

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

Кафедра

вычислительной техники

«Вычислительная техника»

Направление подготовки: 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
Профиль подготовки: «Вычислительные машины, системы, комплексы и
сети»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВОМ ТЕПЛИЧНОГО
КОМПЛЕКСА

Студент

Чубаров И.В.
(подпись, дата) (ФИО полностью)

Руководитель

Тарасов Д.А.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр

Бычков А.С.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол зас. кафедры от 22.05.2026 г. № 14)

Заведующий кафедрой

Митрохин М.А.
(подпись) (фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой

удовлетворительно (протокол заседания ГЭК от
15 июня 2026 г. № 12)

Секретарь ГЭК

Гурин Е.И.
(подпись) (фамилия, инициалы)

Пенза 2026

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
вычислительной техники

Кафедра
«Вычислительная техника»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
М.А. Митрохин
«07» 04 2026 г.

**ЗАДАНИЕ
НА БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ**

1. Студент Чубаров Игорь Валерьевич гр.22ВВВ1 факультета вычислительной техники.

2. Тема работы: Система автоматического управления поливом тепличного комплекса

Тема утверждена приказом ПГУ № 347/о от "7" апреля 2026 г.

3. Руководитель бакалаврской работы к.т.н., доцент кафедры ВТ ПГУ Тарасов Д.А.

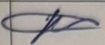
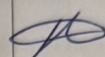
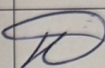
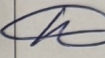
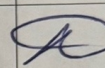
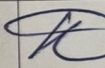
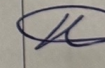
4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.)

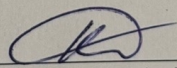
Разработать систему автоматического управления поливом тепличного комплекса. Система должна обеспечивать поддержание заданного уровня влажности в автоматическом режиме, ручном и по расписанию, мониторинг текущих параметров процесса, а также интуитивно понятный интерфейс для оператора с возможностью настройки уставок и контроля аварийных состояний.

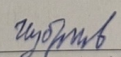
5. Перечень подлежащих разработке вопросов

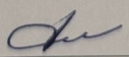
Произвести анализ предметной области: исследовать существующие решения по автоматизации полива, установить технические требования к функционалу и выбрать аппаратные компоненты системы. Разработать структурную схему и алгоритмы управления, реализовать программный комплекс для ПЛК и панели оператора. Провести тестирование системы в режиме эмуляции, проверить работоспособность всех.

6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1	Изучение предметной области	60	07.04.2026 – 13.04.2026	
2	Выбор средств разработки и проектирование архитектуры системы	40	14.04.2026 – 19.04.2026	
3	конфигурирование контроллера ОВЕН ПР200	55	20.04.2026 – 27.04.2026	
4	Разработка программы автоматического управления тепличным комплексом	80	28.04.2026 – 08.05.2026	
5	Разработка и настройка интерфейса панели оператора ОВЕН СП270	45	09.05.2026 – 13.05.2026	
6	Тестирование, отладка и комплексные испытания аппаратно-программного комплекса	50	14.05.2026 – 17.05.2026	
7	Анализ результатов, оформление пояснительной записки, приложений и презентации	30	18.05.2026 – 21.05.2026	

Руководитель бакалаврской работы  Тарасов Д.А.
(подпись, дата)

Задание к исполнению принял студент  Чубаров И.В.
(подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета  Фионова Л.Р.
10.06.2020 (подпись, дата)

Реферат

Бакалаврская работа содержит листов, рисунков, 3 таблицы, 7 источников, 3 приложения.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВОМ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСА

Цель работы заключается в разработке автоматизированной системы управления поливом тепличного комплекса, направленной на оптимизацию расхода водных ресурсов и поддержание оптимального уровня влажности почвы для эффективного роста сельскохозяйственных культур.

Исследовательская часть проекта сосредоточена на процессах автоматизации тепличных комплексов, анализе методов управления исполнительными устройствами и совершенствовании алгоритмов сбора данных с датчиков влажности в режиме реального времени.

Техническая реализация системы базируется на применении программируемых реле компании ОВЕН, использовании языков FBD и ST, а также настройке промышленного интерфейса Modbus RTU.

Результатом проектирования стал комплекс для автоматизации орошения с тремя режимами управления: ручным, гистерезисным и циклическим. Преимуществом разработки является возможность гибкой настройки уставок в реальном времени, исключающая потребность в перепрограммировании контроллера.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Под	Дата	Система автоматического управления поливом тепличного комплекса	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Чубаров И.В.		29.06.20				
Провер.		Тарасов Д.А.		29.06.20			2	87
Н. Контр.		Бычков А.С.		29.06.20		ФВТ, каф. ВТ гр. 22ВВВ1		
Утверд.		Митрохин		29.06.20				

Содержание

Перечень сокращений и обозначений.....	5
Введение	6
1 Разработка системы автоматического управления тепличного комплекса	7
1.1 Анализ предметной области.....	7
1.2 Анализ аналогов.....	8
1.3 Постановка задачи	9
1.4 Анализ требований к разработке.....	11
1.4.1 Требования к обработки входных сигналов.....	11
1.4.2 Требования к алгоритмам управления.....	11
1.4.3 Требования к интерфейсу и обмену данными	12
1.4.4 Требования к надёжности и безопасности.....	12
2 Архитектура программы	12
2.1 Выбор языка программирования.....	13
2.2 Выбор среды разработки.....	14
2.3 Проектирования и разработка	24
2.3.1 Конфигурирование контроллера ОВЕН ПР200.....	24
2.3.2 Разработка программы	29
2.4 Настройка интерфейса управления для панели оператора СП270	44
3 Анализ результата.....	58
3.1 Тестирование и отладка программы	58
3.2 Тестирование панели оператора ОВЕН СП270	61
3.3 Практическая реализация и комплексное испытание проекта на аппаратном стенде	63

4 Безопасность жизнедеятельности.....	66
4.1 Анализ негативных факторов, воздействующих на оператора ПЭВМ и способы их устранения.....	66
4.2 Освещённость рабочего места.....	68
4.3 Электробезопасность.....	69
4.4 Пожарная безопасность.....	70
4.5 Режим труда и отдыха.....	71
4.6 Требования безопасности при эксплуатации аппаратного комплекса.....	71
Заключение.....	73
Список использованных источников.....	74
Приложение А – UML-диаграммы.....	75
Приложение Б – Схема программы.....	79
Приложение В – Презентация.....	81

Перечень сокращений и обозначений

В работе применяются следующие сокращения и обозначения

АСУ – автоматизированная система управления.

САУ – система автоматического управления.

ПО – программное обеспечение.

ПЗ – пояснительная записка.

ПР – программируемое реле.

PTB – режим реального времени (связан с настройкой расписания полива).

IEEE 754 – стандарт представления чисел

HMI (Human-Machine Interface) – панель оператора.

Modbus RTU/TCP – протокол для организации связи между ПР и панелью оператора.

ST (Structured Text) – текстовый язык стандарта МЭК 61131-3.

FBD (Function Block Diagram) – графический язык программирования стандарта МЭК 61131-3.

AI (Analog Input) – аналоговый вход контроллера.

DI (Digital Input) – дискретный (цифровой) вход контроллера.

DO (Digital Output) – дискретный (цифровой) выход контроллера.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Введение

Современный этап развития агропромышленного комплекса характеризуется активным внедрением технологий точного земледелия и автоматизации производственных процессов. В условиях закрытого грунта, таких как тепличные комплексы, поддержание оптимального уровня влажности почвы является критически важным фактором, определяющим урожайность, качество продукции и эффективность использования ресурсов.

Традиционные методы полива, основанные на ручном управлении или простейших таймерах, не учитывают динамику изменения параметров окружающей среды и текущее состояние субстрата. Это приводит к нерациональному расходу воды, вымыванию питательных веществ и риску возникновения заболеваний растений. Решением этой проблемы является создание интеллектуальных систем автоматического управления (САУ) на базе современных программируемых логических устройств.

Целью бакалаврской работы является разработка и программная реализация системы автоматизированного управления поливом тепличного комплекса. В качестве аппаратной основы выбран программно-технический комплекс на базе программируемого реле ОВЕН ПР, обладающий необходимым набором интерфейсов и высокой надежностью в условиях повышенной влажности.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Разработка системы автоматического управления поливом тепличного комплекса.

1.1 Анализ предметной области

Автоматизация тепличных комплексов представляет собой комплексную инженерную задачу, направленную на создание и поддержание микроклимата, необходимого для эффективного роста сельскохозяйственных культур. Среди ключевых параметров среды – таких как температура, освещенность и концентрация углекислого газа – именно влажность почвы является наиболее критическим и динамически изменяющимся фактором, требующим постоянного контроля.

Процесс выращивания растений в закрытом грунте характеризуется рядом специфических технологических сложностей. Объект управления обладает высокой степенью нелинейности: впитывающие свойства почвы и скорость испарения влаги напрямую зависят от множества внешних факторов, включая температуру, стадию вегетации и состав субстрата. Использование жестких, неизменяемых алгоритмов в таких условиях не является эффективным. Кроме того, существует острая необходимость в прецизионном регулировании: недостаточный полив приводит к задержке развития культур, тогда как избыточное увлажнение чревато поражением корневой системы и нерациональным расходом водных ресурсов и электроэнергии. Дополнительным фактором является агрессивная среда эксплуатации – высокая влажность и запыленность внутри теплицы предъявляют повышенные требования к помехозащищенности и надежности аппаратной части системы управления.

В современной практике автоматизации орошения выделяются три основных подхода. Первый – ручное управление, при котором оператор самостоятельно контролирует работу насосного оборудования, что сопряжено с высокой вероятностью ошибок и значительными трудозатратами. Второй

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

циклическое управление по заданному расписанию, обеспечивающее регулярность полива, но не учитывающее реальное состояние почвы. Третий метод – адаптивное управление с использованием датчиков влажности (обратной связью), позволяющее принимать решение о запуске системы на основе актуальных данных о состоянии грунта, что является наиболее перспективным решением.

В работе реализован комбинированный подход, сочетающий автоматическое поддержание влажности по гистерезисному закону с возможностью циклической работы по времени. Это решение позволяет обеспечить баланс между точностью реагирования на изменения в почве и предсказуемостью графика полива. В качестве управляющего ядра системы выбраны программируемые реле, сочетающие в себе промышленную надежность и гибкость настройки алгоритмов. Взаимодействие с пользователем организовано посредством графической панели оператора (HMI), что обеспечивает возможность оперативного мониторинга состояния исполнительных механизмов и изменения параметров системы без необходимости вмешательства в программный код контроллера.

1.2 Анализ аналогов

В современной практике автоматизации поливочных комплексов существует два основных класса технических решений. Первый из них – это платформы на базе микроконтроллеров, таких как Arduino или ESP32. Несмотря на доступную стоимость и широкое программное обеспечение, данные устройства не пригодны для промышленной эксплуатации в тепличных условиях из-за отсутствия аппаратной защиты входов и выходов, а также низкой помехоустойчивости к агрессивной влажной среде. Второй подход основан на применении промышленных программируемых устройств (продукция компаний OVEN, Siemens). Этот вариант выгодно сочетает промышленный стандарт надежности с гибкостью разработки алгоритмов в соответствии со стандартами

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

МЭК 61131-3, а наличие интерфейса RS-485 обеспечивает легкость масштабирования и интеграции в корпоративные SCADA-системы.

В качестве технической базы для реализации проекта было выбрано программируемое реле компании ОВЕН. Выбор обусловлен необходимостью обеспечения высокого уровня отказоустойчивости системы, возможностью реализации уникальных алгоритмов обработки сигналов на языке структурированного текста (ST), а также полным соответствием стратегии импортозамещения. Использование оборудования гарантирует стабильность поставок, доступность сервисной поддержки и наличие комплектующих на всех этапах жизненного цикла системы. Анализ сравнения представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем управления

Критерий	Микроконтроллеры	ПР ОВЕН
Надежность	Низкая	Промышленная
Гибкость логики	Полная	Полная
Защита от помех	Отсутствует	Высокая
Интеграция в сеть	Сложная	ModbusRTU/TCP

1.3 Постановка задачи

Целью раздела является формулировка технических требований к проектируемой системе автоматизированного управления (САУ) поливом. На основании проведенного анализа предметной области и выбранных аппаратных решений система должна обеспечивать комплексное управление микроклиматом тепличного комплекса, решая задачи мониторинга и исполнительной автоматики.

Функциональный состав системы охватывает сбор и предварительную обработку сигналов с аналоговых датчиков влажности почвы, использующих стандартный токовый интерфейс 4–20 мА. Для получения достоверных данных предусмотрено программное масштабирование сигналов и их фильтрация,

исключающая влияние электромагнитных помех. Алгоритмическая часть системы реализует три независимых режима управления: ручной, автоматический (на основе гистерезисного закона) и циклический по расписанию в реальном времени. При проектировании логики управления обеспечена защита от некорректных действий оператора, исключая возможность одновременной активации конфликтующих режимов. Формирование управляющих воздействий на насосное оборудование осуществляется через дискретные выходы контроллера. Визуализация текущего состояния системы на панели оператора включает индикацию уровня влажности, статуса активного режима и оповещение об аварийных ситуациях, при этом предусмотрена возможность оперативного изменения уставок и параметров гистерезиса без остановки технологического процесса.

Аппаратная реализация комплекса базируется на программируемом реле ОВЕН, дополненном модулями расширения при необходимости. Программная среда разработки – Owen Logic версии 3.0.372.0 с применением языков FBD и ST (Structured Text). Взаимодействие между управляющим контроллером и панелью оператора (HMI) осуществляется по протоколу Modbus RTU. К системе предъявляются строгие требования по надежности: она должна сохранять работоспособность при кратковременных сбоях электропитания и обеспечивать безопасное состояние выходов при возникновении критических ошибок. Информационная открытость системы достигается за счет структурирования карты регистров, что создает основу для дальнейшей интеграции комплекса в системы диспетчеризации верхнего уровня.

Объектом разработки в рамках работы является прикладное программное обеспечение для программируемого реле, а также графический интерфейс пользователя для сенсорной панели управления, обеспечивающие полное выполнение вышеописанных функциональных требований.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4 Анализ требований к разработке

Проектирование системы управления поливом требует детального анализа функциональных и эксплуатационных характеристик будущего программно-технического комплекса. Систематизация этих требований позволяет обосновать выбор алгоритмических методов и структуру прикладного программного обеспечения, гарантируя устойчивость и предсказуемость всей системы в процессе эксплуатации. Управление поливом требует детального анализа функциональных и эксплуатационных характеристик будущего программно-технического комплекса. Систематизация этих требований позволяет обосновать выбор алгоритмических методов и структуру прикладного программного обеспечения, гарантируя устойчивость и предсказуемость всей системы в процессе эксплуатации.

1.4.1 Требования к обработке входных сигналов

Поскольку используемые датчики влажности передают данные через токовую петлю 4-20 мА, программная часть системы выполняет точное масштабирование значений в проценты, опираясь на разрядность АЦП контроллера. Отдельной задачей является контроль целостности линии связи: система непрерывно отслеживает диапазон 4-20 мА и при возникновении обрывов или коротких замыканий мгновенно переводит комплекс в безопасный режим, оповещая об этом оператора.

1.4.2 Требования к алгоритмам управления

Программная архитектура поддерживает возможность переключения между ручным, автоматическим и циклическим режимами работы, при этом логические узлы исключают возникновение конфликтов управления при смене состояния системы. Для сохранения работоспособности после аварийных отключений электроэнергии все ключевые настройки, включая временные интервалы и пороги гистерезиса, хранятся в энергонезависимой памяти контроллера. Реализация

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сложных логических операций, таких как проверка условий переключения режимов или агрегация данных, выполнена на языке структурированного текста (ST), что обеспечивает компактность программного кода и существенно упрощает его отладку в процессе внедрения.

1.4.3 Требования к интерфейсу и обмену данными

Взаимодействия между управляющим контроллером и панелью оператора базируется на использовании промышленного протокола Modbus RTU. Для обеспечения стабильного обмена данными требуется четкая структуризация карты регистров, которая определяет логику адресации и форматы передаваемых переменных. Эргономические параметры HMI-интерфейса направлены на создание интуитивно понятной среды управления, где оператор получает актуальную информацию о состоянии насосного оборудования и может оперативно скорректировать рабочие уставки, затрачивая при этом минимальное количество действий при навигации по экранам

1.4.4 Требования к надежности и безопасности

Аппаратная часть оснащена средствами развязки, которые предотвращают негативное воздействие электрических наводок и скачков напряжения со стороны силовых цепей насосного оборудования на внутренние компоненты контроллера. В программе реализован алгоритм безопасного состояния: при возникновении критических аварийных ситуаций или потере сигнала от измерительных приборов исполнительные механизмы принудительно переводятся в режим отключения, что полностью исключает риск неконтролируемого полива.

2 Архитектура программы

Программное обеспечение написано в среде Owen Logic и разбито на модули. Общая логика управления собрана на графическом языке FBD, а для сложных расчетов и обработки данных добавлены блоки на текстовом языке ST.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Информационный обмен с панелью оператора настроен по протоколу Modbus RTU. Контроллер использует регистры 520 и 522 для приема команд от оператора и отправки данных о текущей влажности, времени и авариях. Входные сигналы с датчиков 4–20 мА проходят через модуль предварительной обработки, где они очищаются от помех и переводятся из токовых значений в понятные проценты.

За смену режимов отвечает отдельный блок «checkModeUpdate». Он исключает конфликты и следит, чтобы в один момент времени работал только один режим: ручной, автоматический или по расписанию. Сама логика полива основана на гистерезисе, который сравнивает текущую влажность с заданными уставками. Чтобы не перегружать сеть, все исходящие данные собираются в единое слово через блок «PackWord», что ускоряет обновление информации на экране.

Такой модульный подход сильно упрощает отладку программы. Если потребуется изменить логику или добавить новые датчики, это можно сделать быстро, не переписывая весь код. Главная логика переключений, реализованная как конечный автомат, жестко контролирует состояние насоса. Это гарантирует, что система не зависнет и будет работать по выбранному режиму.

2.1 Выбор языка программирования

Программное обеспечение для программируемого реле ОВЕН было разработано в среде Owen Logic с использованием двух языков стандарта МЭК 61131–3: графического языка FBD и текстового языка ST. Такой подход позволил рационально распределить вычислительные задачи в зависимости от их сложности, обеспечив баланс между наглядностью системы и ее быстродействием.

Язык графических функциональных блоков (FBD) был выбран в качестве основного инструмента для построения общей логики управления и связывания программных модулей. Его главное преимущество заключается в высокой наглядности: процесс прохождения сигнала от физических входов, к которым

подключены датчики, до исполнительных механизмов. Именно на FBD реализованы алгоритмы сравнения параметров с уставками, работа таймеров, счетчиков и обмен данными с сетевыми переменными.

В то же время для решения более специфических задач был применен текстовый язык ST. Он использован при разработке индивидуальных функциональных блоков, таких как «unpackWord», «PackWord» и «checkModeUpdate», где применение графических элементов привело бы к неоправданному усложнению схемы. Язык ST незаменим при реализации алгоритмов, требующих циклического выполнения, работы с битовыми масками или сложной логики ветвлений с использованием условий.

Совместное использование визуального проектирования FBD для верхнего уровня программы и текстового программирования ST для внутренней логики блоков позволило создать надежное и гибкое решение. Эта архитектура не только облегчает отладку отдельных узлов, но и делает все программное обеспечение более компактным и быстродействующим.

2.2 Выбор среды разработки

Разработка программного обеспечения для контроллера велась в специализированной среде Owen Logic версии 3.0.372.0. Данное ПО распространяется бесплатно и полностью адаптировано под оборудование ОВЕН, что исключает ошибки несовместимости при загрузке алгоритмов в память устройства. Среда поддерживает как графическое программирование на языке FBD, так и текстовое на ST, а также позволяет использовать пользовательские макросы для оптимизации структуры проекта.

Ключевым преимуществом программы является встроенный симулятор. Он позволяет проводить полноценное тестирование алгоритмов от автоматического регулирования влажности до работы часов реального времени на персональном компьютере, не подключая реальное оборудование. Это значительно упрощает отладку и позволяет выявить ошибки до этапа внедрения. На рисунке 1 показан сайт, с которого мы скачиваем нужную нам версию.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

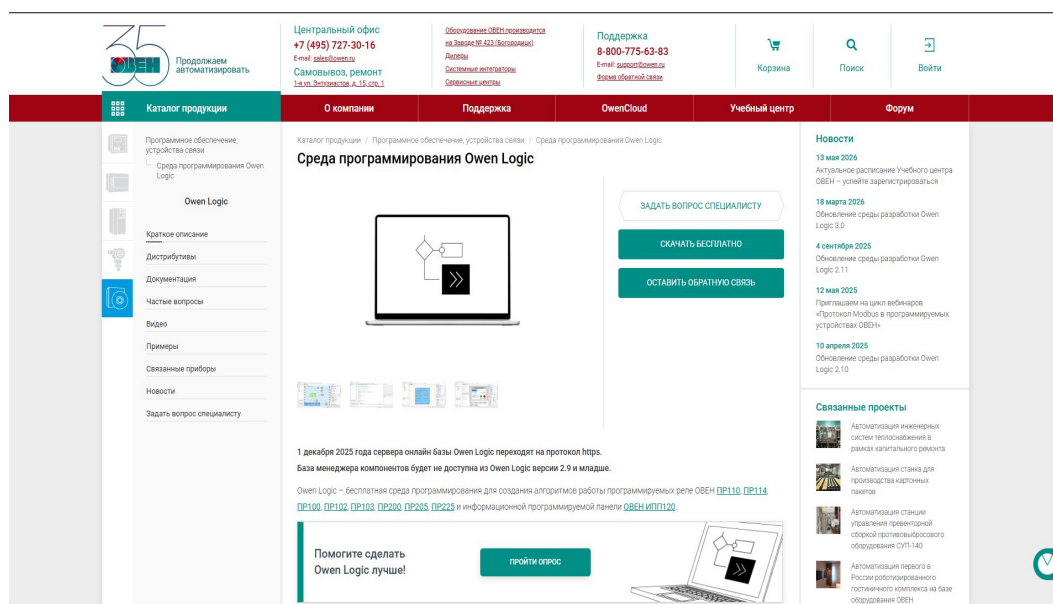


Рисунок 1 – Официальный сайт ОВЕН.

На данной странице мы можем найти множество полезной информации, начиная с актуальных новостей, заканчивая документацией продукта, пользователь выбирает версию, которая устраивает и скачивает её. Рисунок 2.

Среда программирования Owen Logic				
Среда программирования Owen Logic		3.0.373	ZIP	84.09 MB
Архив версий Owen Logic				
Среда программирования Owen Logic		3.0.372	Скачать	
Среда программирования Owen Logic		2.11.370	Скачать	
Среда программирования Owen Logic		2.10.367	Скачать	

Рисунок 2 – Выбор версии среды разработки.

После выбора версии осуществляется подтверждение лицензионного соглашения, как показано на рисунке 3.

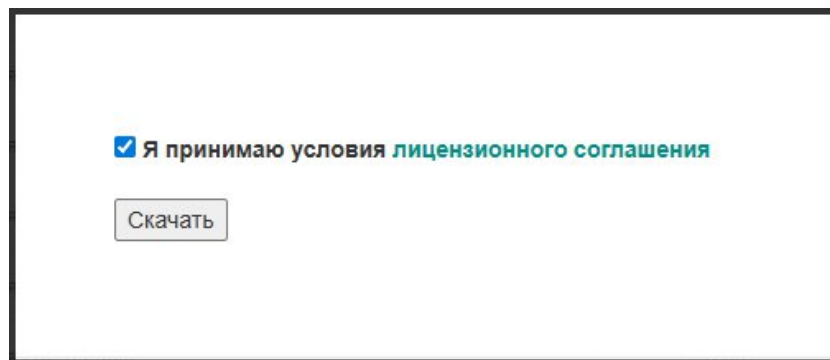


Рисунок 3 – Лицензионное соглашение

После принятия лицензионного соглашения пользователь инициирует скачивание нажатием кнопки «Скачать». Ход загрузки отображается на рисунке 4.

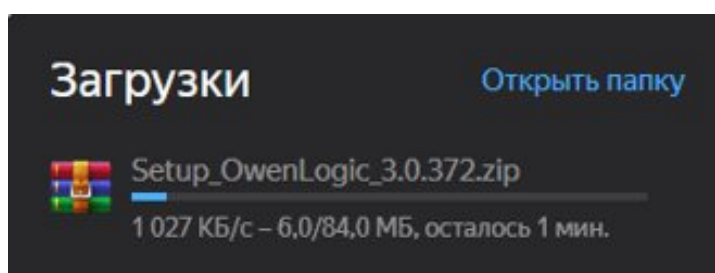


Рисунок 4 – Лицензионное соглашение

После скачивания архива с программой, нужно ее разархивировать, в окне мастер установки требуется нажать кнопку «Далее», как показано на изображении 5.

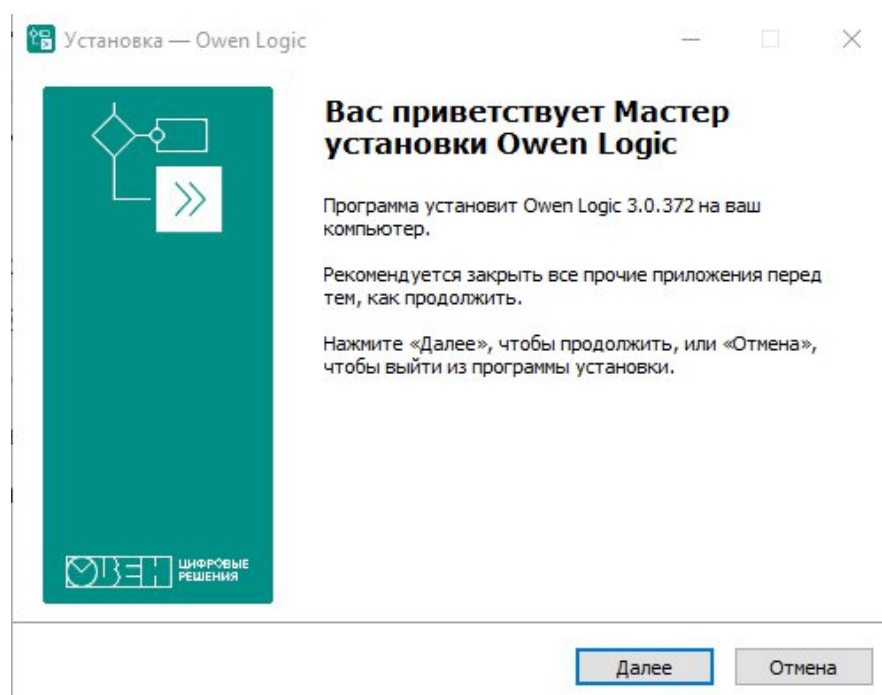


Рисунок 5 – Мастер установки Owen logic

Приняв лицензионное соглашение, нужно выбрать папку, в которой будет находится наша среда разработки Owen logic 3.0.372 На рисунке 6 показан путь сохранения.

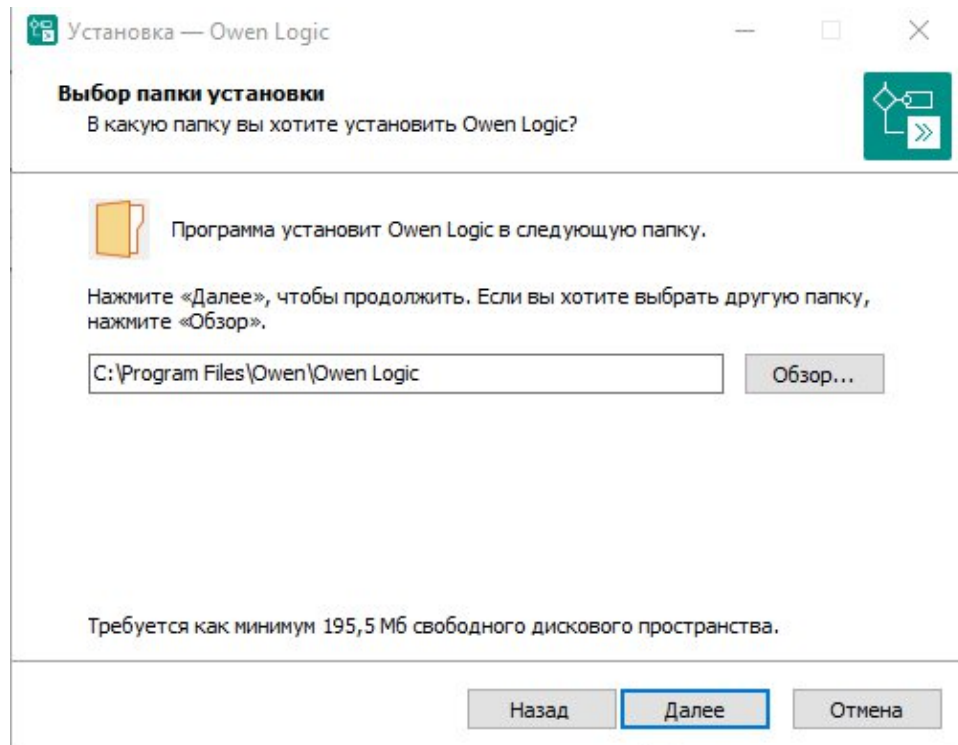


Рисунок 6 – Путь сохранения установки

Так же следует выбрать дополнительные задачи, которые должны выполняться при установке Owen logic и после нажать кнопку «Далее». На рисунке 7 показаны выбранные значки при установке.

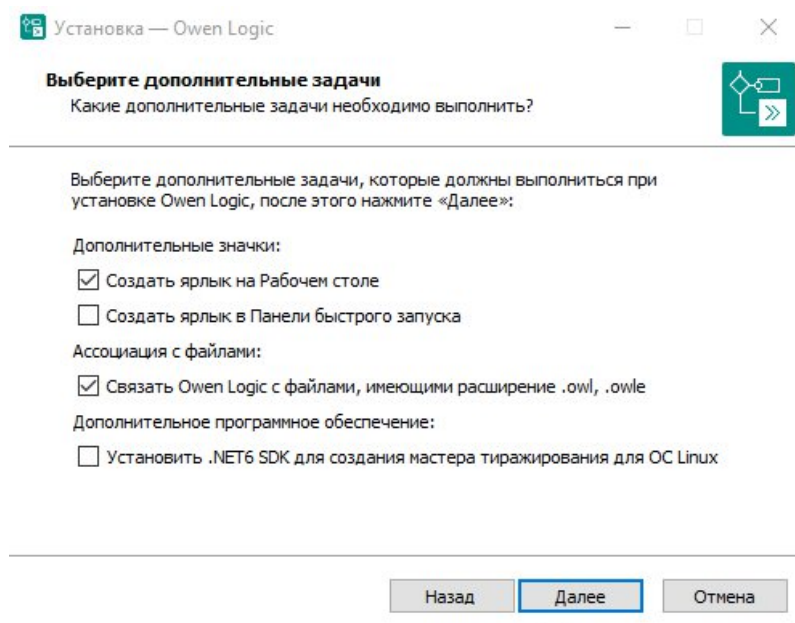


Рисунок 7 – Выбор дополнительных задач

На изображении 8 показано основное окно Owen logic.

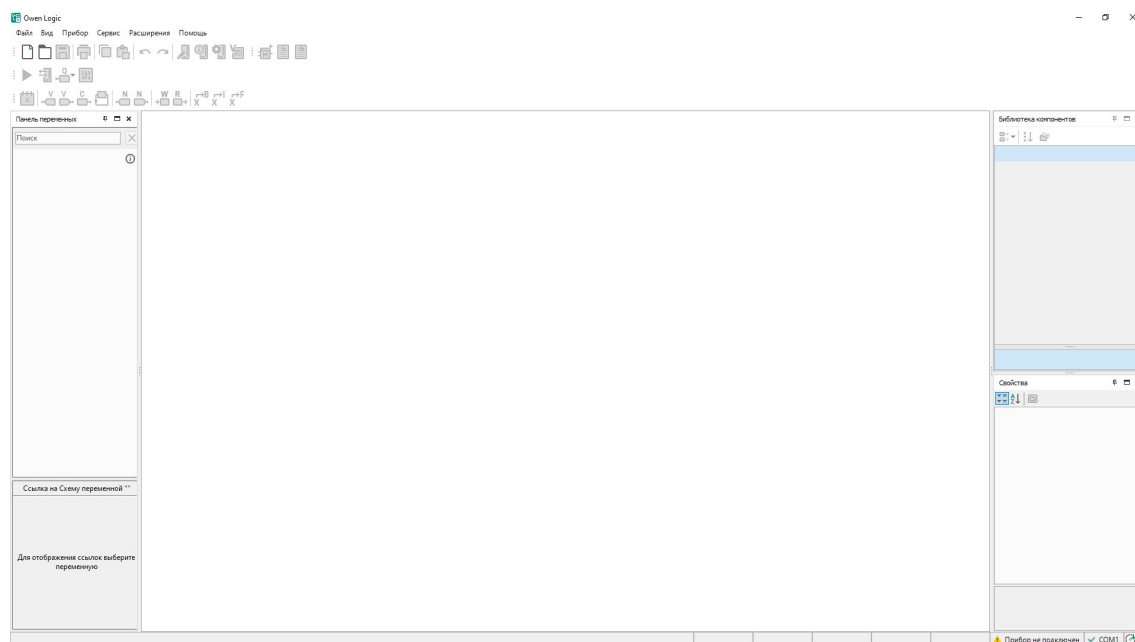


Рисунок 8 – Главное окно

Чтобы начать работу требуется нажать кнопку «Новый проект», показано на рисунке 9.

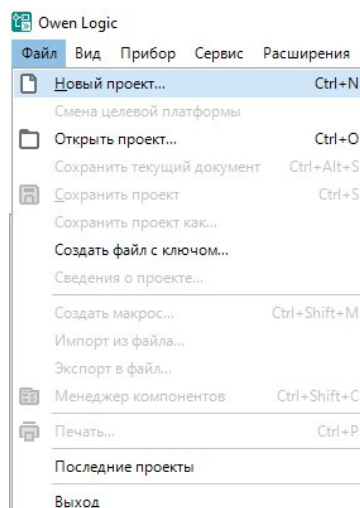


Рисунок 9 – Выбран новый проект

На изображении 10 продемонстрированы инструменты, с помощью которых будет создана практически вся основная часть проекта.

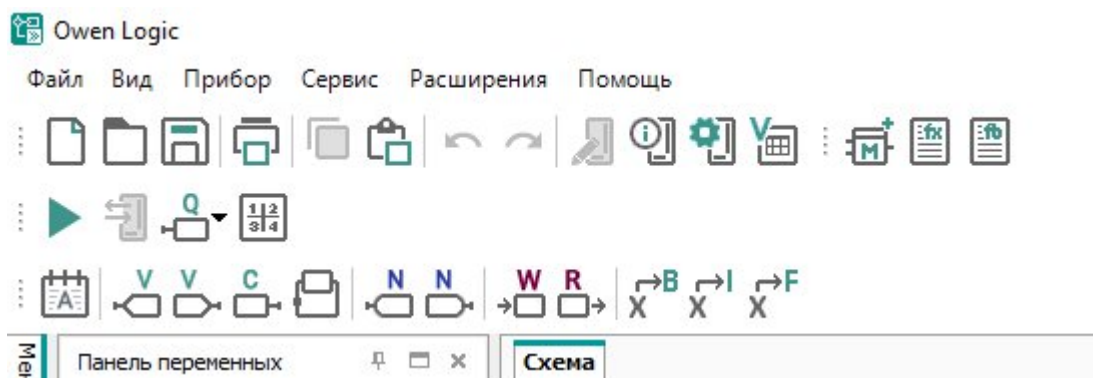


Рисунок 10 – Инструменты Owen logic

Так же неотъемлемой частью является наличие функций в библиотеке компонентов. Рисунок 11. Вдобавок на изображении 12 показана панель переменных, в которой в ходе работы отображаются переменные.

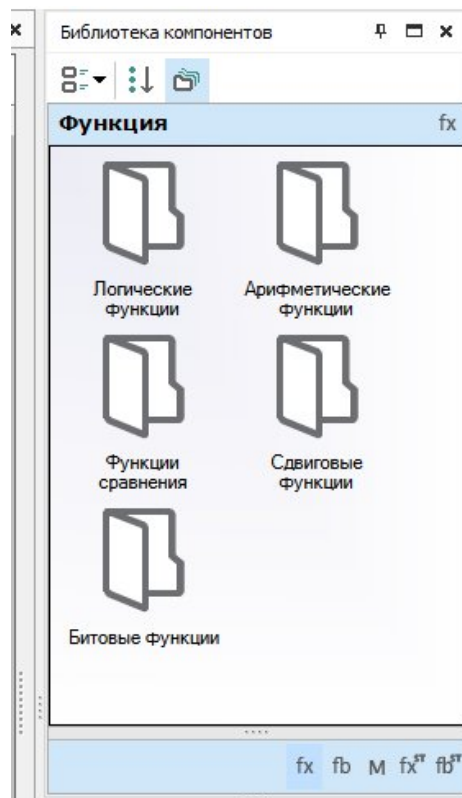


Рисунок 11 – Функции

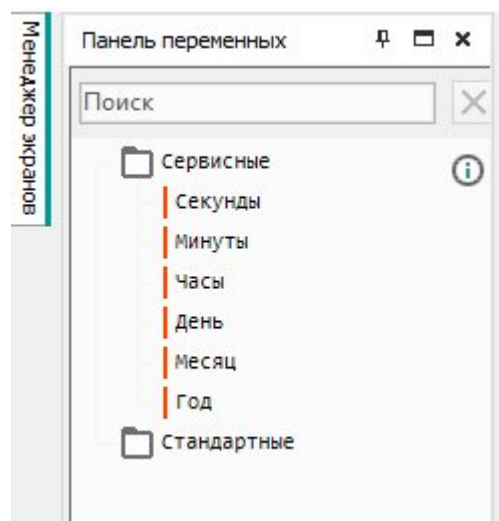


Рисунок 12 – Панель переменных

Чтобы подключить ПЛК к компьютеру через USB-порт, следует изменить настройки соединения устройства в соответствии с указаниями, представленными на рисунке 13. После инсталляции необходимых драйверов в разделе «Порты» операционная система сама найдёт и распознает подключённый ПЛК.

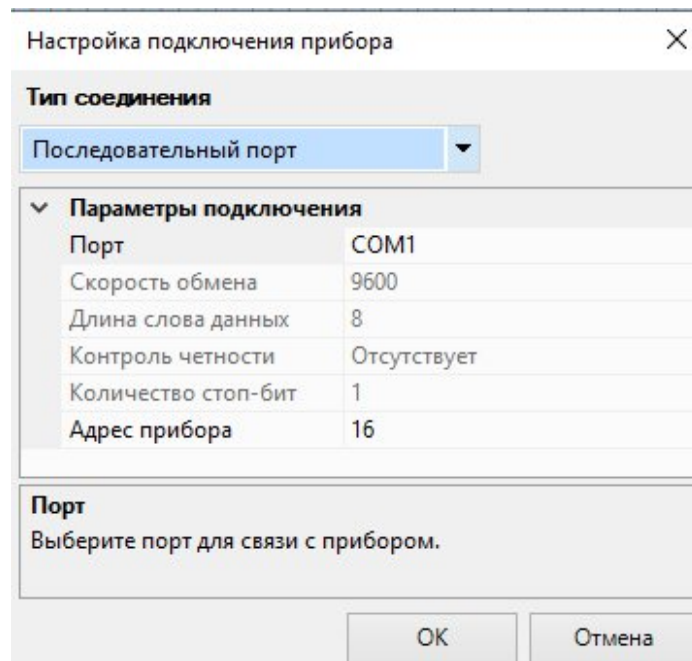


Рисунок 13 – Настройка подключения ПЛК

Для создания визуального интерфейса использовалось программное обеспечение «Конфигуратор СП200». Эта среда разработана специально для настройки и программирования операторских панелей. Программа позволяет подготовить рабочий проект любой сложности, который будет точно отвечать всем задачам управления на конкретном объекте. Установка конфигуратора показана на рисунке 14.

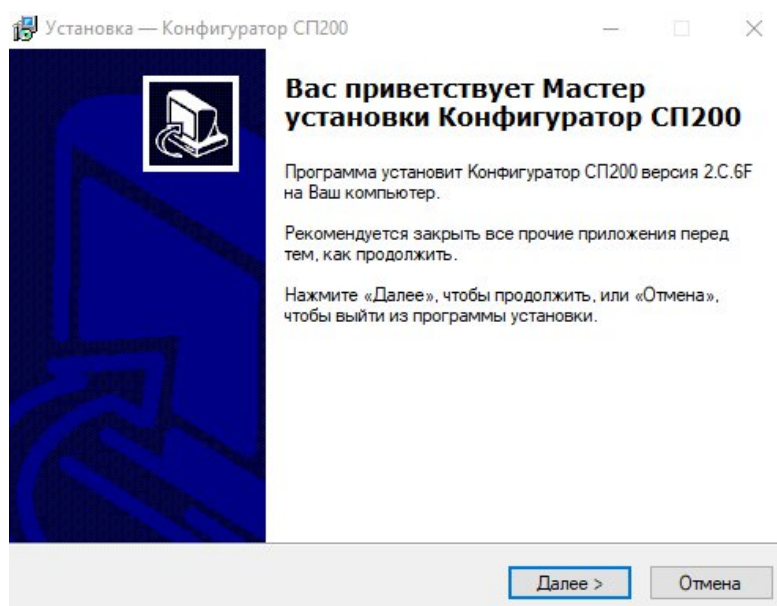


Рисунок 14 – Установка Конфигуратора СП200

Для дальнейшей установки следует выбрать папку, в которой будет находится Конфигуратор СП200, продемонстрировано на рисунке 15.

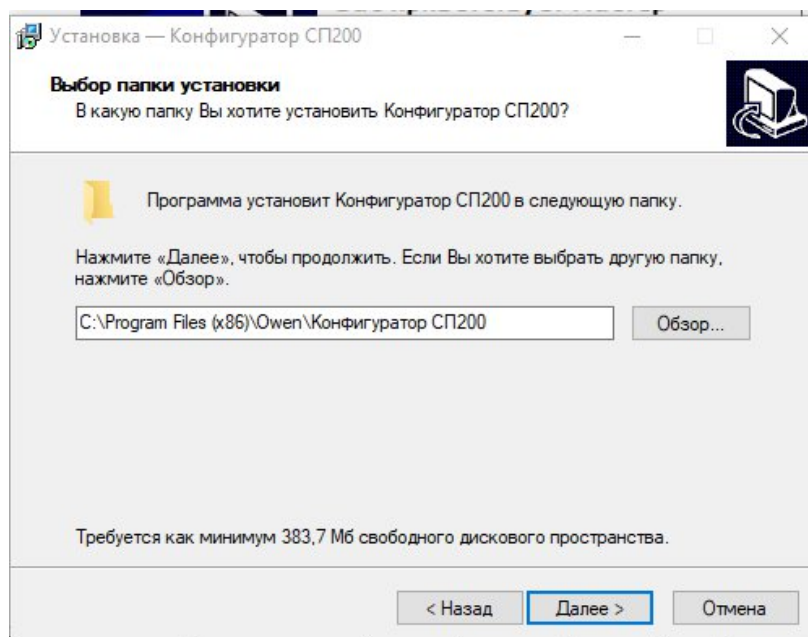


Рисунок 15 – Выбор папки установки

На изображении 16, следует сверить параметры установки и нажимаем кнопку «Установить».

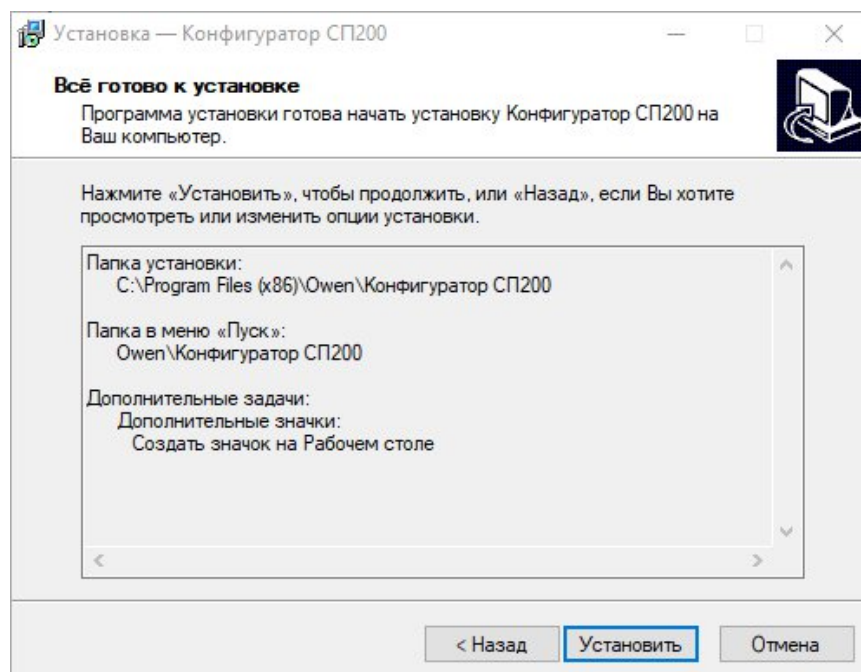


Рисунок 16 – Параметры установки

На рисунке 17 представлено окно, которое появляется после завершения процесса установки мастера Конфигуратор СП200.

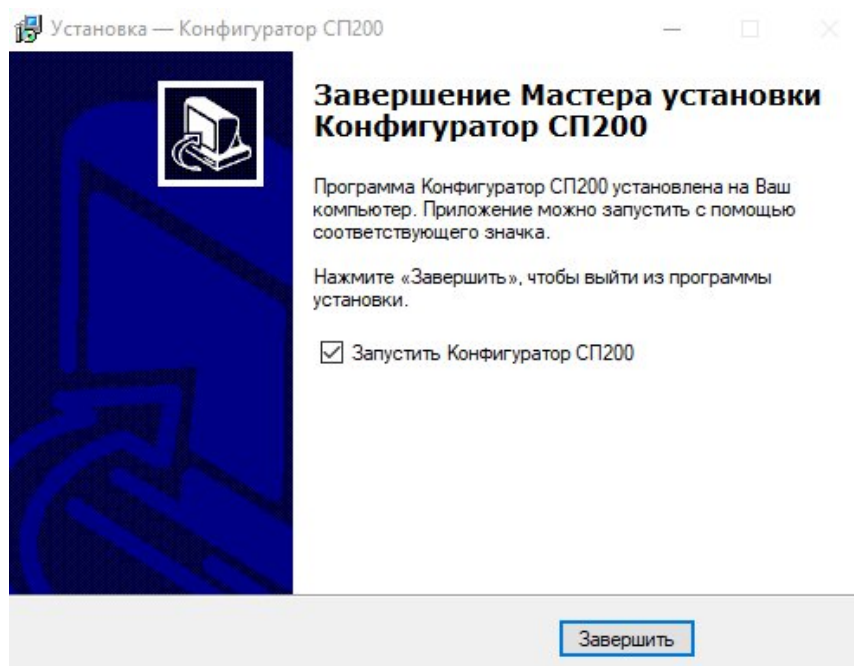


Рисунок 17 – Завершение мастера установки

После открытия Конфигуратора СП200 на экране появляется главное окно, представленное на рисунке 18. Чтобы приступить к работе, следует создать новый проект.

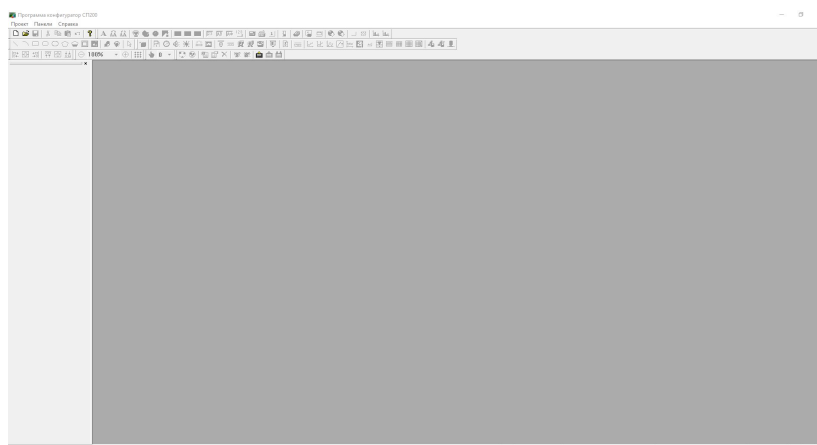


Рисунок 18 – Главное окно

На изображение 19 показана панель инструментов Конфигуратора СП200, которую можно настроить в соответствии с потребностями пользователя.



Рисунок 19 – Панель инструментов

В появившемся окне находится структурированное меню элементов, которое позволяет легко перемещаться между различными частями проекта. Визуальный пример того, как это меню выглядит для нового проекта, представлен на рисунке 20.

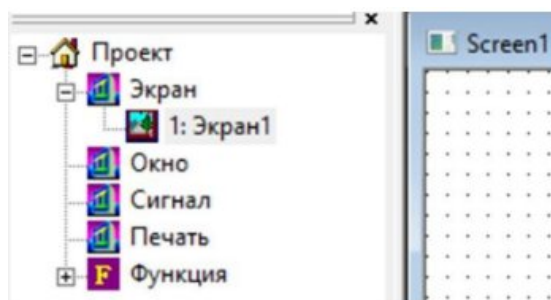


Рисунок 19 – Меню элементов

2.3 Проектирование и разработка

Система управления включает в себя прикладную программу для ПЛК и проект HMI-интерфейса. После подачи питания оборудование автоматически переходит в рабочий режим. Управление технологическим процессом и мониторинг параметров осуществляются оператором через экран панели управления.

2.3.1 Конфигурирование контроллера ОВЕН ПР200

Программируемое реле ОВЕН ПР200 представляет собой малогабаритный промышленный контроллер, предназначенный для монтажа на стандартную DIN-рейку с шириной корпуса в семь модулей. Это устройство совмещает в едином конструктиве функции управляющего логического блока, каналы ввода-вывода сигналов и базовые средства человеко-машинного интерфейса. Аппаратная база

прибора изначально спроектирована с учетом жестких условий эксплуатации на промышленных и сельскохозяйственных объектах, что обуславливает надежность всех его узлов.

Для мониторинга параметров и настройки системы на лицевой панели устройства предусмотрен встроенный двухстрочный жидкокристаллический дисплей с подсветкой, отображающий по 16 символов в каждой строке. С его помощью организуется текстовое меню для вывода текущих значений влажности почвы, активных режимов работы автоматики и кодов возникающих неисправностей. Рядом с экраном расположены шесть механических кнопок, используемых для навигации по системному меню и оперативной корректировки технологических уставок непосредственно на объекте, а также два программируемых светодиодных индикатора для сигнализации о критических состояниях САУ.

Связь с персональным компьютером осуществляется через интерфейс Mini-USB, вынесенный на фронтальную панель под защитную заглушку и предназначенный для загрузки прикладного программного обеспечения из среды Owen Logic или обновления прошивки. Коммутация внешних цепей выполняется с помощью съемных винтовых клеммных колодок, разделенных на верхний и нижний уровни. Такое решение повышает удобство монтажа и позволяет физически разделить слаботочные сигнальные линии датчиков влажности от силовых цепей питания релейных выходов. Корпус реле обеспечивает степень защиты IP20 со стороны клемм и IP40 со стороны лицевой панели, а его внешний вид представлен на рисунке 20.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 20 – Прибор OWEN PR200

После ознакомления с конструктивными особенностями прибора был создан новый проект в среде программирования Owen Logic. В окне выбора модели прибора была указана аппаратная конфигурация, соответствующая установленному в системе контроллеру – OWEN PR200–220.5.2 На рисунке 21 изображён выбор именно этой модификации.

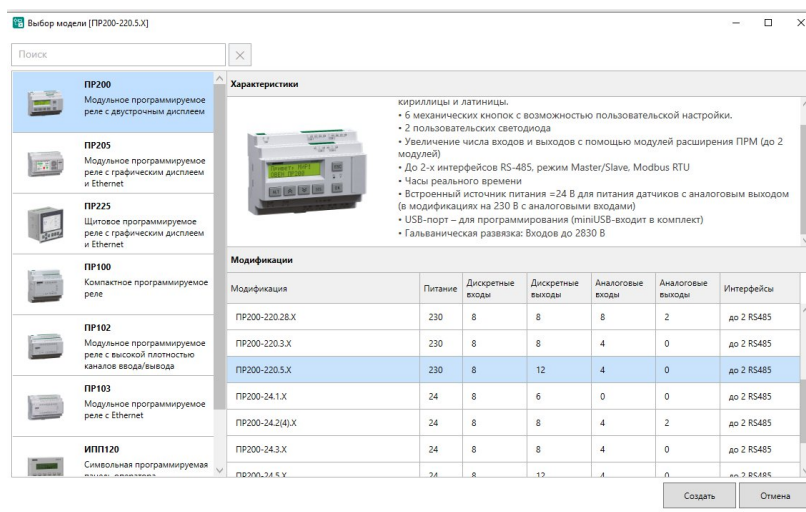


Рисунок 21 – Выбор модификации прибора

После сохранения проекта в файле «полив_теплицы.owle» следующим этапом разработки стала настройка параметров сетевого взаимодействия контроллера. Для этого в среде Owen Logic необходимо перейти в раздел «Настройки прибора». В первую очередь был задан базовый сетевой адрес

устройства – 1, что необходимо для корректной идентификации контроллера в промышленной сети при обмене данными с мастером (панелью оператора).

Далее была сформирована карта регистров, в которую были добавлены все необходимые сетевые переменные, обеспечивающие передачу данных между ПЛК и НМИ-панелью. Этот этап конфигурирования является критически важным, так как он открывает приложению доступ к внутренним сигналам контроллера для удаленного мониторинга и управления. Процесс настройки адресации и добавления переменных в конфигураторе наглядно представлен на рисунках 22 и 23.

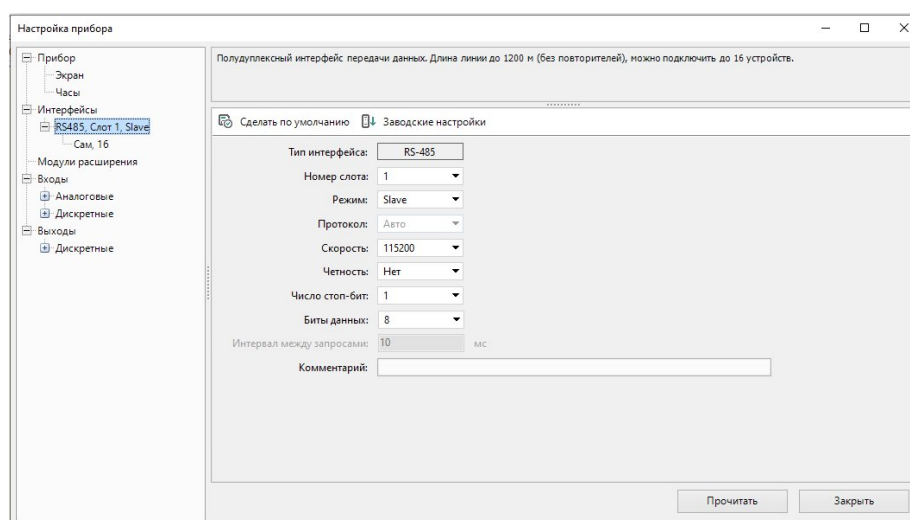


Рисунок 22 – Настройка адреса устройства

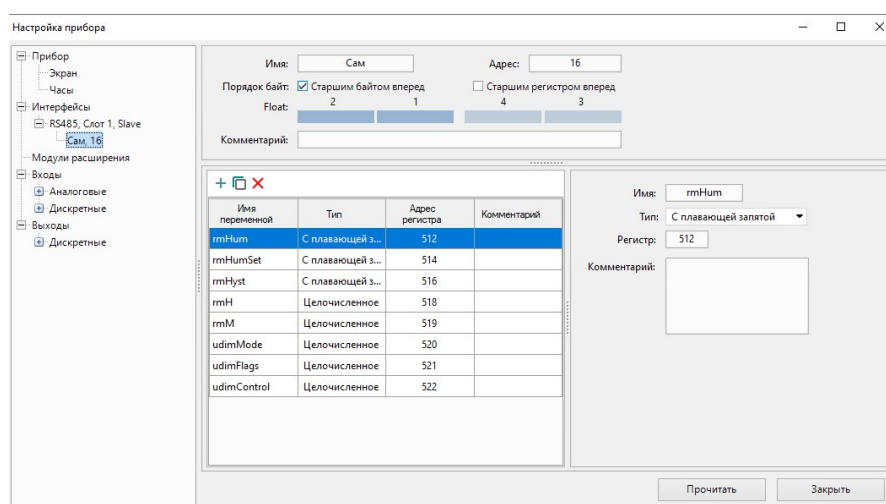


Рисунок 23 – Таблица сетевых переменных

В таблице 2 показан полный список сетевых переменных, используемых в проекте. Формирование карты сетевых переменных является необходимым условием для организации обмена данными между HMI-панелью и контроллером по протоколу Modbus RTU. При использовании физического интерфейса RS-485 ПЛК функционирует в режиме ведомого устройства (slave), что обеспечивает стабильную передачу технологических сигналов в систему управления. Параметры реализации данного сетевого подключения отражены на рисунке 21.

Таблица 2 – Таблица сетевых переменных

Имя переменной	Тип переменной	Адрес регистра
rmHum	С плавающей запятой	512
rmHumSet	С плавающей запятой	514
rmHyst	С плавающей запятой	516
rmH	Целочисленное	518
rmH	Целочисленное	519
udimMode	Целочисленное	520
udimFlags	Целочисленное	521
udimControl	Целочисленное	522

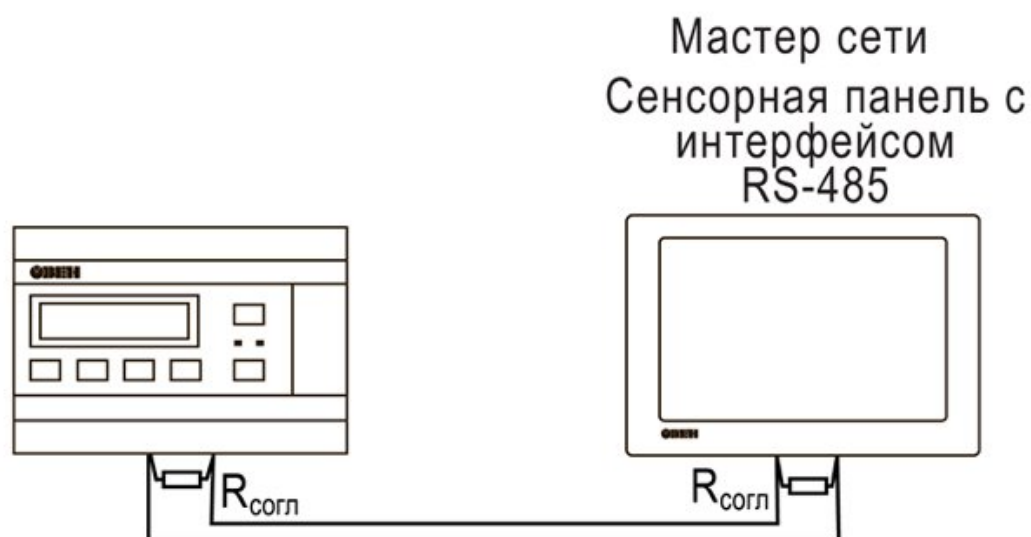


Рисунок 24 – Схема реализации сетевого подключения

2.3.2 Разработка программы

Первостепенной задачей при разработке было обеспечение условий безопасной эксплуатации оборудования. Для этого был спроектирован блок «hasWater», который выступает «разрешительным» элементом системы. Его главная роль – непрерывный контроль наличия рабочей среды в резервуаре. Блок анализирует показания датчика уровня и формирует логический сигнал, который служит входным условием для всех дальнейших цепочек запуска насосного оборудования. Это позволяет заблокировать работу при критическом снижении уровня воды, предотвращая аварийные режимы «сухого хода». Данный блок изображён на рисунке 25.

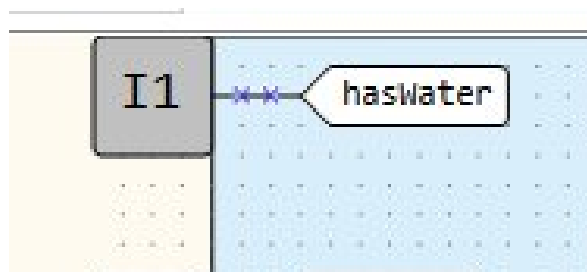


Рисунок 25 – Блок контроля наличия воды

После того как блок «hasWater» подтверждает наличие условий для работы, программа переходит к выполнению основной логики, представленной на рисунке 23. Данный фрагмент программы отвечает за непосредственное управление насосом «xPump» и формирование аварийного сигнала «xAlarm». Логика управления насосом построена на системе приоритетов и разрешений. Пуск исполнительного механизма возможен из любого из трех режимов — ручного, автоматического или по таймеру (входы «xMayStartInManual», «xMayStartInAuto», «xMayStartInTime»). Сигналы от этих режимов объединены логическими блоками «OR», что обеспечивает независимость пусковых команд. Однако, чтобы насос физически пришел в движение, к этой цепочке добавлено условие «AND» с сигналом «hasWater». Такая реализация гарантирует, что даже при наличии команды на запуск, насос останется обесточенным, если в системе недостаточно воды. Параллельно функционирует контур аварийной сигнализации «xAlarm», который обладает безусловным приоритетом. Аварийный сигнал формируется при срабатывании любого из защитных факторов: аппаратной ошибки датчика «xSensorError», отсутствия воды (инвертированный выход «hasWater») или превышения влажности «xHighHum». Благодаря каскадному соединению через блоки «OR», любое из этих условий приводит к мгновенной активации выхода «xAlarm», что позволяет системе реагировать на непонятные ситуации и информировать оператора о необходимости вмешательства. Наглядный пример работы функции «OR» и «AND» продемонстрированы на рисунке 27 и 28.

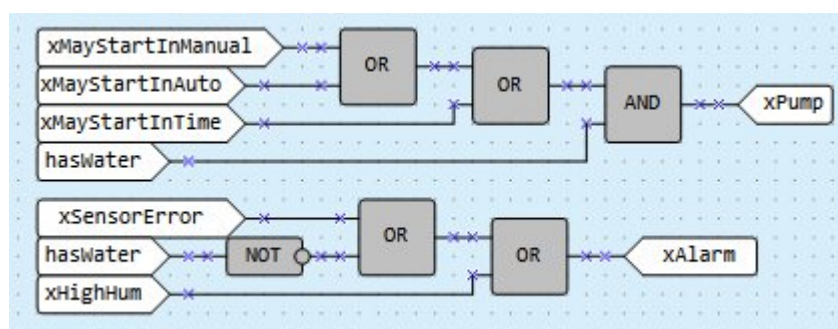


Рисунок 26 – Алгоритм управления насосом и аварийной сигнализации

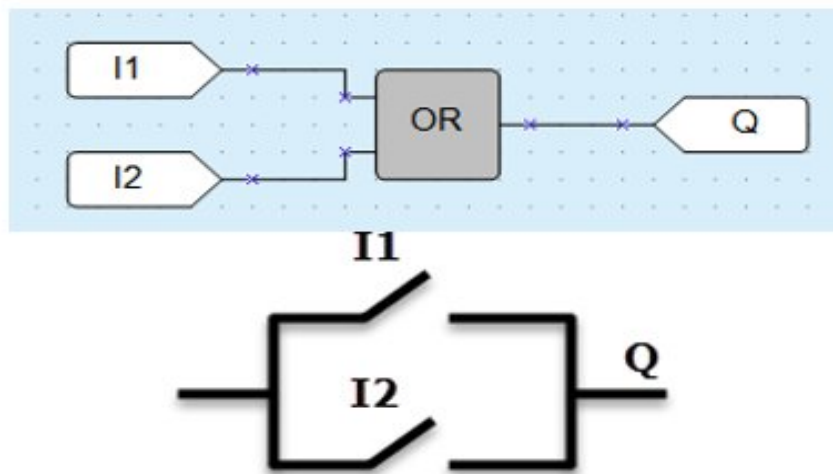


Рисунок 27 – Механизм работы функции «OR»

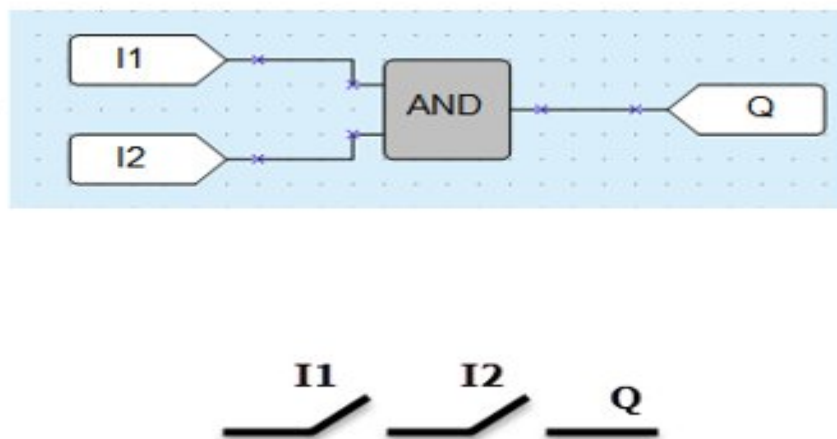


Рисунок 28 – Механизм работы функции «AND»

Чтобы была корректная обработка данных, поступающих с аналогового датчика влажности, реализован макрос «CW_4_201». Его назначение заключается в преобразовании входного электрического сигнала 4–20 мА в физические величины, выраженные в процентах. Алгоритм работы модуля работает на функциональном блоке «CONV4..20_1», обеспечивающем линейное масштабирование входного сигнала «IN» в заданный рабочий диапазон. Дополнительно предусмотрены операции умножения блок «fMUL» и преобразования типов данных узел «X→I», перевод из Real в Integer. Вывод данных в формате целых чисел выглядит более понятным. Внутри макроса

настроен мониторинг целостности цепи: при выходе значений сигнала за пределы допустимого диапазона активируется внутренний флаг «Err_Sens». Данный сигнал отображается на выходе «xSensorError». В случае возникновения неисправностей программа блокирует выполнение алгоритма запуска насосного оборудования. Внешний вид макроса представлен на рисунке 29, внутренняя структура на изображении 30.

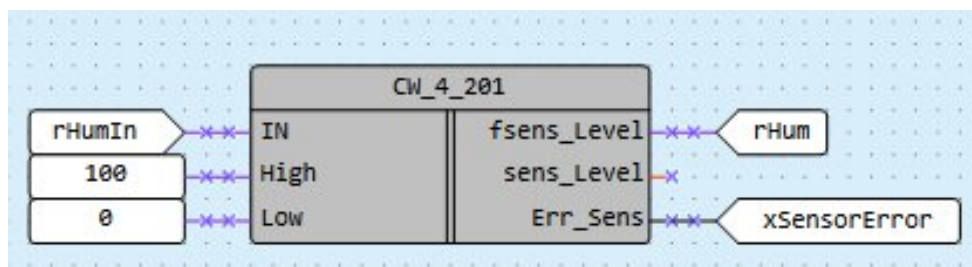


Рисунок 29 – Преобразователь входного электрического сигнала

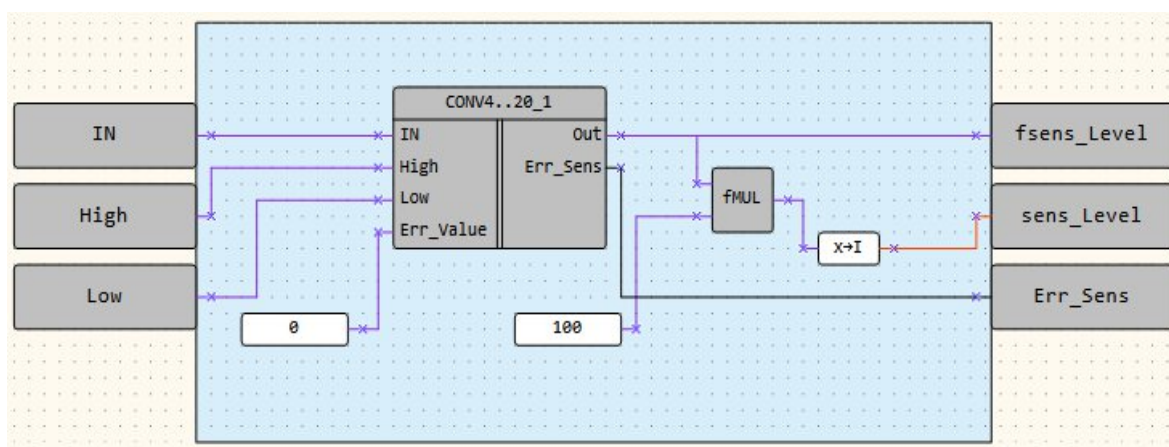


Рисунок 30 – Макрос блока «CW_4_201»

Для формирования сигнала о превышении критического значения влажности разработан алгоритмический узел «xHighHum». Модуль основан на методе компарации с гистерезисом, это нужно при работе с датчиками уровня и влажности. Структурная схема данного алгоритма приведена на Рисунке 31. Логика работы узла строится на последовательном выполнении арифметических и логических операций. Сначала сигнал уставки «rHumSet» и значение гистерезиса «rHyst» суммируются посредством блока «fADD», где полученная сумма определяет верхний порог, при достижении которого активируется сигнал

аварии. На следующем этапе текущее значение влажности «rHum» поступает на вход блока «fGT» сравниваясь с рассчитанным порогом. При превышении заданного значения с учетом гистерезиса на выходе узла появляется логическая единица «xHighHum».

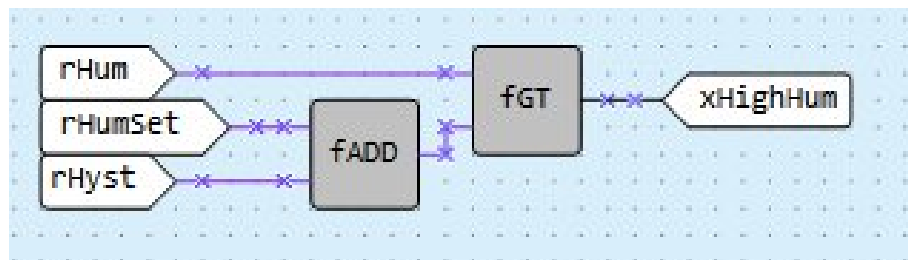


Рисунок 31 – Блок формирования критического значения влажности

На изображении 32 показан алгоритм команды автоматического запуска «xStartByAuto» предназначенный для поддержания уровня влажности почвы в заданном рабочем диапазоне. Входные параметры «rHumSet» и «rHyst» поступают на блок «fSUB» для вычисления нижнего порогового значения влажности, при котором требуется активация системы полива. Полученный результат сравнивается с текущим показателем влажности «rHum» посредством блока «fGT». При снижении текущего уровня влажности ниже расчетного порога формируется сигнал готовности к запуску. Интеграция защитных функций реализована через логический элемент «AND» с инвертированным входом «NOT», подключенным к сигналу «xHighHum». Даже при подтвержденной необходимости полива, команда «xStartByAuto» не будет работать, если аварийное состояние или избыточное переувлажнение.

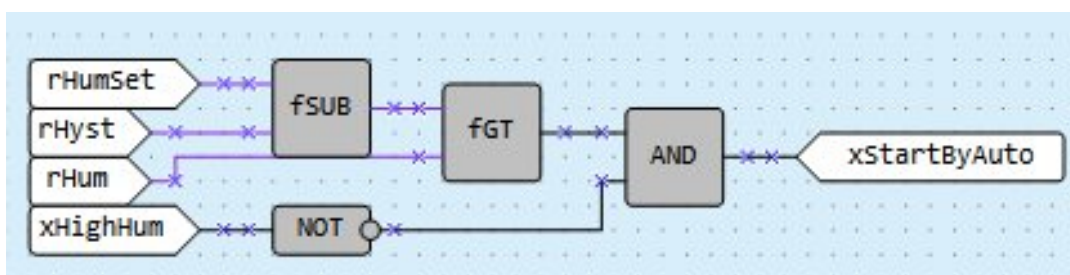


Рисунок 32 – Схема логики автоматического запуска системы

Режим работы по расписанию задается блоком «CLOCK1», настроенным на временной интервал с 19:00 до 20:00. Разрешающий сигнал «xStartByTime» формируется логическим элементом «AND», который проверяет два условия: нахождение в заданном промежутке времени и отсутствие критического переувлажнения. Инверсия сигнала «xHighHum» через блок «NOT» блокирует, даже если таймер активен, полив не начнется при превышении допустимого уровня влажности. Это исключает риск перелива почвы. На рисунке 33 показана схема этого блока.

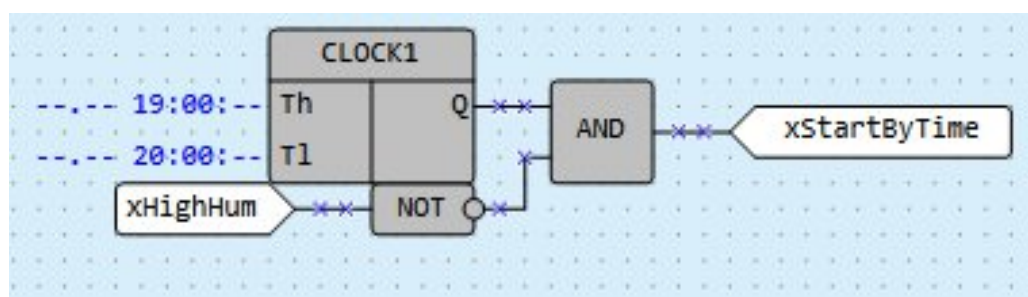


Рисунок 33 – Схема запуска по времени

На изображении 34 показана передача данных на внешние устройства, включая панель оператора, реализована через прямое присвоение внутренних переменных сетевым регистрам. Значения времени («Часы», «Минуты») и текущего уровня влажности «rHum» дублируются в соответствующие сетевые переменные «rmH», «rmM» и «rmHum».

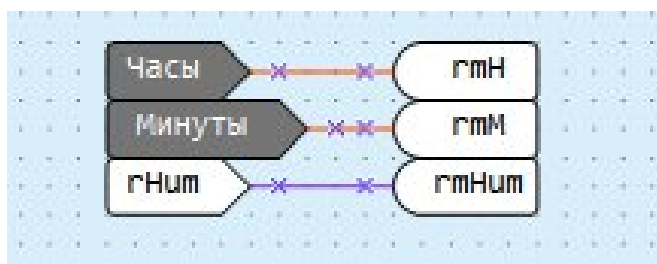


Рисунок 34 – Схема присвоения сетевых переменных

Вся система считывает сигналы через аппаратные входы контроллера. «I1» фиксирует наличие воды, а аналоговый вход «AI1» принимает данные с датчика влажности «rHumIn». Рисунок 35.

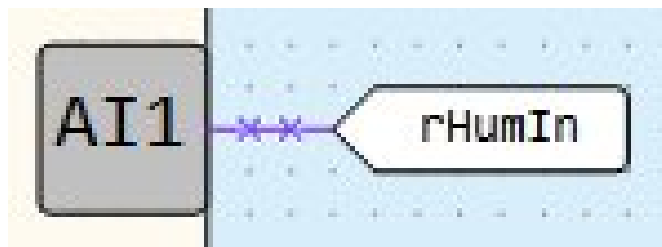


Рисунок 35 – Датчик влажности

На рисунке 36 изображены модули syncReal1 и syncReal2 они отвечают за то, чтобы значения параметров на панели оператора и внутри программы контроллера всегда совпадали. Также отслеживают изменения, которые приходят от пользователя. Переменная «uLast», которая хранит последнее актуальное состояние. Алгоритм постоянно сравнивает входные значения с этим сохраненным числом. Как только происходит обновление, модуль мгновенно приводит оба выхода «Q_uPR» и «Q_uM» к одному значению.

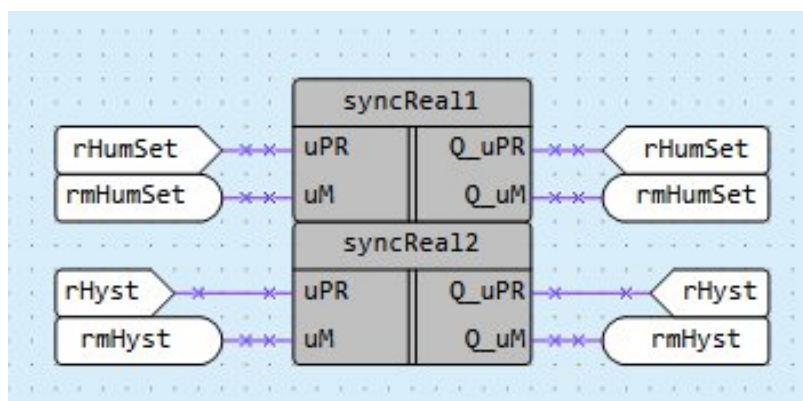


Рисунок 36 – Реализация алгоритма синхронизации данных

Логика разрешающих сигналов структурирует управление системой, разделяя команды в зависимости от выбранного режима. Три блока «AND» выполняют функцию условий разрешения, сопоставляя запросы на запуск с текущим состоянием контроллера.

Рисунок 37 показывает, как первый блок объединяет переключатель ручного режима «xManual» с командой ручного запуска «xStartByManual», формируя сигнал «xMayStartInManual». Остальные блоки проверяют активность

автоматического «xAuto» и временного «xTime» режимов перед пропуском сигналов («xStartByAuto», «xStartByTime»)

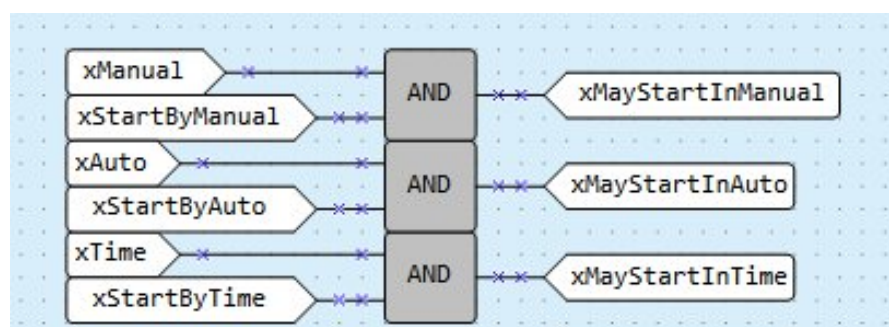


Рисунок 37 – Логика выбора режима работы и формирования разрешающих сигналов

Функциональный блок «unpackWord1», представленный на рисунке 38, предназначен для обратной процедуры распаковки входящего управляющего параметра «uDimMode» на 16 независимых логических флагов.

Реализация методом прямого битового доступа к входному значению. В коде, который представлен на рисунке 39, каждому выходному параметру (b0–b15) присваивается значение соответствующего бита входного сигнала (in.0–in.15). Это способствует пользователю выбрать нужный режим работы.

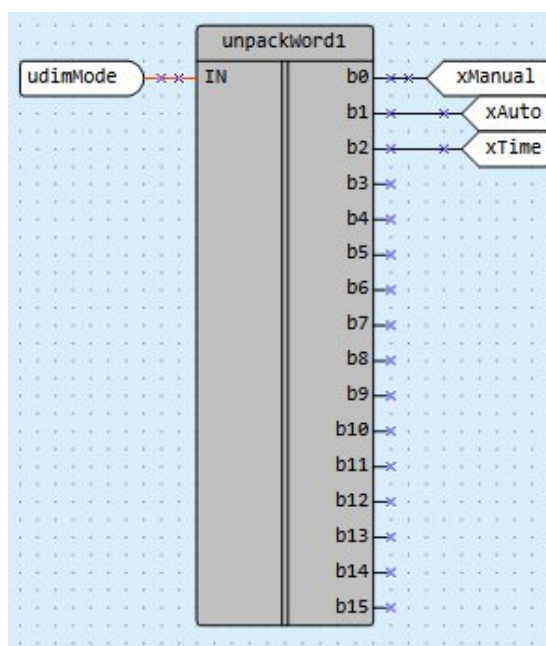


Рисунок 39 – Блок управления режимами

```

1 function_block unpackWord
2
3
4 var_input //объявление входных переменных
5 IN : uint;
6 end_var
7
8 var_output //объявление выходных переменных
9 b0 : bool;
10 b1 : bool;
11 b2 : bool;
12 b3 : bool;
13 b4 : bool;
14 b5 : bool;
15 b6 : bool;
16 b7 : bool;
17 b8 : bool;
18 b9 : bool;
19 b10 : bool;
20 b11 : bool;
21 b12 : bool;
22 b13 : bool;
23 b14 : bool;
24 b15 : bool;
25 end_var
26
27 b0 := in.0;
28 b1 := in.1;
29 b2 := in.2;
30 b3 := in.3;
31 b4 := in.4;
32 b5 := in.5;
33 b6 := in.6;
34 b7 := in.7;
35 b8 := in.8;
36 b9 := in.9;
37 b10 := in.10;
38 b11 := in.11;
39 b12 := in.12;
40 b13 := in.13;
41 b14 := in.14;
42 b15 := in.15;
43
44
45 end_function_block

```

Рисунок 39 – Логика распределения команд

Обмен данными между контроллером и панелью оператора базируется на трех функциональных блоках. Первый из них, «unpackWord2», изображенный на Рисунке 40, он выступает в роли входного шлюза для команд. Этот блок принимает от панели управляющее слово, разделяя на отдельные логические сигналы для управления процессами. Блок «PackWord2», представленный на Рисунке 41, собирает сигналы обратной связи для передачи на экран. Блок «PackWord1», показанный на Рисунке 42, проверяет информацию о состоянии системы. На изображении 43 показан программный код, где блок «unpackWord» разделяет входящее число на отдельные команды, «PackWord» собирает их обратно через сумму степеней двойки.

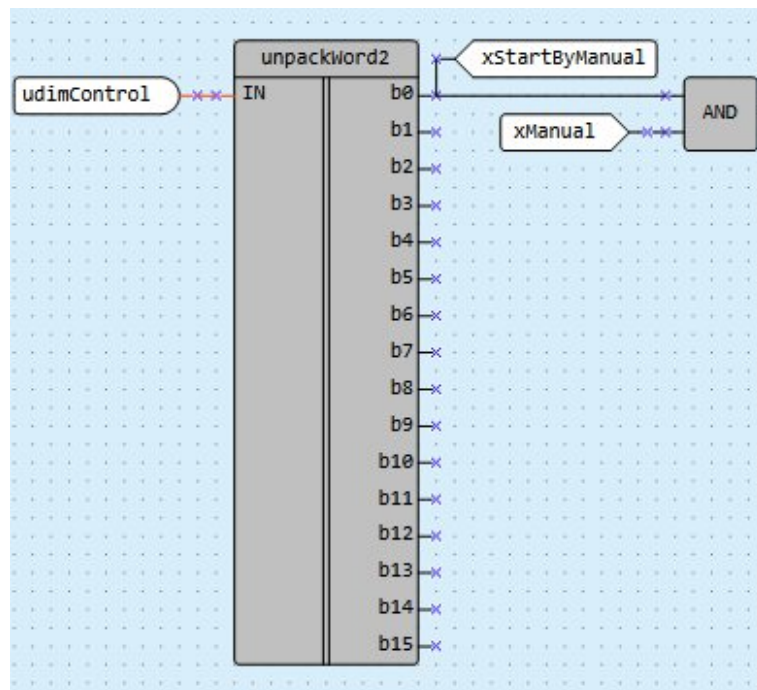


Рисунок 40 – Блок распределения управляющих команд

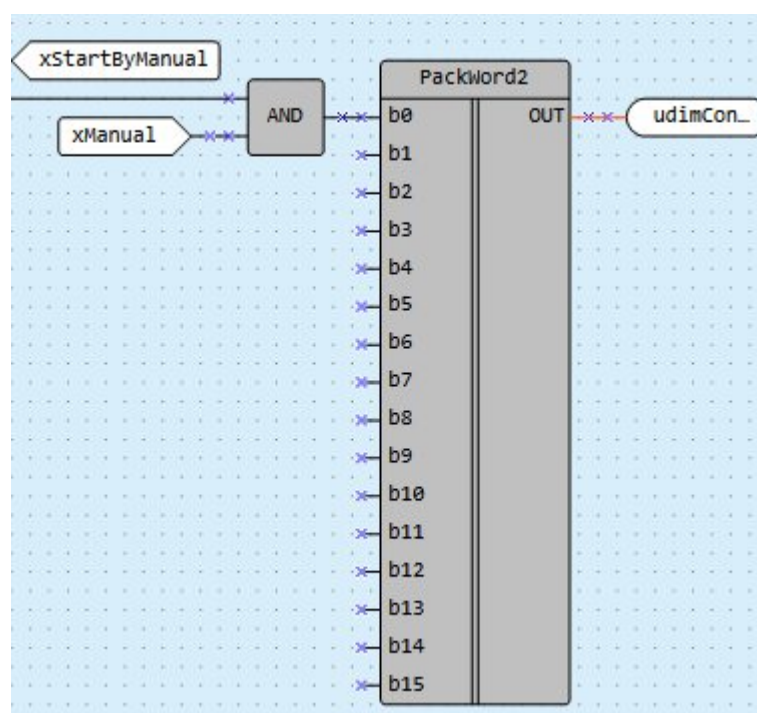


Рисунок 41 – Блок формирования сигналов обратной связи

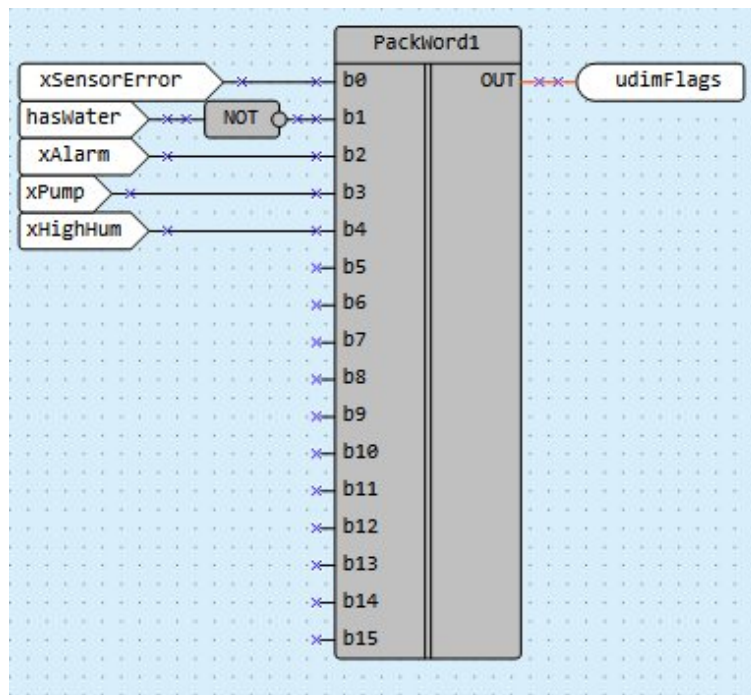


Рисунок 42 – Блок сбора статусов системы

```

1 function_block PackWord
2
3   var_input // объявление входных переменных
4     b0 : bool;
5     b1 : bool;
6     b2 : bool;
7     b3 : bool;
8     b4 : bool;
9     b5 : bool;
10    b6 : bool;
11    b7 : bool;
12    b8 : bool;
13    b9 : bool;
14    b10 : bool;
15    b11 : bool;
16    b12 : bool;
17    b13 : bool;
18    b14 : bool;
19    b15 : bool;
20  end_var
21
22  var_output // объявление выходной переменной
23    OUT : uint;
24  end_var
25
26  // Пакуем биты вручную без сдвигов
27  OUT := 0; // Инициализация выходного значения
28
29  IF b0 THEN OUT := OUT + 1; END_IF;
30  IF b1 THEN OUT := OUT + 2; END_IF;
31  IF b2 THEN OUT := OUT + 4; END_IF;
32  IF b3 THEN OUT := OUT + 8; END_IF;
33  IF b4 THEN OUT := OUT + 16; END_IF;
34  IF b5 THEN OUT := OUT + 32; END_IF;
35  IF b6 THEN OUT := OUT + 64; END_IF;
36  IF b7 THEN OUT := OUT + 128; END_IF;
37  IF b8 THEN OUT := OUT + 256; END_IF;
38  IF b9 THEN OUT := OUT + 512; END_IF;
39  IF b10 THEN OUT := OUT + 1024; END_IF;
40  IF b11 THEN OUT := OUT + 2048; END_IF;
41  IF b12 THEN OUT := OUT + 4096; END_IF;
42  IF b13 THEN OUT := OUT + 8192; END_IF;
43  IF b14 THEN OUT := OUT + 16384; END_IF;
44  IF b15 THEN OUT := OUT + 32768; END_IF;
45
46 end_function_block

```

Рисунок 43 – Программная реализация функциональных блоков

Логика переключения режимов, как видно на рисунке 44, реализована в блоке «checkModeUpdate1». Этот узел обеспечивает исключающее управление, гарантируя активность только одного из состояний: ручного, автоматического или по таймеру. Полученные данные передаются на блок «PackWord3», где выполняется их преобразование в выходное слово «udimMode». Программный алгоритм, детали которого приведены на рисунке 45, раскрывает процесс фильтрации состояний: система выполняет принудительный сброс неактивных состояний.

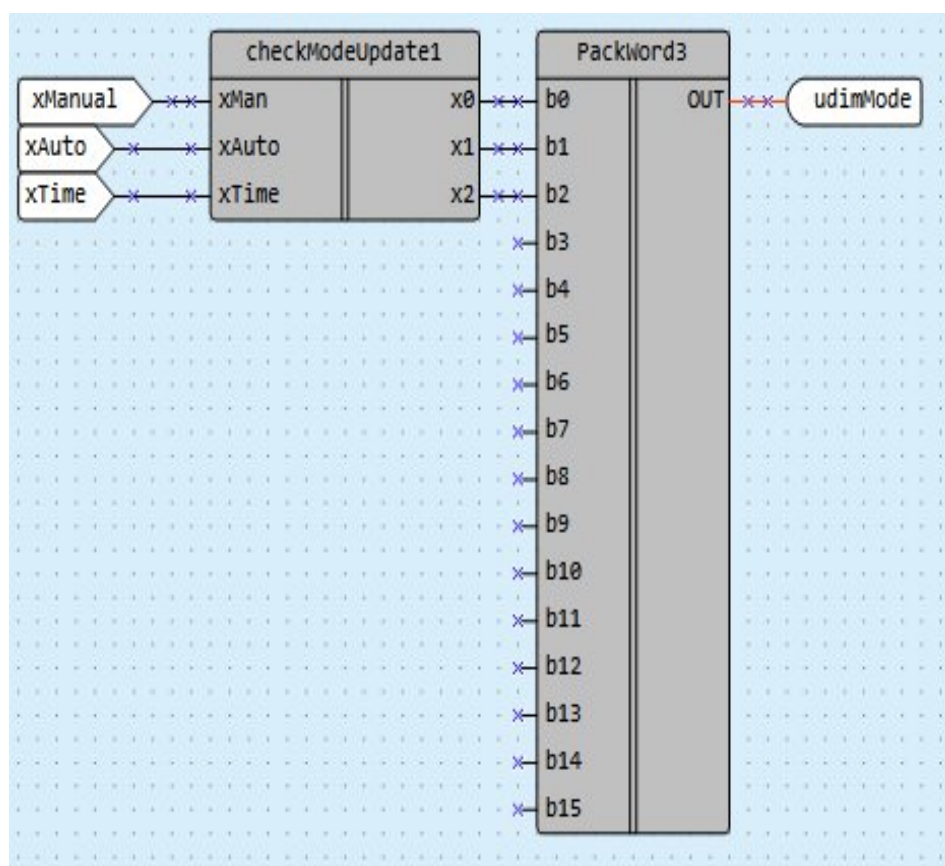


Рисунок 44 – Блок выбора режимов работы

```

1 function_block checkModeUpdate
2
3   var_input
4     xMan : bool;
5     xAuto : bool;
6     xTime : bool;
7   end_var
8
9   var_output
10    x0 : bool;
11    x1 : bool;
12    x2 : bool;
13  end_var
14
15  var
16    rtTrig0 : SYS.RTRIG;
17    rtTrig1 : SYS.RTRIG;
18    rtTrig2 : SYS.RTRIG;
19  end_var
20
21  rtTrig0(i := xMan);
22  rtTrig1(i := xAuto);
23  rtTrig2(i := xTime);
24
25  if rtTrig0.Q then
26    x0 := TRUE;
27    x1 := false;
28    x2 := false;
29  end_if
30
31  if rtTrig1.Q then
32    x0 := false;
33    x1 := TRUE;
34    x2 := false;
35  end_if
36
37  if rtTrig2.Q then
38    x0 := false;
39    x1 := false;
40    x2 := TRUE;
41  end_if
42
43  if not xMan and not xAuto and not xTime then
44    x0 := true;
45  end_if
46
47
48 end_function_block

```

Рисунок 45 – Программная реализация алгоритма выбора режимов работы

Завершив описание программных модулей, следует рассмотреть аппаратную часть системы, обеспечивающую взаимодействие контроллера с персональным компьютером для целей программирования и диагностики. Схема физического подключения программируемого логического контроллера к ПК представлена на Рисунке 46.

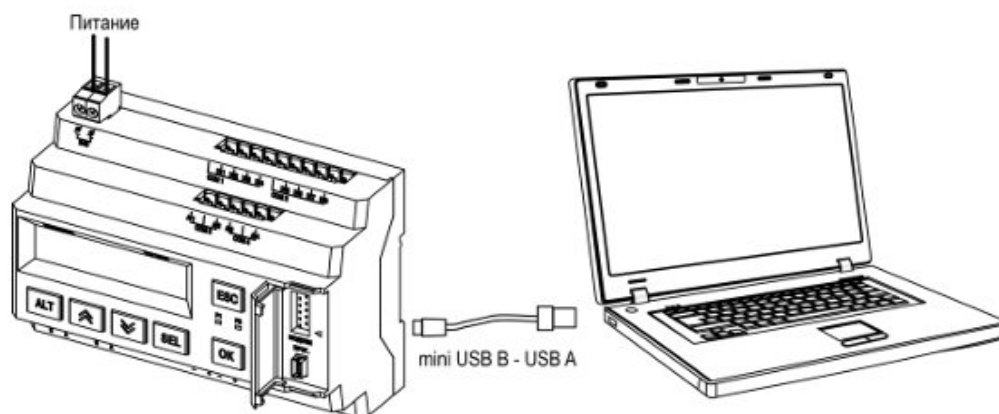


Рисунок 46 – Схема подключения программируемого контроллера к ПК для загрузки и отладки программного обеспечения

Архитектурное описание функционала представлено на рисунке 47. UML-диаграмма прецедентов (Use Case) описывает основные сценарии работы оператора, четко разделяя зоны ответственности пользователя и исполнительного алгоритма. Она демонстрирует выбор режимов управления (ручной, автоматический, по таймеру) как ключевые точки взаимодействия, что определяет логику построения пользовательского интерфейса и структуру навигации.

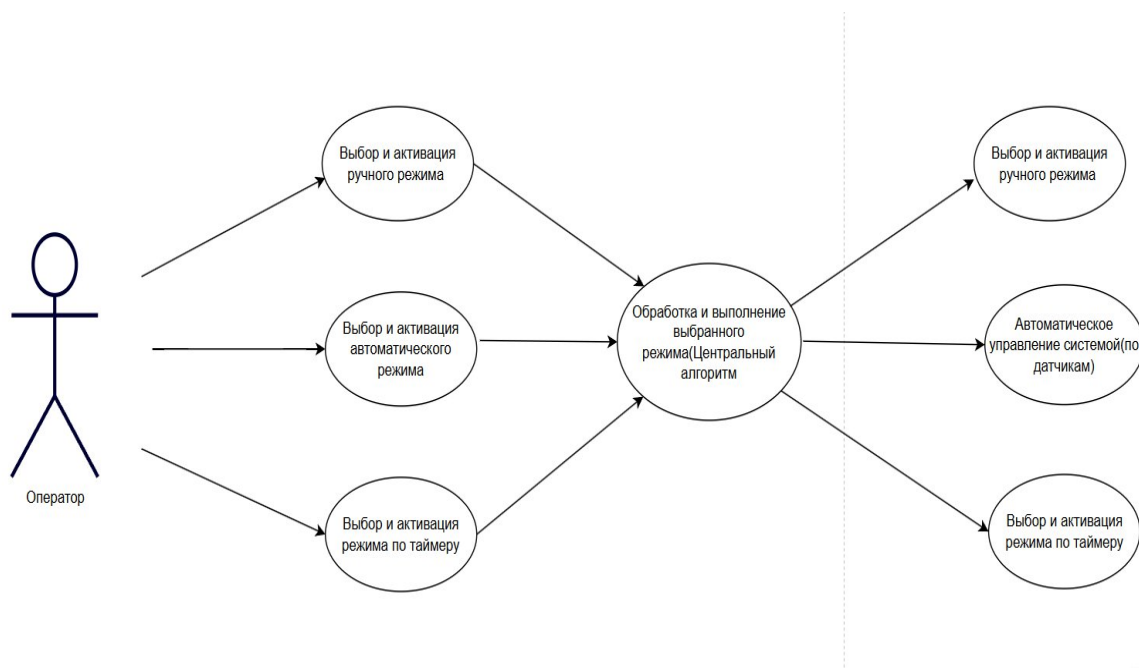


Рисунок 47 – UML-диаграмма прецедентов

Детальная реализация внутренней логики программного блока, отвечающего за смену режимов, отражена на Рисунке 48. UML-диаграмма деятельности (Activity Diagram) описывает алгоритм последовательного опроса входов и процесс принятия решения контроллером.

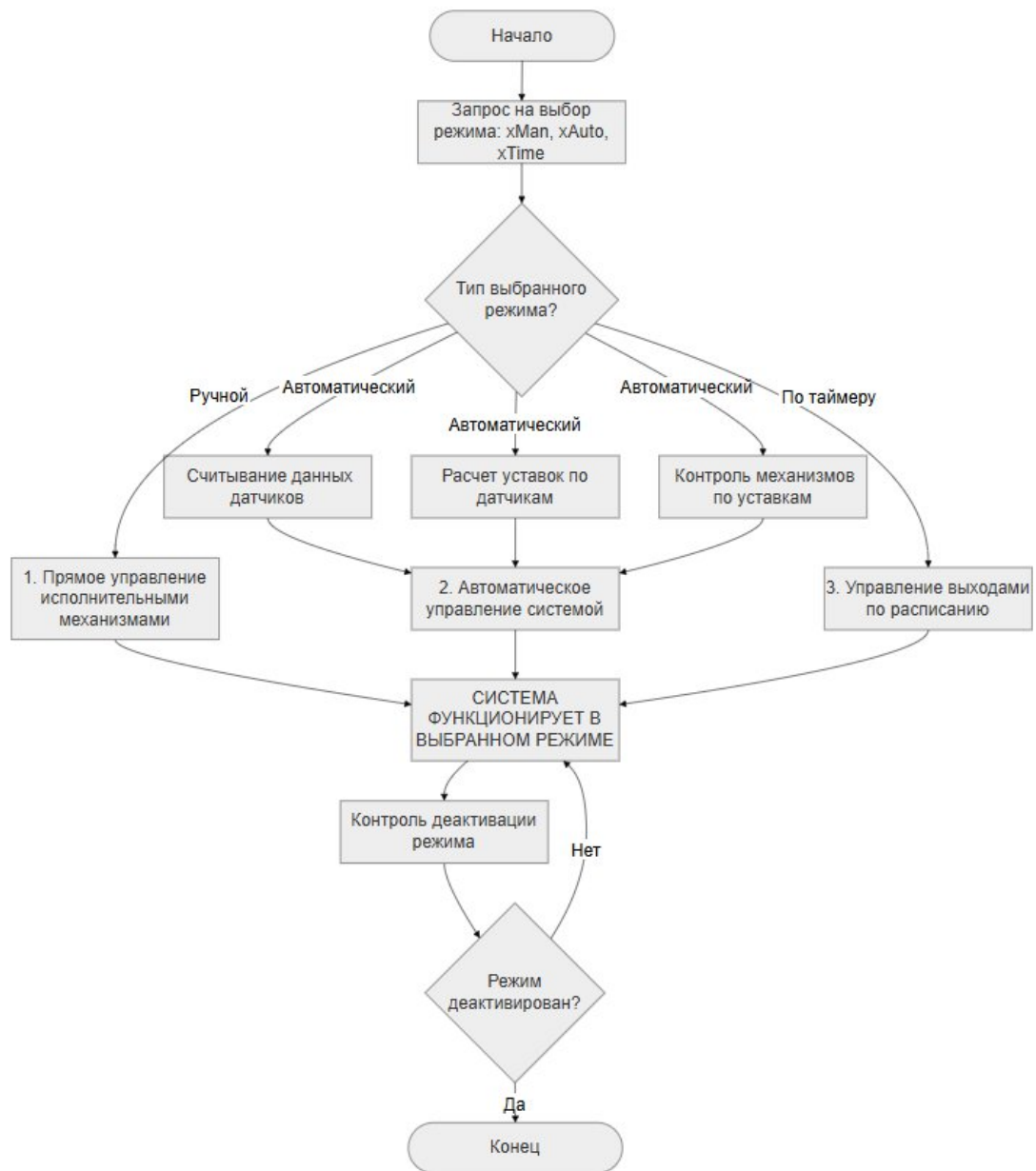


Рисунок 48 – UML-диаграмма деятельности алгоритма обработки режимов работы

Взаимодействие компонентов системы оператора, HMI-панели и ПЛК представлено на Рисунке 49. Это UML–диаграмма последовательности, которая показывает путь сигнала: от нажатия кнопки на панели до обработки команды внутри самого контроллера. Схема показывает наглядно, как система реагирует на выбранные действия.

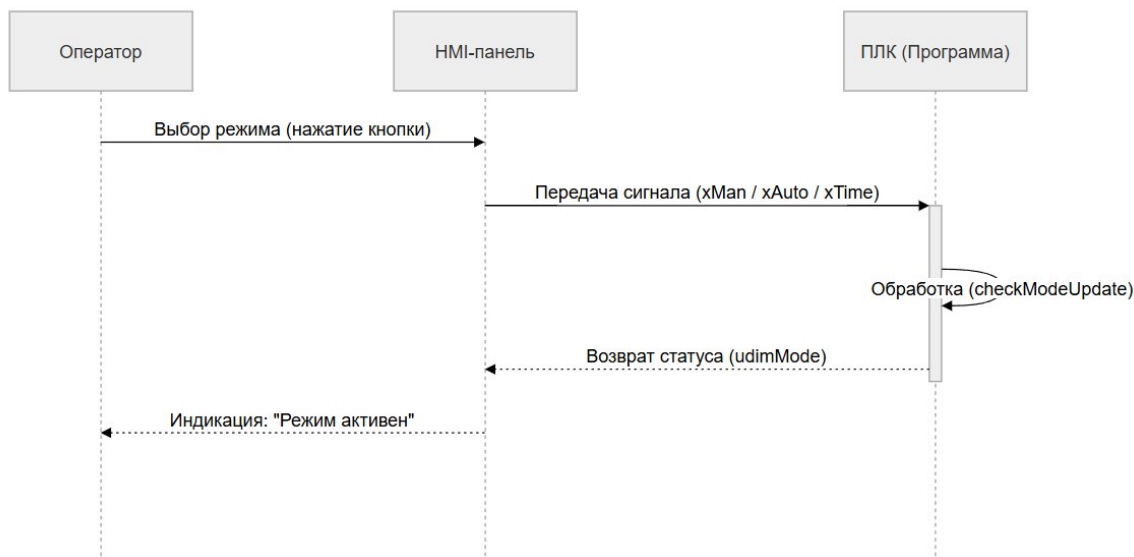


Рисунок 49 – UML-диаграмма последовательности взаимодействия компонентов системы

2.4 Настройка интерфейса управления для панели оператора СП270

В среде «Конфигуратор СП270» был сформирован новый проект. Для организации взаимодействия с контроллером был выбран протокол Modbus RTU, а для порта PLC был установлен режим «Master», как показано на рисунке 50.

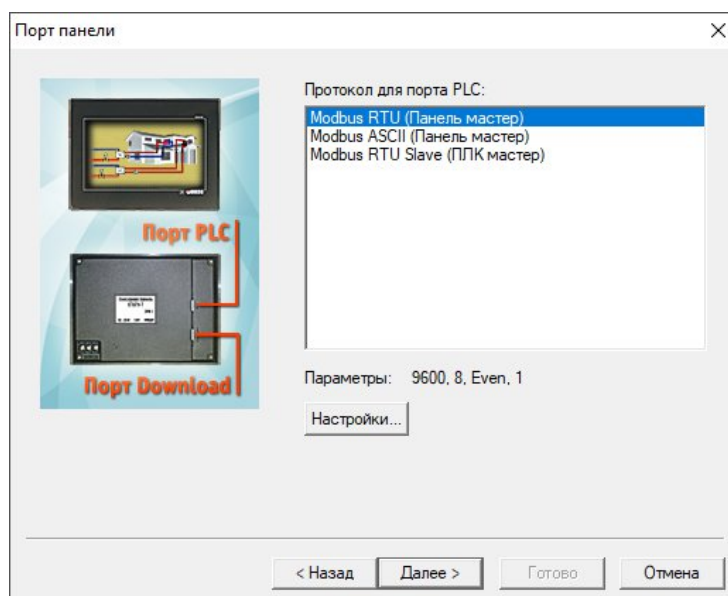


Рисунок 50 – Выбор протокола для порта PLC

Сетевые настройки, обеспечивающие коммуникацию панели с контроллером, представлены на Рисунке 51. После всех заданных параметров открывается главный экран, который показан на рисунке 52.

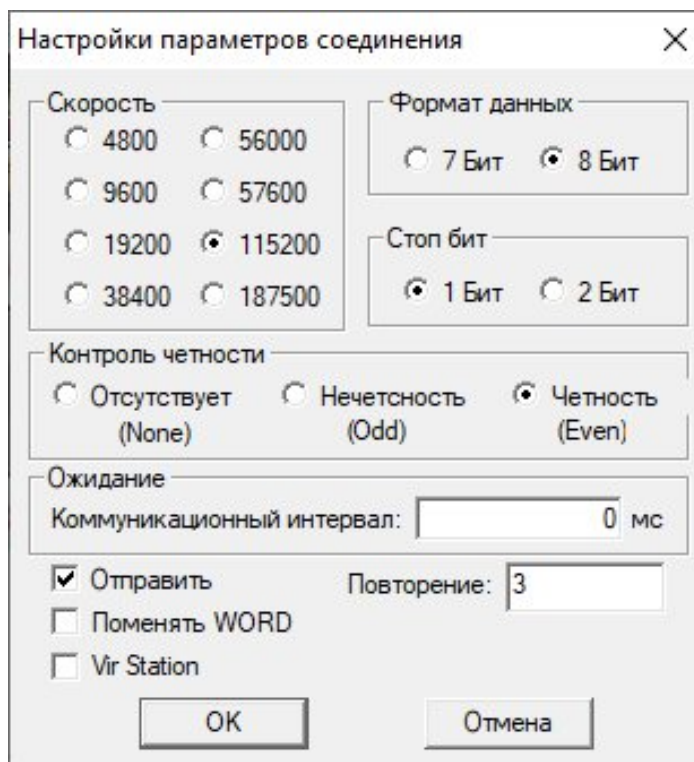


Рисунок 51 – Сетевые настройки

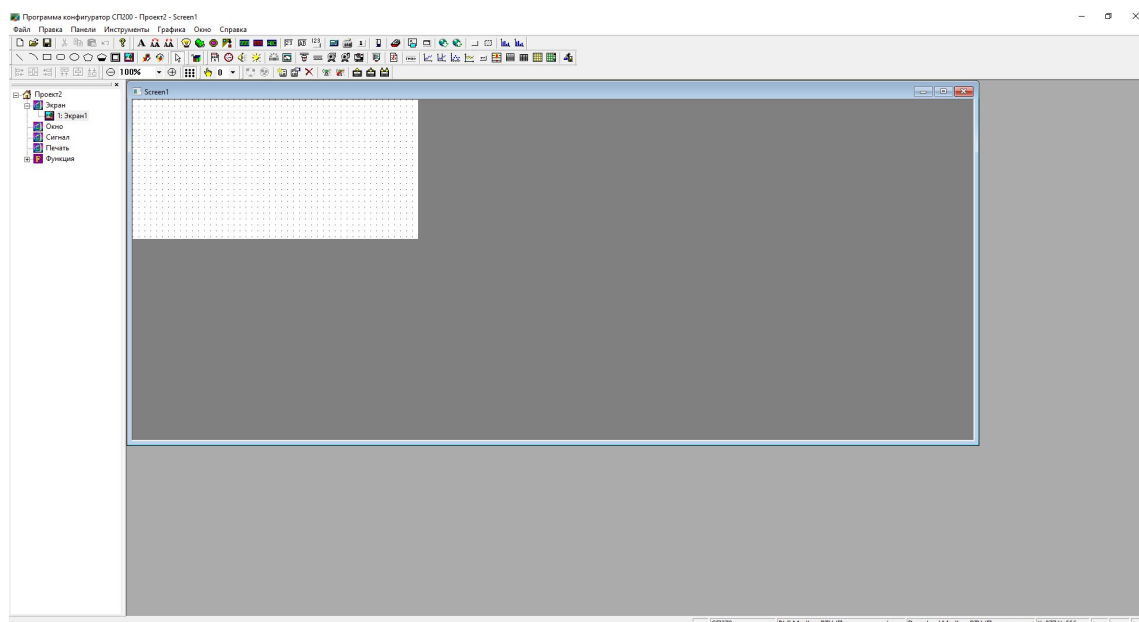


Рисунок 52 – Интерфейс нового проекта созданного в Конфигураторе

В Таблице 3 приведена карта распределения сетевых переменных, где указаны их адресация в памяти контроллера и соответствующий функционал элементов интерфейса.

Таблице 3 – Карта сетевых переменных

Имя переменной	Тип элемента	Адрес регистра
Уставка влажности	Ввод данных	514 - 515
Гистерезис	Ввод данных	516 - 517
Текущее время(часы)	Цифровой дисплей	518
Текущее время (минуты)	Цифровой дисплей	519
Ручной, Авто, по времени	Кнопка управления битом	520
Авария датчика	Насос	521
Запуск в ручном режиме	Кнопка управления битом	522
Текущая влажность	Цифровой дисплей	512

На изображении 53 показан элемент «Уставка влажности», который реализован в виде поля ввода данных, предназначенного для изменения значения параметра влажности в системе. Данная переменная привязана к регистру 514. В настройках элемента задан тип данных Float. Заданные настройки можно увидеть на рисунке 54 и 55.

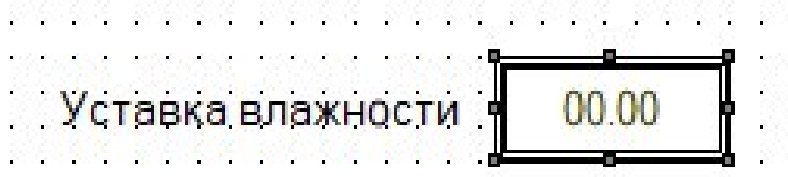


Рисунок 53 – Элемент «Уставка влажности»

Рисунок 54 – Настройки управления элемента

Рисунок 55 – Параметры отображения элемента

На Рисунке 56 представлен элемент «Уставка гистерезиса», предназначенный для задания зоны нечувствительности регулятора. Параметры его конфигурации продемонстрированы на изображении 57 и 58.

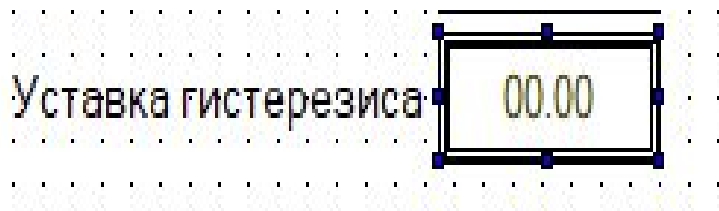


Рисунок 56 – Элемент «Уставка гистерезиса»

 A screenshot of a software dialog box titled 'Ввод данных' (Data Entry). The dialog has several tabs: 'Управление' (Control), 'Вид' (View), 'Дисплей' (Display), 'Шрифт' (Font), 'Цвет' (Color), and 'Расположение' (Position). The 'Управление' tab is active. It contains two main sections: 'Управление объектом' (Object Control) and 'Чтение' (Reading). The 'Управление объектом' section includes fields for 'Порт' (Port) set to 'PLC', 'Доп.' (Aux.) set to '0', and 'Адрес' (Address) set to '16'. It also has a 'Регистр' (Register) section with 'Регистр' set to '4x' and a value of '516', and a checkbox for 'Переадр.' (Readdress). The 'Чтение' section is checked and contains similar fields for 'Порт' (PLC), 'Доп.' (0), 'Адрес' (16), 'Регистр' (4x), and '516', with a 'Переадр.' checkbox. At the bottom are 'OK', 'Отмена' (Cancel), and 'Применить' (Apply) buttons.

Рисунок 57 – Настройки управления элемента

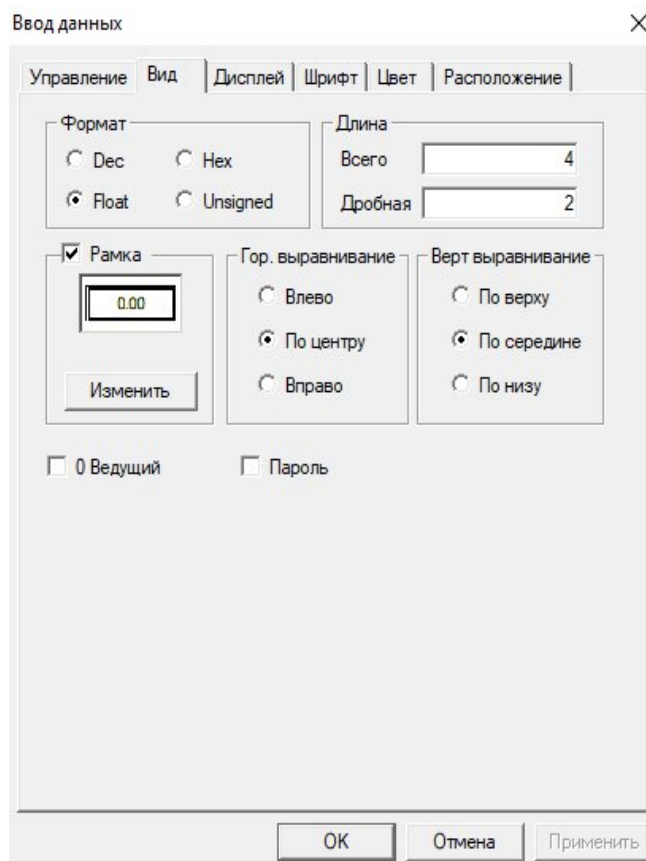


Рисунок 58 – Параметры отображения элемента

На изображении 59 и 60 показаны дисплеи текущего системного времени (часов и минут) в интерфейсе панели используется элемент «Цифровой дисплей». Данные элементы настроены на считывание текущих значений из регистров контроллера: 518 для часов и 519 для минут. Свойства конфигурации данных элементов представлены на рисунках 61 – 64.

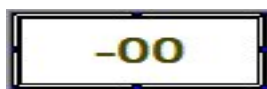


Рисунок 59 – Дисплей текущего времени в часах

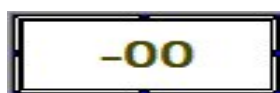


Рисунок 60 – Дисплей текущего времени в минутах

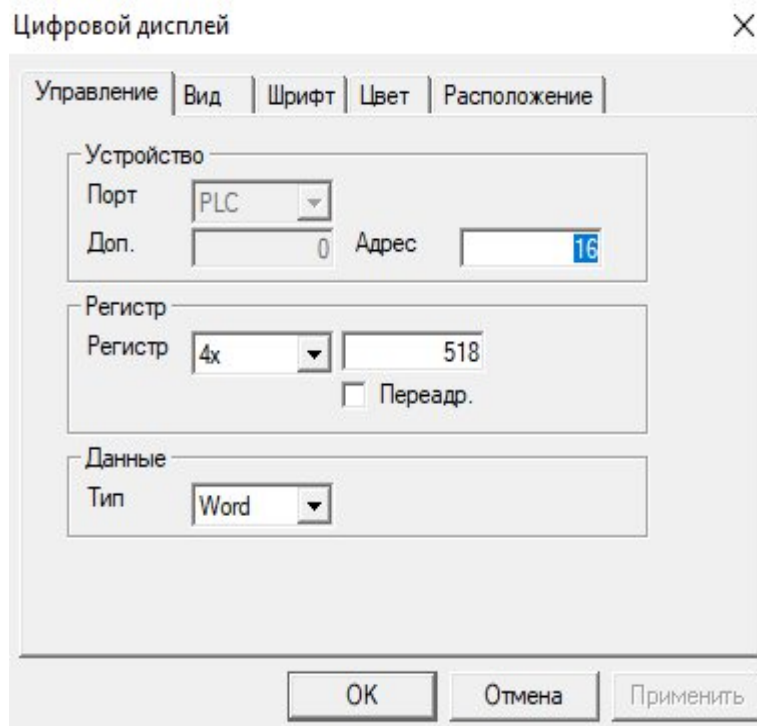


Рисунок 61 – Настройки управления элемента «Цифровой дисплей» в часах

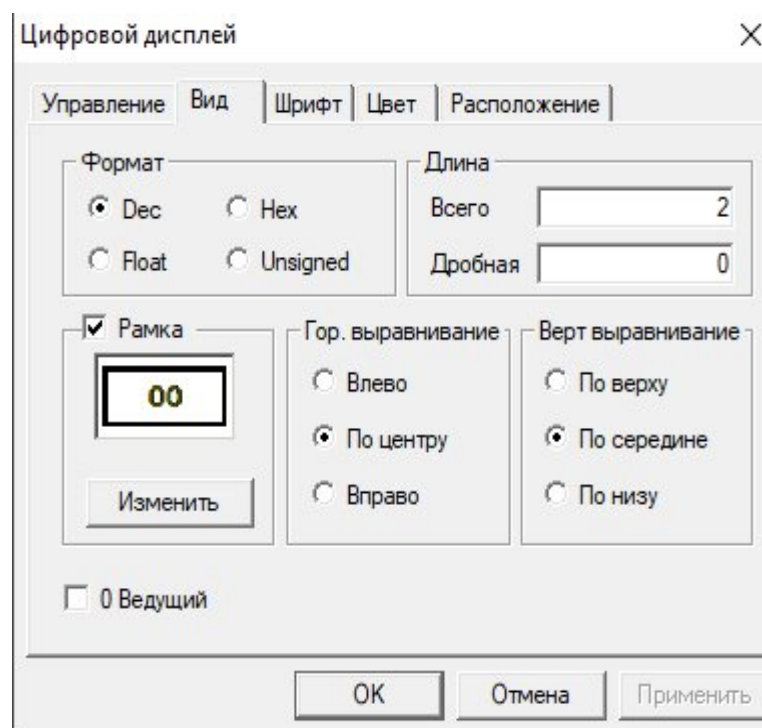


Рисунок 62 – Параметры отображения элемента «Цифровой дисплей» в часах

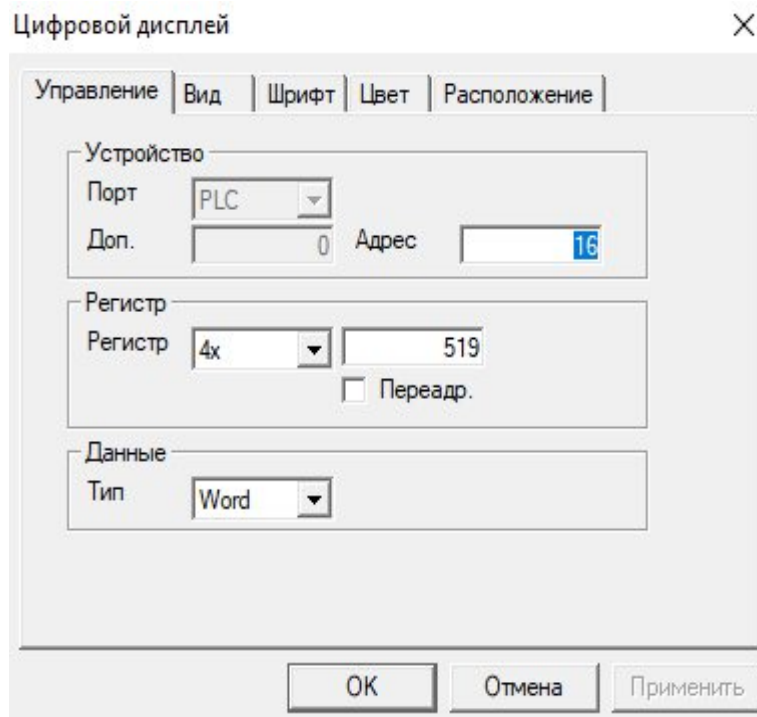


Рисунок 63 – Настройки управления элемента «Цифровой дисплей» в минутах

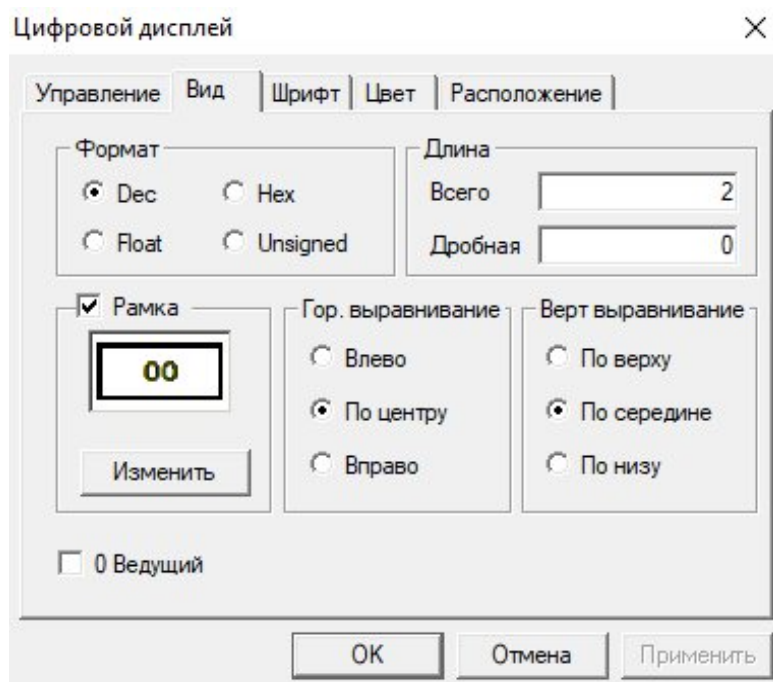


Рисунок 64 – Параметры отображения элемента «Цифровой дисплей» в минутах

Для выбора текущего режима функционирования в интерфейсе предусмотрена панель переключателей «Ручной», «Авто» и «По времени», что

продемонстрировано на рисунке 65. Реализация выполнена с использованием элемента «Кнопка управления битом», привязанного к регистру 520. Настройки элементов показаны на изображении 66 – 68.



Рисунок 65 – Панель переключателей «Ручной», «Авто» и «По времени»

Рисунок 66 – Настройки управления элемента «Кнопка управления битом» в ручном режиме

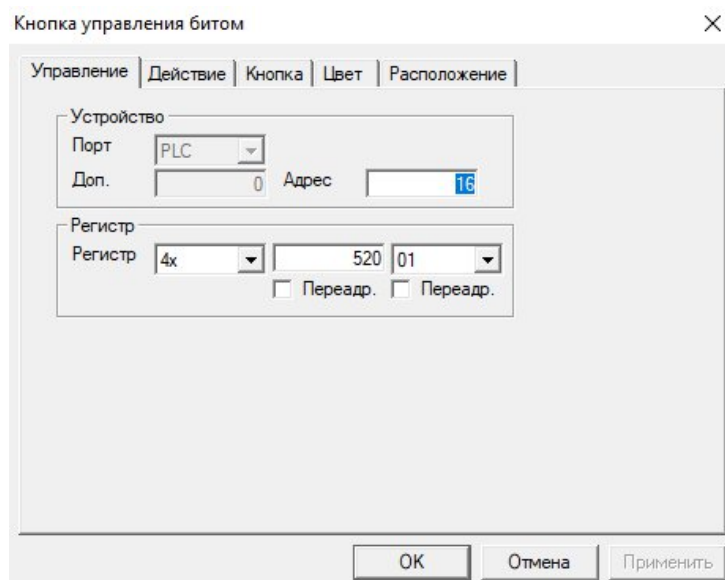


Рисунок 67 – Настройки управления элемента «Кнопка управления битом»
в автоматическом режиме

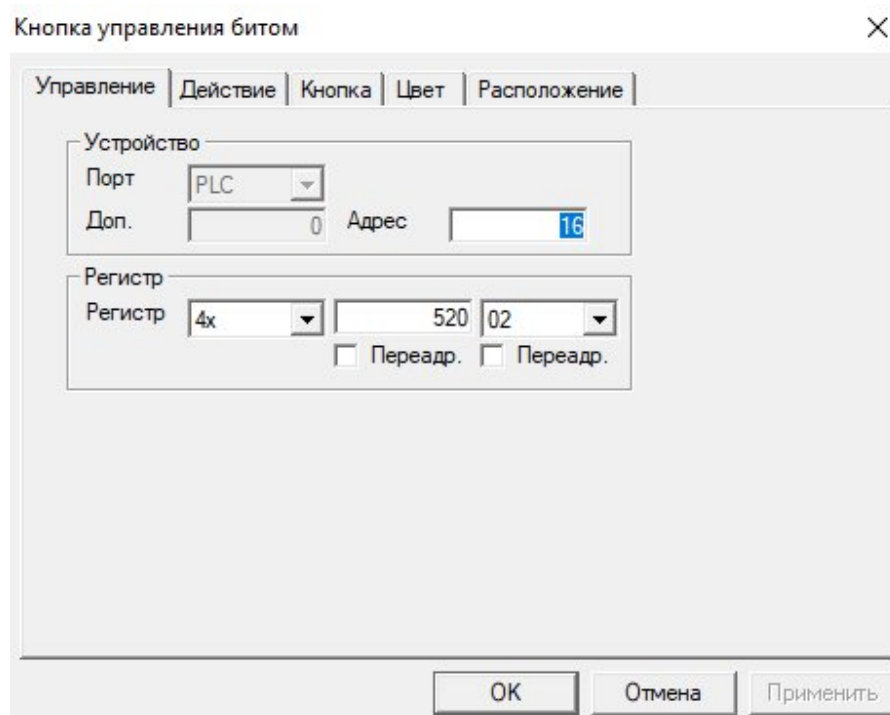


Рисунок 68 – Настройки управления элемента «Кнопка управления битом»
в режиме по времени

Элемент «Насос», привязанный к регистру 521 и выполняющий функцию индикатора аварии датчика влажности, представлен на рисунке 69, а его свойства можно увидеть на изображении 70.

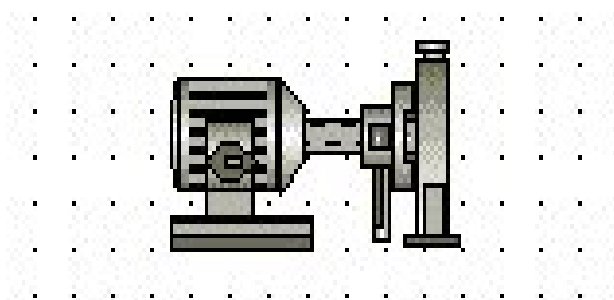


Рисунок 69 – Насос

Насос

Управление Вид Скорость Цвет Расположение

Устройство

Порт

Доп. Адрес

Регистр

Регистр

☐ Переадр. ☐ Переадр.

OK Отмена Применить

Рисунок 70 – Настройки управления элемента «Насос»

Для принудительного запуска оборудования вне основного автоматического цикла, в интерфейсе предусмотрена «Кнопка управления битом» с названием «Ручной пуск», продемонстрировано ниже на рисунке 71.

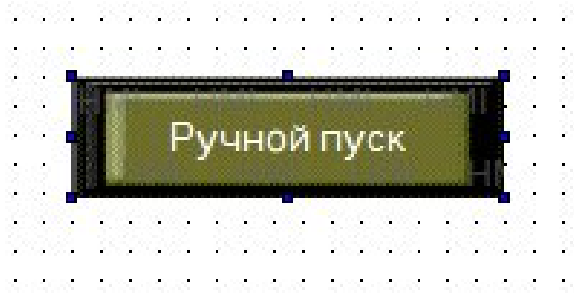


Рисунок 71 – Ручной пуск

На изображении 72 показана визуализация данных с датчика влажности в интерфейс операторской панели, для этого используется элемент «Цифровой дисплей». Конфигурация привязан к регистру 512. Заданные к элементу свойства отображены на рисунке 73.



Рисунок 72 – Текущая влажность

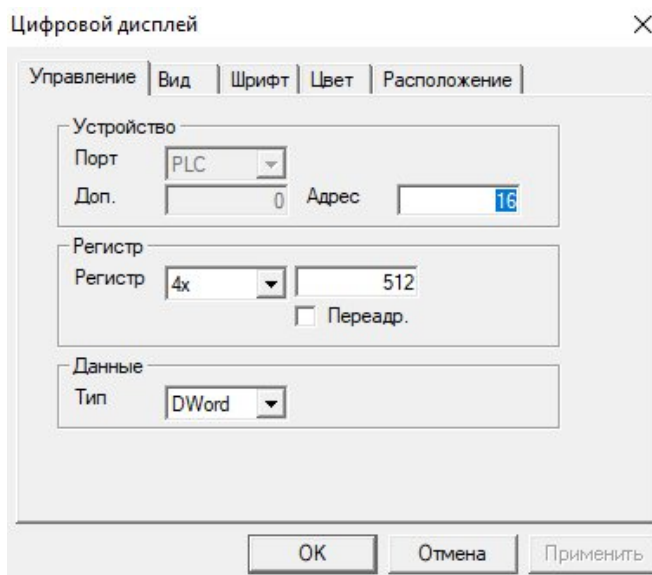


Рисунок 73 – Настройки управления элемента «Цифровой дисплей»

Чтобы видеть влажность в теплице на экране панели оператора предусмотрен элемент «График влажности». Он позволяет в реальном времени отслеживать текущие значения. Рисунок 74.

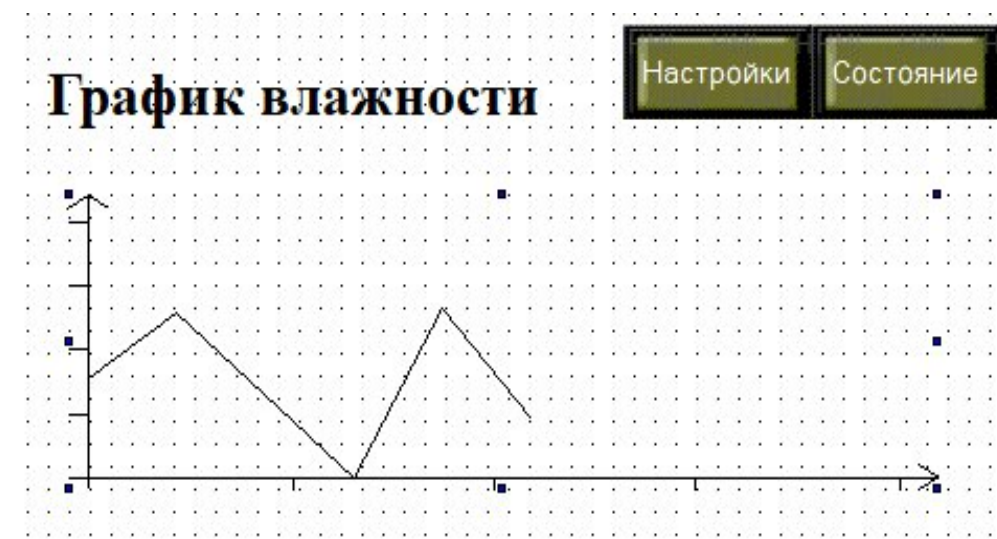


Рисунок 74 – График влажности

Для удобства оператора в нижней части окон реализована система быстрой навигации, примеры которой продемонстрированы на рисунках 75 – 77. Кнопки «График», «Настройки» и «Состояние» позволяют мгновенно переключаться между основными экранами панели управления.

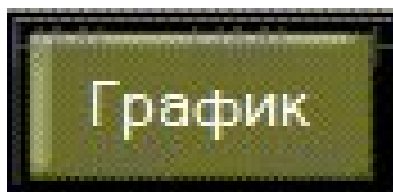


Рисунок 75 – Перевод на экран с историческими данными



Рисунок 76 – Перевод на экран настройки уставки и гистерезиса



Рисунок 77 – Перевод на главный экран

В завершение разработки графического интерфейса на рисунках 78–80 представлены итоговые виды трех функциональных экранов, включающих все ранее описанные элементы управления и индикации.

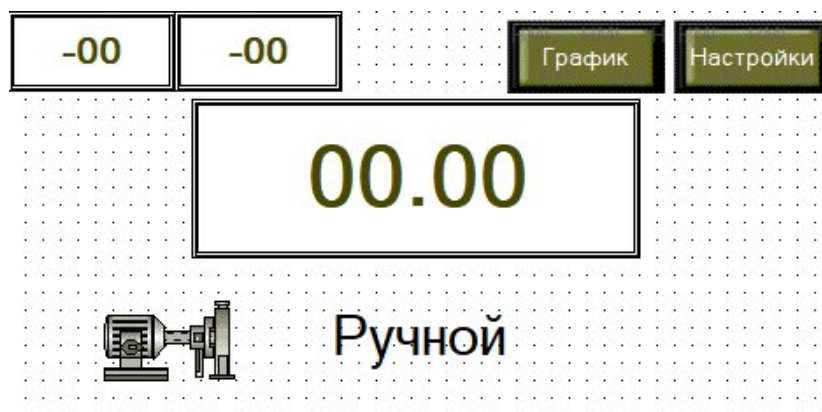


Рисунок 78 – Главный экран

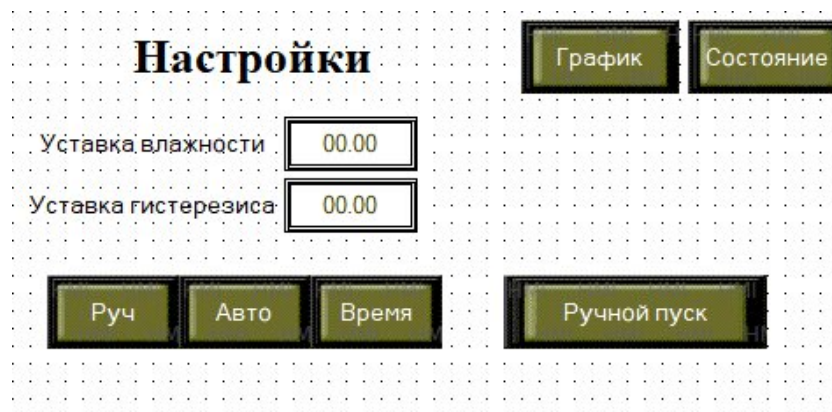


Рисунок 79 – Экран настроек



Рисунок 80 – Экран с графиком

3 Анализ результатов

3.1 Тестирование и отладка программы

Перед загрузкой проекта в реальный контроллер была проведена проверка программы в режиме эмуляции OWEN Logic. Использование эмулятора позволило имитировать работу ПЛК.

Первым этапом тестирования была проверка работоспособности ручного режима управления. Реализация алгоритма представлена на Рисунке 81, где видно, что при активации входного сигнала «xManual» формируется команда «xStartByManual», разрешающая принудительное включение насоса.

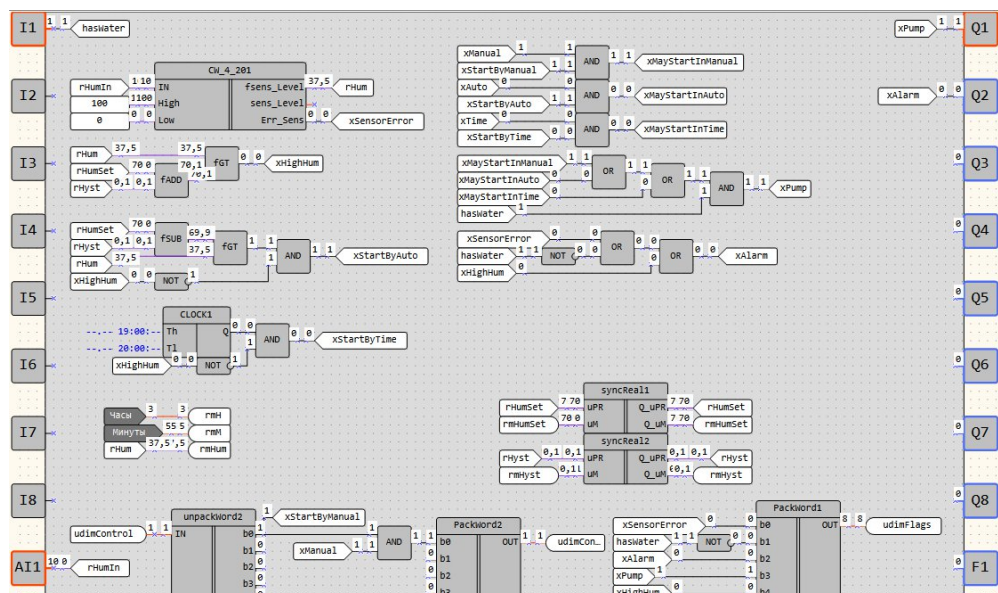


Рисунок 81 – Результат тестирования ручного режима управления

Состояние переменных в процессе данного этапа отладки показано на рисунке 82.

Окно просмотра	
Имя	Значение
AI1	10
I1	1
udimControl	1
udimMode	1

Рисунок 82 – Состояние переменных при тестировании ручного режима работы

Следующим этапом тестирования стала проверка функционирования автоматического режима управления. В ходе эмуляции проверялась корректность работы логики сравнения текущего значения влажности с заданными уставками, результат выполнения тестирования показан на рисунке 83. При подаче на входной канал «AI1» значений, имитирующих снижение влажности ниже критического уровня (с учетом гистерезиса), контроллер автоматически формирует сигнал на включение насоса. Программа обеспечивает постоянный мониторинг параметра влажности «rHumIn» относительно уставки «rHumSet» и параметров гистерезиса «rHyst».

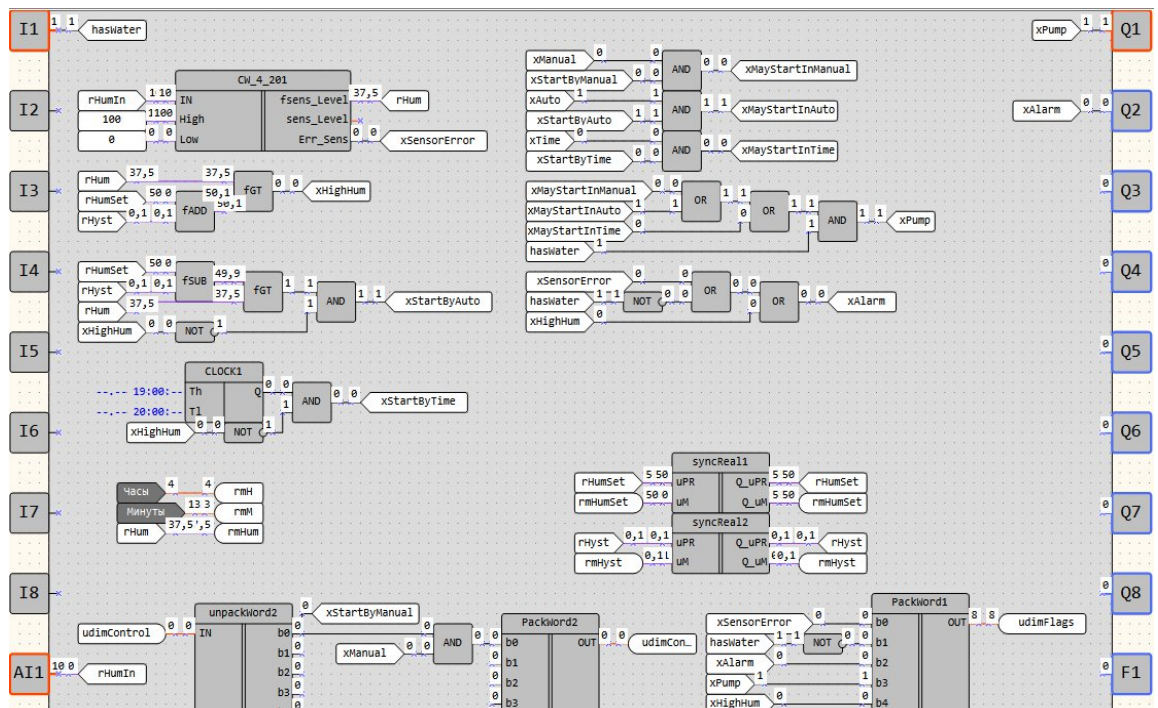


Рисунок 83 – Результат тестирования автоматического режима управления

Так же на рисунке 84 представлены состояния переменных, которые были изменены в ходе этого этапа.

Окно просмотра	
Имя	Значение
hasWater	1
rHyst	0,1
uDimMode	2
AI1	10
rHumSet	50

Рисунок 84 – Состояние переменных при тестировании автоматического режима работы

Последним этапом тестирования стала проверка работы режима «По времени», предназначенного для запуска полива по расписанию. В качестве базового элемента для реализации данного режима использован функциональный блок CLOCK1, настроенный на интервал включения с 19:00 до 20:00. Тестирование проводилось путем имитации различных временных меток системных часов контроллера.

На рисунке 85 продемонстрирована работа системы внутри заданного интервала включения (19:33), где блок «CLOCK1» активирует сигнал «xStartByTime» для запуска исполнительного механизма, а на изображении 86 представлено состояние системы после выхода за пределы заданного временного диапазона (20:35), при котором выходной сигнал управления корректно сбрасывается в ноль.

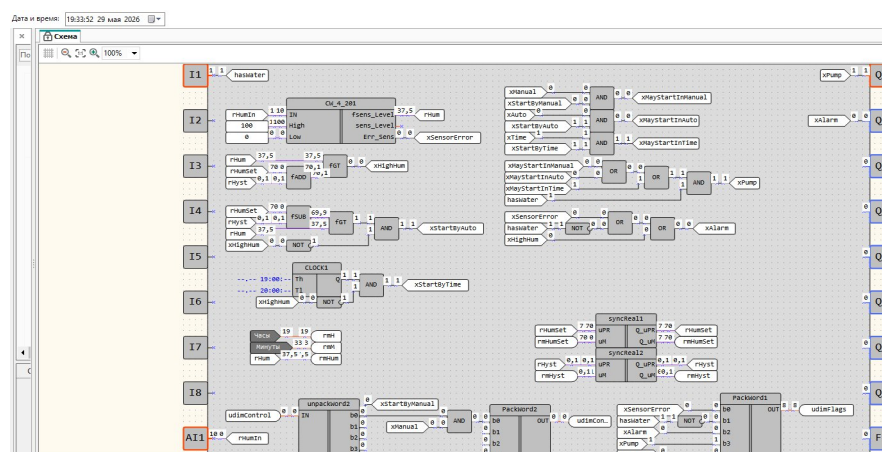


Рисунок 85 – Результат тестирования режима управления по времени с настроенным интервалом (19:33)

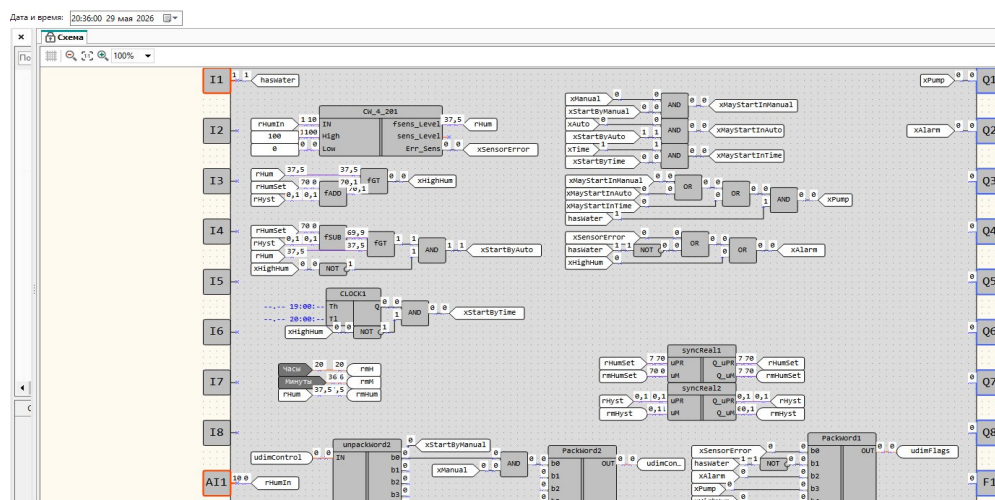


Рисунок 86 – Результат тестирования режима управления по времени с настроенным интервалом (20:35)

Состояние системных переменных, изменившихся в процессе тестирования, отражено на рисунке 87.

Окно просмотра	
Имя	Значение
hasWater	1
rHyst	0,1
udimMode	4
AI1	10
rHumSet	70

Рисунок 87 – Состояние переменных при тестировании режима работы по времени

Проведенное тестирование подтвердило работоспособность программы, что свидетельствует о её полной готовности к загрузке в контроллер.

3.2 Тестирование панели оператора ОВЕН СП270

Чтобы убедиться в правильности работы графического интерфейса панели оператора ОВЕН СП270 было проведено тестирование в среде разработки. В качестве отладки использовался режим «OffLine». На рисунках 88–90 представлены варианты экранов.



Рисунок 88 – Результат тестирования главного экрана

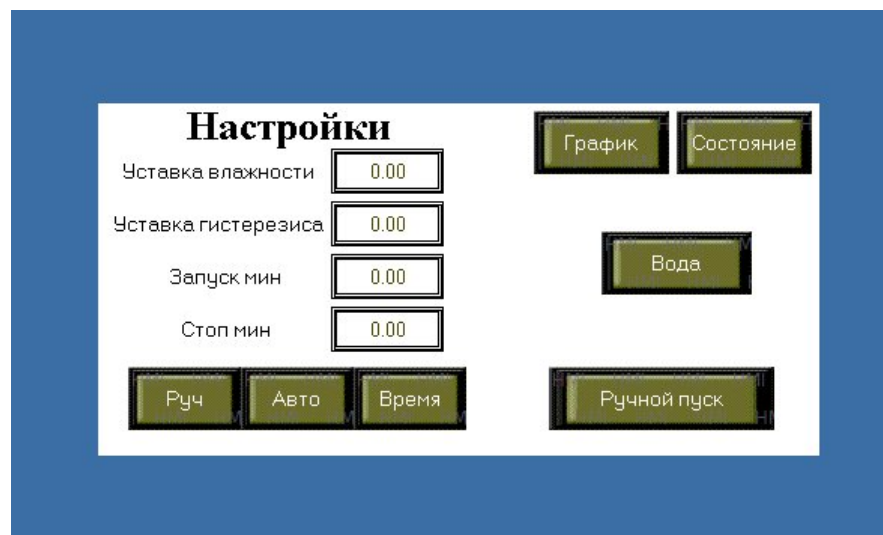


Рисунок 89 – Результат тестирования экрана настроек

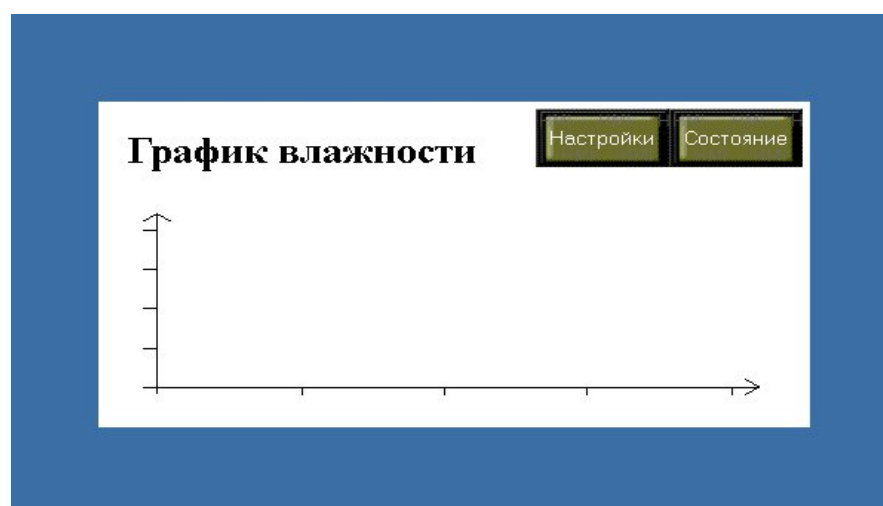


Рисунок 90 – Результат тестирования экрана с графиком

3.3 Практическая реализация и комплексное испытание проекта на аппаратном стенде

На рисунке 91 представлен общий вид собранного аппаратного стенда и продемонстрирована работа системы в ручном режиме управления.



Рисунок 91 – Результат тестирования ручного режима

Автоматический режим работы системы был успешно проверен, что наглядно показано на рисунке 92. Контроллер сам отслеживает уровень влажности и включает насос без участия человека, как только показатели отклоняются от нормы.



Рисунок 92 – Результат тестирования автоматического режима

Работа полива по расписанию (по заданному времени) показано на рисунке 93. Система выполняет команды запуска и остановки насоса строго в указанные промежутки времени.

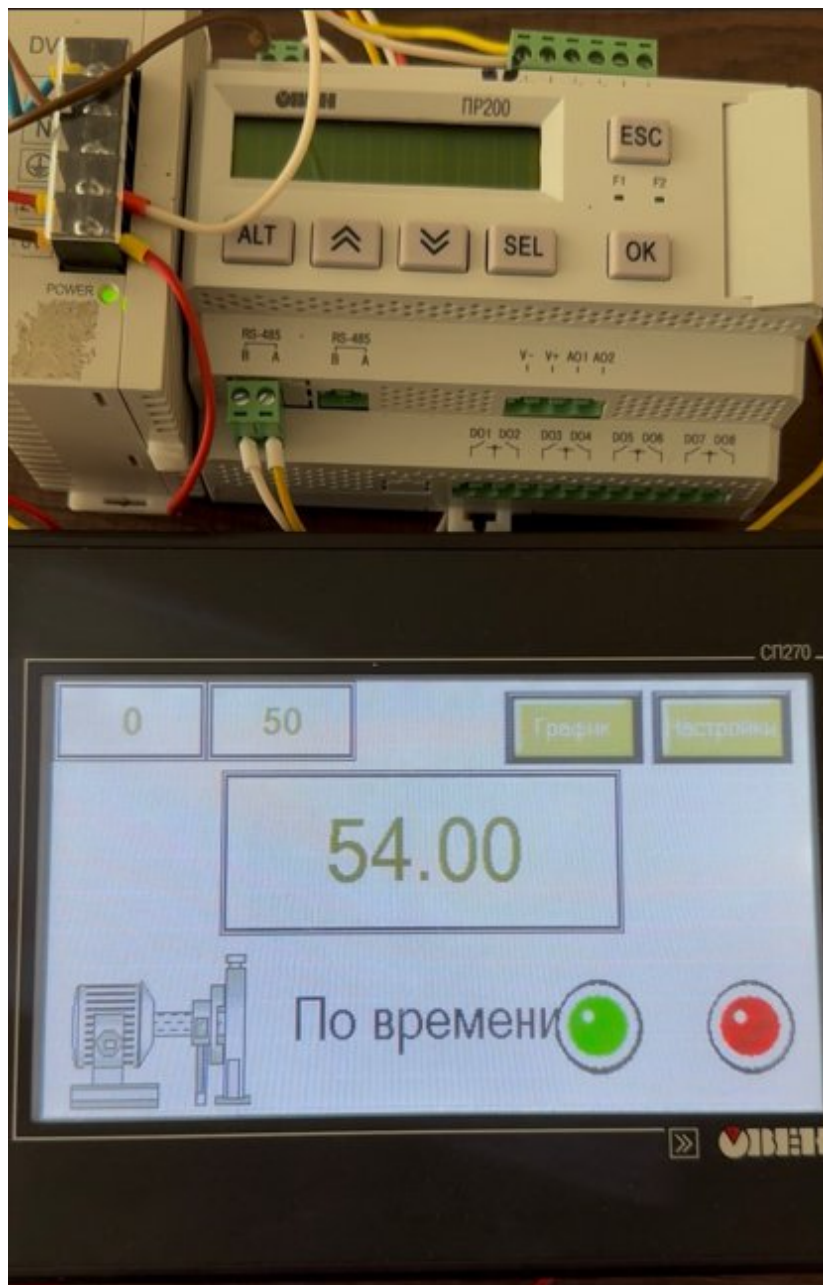


Рисунок 93 – Результат тестирования режима по времени

4. Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ негативных факторов, воздействующих на оператора ПЭВМ и способы их устранения

Профессиональная деятельность, связанная с разработкой и наладкой систем автоматизации, предполагает длительную работу за компьютером. Статическое напряжение мышц, неизбежное при многочасовом программировании, а также высокие зрительные нагрузки, создают риск развития профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата и органов зрения. Снижение работоспособности и накопление усталости – прямые следствия пренебрежения эргономическими нормами.

Для минимизации воздействия вредных факторов необходимо строго соблюдать следующие требования к организации рабочего места:

– Организация визуальной среды: Монитор должен находиться на расстоянии 600–700 мм от глаз пользователя. Рекомендуется такой наклон экрана, чтобы верхняя граница дисплея была расположена чуть ниже уровня глаз, создавая оптимальный угол обзора (10–15 градусов). Освещение рабочего пространства должно быть диффузным, без возникновения бликов на поверхностях оборудования.

– Режим труда и отдыха: Предотвращение кумулятивной усталости достигается за счет обязательных регламентированных перерывов каждые 45–60 минут. В это время рекомендуется выполнение комплекса упражнений для снятия мышечного напряжения и гимнастики для глаз.

– Антропометрические параметры мебели: Стол должен быть эргономичным (регулировка высоты в пределах 680–800 мм). Пространство под столешницей должно быть достаточным для свободной смены положения ног (минимум 600 мм в высоту и 450 мм в глубину).

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Расположение периферии: Клавиатура размещается на расстоянии 100–300 мм от кромки стола, что обеспечивает поддержку запястий.
- Электробезопасность: Эксплуатация ПЭВМ допускается только при наличии контура заземления. Запрещается эксплуатация неисправной кабельной продукции и превышение допустимой нагрузки на электросеть. На рабочем месте обязательно наличие первичных средств пожаротушения.

Грамотная компоновка рабочего места показана на рисунке 94 и является базисом для сохранения здоровья разработчика. Соблюдение правил посадки изображено на рисунке 95, это критически важно для снятия осевой нагрузки с позвоночника.

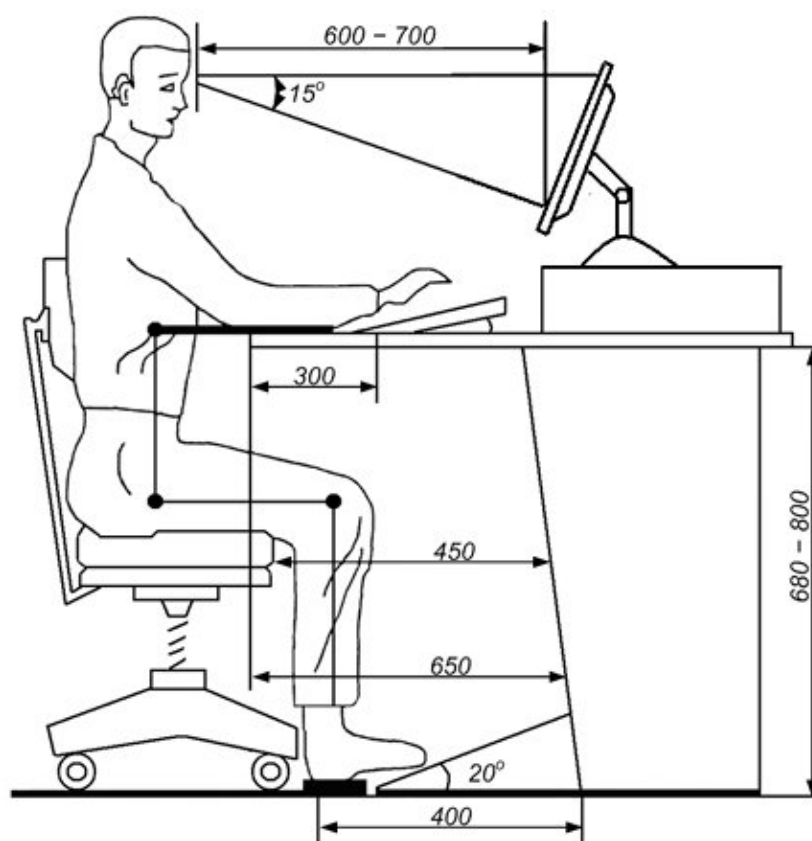


Рисунок 94 – Создание комфортной рабочей среды

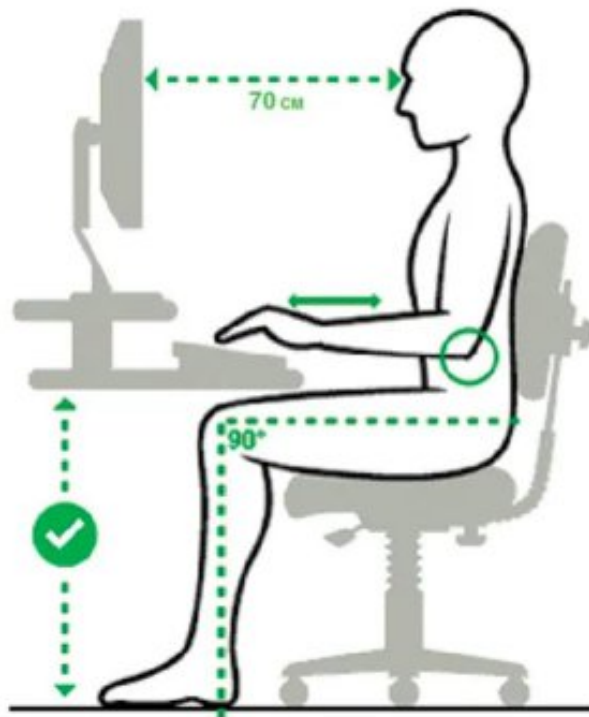


Рисунок 95 – Правильное положение при работе за компьютером

- Положение спины: Поясничный отдел должен иметь естественную поддержку (спинка кресла), предплечья располагаются на поверхности стола без избыточного напряжения.
- Положение рук: Локтевые суставы должны образовывать угол 90–100 градусов, предплечья располагаются параллельно поверхности стола, запястья находятся в нейтральном (прямом) положении.
- Положение плеч: Плечевой пояс должен быть расслаблен, сутулость при работе недопустима.

4.2 Освещённость рабочего места

Параметры световой среды – критически важный фактор для сохранения работоспособности оператора в течение смены. Согласно действующим нормативам – комбинированное освещение пультов управления и дисплеев должно быть не менее 400 люкс – тогда как общее освещение помещения – не менее 200 люкс.

Основные принципы организации освещения на рабочем месте:

– Минимизация бликов: Необходимо избегать использования глянцевых поверхностей – способных создавать зеркальные отражения – для исключения зрительного дискомфорта.

– Равномерность: В поле зрения оператора – для предотвращения монотонности следует использовать нейтральные цветовые решения – исключая резкие контрастные переходы.

– Световые потоки: При установке осветительных приборов (преимущественно потолочных светильников с люминесцентными лампами) – важно соблюдать углы размещения. Светильники располагаются параллельно линии зрения – сбоку от рабочего места – что предотвращает прямое засвечивание экранов мониторов и панелей оператора.

4.3 Электробезопасность

Все мероприятия по обеспечению защиты от воздействия электрического тока – проводятся в строгом соответствии с ГОСТ 12.1.019-2017. Учитывая, что аппаратно-программный комплекс работает от сети переменного тока с напряжением 230 В (частотой 50 Гц) — данная среда классифицируется как потенциально опасная.

Ключевые требования по эксплуатации оборудования:

– Система питания: Все периферийные устройства и контроллер – должны получать питание от одной фазы сети.

– Конструктив розеток: Использование розеток стандарта «Европа» – оснащенных обязательным заземляющим контактом – единственно допустимый вариант подключения.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– Маркировка: Обозначение номинального напряжения – наносится ярким контрастным цветом – крупным шрифтом (высота знаков от 50 мм) – непосредственно возле точек подключения.

Эксплуатация неисправной кабельной продукции – изношенных выключателей или розеток – категорически недопустима. В случае обнаружения дефектов – оборудование немедленно обесточивается – с последующим уведомлением ответственного технического специалиста. Возобновление работы – разрешается только после документального подтверждения устранения неисправностей.

4.4 Пожарная безопасность

Предотвращение возгораний при работе с электроникой – регулируется нормами Федерального закона от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности». Основными факторами риска в лабораторных условиях являются: перегрев контактных соединений – короткие замыкания – и воспламенение горючих материалов в зоне работы приборов.

Меры противопожарной профилактики включают:

– Свободный доступ: Проходы к рабочим местам и эвакуационные выходы – должны быть свободны от посторонних предметов. К средствам пожаротушения (огнетушителям) – всегда должен обеспечиваться беспрепятственный доступ.

– Автоматизация: Вентиляционные системы помещения – в обязательном порядке оснащаются клапанами огнезадержания – с функцией автоматического отключения при срабатывании датчиков пожарной сигнализации.

– Техобслуживание: Системы пожарной автоматики – проходят регулярную проверку на исправность – согласно утвержденному регламенту технического содержания.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.5 Режим труда и отдыха

Строгое соблюдение графиков работы – необходимо для предотвращения кумулятивной усталости – и сохранения профессионального здоровья. Характер деятельности при работе с ПЭВМ – классифицируется по трем группам:

- Группа А: Считывание информации с видеотерминала – после предварительного запроса.
- Группа Б: Ввод данных в систему.
- Группа В: Творческая работа – взаимодействие с ПЭВМ в режиме диалога.

За базовую деятельность принимается вид нагрузки – занимающий более 50% времени смены. Регламент перерывов определяется категорией тяжести (напряженности) труда:

- Группа А: Ограничение по объему считываемых данных – не более 60 000 знаков за смену.
- Группа Б: Суммарный объем вводимых/считываемых данных – лимитирован 40 000 знаков за смену.
- Группа В: Время непосредственного взаимодействия с оборудованием – не превышает 6 часов за рабочую смену.

Соблюдение данного режима – включая выполнение гимнастики для глаз и физическую разминку – является неотъемлемым условием высокой производительности труда – и долгосрочного сохранения работоспособности.

4.6 Требования безопасности при эксплуатации аппаратного комплекса

Программируемый контроллер ОВЕН ПР200 – согласно положениям ГОСТ IEC 61131-2-2012 – соответствует 2 классу защиты от воздействия

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

электрического тока. В ходе монтажных работ, технического обслуживания или периодической поверки – персонал обязан соблюдать требования ГОСТ 12.3.019–80, а также отраслевые «Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок».

Клеммные блоки прибора – находящиеся под потенциально опасным для жизни напряжением – требуют размещения устройства исключительно в защитных шкафах с регламентированным доступом. Выполнение любых сервисных операций – включая перекоммутацию цепей или диагностику – допускается только при условии полного обесточивания как самого контроллера, так и подключенных к нему исполнительных механизмов.

Требования к внешней среде эксплуатации:

Защита от влаги: Попадание конденсата или прямой влаги на разъемы – а также на внутренние электронные компоненты – категорически не допускается.

Агрессивные среды: Работа прибора в помещениях с содержанием химически активных веществ – таких как кислоты, щелочи, масла и другие активные соединения – запрещена.

Панель оператора ОВЕН СП270 – использующая напряжение питания постоянного тока до 26 В – относится к III классу защиты по ГОСТ 12.2.007.0. Данное оборудование характеризуется сниженным уровнем риска при контакте с токоведущими частями. Однако – требование о предварительном снятии напряжения в цепях питания и линиях связи перед началом любых работ – является обязательным для обеспечения безопасности.

Техническая диагностика и обслуживание панели – проводятся в строгом соответствии с нормами ГОСТ 12.3.019 и правилами безопасной эксплуатации электроустановок потребителей. Соблюдение данных мер – позволяет гарантировать безаварийную работу системы – и исключить риск травматизма среди обслуживающего персонала.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В ходе выполнения дипломной работы была разработана автоматизированная система управления поливом тепличного комплекса, отвечающая современным требованиям к надежности и эффективности. В рамках проекта были спроектированы аппаратная конфигурация системы, разработано программное обеспечение для ПЛК в среде OWEN Logic и создан человеко-машинный интерфейс для панели оператора СП270. Проведенные комплексные испытания и эмуляция режимов работы подтвердили корректность логики управления, точность отработки алгоритмов и стабильность взаимодействия между всеми компонентами системы. Разработанный комплекс полностью соответствует поставленным техническим задачам и готов к внедрению на реальном объекте для обеспечения автоматизированного микроклимата в теплице.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. ГОСТ ИЕС 61131-2-2012. Контроллеры программируемые. Часть 2. Требования к оборудованию и испытания. – Введ. 2013–06–01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 112 с.
2. Ключев, А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А. С. Ключев. – Москва: Инфра-М, 2022. – 412 с.
3. Конфигурирование и моделирование работы основных элементов промышленной автоматики: учеб.-метод. пособие / Д. А. Тарасов, А. Е. Шаралапов, К. И. Никишин, М. А. Митрохин. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2021. – 166 с.
4. Миронов, А. А. Промышленные контроллеры и системы автоматизации: учебное пособие / А. А. Миронов. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 256 с.
5. Программируемое реле ОВЕН ПР200. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – URL: <https://owen.ru/product/pr200/documentation> (дата обращения: 10.05.2026).
6. Панель оператора сенсорная графическая ОВЕН СП270. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – URL: <https://owen.ru/product/sp270/documentation> (дата обращения: 15.05.2026).
7. Owen Logic: среда программирования [Электронный ресурс]. – URL: https://owen.ru/product/owen_logic (дата обращения: 20.05.2026).
8. Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 № 69-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 25.05.2026).
9. RS485 — стандарт промышленных сетей. Какими особенностями обладает микросхема приемопередатчика? [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/milandr/articles/540084/>.

Приложение А

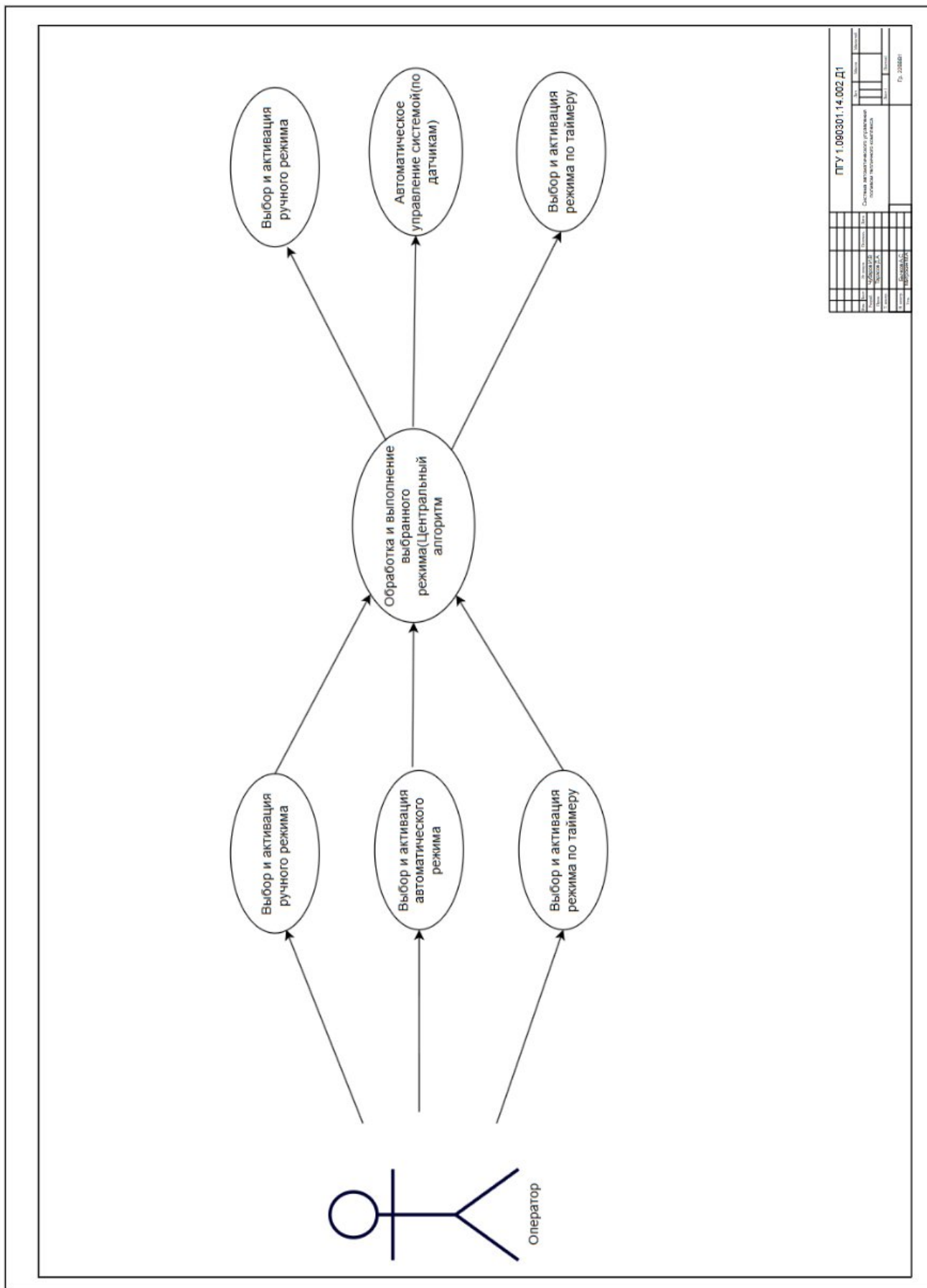
(обязательное)

Система автоматического управления поливом тепличного комплекса

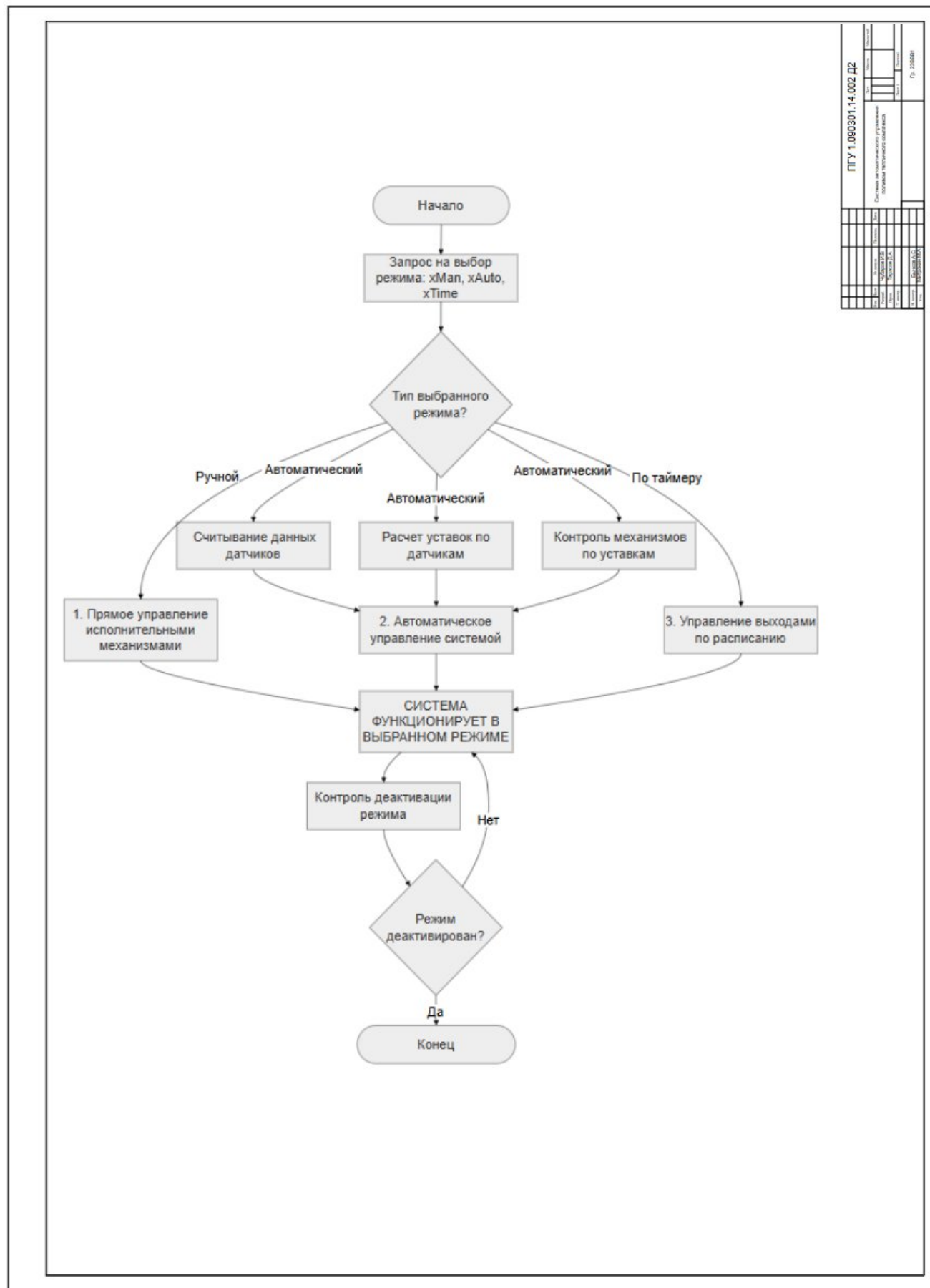
UML-диаграммы

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

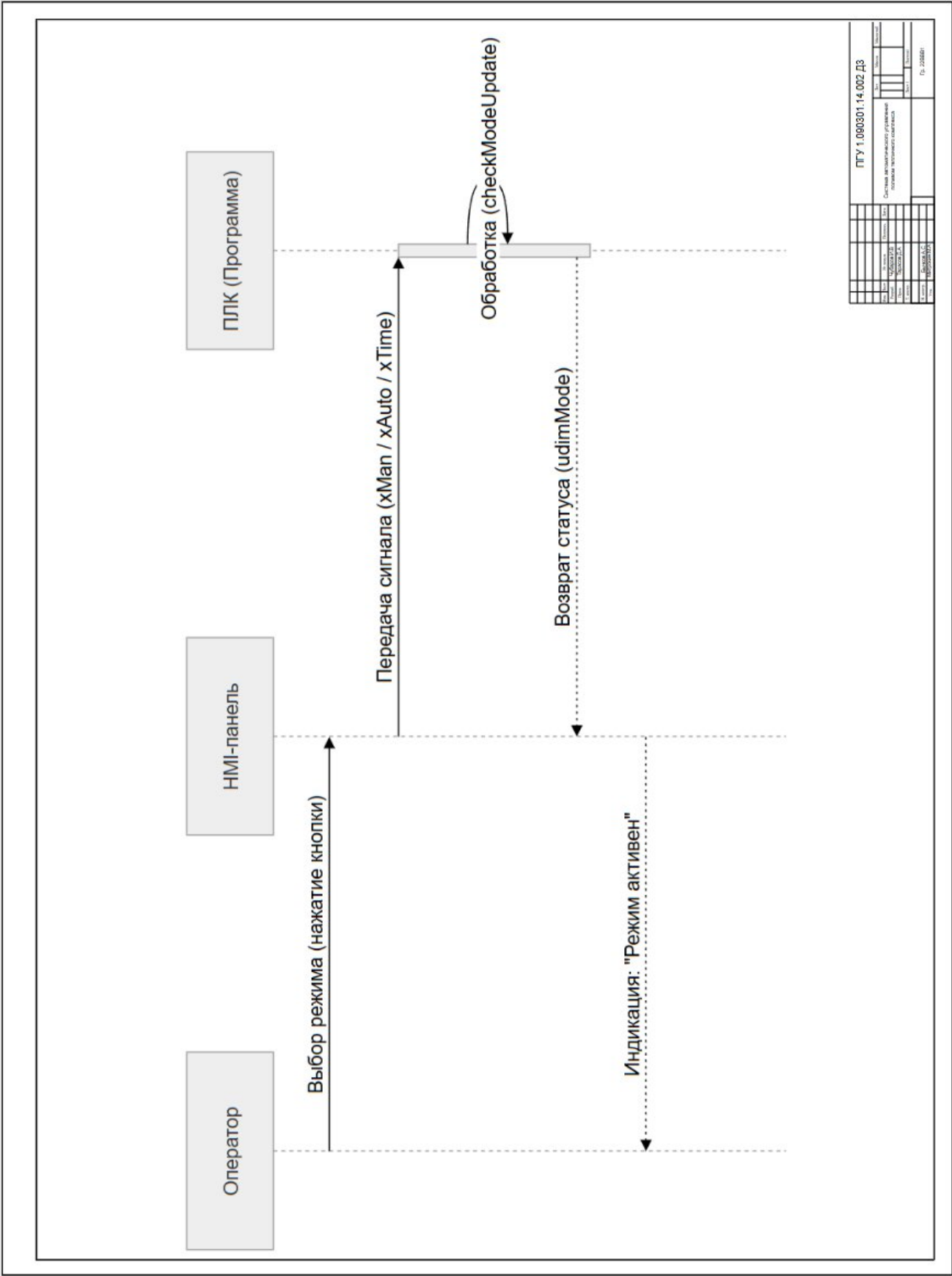
Приложение А.1 – UML-диаграмма прецедентов



Приложение А.2 – UML-диаграмма деятельности алгоритма



Приложение А.3 – UML-диаграмма последовательности взаимодействия
компонентов системы



Приложение Б

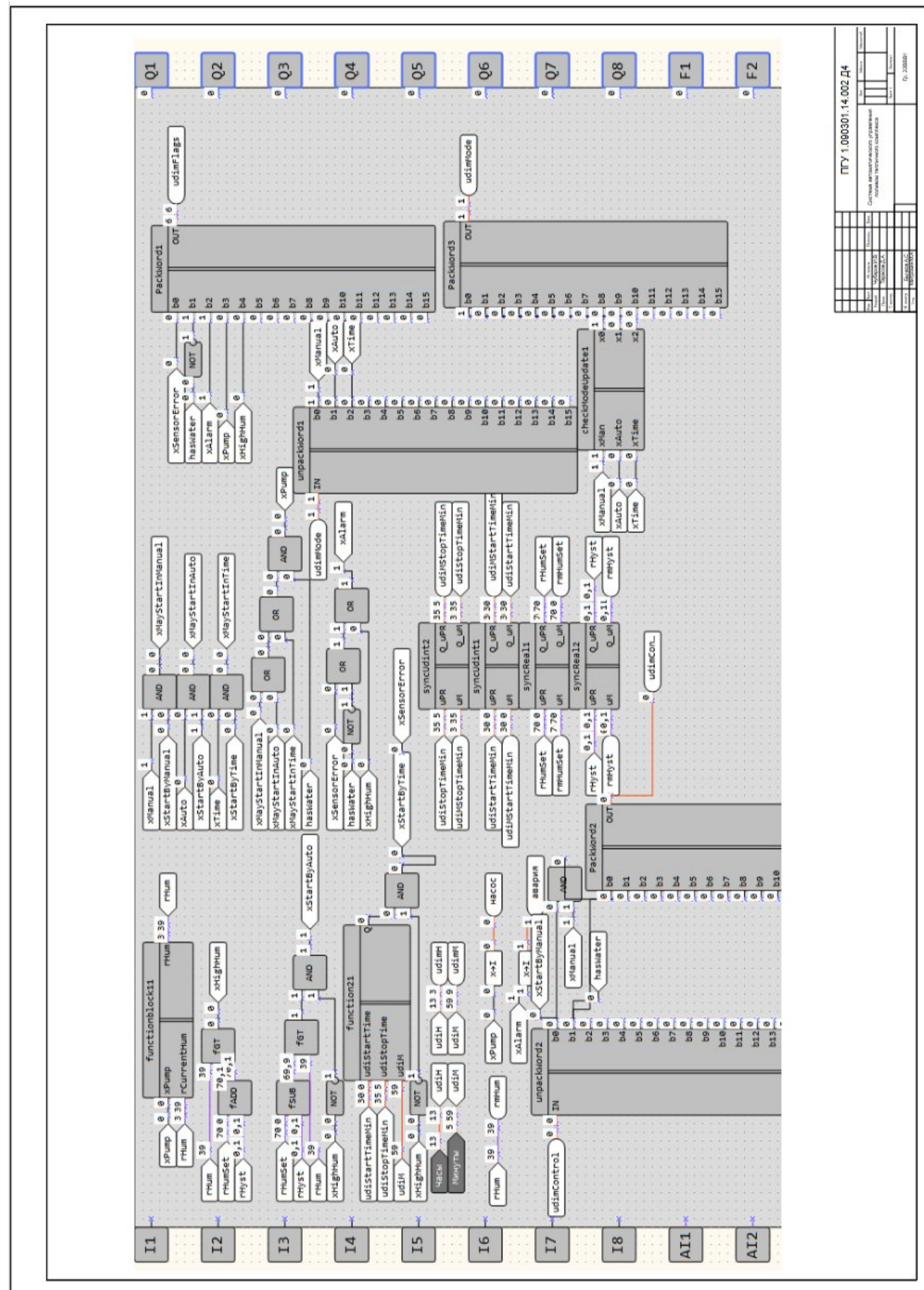
(обязательное)

Система автоматического управления поливом тепличного комплекса

Схема программы

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение Б.1 – Схема программы



Приложение В

(обязательное)

Система автоматического управления поливом тепличного комплекса

Презентация

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Система автоматического управления поливом тепличного комплекса

Автор работы: студент группы 22ВВВ1 Чубаров Игорь Валерьевич

Научный руководитель: доцент(к/н) Тарасов Денис Александрович

Проблематика автоматизации орошения

- ▶ **Неэффективность ручного труда:** Высокие трудозатраты и риск «человеческого фактора» (ошибки в поливе).
- ▶ **Нерациональное использование ресурсов:** Перерасход воды и электроэнергии при отсутствии точного контроля.
- ▶ **Ограниченность типовых систем:** Низкая гибкость существующих решений, отсутствие возможности быстрой перенастройки параметров.

Сравнительный анализ решений



Siemens LOGO

- HMI сложнее интегрировать
- Сложности с поставками
- Требуется ПК для настройки



ОВЕН PR200

- Интегрированная экосистема
- Локальная поддержка и доступность
- Работает напрямую через HMI



Цель и предлагаемое решение

- **Цель:** Создание надежной и гибкой системы автоматизации полива с возможностью оперативной коррекции параметров
- **Предлагаемый подход:**
 - ❑ Применение программируемого реле ОВЕН (ПЛР).
 - ❑ Реализация трех режимов: ручной, автоматический (по влажности) и по расписанию (по времени).
 - ❑ Внедрение человеко-машинного интерфейса (HMI) для настройки уставок.

Технические средства реализации управления

➤ Основная среда разработки

OWEN Logic: Программное обеспечение для конфигурирования контроллеров ОВЕН.



➤ Языки программирования

FBD (Function Block Diagram): Основной язык реализации алгоритма. Использован для визуального построения логических связей.

FBD

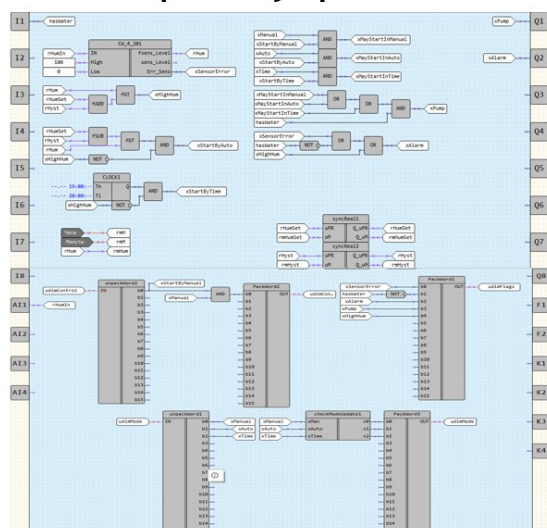
ST (Structured Text): Применен для написания сложных математических вычислений и обработки массивов данных.

ST

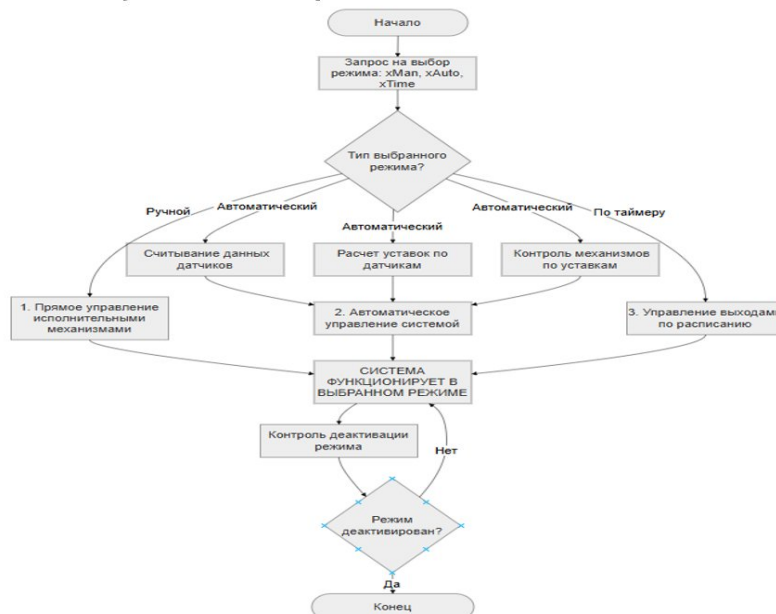
➤ Среда визуализации

Конфигуратор СП200: Специализированное ПО для создания HMI-проектов панели оператора ОВЕН СП270

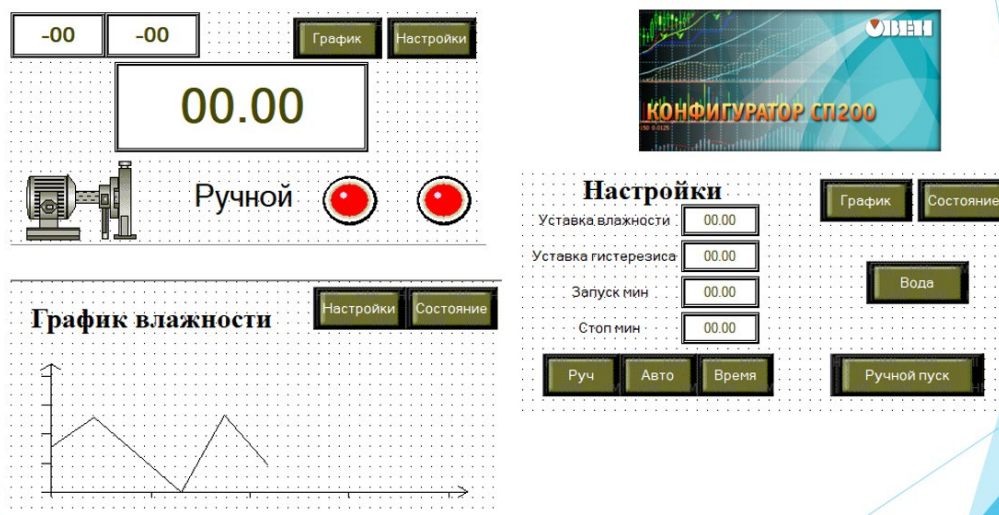
Алгоритм управления



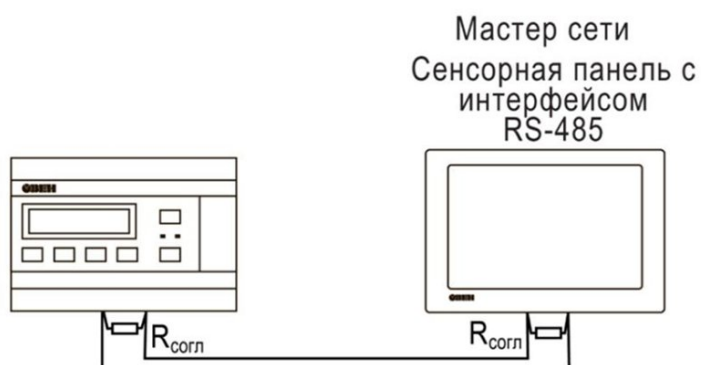
Функционирование системы



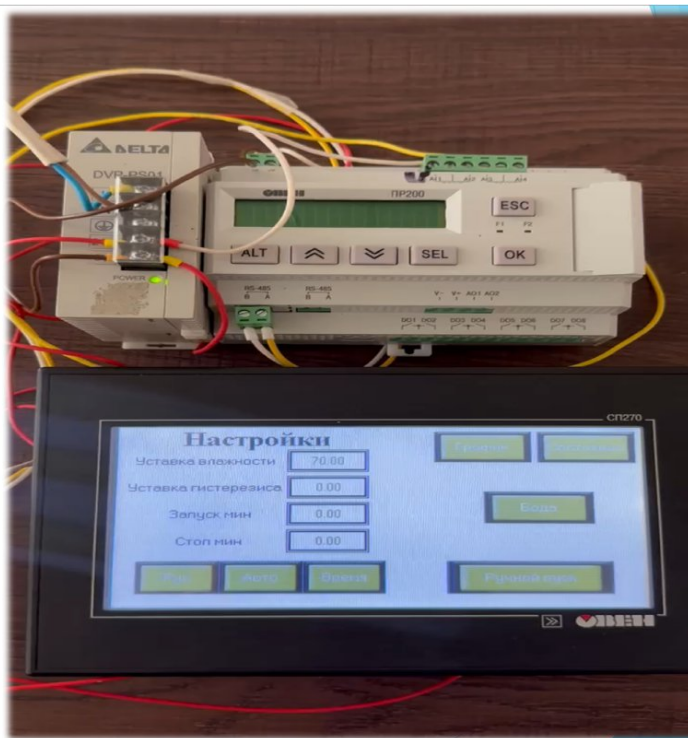
Графический интерфейс оператора



Модель взаимодействия устройств целевой платформы



Комплексное испытание проекта на аппаратном стенде





Спасибо за внимание!

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		