"	100 кОм... ∞

6) Сенсорная панель СП-270

Панель оператора с сенсорным экраном СП270 представляет собой устройство класса «человеко-машинный интерфейс», предназначенное для загрузки управляющей программы (проекта) функционирования ПЛК или др. приборов, к которым подключается панель, мониторинга функционирования и редактирования значений параметров функционирования.

Позволяет отображать на экране ход выполнения технологического процесса и редактировать значения параметров, отвечающих за функционирование системы рисунок 6.



Рисунок 6 – Внешний вид СП270

Логика работы панели СП270 определяется потребителем в процессе конфигурирования на ПК с использованием программного обеспечения «Конфигуратор СП200».

Панель СП270 предназначена для выполнения следующих функций:

- отображение состояния управляемого объекта в режиме реального времени, с использованием графических пиктограмм (индикаторы, графики, линейки, условные обозначения оборудования и т. д.);
- отображение сенсорных элементов, при помощи которых оператор осуществляет непосредственное управление функционированием объекта;
- управление функционированием ПЛК и/или других приборов; запись и чтение значений регистров ПЛК и/или других приборов, к которым подключается панель;
- оперативное изменение режима работы (изменение внешнего вида экрана и интерфейса управления, параметров управления и пр.) путем загрузки проекта.

Технические характеристики представлены в таблице 9.

Таблица 9

Наименование	Значение
Напряжение питания постоянного тока	22... 26В

Потребляемый ток	не более 0,150 А
Потребляемая мощность	не более 20 Вт
Используемые интерфейсы связи	RS-232 (2шт),RS-485 (1шт)
Тип интерфейса для связи с ПЛК	RS-232, RS-485
Тип интерфейса связи с ПК	RS-232
Скорость передачи данных по интерфейсам	4800...115200 ,бит/с
Протоколы передачи данных	Modbus RTU, Modbus ASCII
Режим работы панели	Master, Slave

9) Модуль сбора данных МСД-100.

Модуль сбора данных ОВЕН МСД100 применяется для опроса приборов, модулей ввода, контроллеров имеющих возможность передавать данные в сеть RS-485. Производит архивирование данных полученных с 64 точек измерения на карту памяти SD.

Каждая из 64-х точек может опрашиваться по одному из протоколов передачи данных: Modbus RTU, Modbus ASCII.

Модуль имеет два интерфейса связи RS-485 (RS1-ЭВМ и RS2-Приборы) и один интерфейс связи USB-Device.

Основные технические характеристики МСД-100 приведены в таблице 10

Таблица 10

Наименование	Значения
Диапазон напряжения питания постоянного тока, В	от 20 до 33 В
Потребляемая мощность, Вт, не более	2
Электрическая прочность изоляции, В	500
Максимальное число опрашиваемых каналов	64

Максимальная длина записи по одному каналу, байт	20
Тип поддерживаемых карт памяти	MMC, SD, SDHC
Объем карты памяти, Гб	32
Файловая система карты памяти	FAT
Масса, кг,	0,5
Средний срок службы, лет	8
Габаритные размеры, мм	22x102x120

3.3.4 Структурная схема подключения приборов системы автоматизации автоклава

Структурная схема подключения приборов системы автоматизации автоклава представлена на рисунке 7.

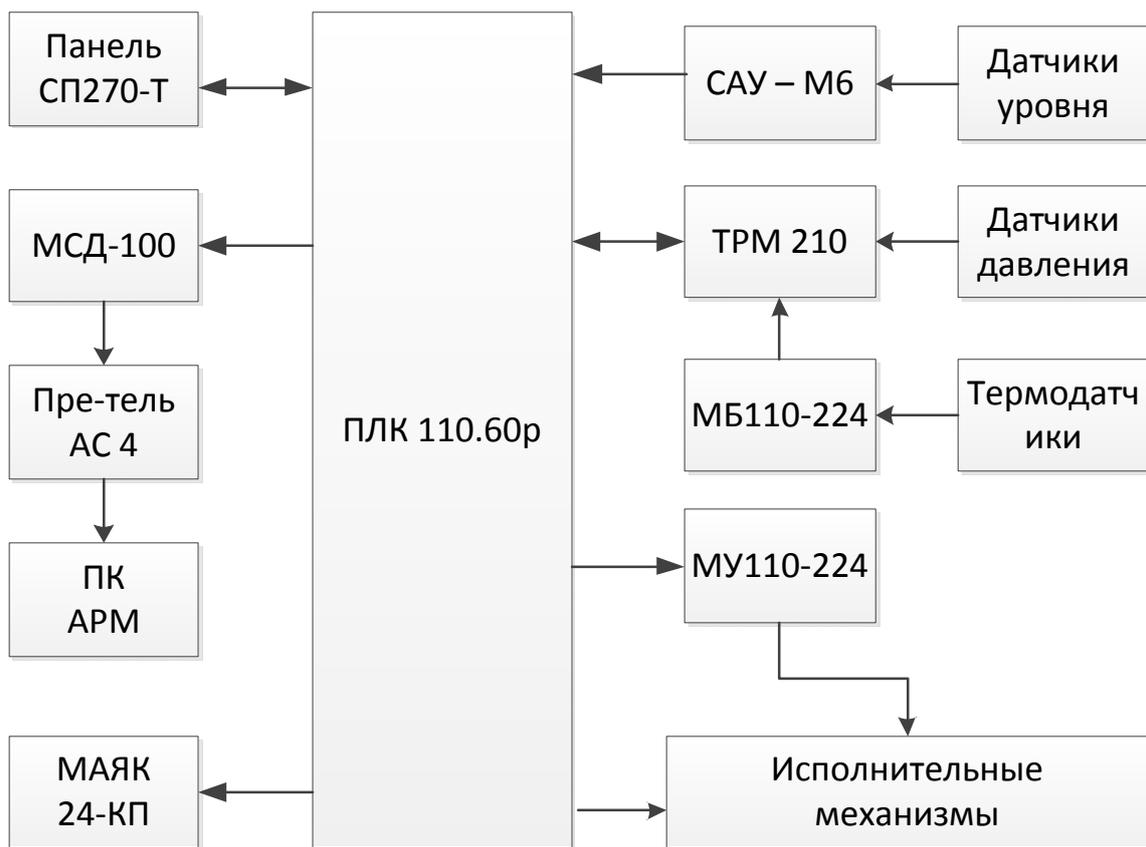


Рисунок 7 – Структурная схема приборов системы автоматизации автоклава

3.3.5 Разработка схемы расположения блоков автоматики

Схема расположения приборов автоматизации состоящая из блоков автоматики, исполнительных механизмов и датчиков представлена в приложении А.

В схеме представлены уровни автоматизации такие как:

- По месту прибора
- Щитовая КИП
- Рабочее место технолога

На схеме указаны также и исполнительные механизмы автоматизированной системы. Спецификация к данной схеме представлена в приложении В

3.3.6 Разработка и обоснование электрической схемы соединений

Электрическая схема соединений автоматизированной системы разработана в соответствии с техническим заданием. Применение во всех частях и на всех уровнях системы средств вычислительной техники единой архитектурной линии, обладающих свойствами электрической, логической, конструктивной и иной совместимости и имеющих единую установленную систему интерфейсов.

Использование одинаковых средств и способов конструктивной и эргономической компоновки оборудования. Электрическая схема соединений автоматизированной системы представлена в приложении Б.

При включении тумблера ТБ1 подается напряжение 24 вольта на основные блоки автоматики такие как: основной логический контролер ПЛК 110.60, блок хранения данных МСД 100, модуль аналогового ввода МВ 110-224-8А, модуль аналогового вывода МУ 110-224-8И.

3.3.7 Расчет мощности блоков питания системы автоматизации.

Как описывалось ранее ПЛК ОВЕН 110.60 оснащен внутренним источником питания 24вольта мощностью 9,6 Вт. Кнопки управления подключены к внутреннему источнику питания.

Мощность рассчитывается по формуле $P_{ист} = P_{потр} + 20\%$

Питание отдельных узлов, блоков и устройств управления, осуществляется индивидуальными источниками питания.

Исполнительные механизмы в виде регулирующих пневматических клапанов подключены к отдельным линиям питания 24 вольта.

В качестве источников питания был выбран четырех канальный блок питания БП 14Б – 4.4.

Блок БП14Б – 4.4 является импульсным по принципу действия и выполнен по схеме однотактного обратного преобразователя, имеет фильтр радиопомех на входе, гальваническую развязку между входом и выходом, и гальванически изолированные выходные каналы. Выходное напряжение стабилизируется с помощью отрицательной обратной связи. Пусковой ток ограничивается с помощью терморезистора. Защита от перенапряжения и импульсных помех осуществляется с помощью варистора. Блок защищён от перегрузки и короткого замыкания на

выходе и перегрева. Суммарная выходная мощность блока 14Вт 3,5Вт на канал. Номинальное напряжение канала 24 В.

БП 14Б – 4.4 осуществляет питание узла терморегулирования, в который входит: пневмопреобразователи, датчики давления пара в паропроводе и камере автоклава, а так же терморегулятор ТРМ 210.

Исходя из формулы расчета мощности, рассчитываем. Мощность одного пневмопреобразователя при пиковой нагрузке около 2,9Вт. $2,9 \cdot 3 + 1 \cdot 2 + 20\% = 12,87\text{Вт}$. Выбранный блок соответствует требуемой нагрузке.

Блок питания БП60Б – Д4. Мощность данного блока питания 60Вт 24В. Предназначен для питания стабилизированным напряжением постоянного тока различных широкого спектра радиоэлектронных устройств (релейной автоматики, контроллеров, датчиков и т.п.).

Применяется для построения систем электропитания различной сложности, в том числе распределенных.

Для подключения ПЛК 110.60Р, модуля сбора данных МСД100, сенсорной панели СП270, аналоговой модуль ввода МБ110 – 224.8А, аналоговый модуль вывода МУ110 – 224.8И используется блок питания БП1.

$$P_{\text{ист}} = 2 + 20 + 26 + 6 + 6 + 20\% = 60,4\text{Вт}$$

БП2 и БП3, БП5 задействуем для системы сигнализации и системы подачи контрольного раствора соответственно. В целях унификации построения автоматизированной системы для этих узлов используется тот же тип блока питания БП60Б – Д4.

Спецификация приборов для электрической схемы соединений представлена в приложении В.

3.4 Разработка программы управления контроллера

Программа управления устройствами, входящими в состав системы автоматизации автоклава написана в среде разработки CoDeSys на языках LD (релейная логика) и ST (структурированный текст). Программа записывается в постоянную память программируемого логического контроллера. Программа выполняет все требуемые операции, описанные в техническом задании. Блок схема программы управления представлена в приложении Г. Листинг кодовой части программы представлен в приложении Д.

В среде CoDeSys были разработаны следующие подпрограммные блоки:

1. Блок Analog

В блоке Analog производится запись аналоговых входов в регистры ПЛК, с их преобразованием (переводит в вещественные числа). Так же в блоке проверяются флаги работоспособности кодов, производится опрос состояния датчиков.

2. Блок Analog_out

Блок Analog out отвечает за передачу из внутренних регистров в ПЛК управляющих выходов.

3. Блок Indikat_st

В блоке Indikat_st производится генерация флагов событий.

4. Блок Msd
5. Блок Msd_Id язык релейной логики.

Блок 4, 5 производится запись значений в регистры МСД.

6. Блок Ostanov язык релейной логики.

В этом программном блоке представлен алгоритм работы ПЛК при нажатии на кнопку СТОП или при возникновении аварийной ситуации. При нештатной ситуации алгоритм приводит исполняемые узлы автоклава в безопасное положение.

7. Блок Out

В данном блоке программа формирует цифровые коды управляющего воздействия.

8. Блок Plc

Блок PLC является основным (точкой входа) main в среде Codesys. Запускает все подпрограммы.

9. Блок Pod_sin язык релейной логики.

Данный блок содержит в себе алгоритм подогрева контрольного раствора.

10. Блок Signal

Язык релейной логики содержит алгоритм работы светозвуковой сигнализации, выполняемый при отклонении от режима.

11. Блок Regim

Производит назначение флагов режима стерилизации и проверки герметичности.

12. Блок Sinkovanie

13. Блок Steril

В данных двух блоках представлены непосредственно основные алгоритмы.

Алгоритм работы стерилизации и проверки герметичности рисунок 8.

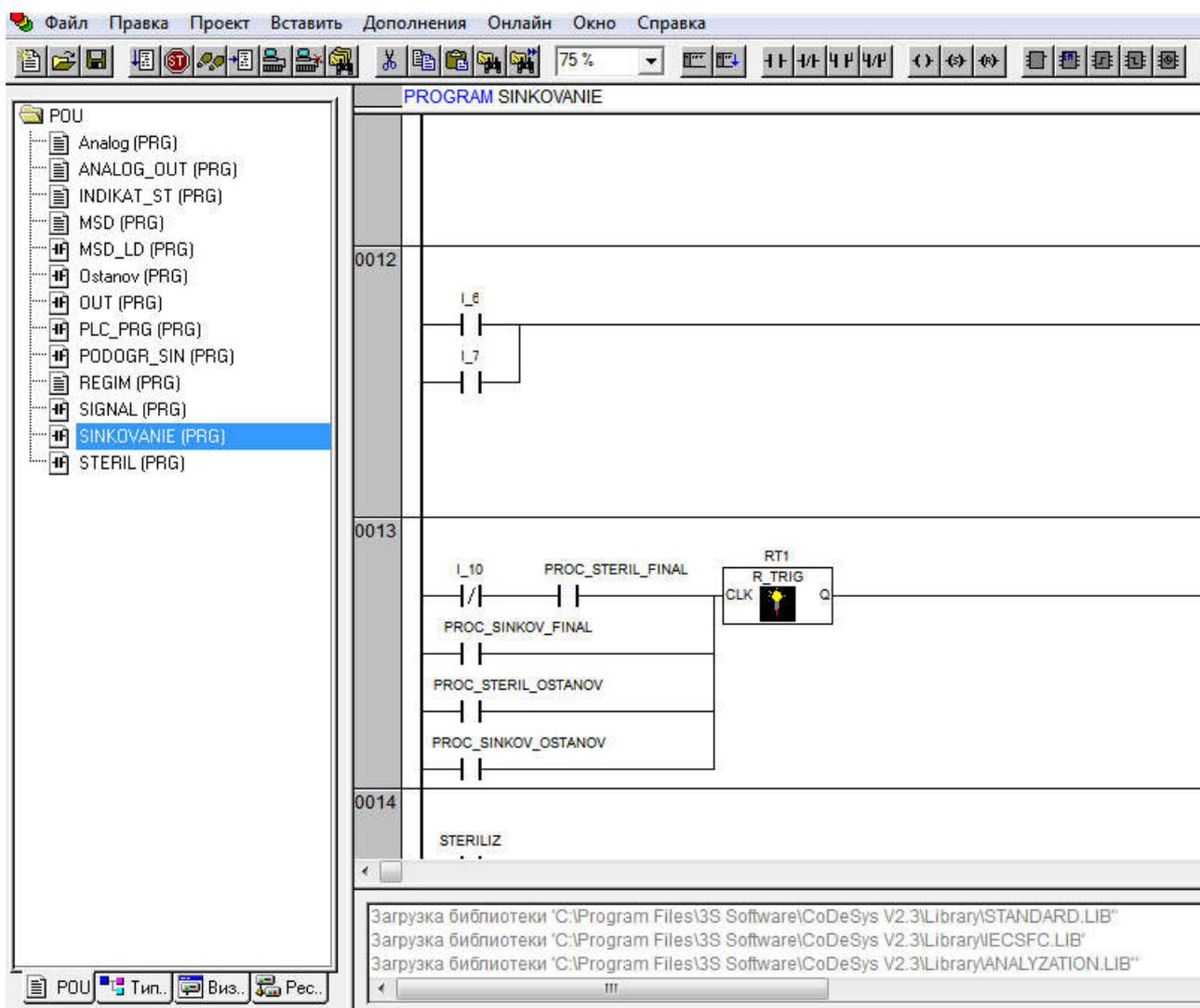


Рисунок 8 – LD алгоритм Sinkovanie

Программный код среды Codesys наиболее важных блоков представлен в приложении Д.

3.5 Разработка АРМ технолога

Концепция автоматизированного рабочего места реализована следующим образом. Данные технологического процесса, записанные на накопитель МСД будут передаваться в базу данных, которая находится на отдельном сервере СУБД в локальной сети предприятия. Функцию передачи данных будет осуществлять прикладная программа на рабочем месте оператора технолога по команде пользователя. В программе предусмотрено разграничение прав пользователей. После загрузки данных в СУБД, в

прикладной программе появляется функциональная возможность создания отчетов по каждому циклу, который проводился в автоклаве.

В качестве сервера СУБД на предприятии АО «Органика» используется Microsoft SQLServer 2012 редакции Standart. Сервер обрабатывает несколько различных БД, от других вычислительных систем предприятия.

В качестве среды разработки будем использовать пакет Microsoft Visual Studio Ultimate 2013. В качестве языка программирования - C#. Данный выбор был продиктован следующими причинами:

1. Компанией АО "Органика" по программе корпоративного лицензирования приобретена лицензия на использование MS Visual Studio Ultimate 2013.
2. Наличием в штате АО "Органика" опытных инженеров-программистов, в силу сложившейся на протяжении несколько лет производственной культуры работающих, в основном, в среде разработки Microsoft Visual Studio и с языком C#.
3. Принятому на предприятии технологическому стандарту в области информационных технологий - СОП ОЗИ-УК_3918 "Инструкция по разработке программного обеспечения". Данный документ регламентирует использование в качестве среды разработки для прикладного программного обеспечения в области систем управления организационно-экономическими и технологическими процессами производства вышеуказанные пакет и язык программирования.
4. MS Visual Studio - одно из самых распространенных и востребованных средств разработки, а C# - один из самых популярных языков программирования. Это значительно может снизить остроту проблемы сопровождения системы при ротации кадров.

Исходя из вышеперечисленных факторов, очевидно, что использование других инструментов разработки программного обеспечения сопряжено с определёнными трудностями, которые могут привести к неоправданным затратам рабочего времени, и экономически нецелесообразны.

Microsoft Visual Studio — это среда разработки от компании Microsoft, включающая в себе различные инструментальные средства. Данный продукт позволяет разрабатывать как консольные приложения, так и приложения с графическим интерфейсом, в том числе с поддержкой технологии Windows Forms, а также веб-сайты, веб-приложения, веб-службы как в родном, так и в управляемом кодах для всех платформ, поддерживаемых Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE, NET Framework.

Платформа NET на текущий момент одна из самых передовых и перспективных технологий для разработки под Windows и другие платформы. Так же существует множество решений под эту среду от других производителей. В написании прикладной программы будем использовать технологию C# ADO.NET. Она предоставляет согласованный доступ к таким источникам данных, как SQL Server и XML, а также к источникам данных, предоставляемым при помощи OLE DB и ODBC. Пользовательские приложения, использующие общие данные, могут использовать ADO.NET для соединения с этими источниками данных и для получения, обработки и обновления имеющихся в них данных. ADO.NET разделяет доступ к данным и обработку данных на дискретные компоненты, которые могут использоваться отдельно или совместно. ADO.NET включает поставщиков данных .NET Framework для соединения с базой данных, выполнения команд и получения результатов.

3.5.1 Разработка прикладной программы

Основной функционал прикладной программы:

- Производство процесса считывания с модуля сбора данных;

- Регистрация считанных данных в СУБД;
- Построения регламентированных отчетов в виде графиков на основе собранных данных

В качестве поставщика данных в прикладной программе используется модуль сбора данных подключенный рабочему месту через преобразователь AC-4 RS-485 –USB.

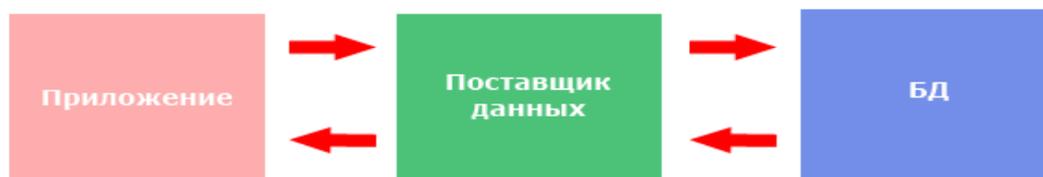


Рисунок 11 – Схема получения данных

В программе реализована возможность настройки соединения с базой данных, вложенное в сервисное меню основного интерфейса программы. Рисунок 12.

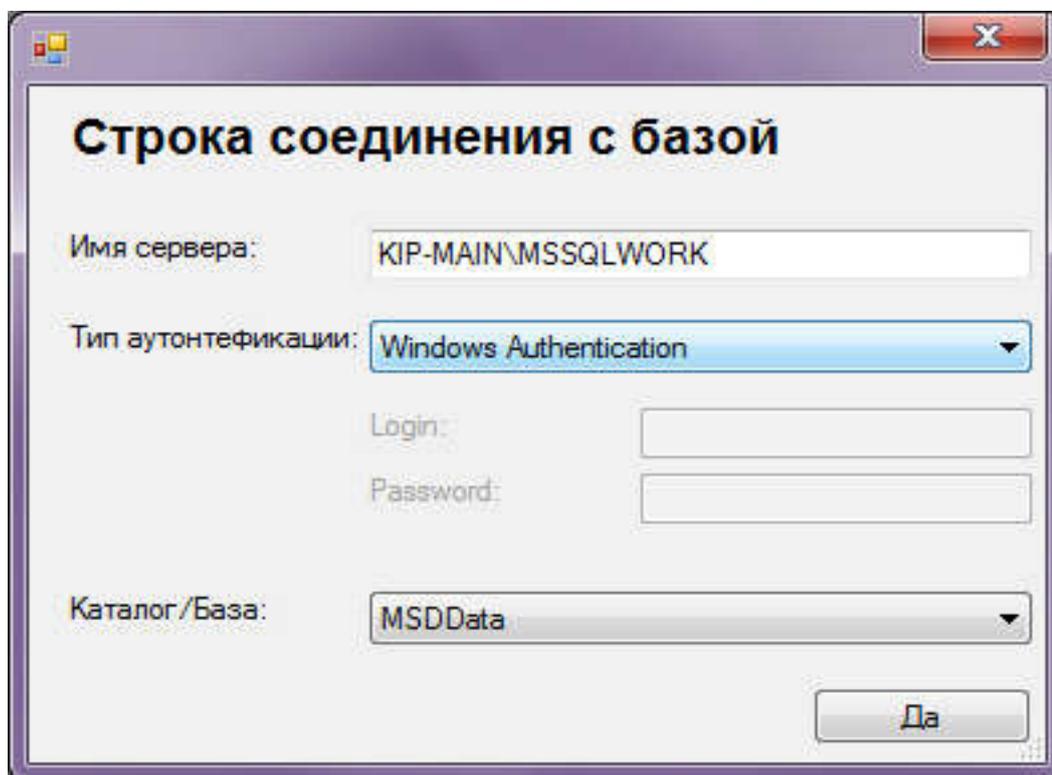


Рисунок 12 – Строка соединения с базой

Также в прикладной программе оператора предусмотрена возможность настройки поставщика данных. В данный момент программа настроена на использование МСД. Также эта форма позволяет использование резервного канала связи, в этой роли может выступать другой модуль сбора данных. Рисунок 13.

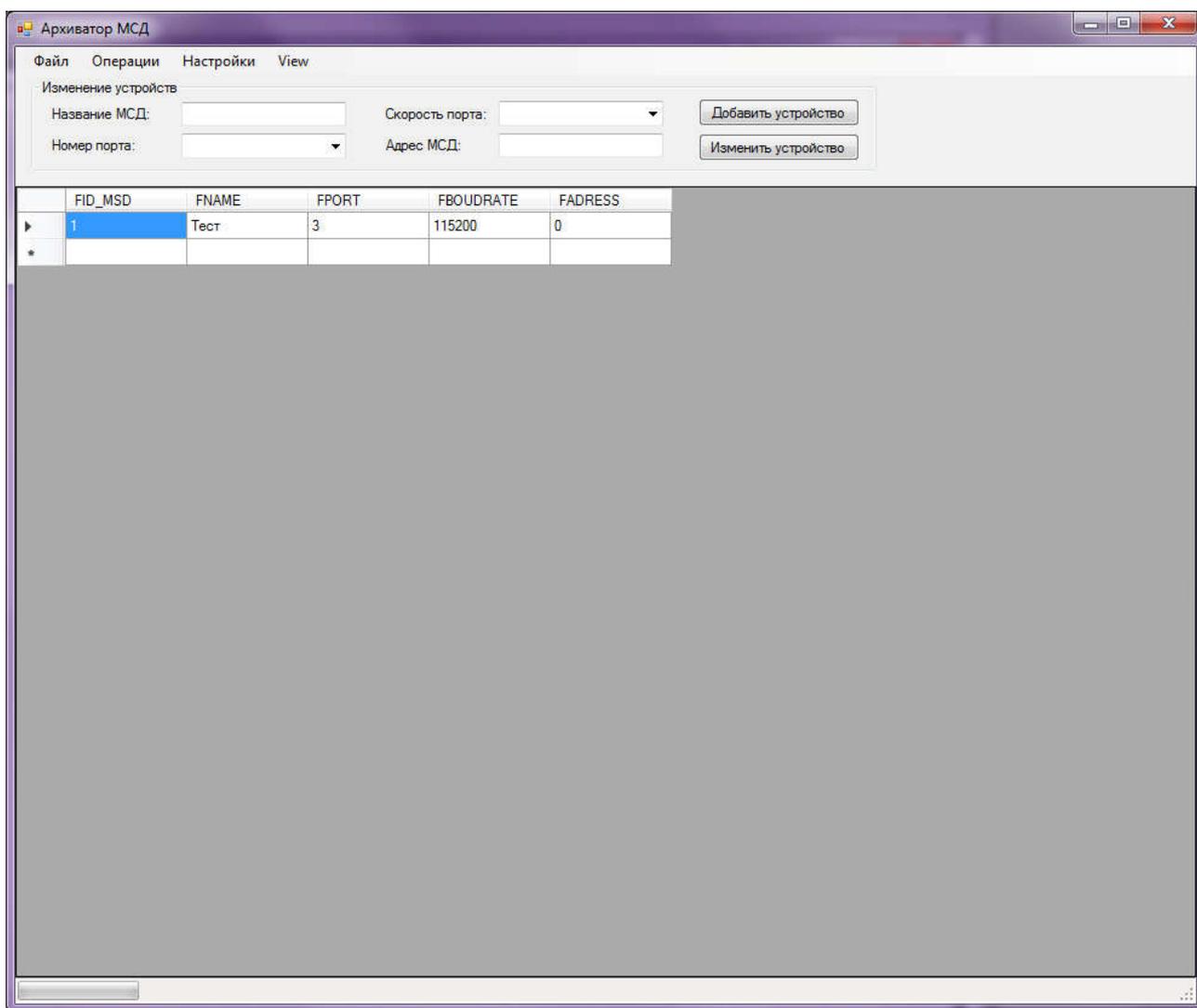


Рисунок 13 – Соединение с поставщиком данных

Форма для соединения прикладной программы с модулем сбора данных представлена на рисунке 14.

При нажатии кнопки «Соединение» будет производиться чтение с МСД. В поле программы отображаются строки с данными, в которых отображаются процессы, проведенные во время работы автоклава. После загрузки данных кнопка «Загрузка в БД» становится активной. Пользователь выбирает одну или несколько записей и загружает данные в СУБД. После успешной загрузки данных, записи с МСД удаляются.

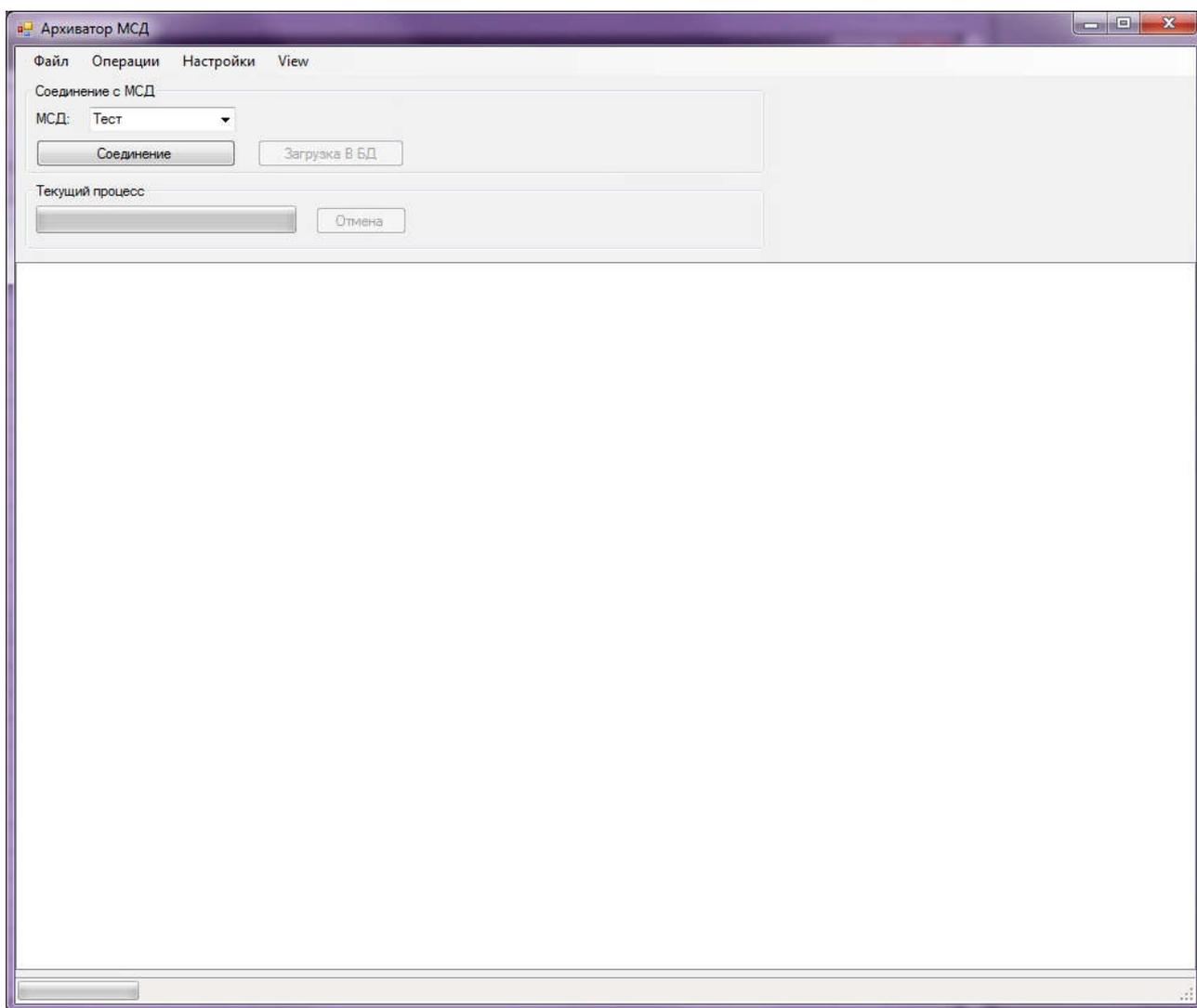


Рисунок 14 – Загрузка данных с МСД

После загрузки данных появляется дальнейшая возможность их обработки. На рисунке 15 представлено окно программы, данные в данном окне, берутся из СУБД.

Архиватор МСД

Файл Операции Настройки View

Период данных:
 МСД: Тест
 Дата начала: 1 мая 2016 г.
 Дата конец: 21 мая 2016 г.
 Запросить данные

Фильтры
 Тип процесса: Синькование
 Итог процесса: Заверш
 Препарат: Никотиновая кислота 10мг/мл-1мл
 Серия: Загрузка:

Обработка данных
 Отчет выделенной записи
 Правка выделенной записи

	Дата	Время нач.	Время кон.	Время проц.	Серия	Загрузка	Препарат	Процесс	Результат
▶	01/05/2016	07:25:16	07:50:52	00:25:36	100	3	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	01/05/2016	09:44:18	10:15:52	00:31:34	101	1	Никотиновая ки...	Стерилизация	Заверш
	01/05/2016	10:15:54	10:42:29	00:26:35	101	1	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	01/05/2016	12:21:33	12:53:38	00:32:05	101	2	Никотиновая ки...	Стерилизация	ERROR
	01/05/2016	12:53:44	13:19:19	00:25:35	101	2	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	01/05/2016	13:48:28	14:18:13	00:29:45	101	3	Никотиновая ки...	Стерилизация	Заверш
	01/05/2016	14:18:21	14:44:18	00:25:57	101	3	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	01/05/2016	17:17:17	17:49:32	00:32:15	102	1	Никотиновая ки...	Стерилизация	ERROR
	01/05/2016	17:49:40	18:14:15	00:24:35	102	1	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	01/05/2016	19:29:15	20:00:40	00:31:25	102	2	Никотиновая ки...	Стерилизация	Заверш
	01/05/2016	20:00:47	20:25:12	00:24:25	102	2	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	01/05/2016	20:50:07	21:17:33	00:27:26	102	3	Никотиновая ки...	Стерилизация	Заверш
	02/05/2016	07:28:34	07:53:01	00:24:27	102	3	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	02/05/2016	09:41:15	10:10:50	00:29:35	103	1	Никотиновая ки...	Стерилизация	Заверш
	02/05/2016	10:10:56	10:35:41	00:24:45	103	1	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	02/05/2016	12:28:24	13:00:19	00:31:55	103	2	Никотиновая ки...	Стерилизация	ERROR
	02/05/2016	13:00:22	13:25:27	00:25:05	103	2	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	02/05/2016	13:56:03	14:26:28	00:30:25	103	3	Никотиновая ки...	Стерилизация	ERROR
	02/05/2016	14:26:34	14:51:29	00:24:55	103	3	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	02/05/2016	17:35:54	18:07:29	00:31:35	104	1	Никотиновая ки...	Стерилизация	Заверш
	02/05/2016	18:07:30	18:32:05	00:24:35	104	1	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	02/05/2016	19:42:40	20:15:45	00:33:05	104	2	Никотиновая ки...	Стерилизация	Заверш
	02/05/2016	20:15:51	20:49:45	00:33:54	104	2	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	02/05/2016	21:04:02	21:34:47	00:30:45	104	3	Никотиновая ки...	Стерилизация	Заверш
	02/05/2016	07:42:11	07:42:11	00:00:00	0	3	Никотиновая ки...	Синькование	Неудач
	02/05/2016	07:42:20	08:06:26	00:24:06	82	3	Никотиновая ки...	Синькование	Заверш
	02/05/2016	09:07:49	09:07:49	00:00:00	83	5	Никотиновая ки...	Стерилизация	Неудач

Рисунок 15 – Окно обработки данных

В данном окне мы имеем возможность задать период выборки, фильтрацию периода, а так же правку загруженных записей.

Блок схемы алгоритмов, реализованных в программе, представлены на рисунках.

Алгоритм чтение основной root директории представлен на рисунке 16.

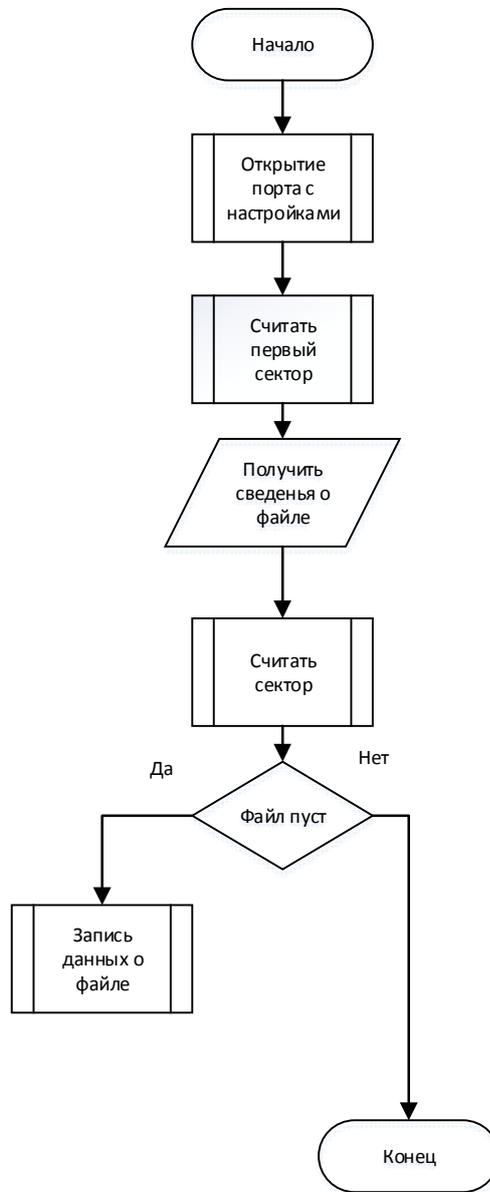


Рисунок 16 – Чтение Root директории

Алгоритм подпрограммы чтение сектора представлен на рисунке 17.

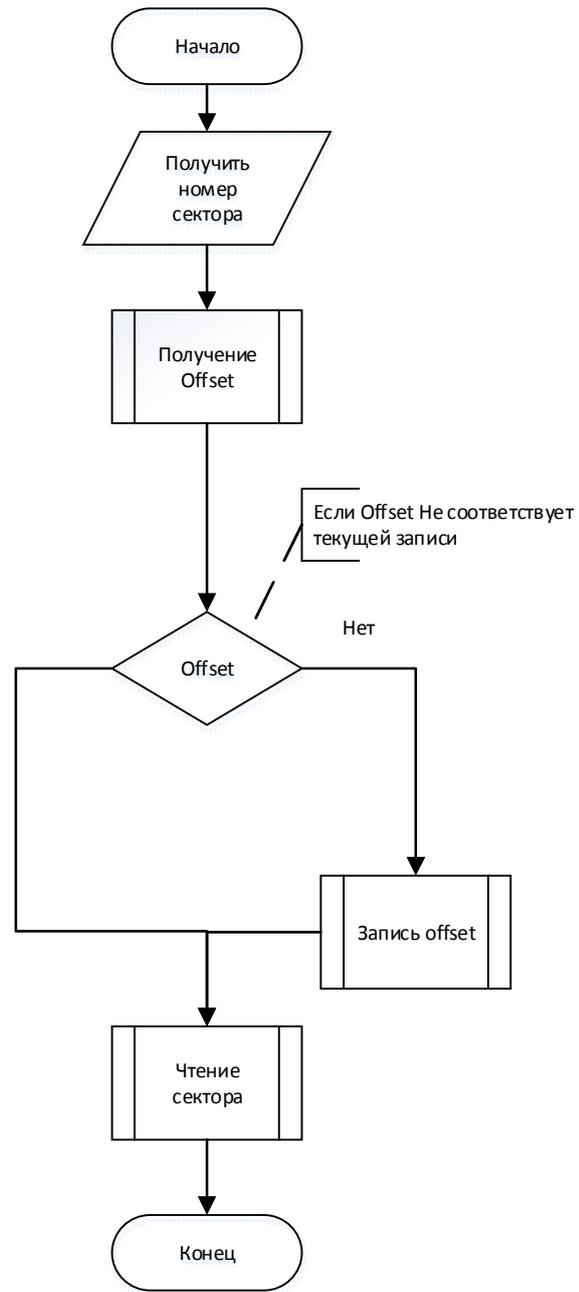


Рисунок 17 – Чтение сектора

Алгоритм чтения файла с МСД представлен на рисунке 18.

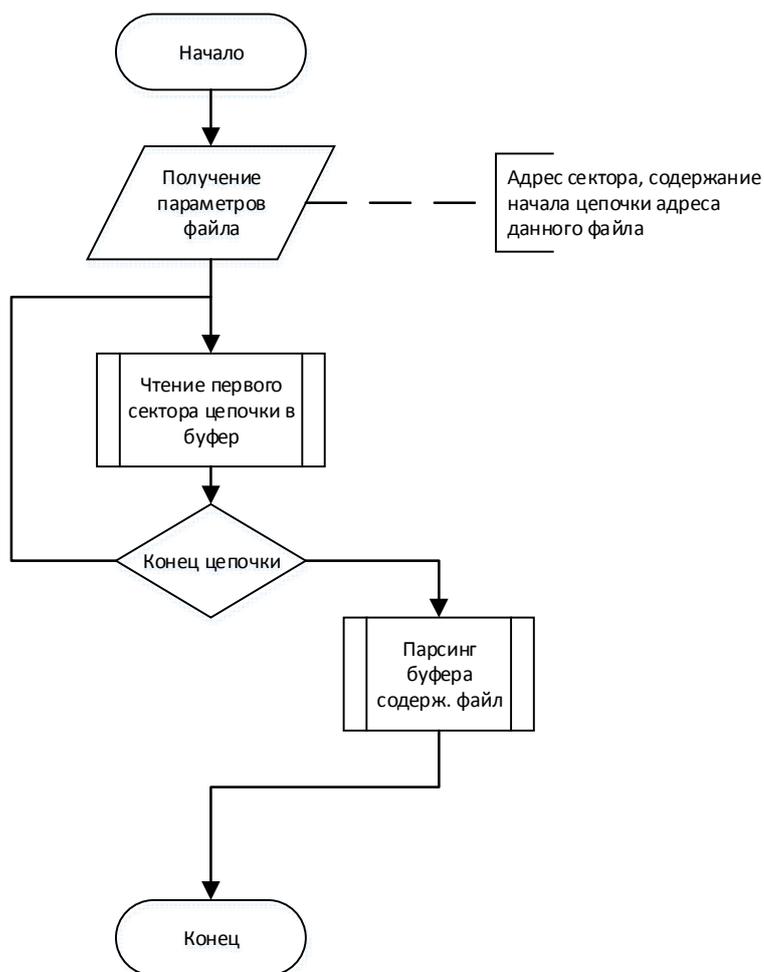


Рисунок 18 – Алгоритм чтение файла

Форма отчетов разработана средствами языка С# с использованием ASP.NET. Пример отчета выделенных записей представлен на рисунке 19, 20. Данные отчеты является регламентированными предприятием АО «Органика». Форма отчета выполнена согласно правилам GMP внедряемым на предприятии, структура отчета построена согласно документу GMProject «Стерильное производство» ALT001. Отчет о проверки герметичности составлен согласно ГОСТ Р 52249-2009 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств».

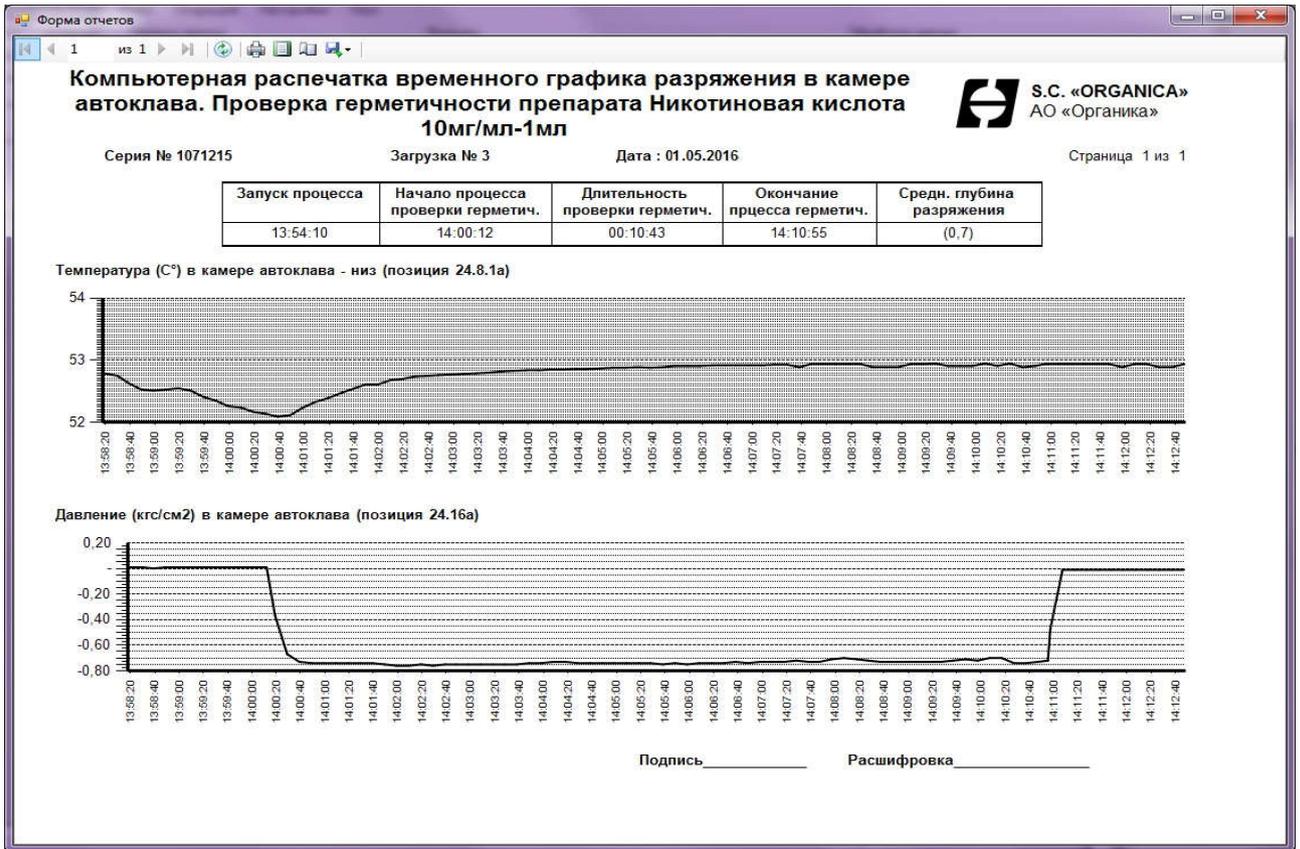


Рисунок 19 – Отчет о проверки герметичности

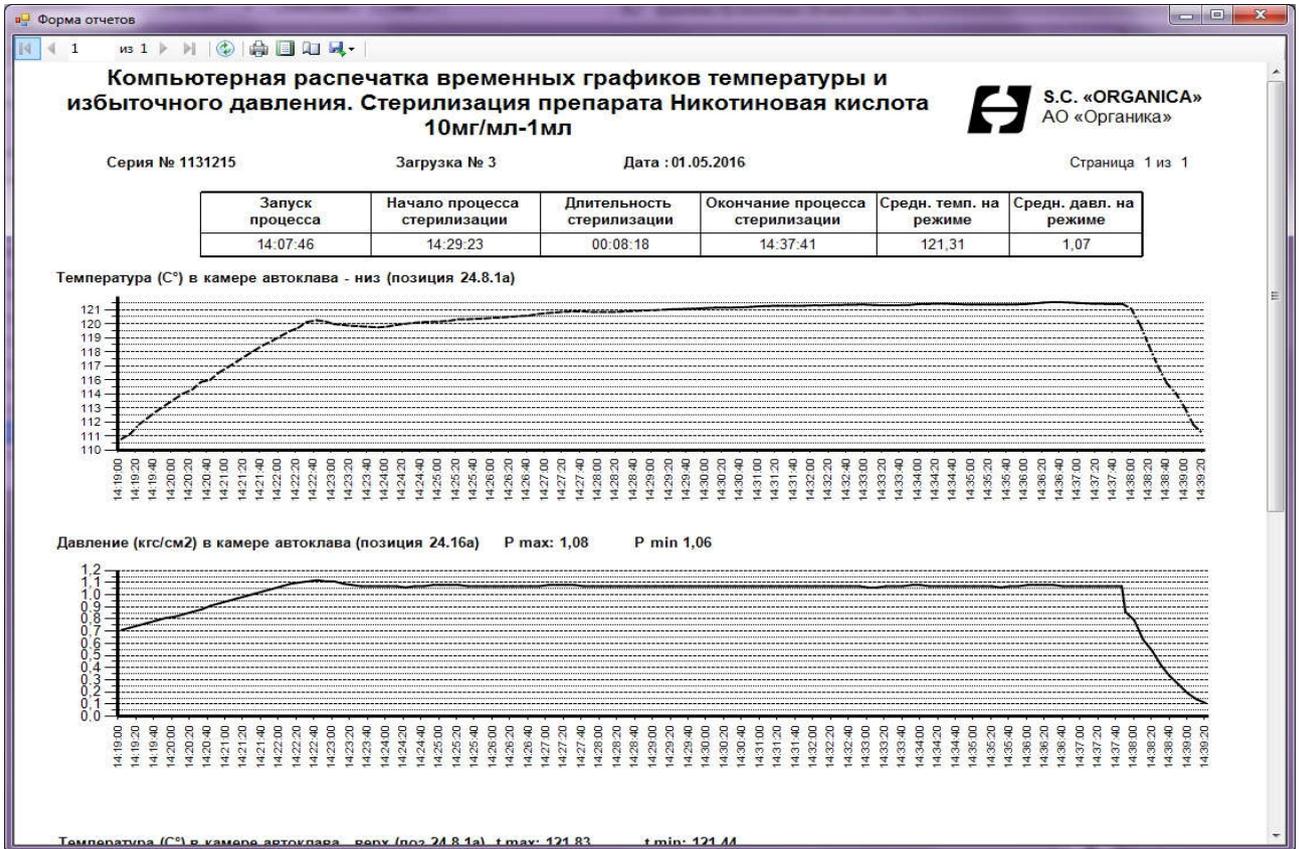


Рисунок 20 – Отчет о стерилизации

3.5.2 Структура прикладной программы

Для получения схемы данных используем инструмент генерации графов, зависимости классов программы. Программные модули, использованные в приложении, изображены на рисунке 21.

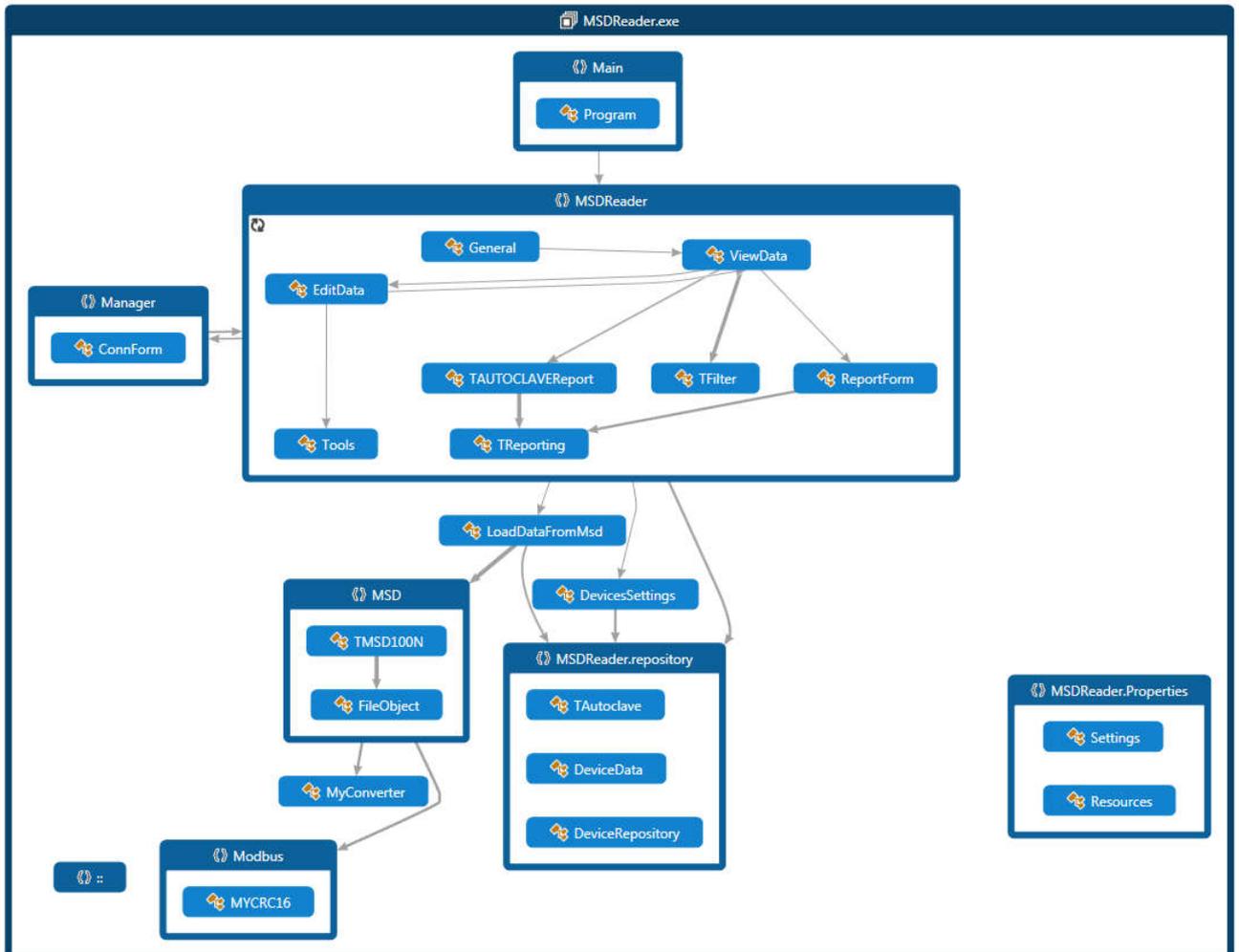


Рисунок 21 – Зависимость модулей прикладной программы

Содержание каждого модуля:

- Main – Начальная точка выполнения программы;
- MsdReader – Графический пользовательский интерфейс в который входят элементы управления окнами, отображения данных, отчетов;
- Manager – Настройки подключения к СУБД;
- Msd – Загрузка данных с МСД, программный код данного класса является наиболее важным представлен в приложении E;
- MsdReader.repository – Выгрузка данных с МСД в СУБД;
- MsdReader.Properties – Настройка подключения к поставщику данных;

- Modbus – Очистка записи, после выгрузки данных БД.

3.5.3 Структура базы данных

Как говорилось ранее в качестве сервера СУБД на предприятии АО «Органика» используется Microsoft SQLServer 2012 редакции Standart. Сервер обрабатывает несколько различных БД, от других вычислительных систем предприятия. Разработанная реляционная база данных относится к 3-ей нормальной форме.

На рисунке 22 приведена схема данных базы, база состоит из пяти таблиц.

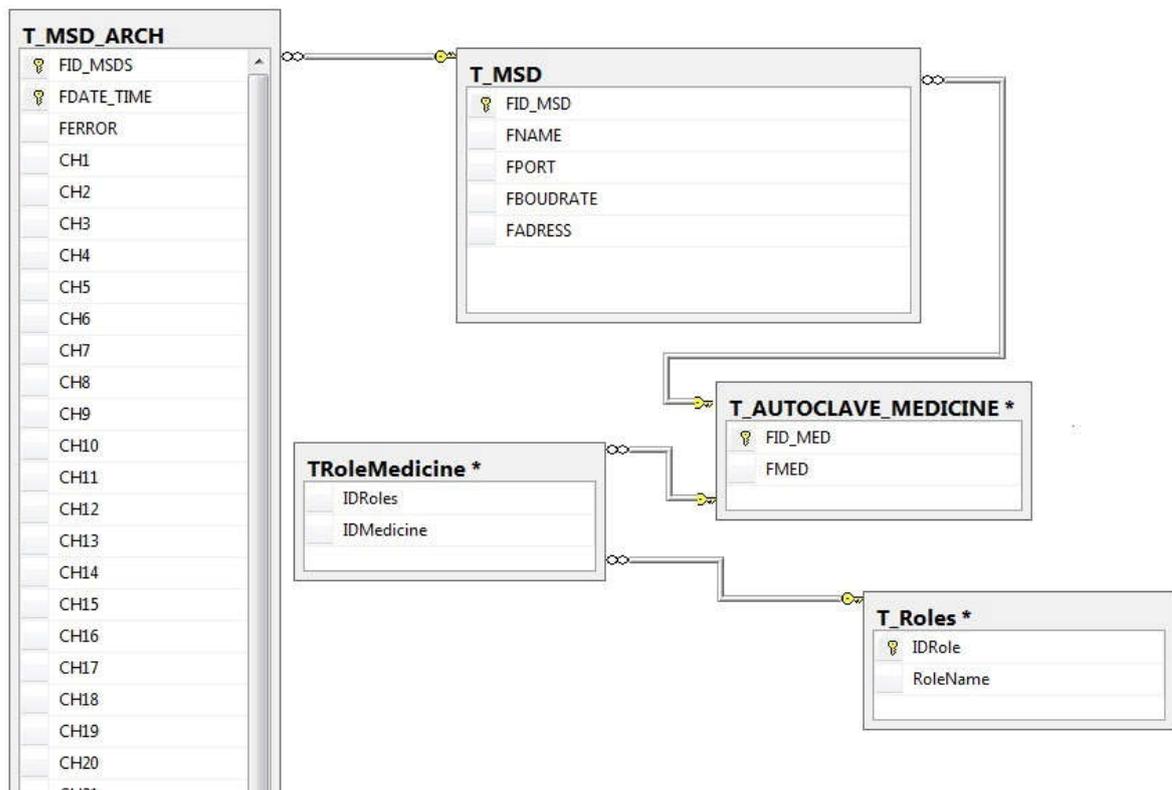


Рисунок 22 – Схема данных БД

T_msd_arch – таблица хранения данных технологических циклов, проведенных в автоклаве.

T_msd – таблица данных со сведениям о поставщике данных, в нашем случае это блок сбора данных с ММС накопителем.

T_autoclave_medicine – таблица данных содержащая список препаратов, стерилизация которых может проводится в автоклаве.

TroleMedicine, T_roles – таблицы в которых идет разделение препаратов на группы. Т.е на психотропные, анальгетики и т.д.

Формат записи данных является регламентированным. Структура базы соответствует правилам GMPProject. «Стерильное производство» ALT001.

Средствами СУБД MSSQLServer в базе настроены следующие задачи:

1. Резервное копирование БД на отдельный файловый сервер предприятия;
2. Проверка целостности базы;
3. Перестроение индексов БД.

3.6 Инструкция по эксплуатации автоматизированной системы управления автоклава

Подготовка к работе.

В целях безопасности дверь автоклава оснащена датчиком закрытия, при несрабатывании датчика закрытия, процесс работы запустить невозможно.

Переведите тумблер «СЕТЬ» и тумблер питания панели оператора в положение «ВКЛ». Дождитесь пока загорится светодиод «ПЛК в работе».

Стерилизация.

Выберите нужный режим автоклавирования, переведя тумблер «РЕЖИМ» в соответствующие положение. При непрерывном режиме, процесс проверки герметичности начинается автоматически после завершения процесса стерилизации. При отдельном режиме процесс проверки герметичности запускается кнопкой «ПУСК СИНЬКОВАНИЯ».

Нажмите кнопку «ПУСК СТЕРИЛИЗАЦИИ». На главном экране панели оператора в нижнем левом углу появится надпись «Стерилизация: вакуум». Откроется клапан подачи вакуума в камеру автоклава. При достижении разряжения в камере автоклава равного установке «10», клапан закроется, откроется регулирующий клапан, в камеру автоклава начнет поступать пар. На главном экране панели оператора в нижнем левом углу появится надпись «Стерилизация: подогрев». Когда давление в камере автоклава превысит значение $0,2 \text{ кгс/см}^2$, откроется клапан (степень открытия определена установкой «2»). Выход на режим происходит, когда измеренное значение температуры на выходе камеры автоклава, достигает значения установки «13». На главном экране панели оператора в нижнем левом углу появится надпись «Стерилизация: режим». Длительность времени стерилизационной выдержки задается установкой «1».

Если во время стерилизационной выдержки температура на выходе камеры автоклава опустится, ниже установки «13», отчет времени стерилизационной выдержки приостановится, произойдет срабатывание светозвуковой сигнализации, и на главном экране панели оператора в нижнем левом углу появится надпись «Отклонение от режима». Отчет времени стерилизационной выдержки продолжится, если температура на выходе камеры автоклава вновь сравняется с установкой «13». Если в течении 10 минут этого не произойдет, процесс стерилизации остановится, на главном экране панели оператора в нижнем левом углу появится надпись «Останов стерилизации».

По истечению времени стерилизационной выдержки, регулирующий клапана закрывается, полностью открываются клапана сброса давления. На главном экране панели оператора в нижнем левом углу появится надпись «Стерилизация: сброс давления».

Процесс стерилизации завершится, когда давление в камере автоклава упадет ниже установки «4», а температура на входе в автоклав упадет ниже установки «14». Если выбран отдельный режим на главном экране ПО в нижнем левом углу появится надпись «Стерилизация завершена». Если режим непрерывный, то автоматически запускается процесс проверки герметичности.

Для экстренной остановки процесса стерилизации нажмите кнопку «СТОП». Клапан подачи пара закрывается, на главном экране панели оператора в нижнем левом углу появится надпись «Остановка стерилизации». Если в камере автоклава при этом было избыточное давление, откроются клапана сброса давления, пока давление не упадет до атмосферного.

Проверка герметичности.

В отдельном режиме процесс проверки герметичности запускается при нажатии кнопки «ПУСК СИНЬКОВАНИЯ».

При запуске процесса проверки герметичности на главном экране панели оператора в нижнем левом углу появляется надпись «Синькование: наполнение». Открываются клапана сборника контрольного раствора. Под действием сжатого воздуха происходит перекачивание красящего раствора из сборника МСБ-26 в камеру автоклава.

При срабатывании верхнего уровня автоклава, клапана сборника закрываются, открывается клапан сжатого воздуха. При достижении значения разрежения в нутрии автоклава равного установке «10», на главном экране панели оператора в нижнем левом углу появляется надпись «Синькование: барботирование». Начинается отчет времени барботирования. Длительность барботирования задается установкой «9».

По истечению времени барботирования клапан закрывается. Когда давление в камере автоклава поднимется до атмосферного, на главном экране панели оператора в нижнем левом углу появляется надпись «Синькование: слив», открываются клапана. Под действием вакуума контрольный раствор выкачивается из камеры автоклава в сборник МСБ-26.

Через 20 с. после отключения уровня, закрываются клапана, на главном экране панели оператора в нижнем левом углу появляется надпись «Синькование завершено». После завершения процесса проверки герметичности на 20 с. открывается клапан слива канализации.

Для экстренной остановки процесса проверки герметичности нажмите кнопку «СТОП». На главном экране панели оператора в нижнем левом углу появляется надпись «Останов синькования». Откроются клапана. Под действием вакуума раствор синьки выкачивается из камеры автоклава в сборник МСБ-26. Через 20 с. после отключения уровня, закрываются клапана.

Подогрев контрольного раствора.

Подогрев раствора может осуществляться в ручном либо автоматическом режиме (тумблер «режим подогрева синьки»).

Для запуска подогрева красящего раствора в ручном режиме переведите тумблер в положение «РУЧНОЙ» и нажмите кнопку «ПУСК ПОДОГРЕВА». В ручном режиме подогрев запустится, только если температура раствора синьки меньше установки «15». Откроются клапана, на главном экране панели оператора в нижнем правом углу появится надпись «подогрев РУЧ». Пар поступает в рубашку сборника МСБ-26. При достижении температуры раствора синьки значения установки «15», подогрев синьки отключается. Клапан закрывается, на главном экране панели оператора в нижнем правом углу появляется надпись «t раствора оптимальна». Для принудительного отключения подогрева раствора синьки нажмите кнопку «СТОП ПОДОГРЕВА».

Для запуска подогрева синьки в автоматическом режиме переведите тумблер в положение «АВТОМАТ» и нажмите кнопку «ПУСК ПОДОГРЕВА». На главном экране панели оператора в нижнем правом углу появляется надпись «подогрев АВТ». В автоматическом режиме клапана будут открываться при понижении температуры контрольного раствора ниже значения установки «15», и закрываться при превышении выше значения установки «15». Режим автоматического подогрева синьки отключается кнопкой «СТОП ПОДОГРЕВА».

Защита от аварийного превышения давления в камере автоклава.

При превышении давления в камере автоклава выше $1,7 \text{ кгс/см}^2$, происходит автоматическая остановка любого процесса, открываются клапана сброса давления и срабатывает светозвуковая сигнализация. Процесс может быть запущен вновь, только после падения давления в камере автоклава до атмосферного.

В случае неконтролируемого возрастания давления в камере автоклава нажмите кнопку «СТОП», если возрастание не прекратится, выключите тумблер «СЕТЬ».

3.6.1 Работа с операторской панелью СП270.

При включении питания на панели оператора отображается главный экран. На главном экране отображены: мнемосхема процесса, кнопки перехода на другие экраны, текущее время и дата.

На мнемосхеме отображается состояние отсечных и регулирующих клапанов, процент открытия регулирующих клапанов, состояние датчиков уровня, численные значения измеренных аналоговых величин (давление в кгс/см^2 , температура в $^{\circ}\text{C}$).

Переход на другой экран осуществляется нажатием соответствующей кнопки.

Экран «t граф».

На экране «t граф» на одной графической области отображаются временные графики температуры в трех точках камеры автоклава. При нажатии кнопки «убр», убираются все графики. При нажатии кнопок «t верх», «t сред», «t ниж», отображаются соответствующие графики. Кнопками «<» «+» «-» «>», осуществляется навигация по оси времени. Кнопками «√» «+» «-» «∧», осуществляется навигация по оси температуры. При нажатии кнопки «с/с», происходит остановка построения графиков, при повторном нажатии, построение графиков возобновляется. При нажатии кнопки «главный» происходит переход на главный экран.

Экран «p граф».

На экране «р граф» отображается временной график давления в камере автоклава. Кнопками «<» «+» «-» «>», осуществляется навигация по оси времени. Кнопками «√» «+» «-» «∧», осуществляется навигация по оси температуры. При нажатии кнопки «с/с», происходит остановка построения графиков, при повторном нажатии, построение графиков возобновляется. При нажатии кнопки «главный» происходит переход на главный экран.

Экран «События».

На экране «События» отображается хронология следующих событий:

- Запуск стерилизации;
- Выход на режим;
- Завершение режима;
- Завершение стерилизации;
- Начало проверки герметичности;
- Завершение проверки герметичности;
- Останов стерилизации;
- Останов проверки герметичности;
- Отклонение от режима.

Кнопка «∧» перемещает курсор на более поздние события, кнопка «√» перемещает курсор на более ранние события. Кнопка «res» очищает весь архив событий.

Экран «Установки»

На экране «Установки» отображаются значения следующих установок:

1. Длительность стерилизационной выдержки, сек.
2. % открытия клапана слива конденсата во время подогрева.
3. % открытия клапана слива конденсата во время стерилизационной выдержки.
4. Значение принимаемое за нижнюю и верхнюю границу нулевого давления в камере автоклава ($-x < 0 < x$), кгс/см².
5. Задание регулятора давления в камере автоклава (первая ступень), кгс/см².
6. Задание регулятора давления в камере автоклава (вторая ступень), кгс/см².
7. Задание регулятора давления в камере автоклава (третья ступень), кгс/см².
8. Задание регулятора давления пара на входе в систему, кгс/см².
Значение разряжения в автоклаве, кгс/см².
9. Температура перехода на вторую ступень регулирования давления в камере автоклава, С⁰.

10. Температура перехода на третью ступень регулирования давления в камере автоклава, С⁰.
11. Температура стерилизационной выдержки, С⁰.
12. Температура в камере автоклава после сброса давления, С⁰.
13. Минимальная температура раствора синьки, С⁰.

Для перехода на экран редактирования установок требуется ввести пароль доступа.

Редактирование установок осуществляется только представителями цеха КИПиА, а также отделом ИТ.

Экран «Управление»

Для перехода на экран требуется ввести пароль доступа. Экран «управление» позволяет осуществлять ручное управление отсечными и регулирующими клапанами, когда не запущены процессы стерилизации, проверки герметичности и подогрева контрольного раствора.

3.7 Руководство пользователю прикладной программы

Данное программное обеспечение предназначено для формирования отчетов операционных листов процессов стерилизации и проверки герметичности ампульных препаратов в автоклаве.

3.7.1 Запуск программы

После нажатия двойным щелчком на ярлык на экране отображается главное окно программы рисунок 23.

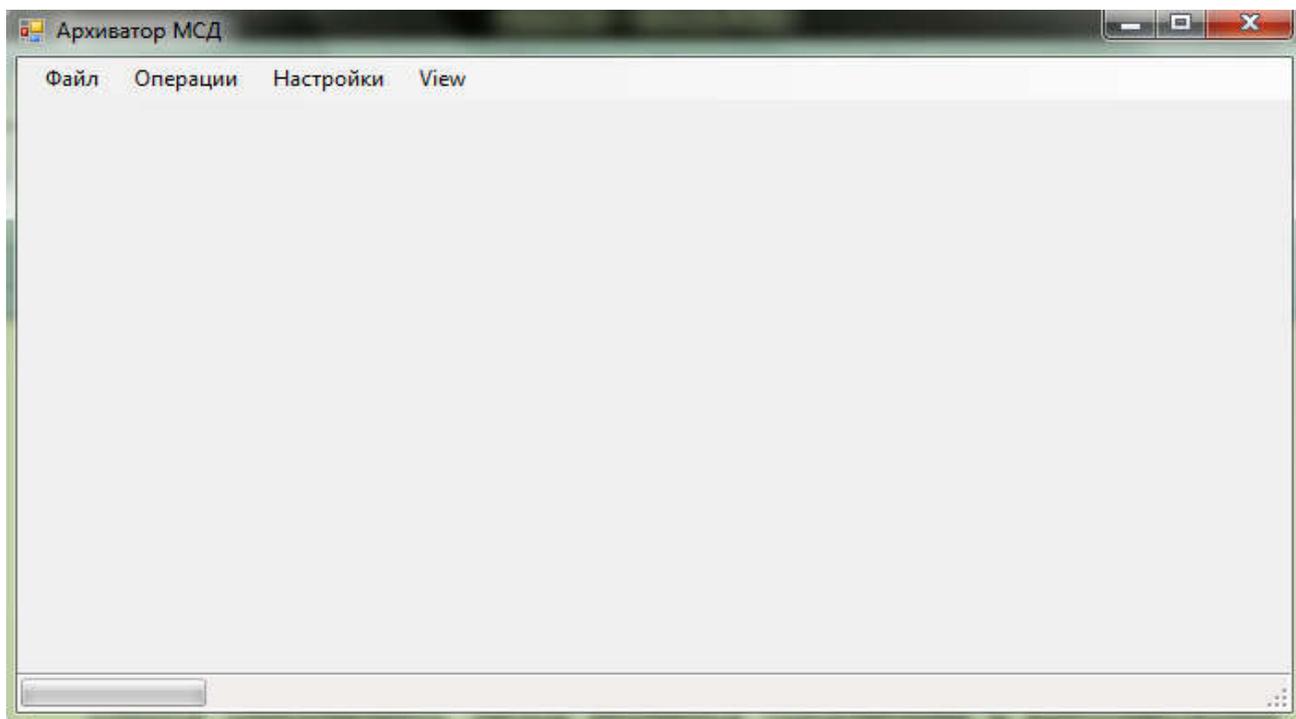


Рисунок 23 – Главное окно программы

В верхней части окна расположено меню программы:

- Файл (раздел экспорта)
- Операции (операции с данными)
- Настройки (настройки соединения с базой данных и автоклавом)

Для формирования отчетов необходимо:

- Загрузить данные из памяти пишущего устройства автоклава (МСД) в базу данных ПК (БД).
- Выбрать нужную запись.
- При необходимости поправить.
- Сформировать отчет.

Записи данных в МСД проводятся ежедневно. Технолог загружает записи, только своей рабочей смены.

3.7.2 Этапы загрузки данных

Загрузка данных производится один раз для каждого дня (в том случае если загружается предыдущий день). Для загрузки данных необходимо нажать на вкладку (Операции) далее (Данные в МСД) в результате откроется окно загрузки данных. В окне загрузки данных необходимо нажать на кнопку (Соединение). В случае успешного соединения с автоклавом на белом поле ниже будут отображены записи с данными в формате (ММ_ГГГГ). Если записи не отображаются то связь с МСД не установлена (возможно выключен автоклав).

Необходимо двойным щелчком открыть нужную запись, выделить файл и нажать кнопку (Загрузка в БД). После необходимо дождаться завершения процесса загрузки (100%).

3.7.3 Этап просмотра данных в БД

После того как необходимые данные загружены можно их просмотреть. Для этого необходимо нажать на верхней панели кнопку (Операции) далее (Данные в БД). Откроется окно обработки данных.

Для отображения данных необходимо выбрать период (Дата начало Дата конец) после нажать на кнопку (Запросить данные), после чего в таблице ниже появятся данные.

Рисунок 24 – Фильтры

Для фильтрации данных необходимо активировать фильтр двойным щелчком рядом с его названием и выбрать вариант из выпадающего списка рисунок 24.

3.7.4 Правка записей

Для правки записи ее необходимо выделить (щелчком по ней в таблице) и нажать кнопку (Правка выделенной записи). Откроется окно правки записи процесса рисунок 25.

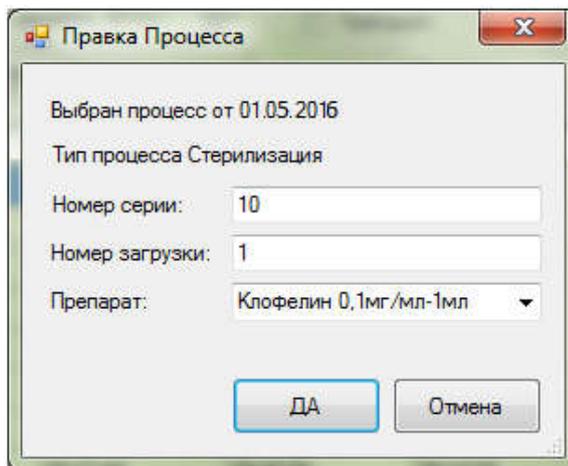


Рисунок 25 – Правка записи процесса

В данном окне можно поменять серию загрузки и препарат.

3.7.5 Формирование отчетов

Для формирования отчета нам необходимо выделить нужную запись и нажать кнопку (Отчет по выделенной записи), после чего откроется окно отчета рисунок 26.

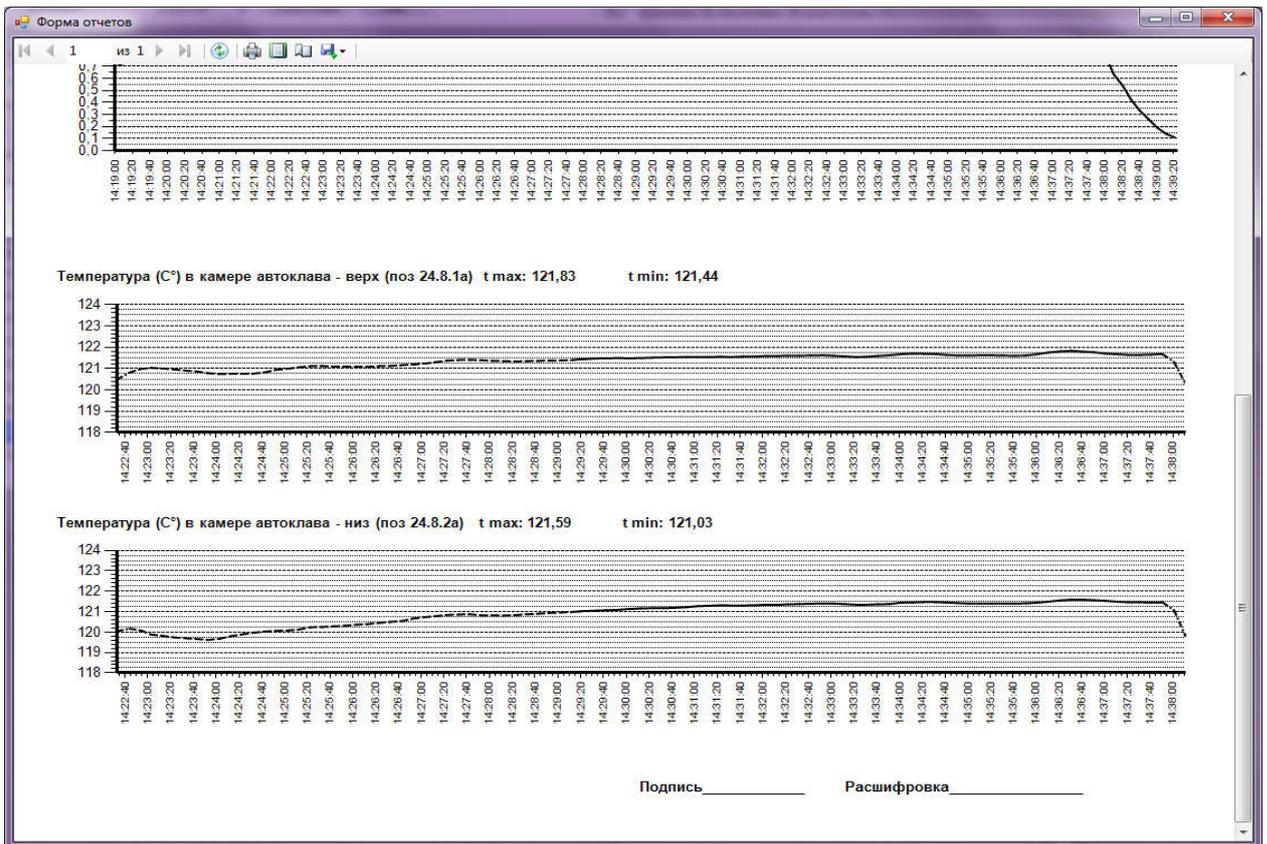


Рисунок 26 – Форма отчета

Для просмотра перед печатью нажать на пиктограмму



Для печати нажать на пиктограмму



Для сохранения отчета в папке нажмите пиктограмму после чего выбрать нужный формат (Excel, Word)



