

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

вычислительной техники

Кафедра

«Вычислительная техника»

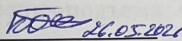
Специальность: 09.05.01 «Применение и эксплуатация
автоматизированных систем специального назначения»
Специализация: «Эксплуатация вычислительных машин, комплексов,
систем и сетей специального назначения»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

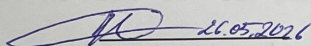
на тему

**ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМНЫМ
СТОЛОМ-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕМ**

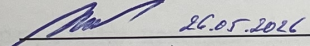
Студент

 26.05.2026 Комяков Рамиль Баязитович
(подпись, дата) (ФИО полностью)

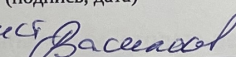
Руководитель

 26.05.2026 Тарасов Д.А.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр

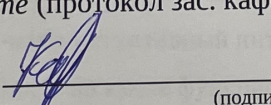
 26.05.2026 Бычков А.С.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Рецензент

главный специалист
АО «НПД» Рудин  26.05.2026 Васильков А.В.
(должность, место работы) (подпись, дата) (фамилия, инициалы)

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

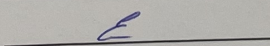
Заведующий кафедрой

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

Работа защищена с отметкой удовлетворительно (протокол заседания ГЭК от

10 июня 2026 г. № 3)

Секретарь ГЭК

 Е.И. Гурин

Пенза 2026

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

Факультет
Вычислительной техники

Кафедра
«Вычислительная техника»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
М.А. Митрохин
« 11 » 02 2026г.

**ЗАДАНИЕ
НА ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

1. Студент Комяков Рамиль Баязитович гр. 21ВОЭ1 факультета вычислительной техники

2. Тема работы «Программа управления подъемным столом-перегрузателем»

Тема утверждена приказом ПГУ № 122/о от " 11 " февраля 2026 г.

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

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

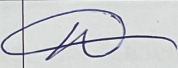
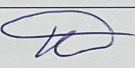
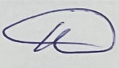
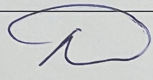
Разработать систему управления подъемным столом-перегрузателем на базе ПЛК ОВЕН ПР200 и панели оператора ОВЕН СП270. Основной целью работы являлось создание автоматизированной системы, обеспечивающей возможность подъема крупно габаритных грузов с возможностью управления через интуитивный интерфейс оператора.

Разработка ведётся в OwenLogic на языке функциональных блоков, также создать панель оператора (HMI).

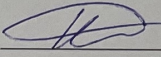
5. Перечень подлежащих разработке вопросов

Требуется произвести анализ предметной области: изучить существующие системы управления подъемных столов-перегрузателей, выявить их достоинства и недостатки. Также необходимо изучить среду программирования OwenLogic, язык функциональных блоков (FBD), принципы построения временных диаграмм и логики управления электроприводами, методы реализации аварийных остановок и защиты оборудования. Разработать алгоритм работы управления стола в нормальном и аварийном режимах, создать программу управления в OwenLogic и спроектировать панель оператора для отображения положения стола и приёма команд.

6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1	Анализ темы, аналогов, постановка задачи	126	11.02.26 – 02.03.26	
2	Выбор инструментов разработки выбор элементной базы (для аппаратной части)	215	02.03.26 – 01.04.26	
3	Получение и анализ результатов	286	01.04.26 – 29.04.26	
4	Описание архитектуры приложения	185	29.04.26 – 16.05.26	
5	Оформление отчёта	52	16.05.26 – 21.05.26	
Общий объём часов		864		

Дата выдачи задания "11 " февраля 2026 г.

Руководитель работы 
(подпись, дата)

Задание к исполнению принял студент 
(подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета  05.06.2026 Л.Р. Русово
(подпись, дата)

Реферат

Дипломная работа содержит 76 листов, 77 рисунков, 13 таблиц, 7 источников, 3 приложения.

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМНЫМ СТОЛОМ–ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕМ

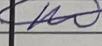
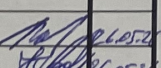
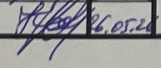
Цель работы – разработать программу, позволяющую автоматизировать организацию управления подъемным столом–перегрузателем на базе ПЛК ОВЕН ПР200 и панели оператора ОВЕН СП270.

Объектом разработки является управляющая программа, которая должна обеспечивать управление подъемным столом–перегрузателем. Система должна обладать графическим пользовательским интерфейсом на панели оператора.

Разработка системы была произведена в среде программирования OwenLogic. Для программирования логики системы был выбран язык функциональных блоков (FBD).

По итогам разработки была создана система, которая полностью соответствует поставленной задаче и в полной мере выполняет поставленные функции, а именно: интерфейс взаимодействия с контроллером понятный для пользователя и организация доступа на территорию или в помещение.

Созданная система может быть внедрена в любые производственные организации.

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Программа управления подъемным столом–перегрузателем Пояснительная записка	Литера	Лист	Листов
Разраб.	Комяков Р.Б.			16.05.20			4	75
Пров.	Тарасов Д.А.			16.05.20				
Н. Контр.	Бычков А.С.			16.05.20				
Утв.	Митрохин М.А.			16.05.20				
						ФВТ, каф. ВТ гр. 21ВОЭ1		

Содержание

Перечень сокращений и обозначений.....	6
Введение	8
1. Программа управления подъемным столом–перегрузателем	9
1.1 Анализ предметной области	9
1.1.1 Обзор аналогов.....	9
1.1.2 Анализ требований к разработке.....	13
1.1.3 Выбор архитектуры программы	14
1.1.4 Выбор языка программирования.....	15
1.1.5 Выбор среды разработки.....	15
1.2 Проектирование и разработка.....	24
1.2.1 Конфигурирование ПЛК ОВЕН ПР200	25
1.2.2 Разработка управляющей программы.....	28
1.2.3 Конфигурирование панели оператора ОВЕН СП200.....	35
1.3 Анализ результатов.....	39
1.3.1 Тестирование и отладка программы в редакторе OWEN Logic....	39
1.3.2 Тестирование и отладка интерфейса панели оператора СП200....	44
1.3.3 Тестирование проекта на стенде целевой платформы	45
2 Охрана труда.....	51
2.1 Анализ негативных факторов, воздействующих на оператора ПЭВМ и способы их устранения	51
2.1.1 Оборудование рабочего места	51
2.1.2 Освещенность рабочего места.....	53
2.1.3 Электробезопасность	54
2.1.4 Пожарная безопасность	54
2.1.5 Режим труда и отдыха	55
2.2 Меры безопасности при работе с ПЛК ОВЕН ПР200 и панелью оператора ОВЕН СП270	56

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

4

3 Экономика.....	59
3.1 Цель и задачи экономического обоснования	59
3.2 Расчет затрат на разработку системы	59
3.2.1 Трудоемкость разработки	59
3.2.2 Расчет заработной платы разработчика.....	60
3.2.3 Стоимость оборудования и комплектующих.....	60
3.2.4 Прочие затраты	61
3.2.5 Полная себестоимость разработки	61
3.3 Капитальные затраты на внедрение	61
3.4 Расчет эксплуатационных расходов.....	62
3.5 Оценка экономической эффективности	62
3.5.1 Исходная ситуация.....	62
3.5.2 После внедрения	63
3.5.3 Расчёт годовой экономии	63
3.5.4 Чистый годовой экономический эффект	64
3.5.5 Срок окупаемости проекта.....	64
3.6 Анализ чувствительности	64
3.7 Вывод по экономической части.....	65
Заключение	66
Список использованных источников.....	67
Приложение А.....	69
Приложение А.1 – UML–диаграмма деятельности для пользователя.....	69
Приложение А.2 – UML–диаграмма деятельности администратора	69
Приложение А.3 – UML–диаграмма использования для пользователя	70
Приложение А.4 – UML–диаграмма сценариев для администратора	70
Приложение Б – Схемы программ	72
Приложение В – Презентация	73

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяют следующие сокращения и обозначения

ЖКИ – жидкокристаллический индикатор

ОВЕН СП270 – панель оператора фирмы ОВЕН модель

СП270 ПЗУ – постоянное запоминающее устройство

ПК – персональный компьютер

ПЛК – программируемый логический контроллер

ПЛК ОВЕН ПР200 – программируемый логический контроллер
фирмы ОВЕН модель ПР200

ПЭВМ – персональная электронно–вычислительная машина

FBD (Function Block Diagram) – графический язык диаграмм
функциональных блоков, который предназначен для визуального
программирования

IEC 61131 – международный стандарт, описывающий языки
программирования для программируемых логических контроллеров

Modbus RTU – коммуникационный протокол, основан на архитектуре
ведущий–ведомый

OWEN Logic – среда программирования для создания алгоритмов
работы программируемых логических контроллеров

RS-485 (англ. Recommended Standard 485) – стандарт физического
уровня для промышленных сетей

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – программный
пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в
реальном времени систем сбора, обработки, отображения и
архивирования информации об объекте мониторинга или управления

USB (Universal Serial Bus) – последовательный интерфейс для
подключения периферийных устройств к вычислительной технике

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Введение

Практически в любых областях человеческой деятельности возникает потребность в организации системы ограничения доступа в помещения. Конкретные решения зависят от условий эксплуатации и доступного оборудования. В производственной среде важно опираться на автоматизацию процессов и имеющиеся ресурсы. Одним из эффективных способов решения является внедрение автоматизированной системы контроля доступа, что позволяет повысить меры безопасности и уменьшить расходы на обслуживающий персонал.

Работу человека с разного рода устройствами стоит выделять как единую систему. Задача данной системы заключается в обработке команд пользователя в команды для системы. При автоматизации управляющая система усложняется и включает в себя различные виды устройств. Связь с человеком–оператором также меняется: подача команд и вывод информации происходит через множество приборов. В этих условиях оператор остаётся неотъемлемым звеном системы.

SCADA–системы включают различные функции, выходящих за рамки буквального перевода. В рамках управления технологией SCADA получает данные от программируемых логических контроллеров (ПЛК). Эти контроллеры собирают данные с датчиков после чего проводят операции над ними для отправки их в контролер для выполнения указанной команды. Важно указать что у программируемых контроллеров присутствует функция обмена данными.

1. Программа управления подъемным столом–перегрузателем

1.1 Анализ предметной области

Подъемные столы перегружатели широко используются на производствах, логистических центрах с целью облегчения перемещения грузов между уровнями. Разрабатываемая программа для ПЛК (Программируемого логического контроллера) OWEN PR200 должна обеспечить интуитивно понятное и безопасное управление столом–перегрузателем. Эффективность и безопасность сильно зависят от надежности системы управления.

Проект предназначен для автоматизации операций подъема крупно габаритных грузов и обеспечения безопасности работников на различных предприятиях. Реализация управления через панель оператора с графическим интерфейсом делает управление интуитивно понятным для работников и обеспечивает оптимизацию труда.

У разрабатываемой системы присутствует ряд преимуществ, которые предоставляют что позволяет ей охватывать, определенные задачи:

- Стабильное состояние системы;
- безопасная работа с системой;
- низкий входной порог для использования системы;
- широкая сфера применения;
- адаптирование под ряд систем;
- отечественный продукт;
- повышенная информативность;
- высокая безопасность работников и оборудования.

Создание программы электрическим столом–перегрузателем на базе ПЛК OWEN позволяет получить, безопасное и эффективное средство для работы со столами–перегрузателями.

1.1.1 Обзор аналогов

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В наше время существует множество разновидностей столов–перегрузателей. Каждый из них имеет определенные преимущества и недостатки. Самым распространенным типом отечественных столов–перегрузателей является односекционный гидравлический подъемный стол. Это связано с простотой конструкции, высокой грузоподъемностью, но сильно ограничен по высоте подъема лишь одним ножничным звеном, которое поднимает до 1–1,5 метров. В нашем случае мы разрабатывает программу для управление электрическим столом–перегрузателем.

Краткий анализ преимуществ и недостатков разных типов столов–перегрузателей представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ преимуществ и недостатков типов столов–перегрузателей

Тип	Преимущества	Недостатки
Электрические	Высокая грузоподъемность Большая высота подъема Высокая скорость работы Простота управления Высокая высота подъема	Высокая стоимость Сложность обслуживания Необходимость подключения к источнику питания
Гидравлические	Простота обслуживания Невысокая стоимость Надежность и долговечность	Малая высота подъема Медленная скорость работы
Пневматические	Малые размеры Высокая скорость работы	Небольшая грузоподъемность Необходимость подключения к источнику питания

Электрический подъемный стол – это мобильная или стационарная подъемная платформа, реализованная на основе ножничного механизма с электрическим приводом, способная точно позиционировать платформу на нужной высоте. Чтобы стол имел большую высоту подъема, могут

использоваться несколько секций ножничного механизма. На рисунке 1 представлен пример электрического стола перегружателя.

Электрический стол может иметь различные области применения, такие как:

- Точные монтажные работы;
- сборочные линии и конвейеры;
- склад, цех и логистические операции;
- автомастерские и сервисные центры.



Рисунок 1 – Электрический стол

Гидравлический подъемный стол также имеет ножничный механизм, но уже осуществляет управление посредством гидравлической системы. По сравнению с электрическим приводом, гидравлический работает может иметь грузоподъемность в разы выше, более 20 тонн, и могут использоваться в тяжелой промышленности, где требуется высокая надежность, максимальная мощность и отказоустойчивость. Не предназначен для точных работ по сравнению с электрическими столами.

Основные пункты, по которым следует выбирать именно гидравлическую систему, является:

- Требуется высокая грузоподъемность;
- условия эксплуатации с невысокими требованиями к чистоте;
- есть возможность периодически обслуживать гидравлический механизм.

На рисунке 2 представлен пример мобильного гидравлического стола перегружателя.



Рисунок 2 – Гидравлический стол

Пневматический стол перегружатель имеет такой же ножничный механизм, как и предыдущие типы, но уже в качестве привода используется воздух, нагнетаемый с помощью компрессора, что позволяет выполнять операции подъема и опускания на очень быстрой скорости. Используется для предприятий, где очень высокие требования к чистоте и во взрывоопасных средах.

Основные сферы, где применяются пневматические системы:

- Пищевая промышленность;
- фармацевтическая;
- мебельное производство;
- взрывоопасные производства краски, газа;
- лаборатории.

Пример пневматического стола перегружателя показан на рисунке 3.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 3 – Пневматический стол перегружатель

По итогам составленного анализа различных столов перегружателей можно сделать вывод, в котором указано то, что электрические столы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими моделями и имеет возможность более удобного использования. После проведенного анализа можно сказать то что разрабатываемая система для электрического стола–перегружателя на базе контроллера ПР200 можно уверенно назвать конкурентоспособной а также, наличие востребованности на предприятиях различных размеров.

1.1.2 Анализ требований к разработке

Главной целью системы является создание программы по контролю и управлению подъемным столом–перегружателем с использованием программируемого логического контроллера, который предназначен для использования на производственных объектах, логистических центрах с требованиями безопасного перемещения крупно габаритных грузов между разными уровнями. Разрабатываемая система должна обеспечивать надежность эксплуатации в условиях промышленной деятельности и безопасность работников.

Требуется следующий функционал работы системы:

- Управление движением стола кнопками «Вверх» и «Вниз»;
- обработка сигналов концевых датчиков;
- реализация аварийной остановки;

- интеграция ультразвукового датчика контроля зоны перемещения;
- реализация алгоритма принудительного движения в ручном режиме;
- световая индикация движения и сигналов аварийной остановки;
- обеспечение безопасности.

Для управления системой будет использоваться панель оператора СП200.

1.1.3 Выбор архитектуры программы

Для создания системы требуется создать двухстороннее управление пользователя с системой. Создание ранее указанной системы можно поделить на этапы создания:

- Состояние входов системы будет автоматически записываться в память входов;
- система будет считывать результаты входов системы и выполнять над ними различного вида логические операции;
- после работы системы данные будут записаны в память выходов контроллера;
- возможность возвращение к первоначальному этапу.

То сколько будет потрачено времени на выполнение всех указанных шагов будет подсчитано с учетом сложности алгоритма работы. Функциональная схема работы прибора представлена на рисунке 4.

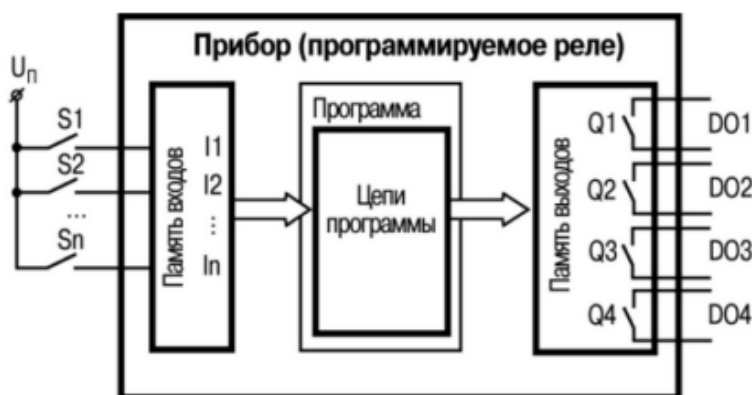


Рисунок 4 – Функциональная схема работы прибора

Работа системы будет реализована с использованием панели оператора,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

которая будет работать в режиме master–устройства и подключаться по интерфейсу RS485 и подключатся контроллер в режиме slave. Для передачи данных в RS–485 витая пара, которая позволяет обеспечить быструю передачу данных. Передача данных будет осуществляется с помощью сигналов, которые будут обеспечивать высокую устойчивость к помехам.

1.1.4 Выбор языка программирования

Для создания системы управления подъемным столом–перегрузателем был выбран ЯП функциональных блоков.

Функциональные блоки являются визуальным языком программирования для логических контроллеров в промышленной автоматизации.

Основной особенностью является представление алгоритмов в виде графических схем, которые состоят из блоков, каждый блок выполняет определенную операцию.

Выбор языка FBD для разработки был обусловлен следующими причинами:

- Низкий порог входа;
- легко в обслуживании или поддержке;
- имеет строгую последовательность выполнения операций;
- быстрота разработки программы.

Таким образом, выбор языка обусловлен наглядностью, простотой применения, высокой надежностью и соответствует нашему техническому заданию.

1.1.5 Выбор среды разработки

Для создания системы была выбрана среда разработки OwenLogic потому что у данной системы присутствует ряд преимуществ среди аналогов, а также является отечественным продуктом, для создания графического интерфейса будет использоваться ПО конфигуратор СП200 для создания панели оператора системы.

OWEN Logic – это среда разработки, созданная для программирования

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

алгоритмов работы контроллеров в системе для контроллеров различных моделей. Данная среда разработки принадлежит компании ОВЕН

OwenLogic является бесплатным ПО для разработки системы, на рисунке 5 представлен сайт производителя.

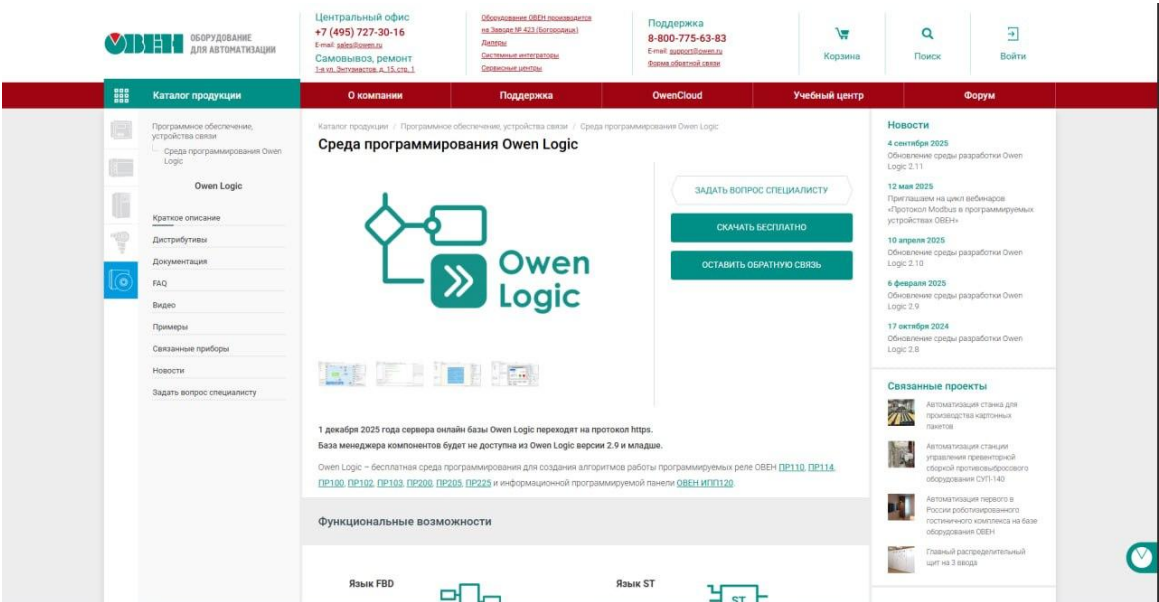


Рисунок 5 – Сайт производителя

Как только был скачан и распакован архив с официального сайта производителя будет показано пользователю меню с установкой программного обеспечения, указанное на рисунке 6.

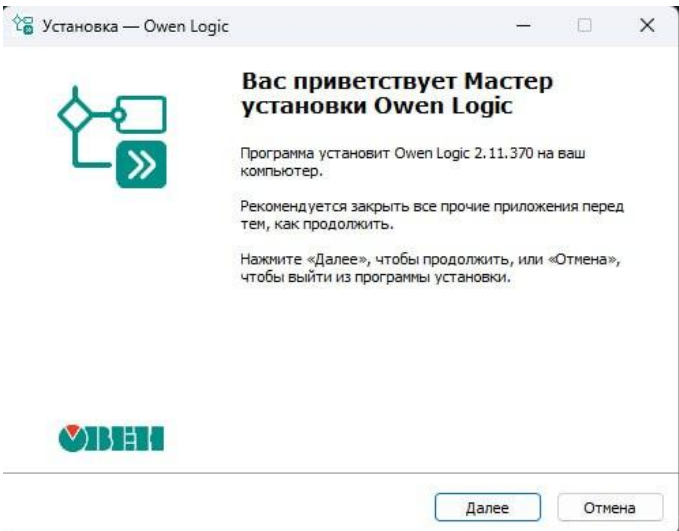


Рисунок 6 – Окно установки программного обеспечения

Нажав на кнопку далее, окно меняется и нам предлагают принять лицензионное соглашение рисунок 7.

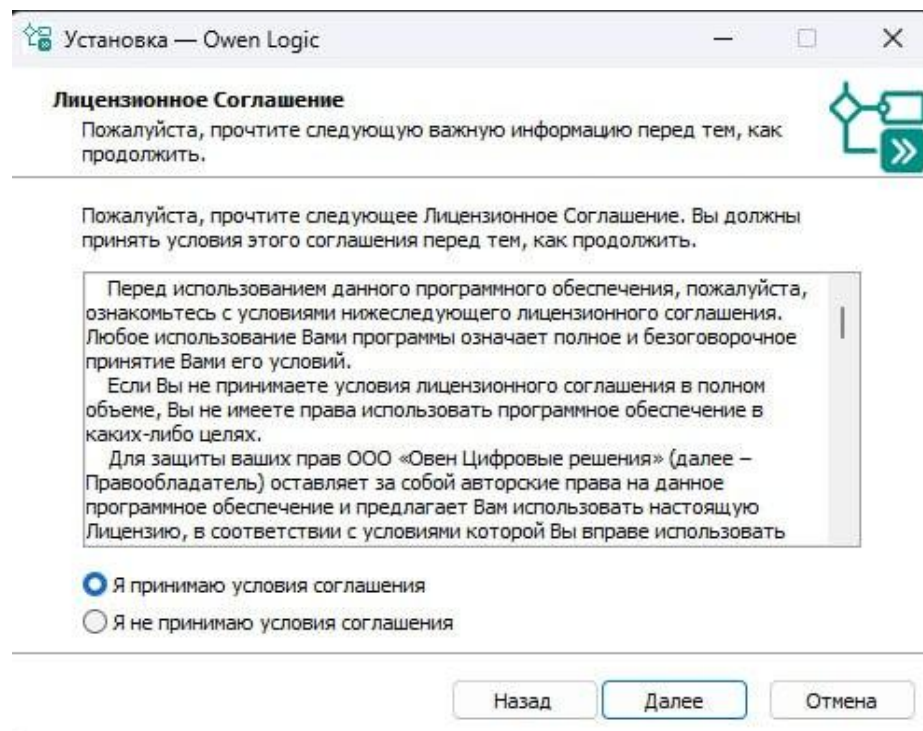


Рисунок 7 – Лицензионное соглашение

Нажав кнопку “далее” установщик программы дает возможность выбрать путь установки ПО на рисунке 8.

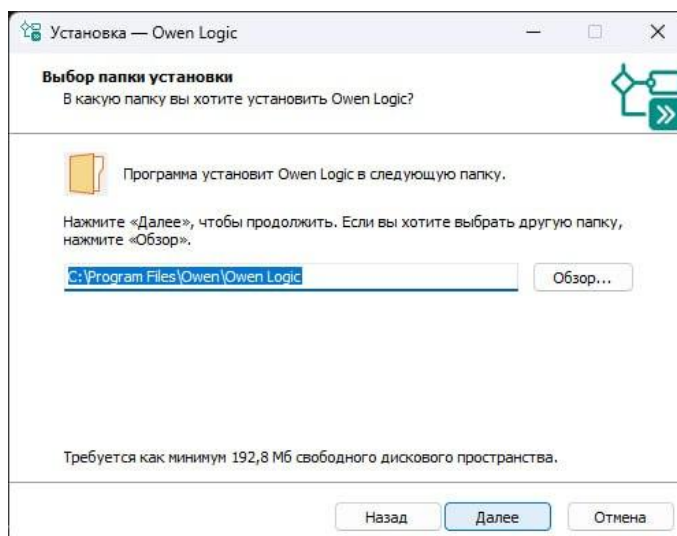


Рисунок 8 – Выбор пути остановки программы.

Далее нам предоставляется выбор дополнительных задач, выбор значков, ассоциация с файлами и дополнительное ПО, для наших задач можно все оставить по умолчанию, на рисунке 9 предоставлен стандартный выбор.

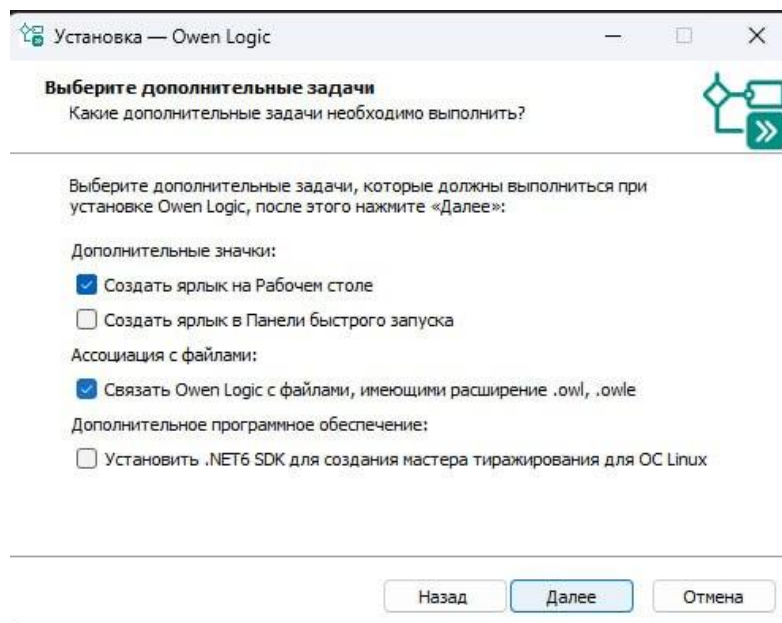


Рисунок 9 – Выбор дополнительных задач

На рисунке 10 пользователю показано меню для проверки установки выбранных ранее составляющих.

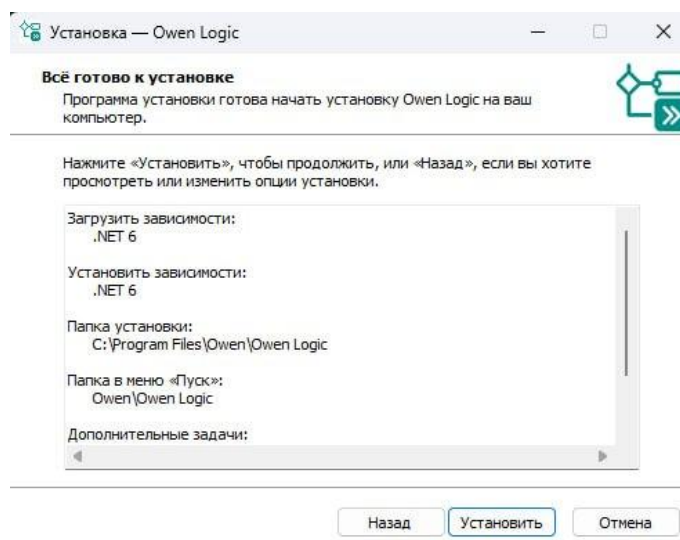


Рисунок 10 – Проверка дополнительных компонентов

После того как прошла установка, пользователю будет продемонстрировано окно OwenLogic показанное на рисунке 11.

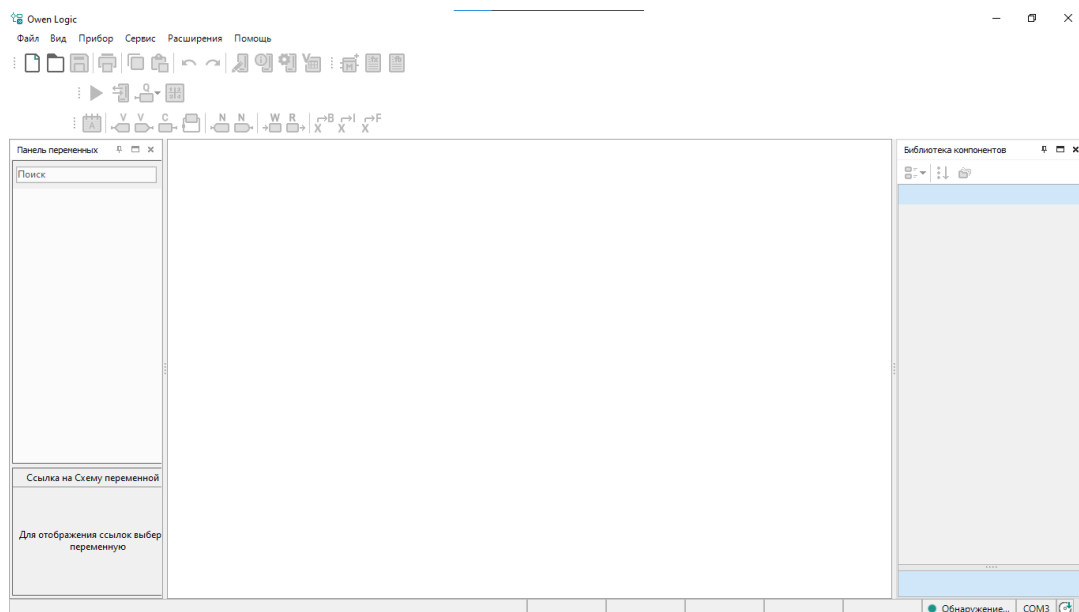


Рисунок 11 – Окно Owen Logic

Для работы в среде разработки, нам нужно нажать на кнопку “файл” и выбрать пункт “Новый проект” рисунок 12.

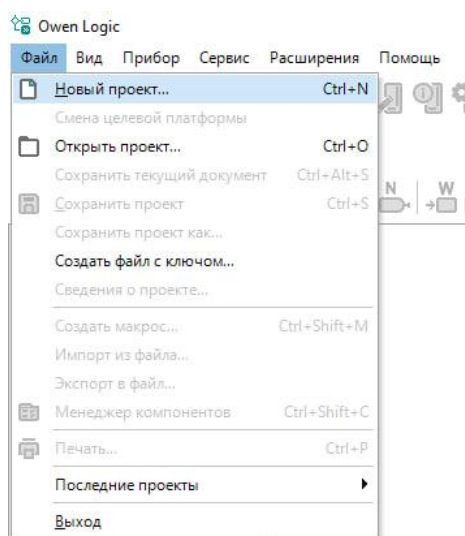


Рисунок 12 – Создание проекта

На рисунке 13 открывается окно с выбором нужного нам программируемого реле, мы выбираем PR200



Рисунок 13 – Выбор прибора

Как только пользователь выбрал модель контроллера ему предоставляется возможность выбора конфигурации контроллера продемонстрированное на рисунке 14

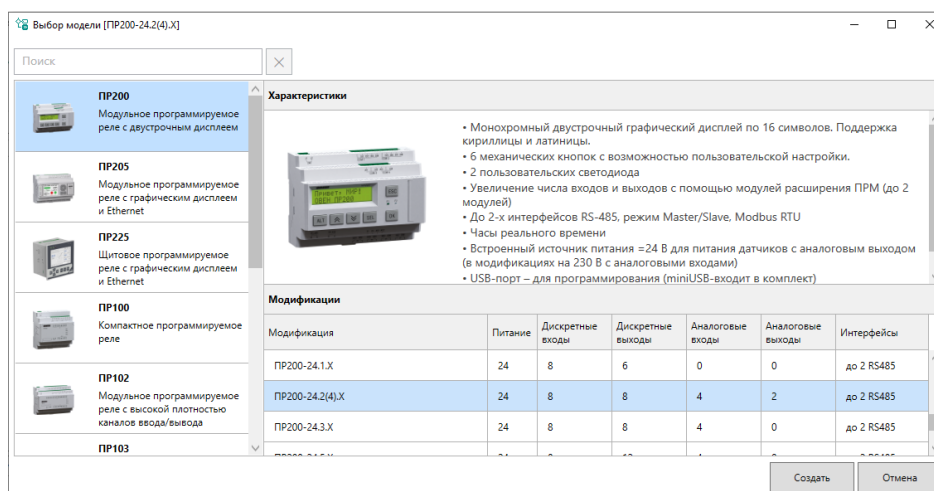


Рисунок 14 – Выбор модификации PR200

Как только был создан проект нам становится доступен весь функционал программы. На рисунке 15 представлен весь интерфейс программы Owen Logic.

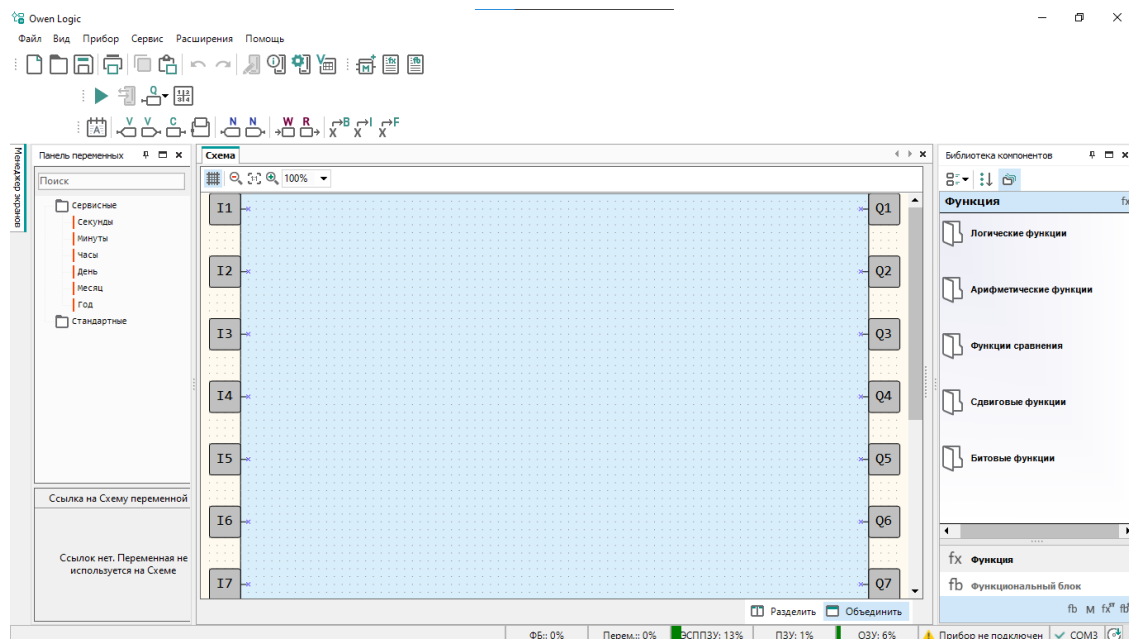


Рисунок 15 – Интерфейс Owen Logic

На рисунке 16 показана панель инструментов Owen Logic.

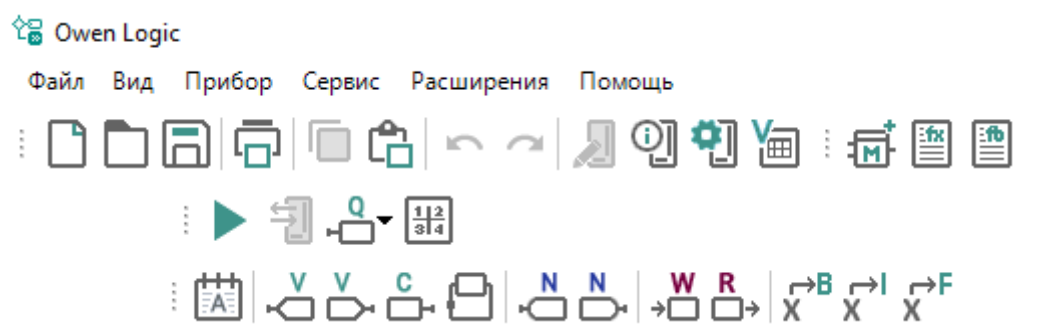


Рисунок 16 – Панель инструментов Owen Logic

На рисунке 17 показана возможность создания различных переменных, таких как входные, сетевые. Создание записи в функциональный блок, а также чтения из функционального блока, преобразование в булевское, целочисленное и с плавающей запятой значений.



Рисунок 17 – Элементы переменных

Основной холст для работы над проектами продемонстрирован на рисунке 18.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

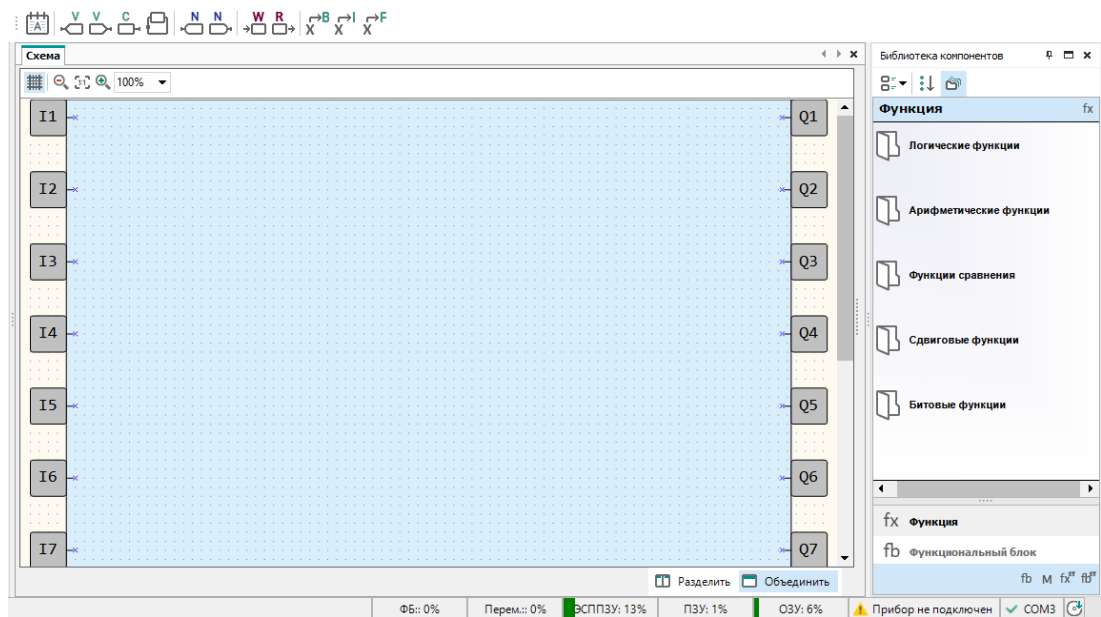


Рисунок 18 – Основной холст Owen Logic

На главном экране пользователь может ознакомиться с элементами управления среды программирования, присутствует окно панель переменных показанное на рисунке 19, а также библиотека компонентов показанная на рисунках 20, 21.

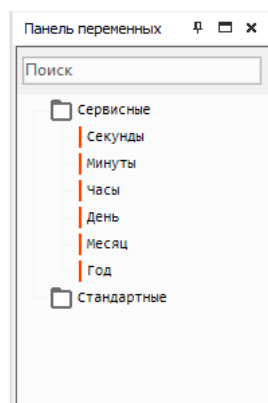


Рисунок 19 – Панель переменных

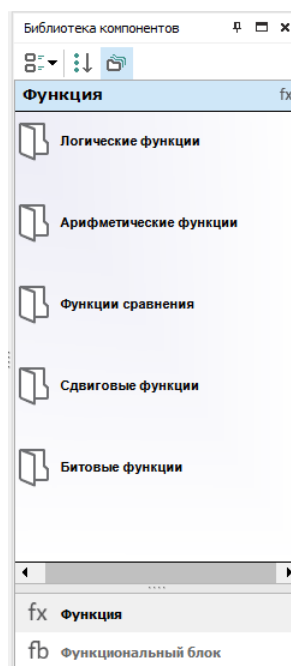


Рисунок 20 – Библиотека функций

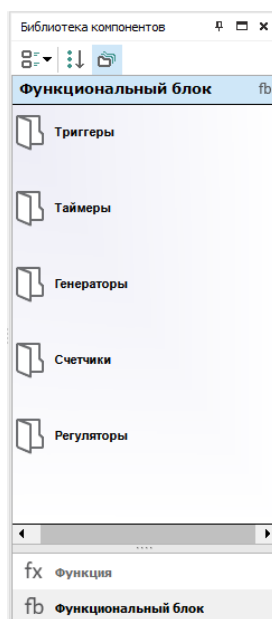


Рисунок 21 – Библиотека функциональных блоков

Что бы подключить прибор к компьютеру потребуется внести изменения в настройках подключения прибора показанные на рисунке 22. Как только будет установлено нужное программное обеспечение контроллер станет корректно определяться системой.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

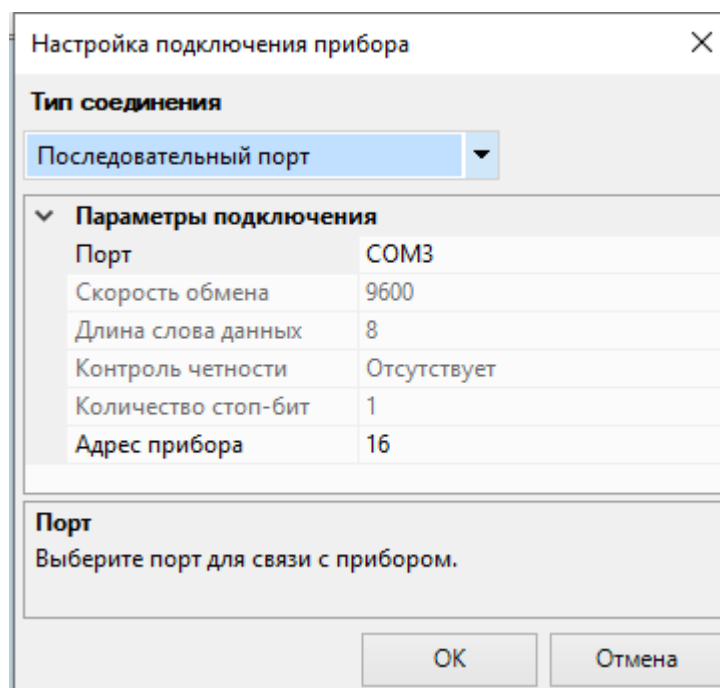


Рисунок 22 – Настройки подключения прибора

1.2 Проектирование и разработка

У создаваемой системы присутствует главная программа, созданная на языке функциональных блоков, а также панель оператора. Для того что бы взаимодействовать с системой будет использован графический интерфейс.

Основной задачей является реализация программы, которая будет готова к использованию на практическом применении.

Программа имеет одну пользовательскую роль, которой является обычный пользователь. На роли администратора находится программист, который в дальнейшем будет обновлять программу и добавлять новый необходимый функционал для пользователя.

Основной рабочий интерфейс для пользователя реализован на панели оператора и имеет следующий функционал:

- Кнопка вверх/вниз;
- индикация при движении вверх/вниз;
- индикация датчика аварийной остановки;
- индикация датчика «препятствие».

1.2.1 Конфигурирование ПЛК ОВЕН ПР200

ПР200 – является программируемым реле с дисплеем. На рисунке 23 можно ознакомиться с внешним видом прибора. Прибор выпускается в корпусе 7 DIN и имеет на борту до 24 каналов ввода/вывода [4]. Если пользователю потребуется расширение входов или выходов то у него будет присутствовать такая возможность с использованием внутренней шины модуля расширения. Для интеграции в SCADA–системы и управления внешними устройствами в прибор может быть установлено до двух интерфейсов RS–485 с поддержкой протоколов Modbus RTU/ASCII [2].



Рисунок 23 – Прибор ПР200

Для разработки системы был создан проект в среде разработки OwenLogic. После создания нового проекта пользователю будет предоставлена возможность выбора модели показанное на рисунке 24 выбран тип устройства ПР200–24.2(4).Х.

.

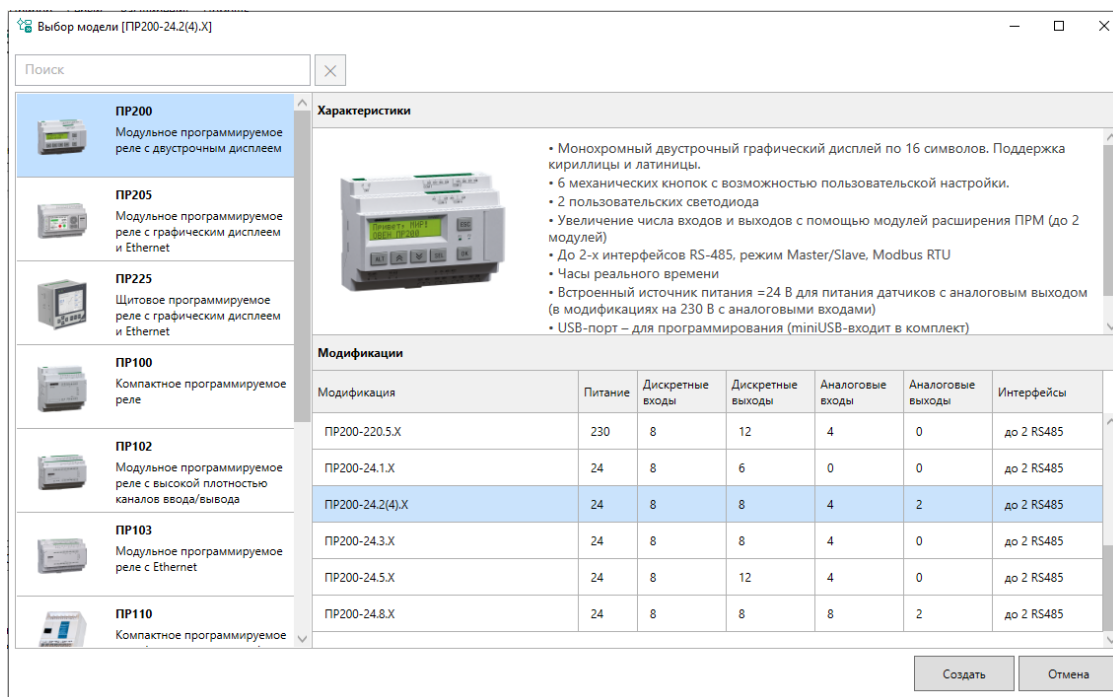


Рисунок 24 – Выбор устройства ПР200–24.2(4).X

Как только пользователь определился и выбрал модель контроллера требуется перейти во вкладку прибор для настройки прибора. Требуется установить значение адреса на 1 и добавить требуемые для проекта сетевые переменные все эти этапы показаны на рисунках 25 и 26.

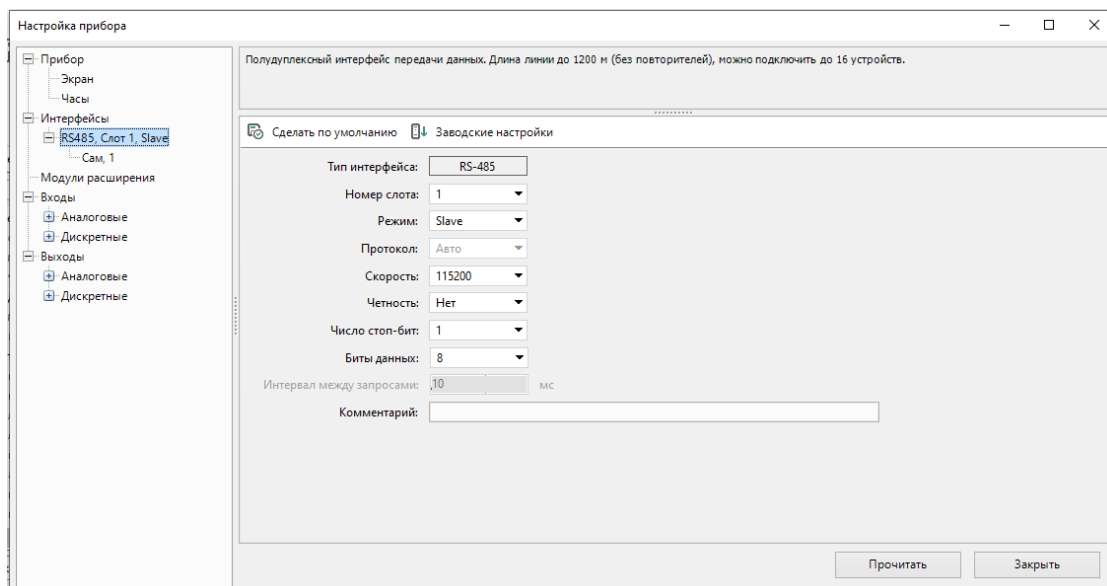


Рисунок 25 – Сетевые настройки прибора

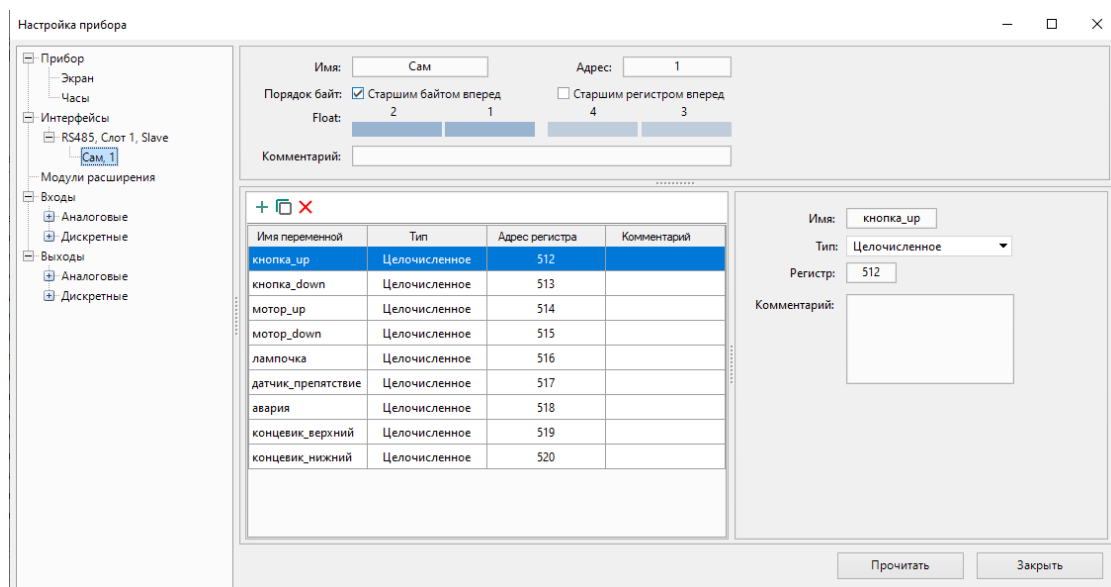


Рисунок 26 – Таблица сетевых переменных настроек прибора

Таблица 2 – Таблица сетевых переменных

Имя переменной	Тип переменной	Адрес регистра
кнопка_up	Целочисленное	512
кнопка_down	Целочисленное	513
мотор_up	Целочисленное	514
мотор_down	Целочисленное	515
Лампочка	Целочисленное	516
датчик_препятствие	Целочисленное	517
авария	Целочисленное	518
концевик_верхний	Целочисленное	519
концевик_нижний	Целочисленное	520

Добавление сетевых переменных важно для работы контроллера и панели оператора по протоколу с использованием интерфейса RS485, всё это показано на рисунке 27.

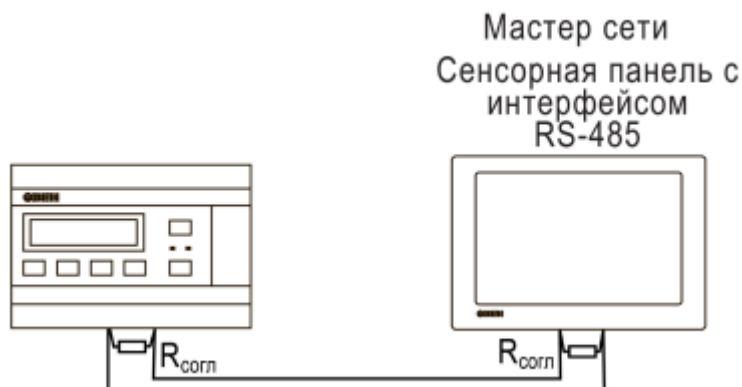


Рисунок 27 – Схема сетевого взаимодействия мастер–панели с ПЛК

При разработке программы предусмотрена возможность её эксплуатации как через панель оператора, так и в локальном автоматическом режиме, когда к входам ПЛК подключаются физические переключатели. Для обеспечения этой функциональности в программу были введены локальные переменные продемонстрированные на рисунке 28 и таблице 3.

Имя переменной	Тип переменной	Энергонезависимость	Значение по умолчанию	Использование в проекте
кнопка_вверх	Булевское	☐	0	Да
кнопка_вниз	Булевское	☐	0	Да
мотор_вниз	Булевское	☐	0	Да
мотор_вверх	Булевское	☐	0	Да
концевик_низ	Булевское	☐	0	Да
аварийная_ост	Булевское	☐	0	Да
препятствие	Булевское	☐	0	Да
концевик_верх	Булевское	☐	0	Да
сигнальная_л...	Булевское	☐	0	Да
движение	Булевское	☐	0	Да
разрешено_вверх	Булевское	☐	0	Да
разрешено_вниз	Булевское	☐	0	Да

Рисунок 28 – Таблица локальных переменных проекта

Таблица 3 – локальные переменные проекта

Имя переменной	Тип переменной
кнопка_вверх	Булевское
кнопка_вниз	Булевское
мотор_вниз	Булевское
мотор_вверх	Булевское
концевик_низ	Булевское
концевик_верх	Булевское
аварийная_остановка	Булевское
Препятствие	Булевское
сигнальная_лампа	Булевское
Движение	Булевское
разрешено_вверх	Булевское
разрешено_вниз	Булевское

1.2.2 Разработка управляющей программы

Как только был окончен этап конфигурирования контроллера был начат

этап разработки основной программы.

На рисунке 30 реализован алгоритм работы кнопок, кнопки реализовывают алгоритм подъёма стола, а также движение стола вниз.

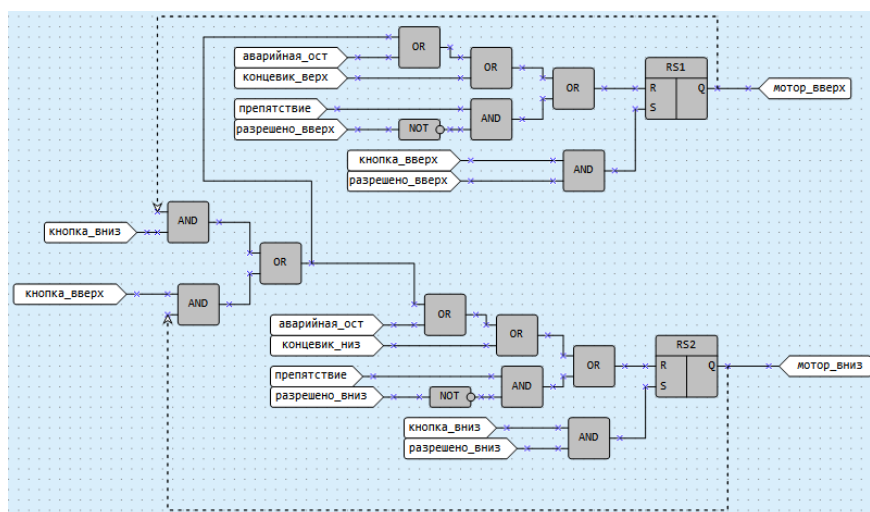


Рисунок 30 – Алгоритм работы кнопок «вверх» и «вниз»

Алгоритм был реализован с помощью встроенных блоков OR, AND и RS триггером.

RS–триггер используется для переключения с состояния во время поступления импульсов на соответствующий вход. На выходе Q появится 1 по фронту сигнала на входе S. Если было получено одновременное поступление сигналов то приоритетным является сигнал входа R. Пример использования на рисунке 31.

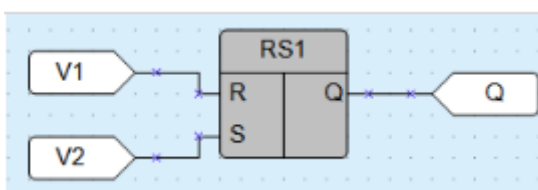


Рисунок 31 – Пример RS триггера

В проекте присутствует алгоритм проверки стола с помощью концевых датчиков которые помогают определить положение стола для дальнейшей корректной работы. При срабатывании одного из концевых датчиков, происходит остановка стола для исключения поломок двигателей.

Например:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

При срабатывании верхнего концевика, во нажатия кнопки вверх будет отклонена попытка поднятия стола вверх. При этом будет присутствовать возможность опустить стол путем нажатия кнопки вниз. У кнопок движения присутствует возможность передвижения путем нажатия кнопок движения а не удержанием их. Пример представлен на рисунке 32.

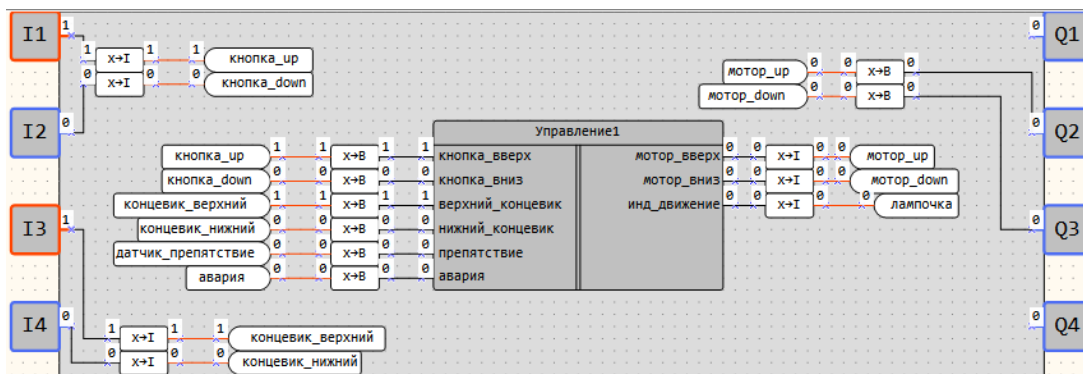


Рисунок 32 – Верхний концевик

Пока датчик “концевик_верхний” равен нулю, кнопка “вверх” а так же мотор работать не будут, за счет этого движение стола ограничено. Пока значение будет равно нулю движение стола будет разрешено только в направлении вниз.

Далее на рисунке 33 предоставлен пример в режиме «подъем стола».

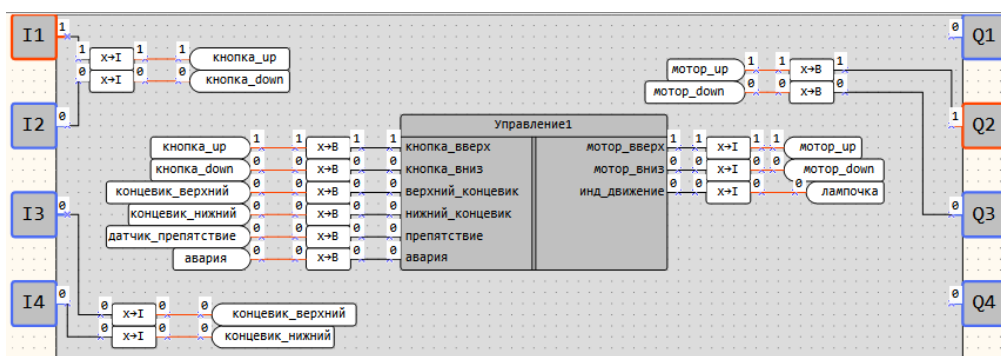


Рисунок 33 – Подъем стола

Движение стола в направлении вверх будет разрешено до того момента пока не сработает верхний концевик. После срабатывания верхнего концевика движение вверх будет ограничено и разрешено только движение вниз.

Реализация работы кнопки в ручном режиме управления при срабатывании датчика «препятствие», после удержания кнопки вверх или вниз в течении 3 секунд.

Для реализации данной функции был использован таймер с задержкой включения (TON).

Таймер с задержкой включения (TON) используется для операции задержки передачи сигнала. На выходе Q таймера появится сигнал логической «1» с задержкой относительно фронта входного сигнала I продолжительностью не менее длительности Ton и выключится по спаду входного сигнала.

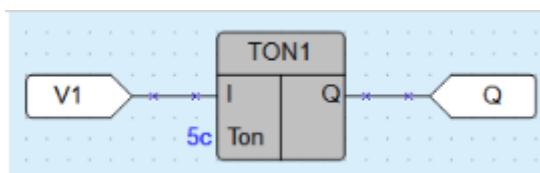


Рисунок 34 – Пример таймера

Работу таймера объясняет приведенная на рисунке ниже диаграмма. Допустимый диапазон значений T от 0 до 4147200000 мс или 48 дней.

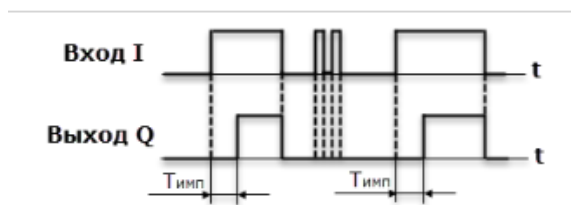


Рисунок 35 – Диаграмма работы таймера

Реализация алгоритма ручного управления организована через дополнительную переменную с разрешением движения.

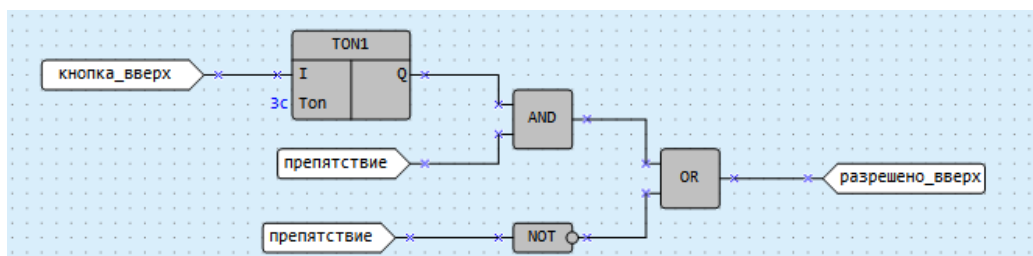


Рисунок 36 – Реализация ручного управления

До момента пока датчик «препятствие» равен 0, то есть препятствий отсутствуют, с помощью блока NOT разрешение по умолчанию есть, пример

продемонстрирован на рисунке таком–то ниже.

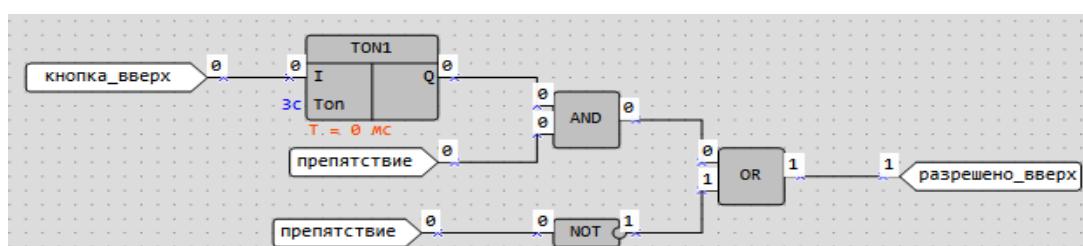


Рисунок 37 – Состояние по умолчанию

Во время нажатия кнопки мотор начинает поднимать стол в направлении вверх.

Пример при срабатывавшем датчиком показан на рисунке 38

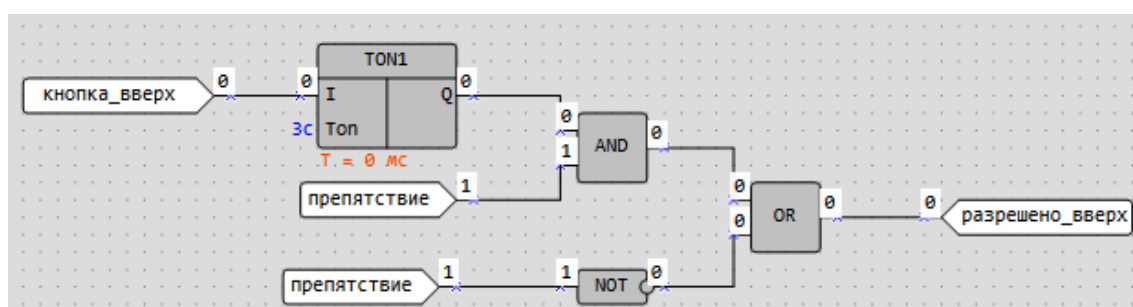


Рисунок 38 – Датчик препятствие сработал

До момента пока кнопка не будет зажата длительноостью 3 секунды, режим «ручное управление» не включится. Результат показан на следующем рисунке 39

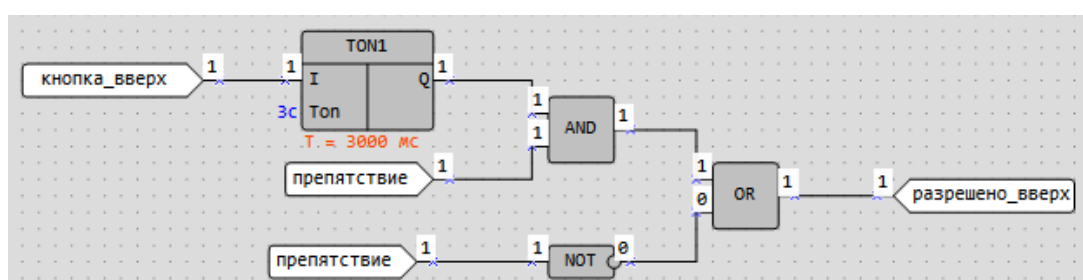


Рисунок 39 – Кнопка нажата не менее 3 секунд

Алгоритм второй кнопки реализован также, на рисунке 40 можем это увидеть.

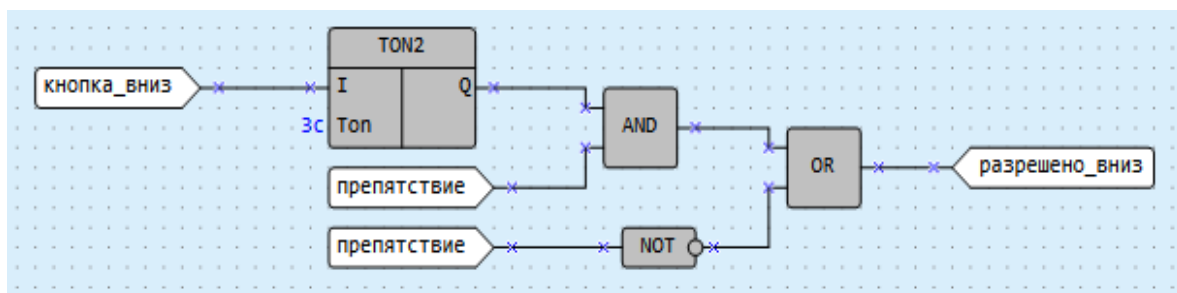


Рисунок 40 – Реализация второй кнопки

Алгоритм работы индикации (сигнальная лампа), был реализован с помощью генератора импульсов BLINK.

Генератор прямоугольных импульсов (BLINK) используется для формирования прямоугольных импульсов пульсации. На выходе Q генератора формируются импульсы с заданными параметрами длительности включенного ($T_{\text{вкл}}$ – сигнал логической «1») и отключенного ($T_{\text{откл}}$ – сигнал логического «0») состояния на время действия управляющего сигнала на входе I (сигнал логической «1»). Допустимый диапазон значений $T_{\text{вкл}}$ и $T_{\text{откл}}$: от 0 до 4233600000 мс или 49 дней.

Пример алгоритма генератора показан на рисунке 41.

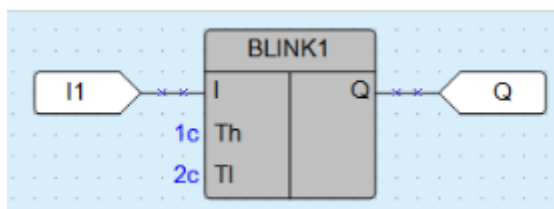


Рисунок 41 – Пример схемы генератора импульсов.

Регистрация движения реализована через считывание переменной мотора, пока один из моторов находится в движении, генератор импульсов получает на вход 1 и с частотой в 0,5 секунд генерирует импульсы передавая на переменную светового индикатора. Реализация представлена на рисунках 42.

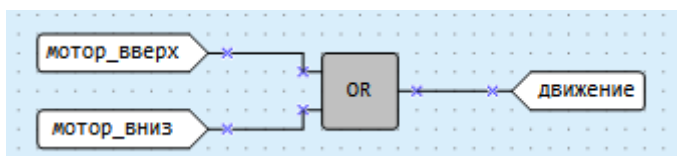


Рисунок 42 – Алгоритм считывания движения

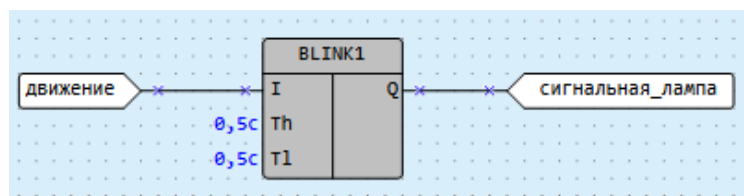


Рисунок 43 – Генерация индикации

Итоговая схема доступная для загрузки на контроллер показана на рисунке 44. Добавлены сетевые переменные для корректной работы с панелью оператора.

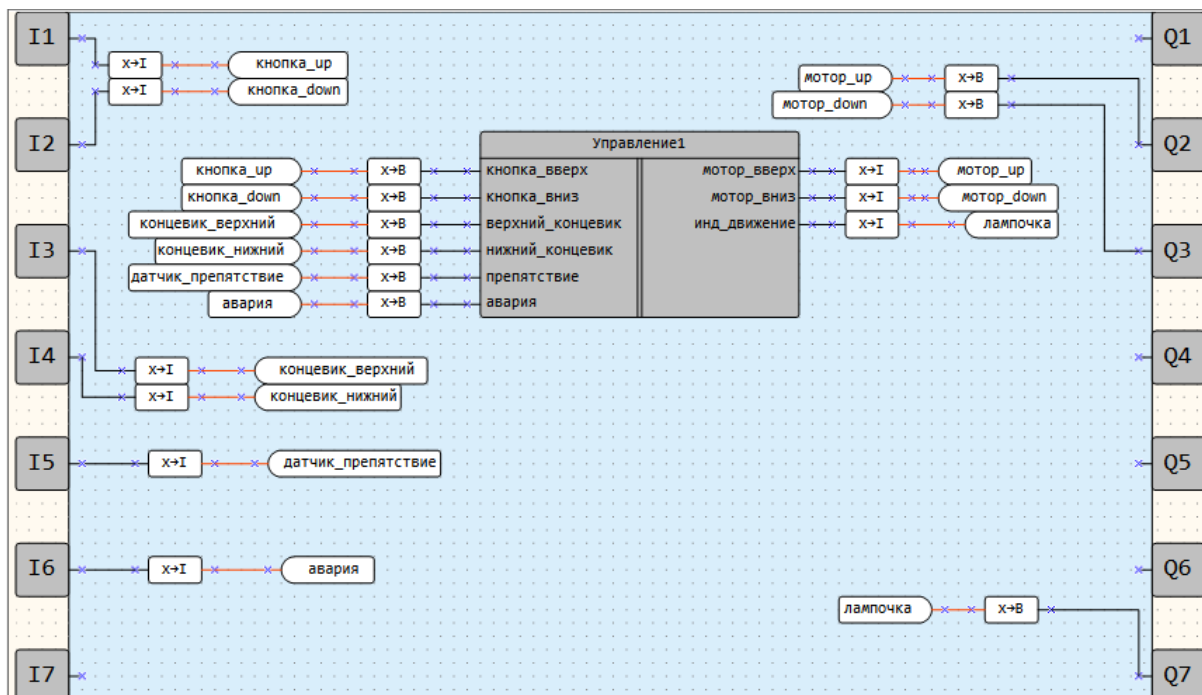


Рисунок 45 – Готовая программа

Ранее созданную итоговую схему нужно перенести на контроллер. Для переноса потребуется наличие провода micro USB B – USB A. Подключение показано на рисунке 46.

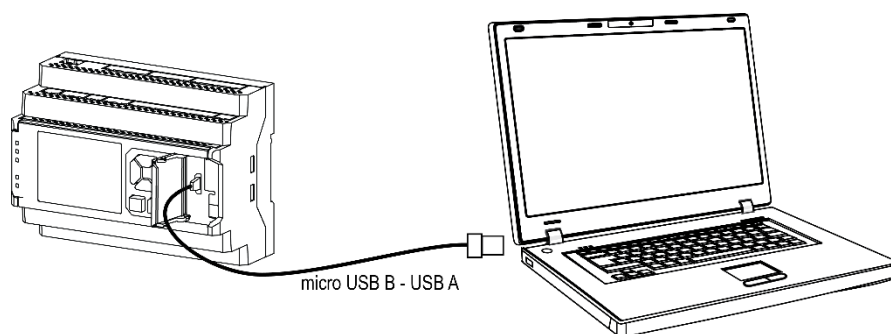


Рисунок 46 – Схема подключения ПЛК к персональному компьютеру

1.2.3 Конфигурирование панели оператора ОВЕН СП200

Создание UML–диаграмм является важным этапом для создания проекта. Они показывают то, как будет взаимодействовать пользователь с системой. Эти диаграммы описывают шаблоны взаимодействия пользователя с системой.

Проект изначально подразумевает наличие двух панелей оператора: администраторской и пользовательской. Однако лабораторный стенд оснащён только одной панелью.

Рисунок 47 иллюстрирует UML–диаграмму деятельности для взаимодействия пользователя, панели оператора и ПЛК.

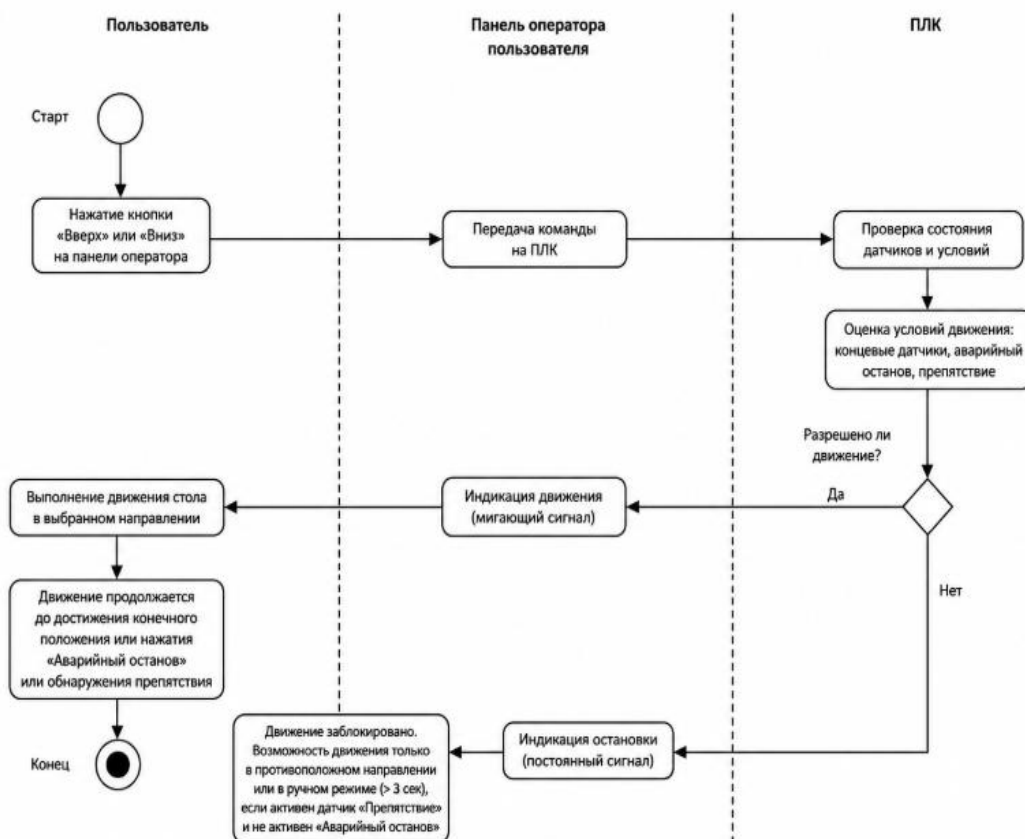


Рисунок 47 – UML–диаграмма деятельности для пользователя

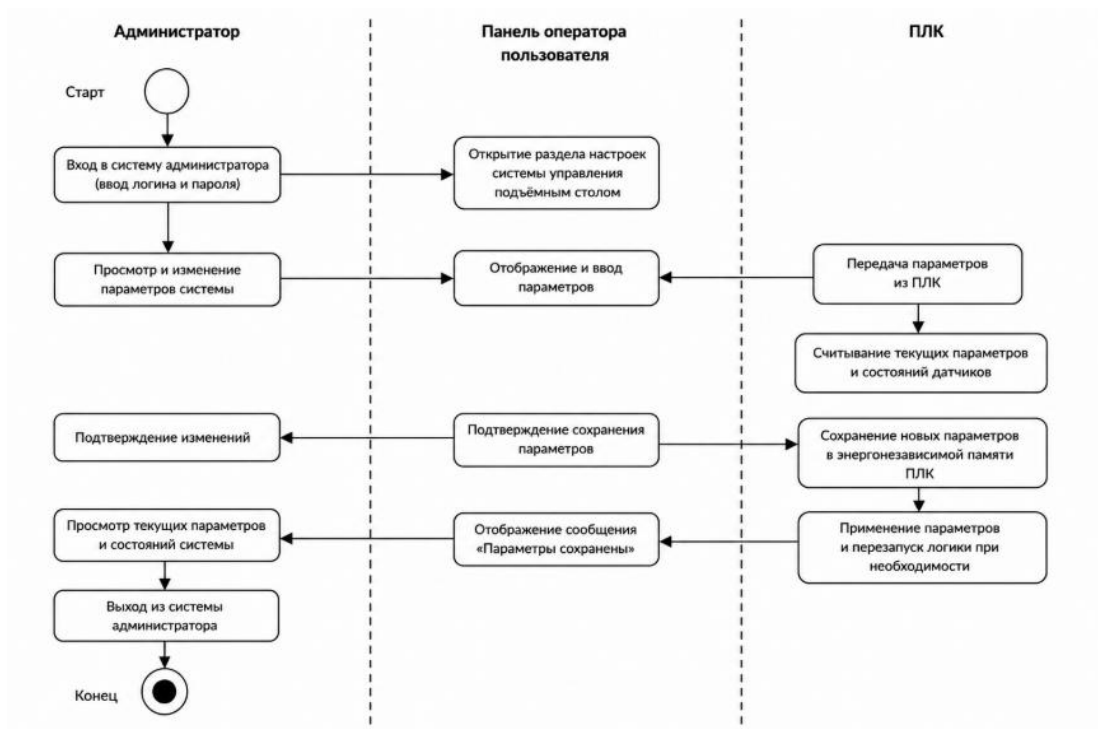


Рисунок 48 – UML–диаграмма деятельности для администратора

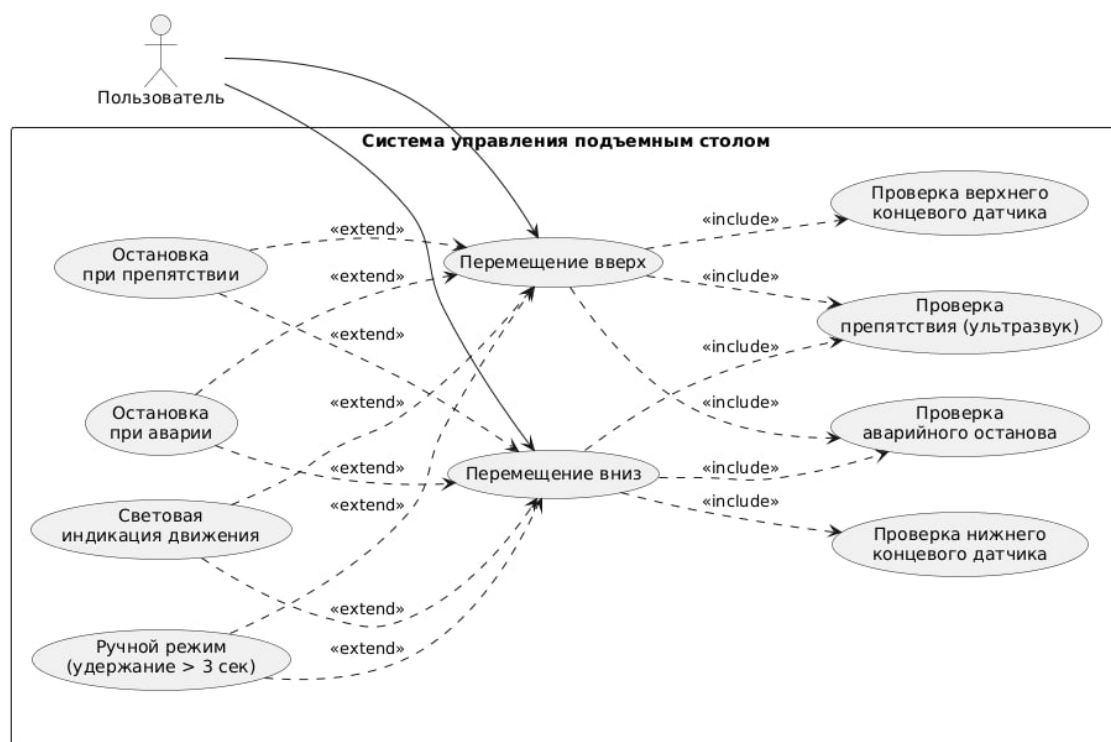


Рисунок 49 – Диаграмма вариантов использования для пользователя



Рисунок 50 – Диаграмма вариантов использования для администратора

Как только были проанализированы различные сценарии использования и был определен алгоритм взаимодействия, началась настройка панели оператора в конфигураторе ПР200. Что бы начать работу был создан новый проект в конфигуратор. В параметрах проекта для порта PLC указали протокол Modbus RTU, где панель выполняет функции мастера, как показано на рисунке 51.

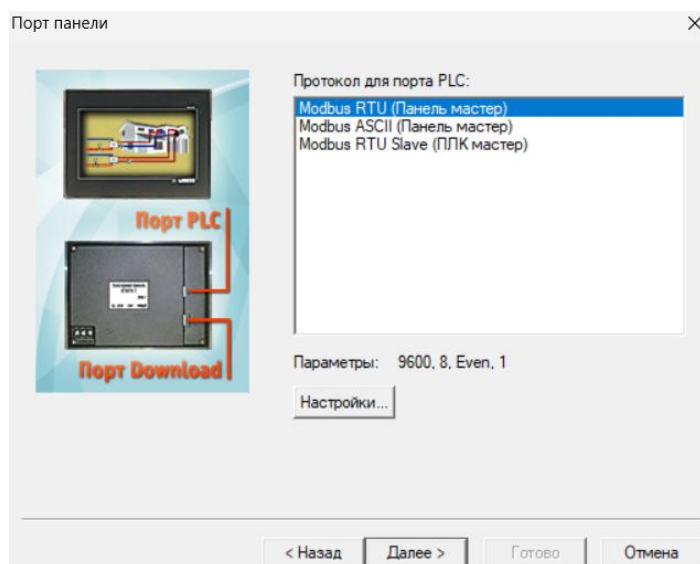


Рисунок 51 – Выбор протокола связи с ПЛК

Для подключения панели оператора к контроллеру требуется указать те же параметры подключения что и у контроллера, настройки параметров соединения

показаны на рисунке 52.

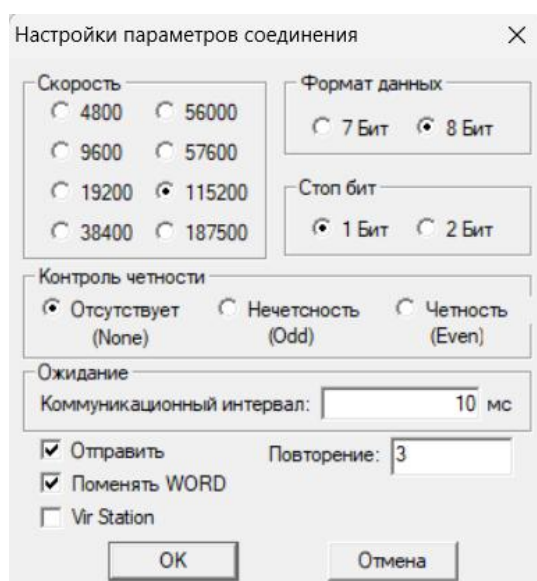


Рисунок 52 – Настройки параметров соединения

На рисунке 53, когда выбирался протокол для порта Download, система сообщала о том, что данный порт для загрузки не применяется.

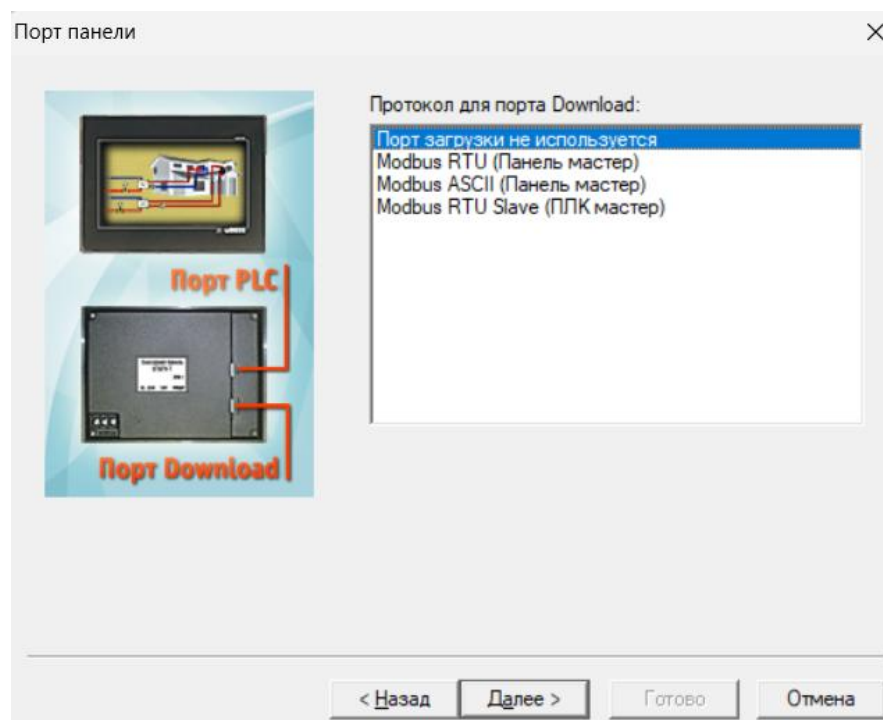


Рисунок 53 – Выбор протокола для порта загрузки

После того как был создан проект перед пользователем будет открыто главное окно, с главным окном можно ознакомиться на рисунке 54.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

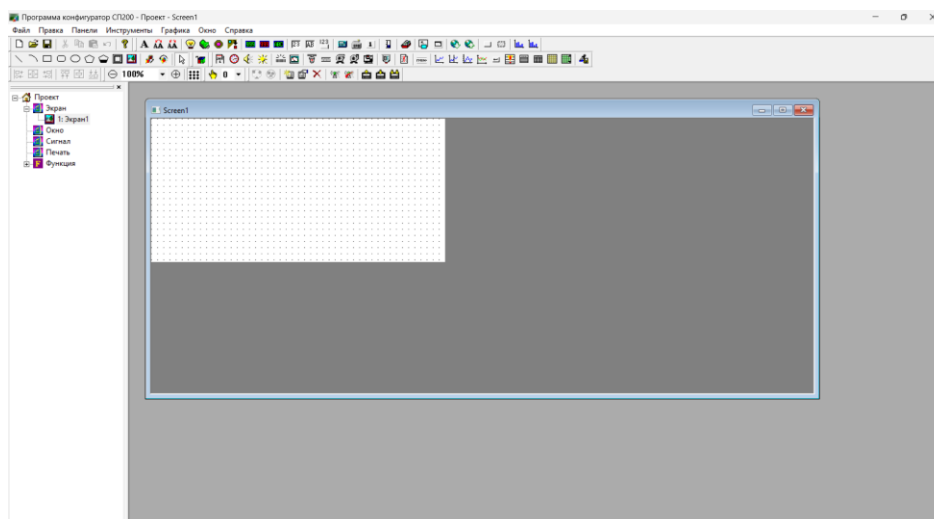


Рисунок 54 – Окно нового проекта Конфигуратора СП200

1.3 Анализ результатов

1.3.1 Тестирование и отладка программы в редакторе OWEN Logic

Что бы протестировать программу на работоспособность и соответствие требованиям, было начато тестирование в режиме симулятора в среде программирования OwenLogic. С результатами тестирования можно ознакомиться на рисунках 55–56

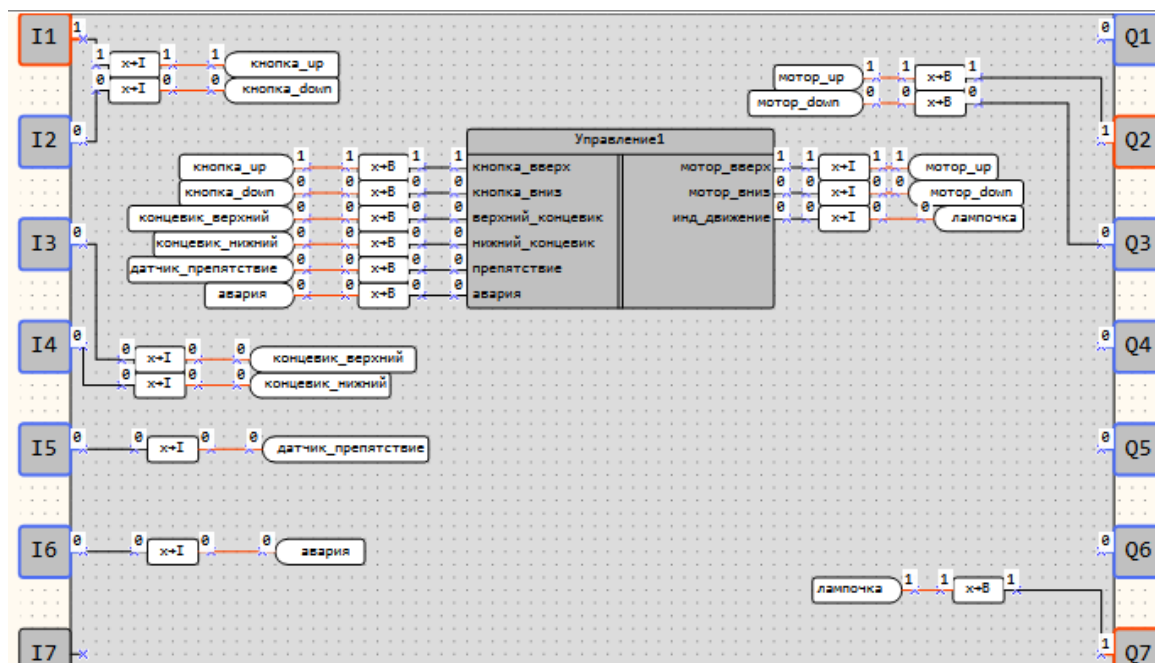


Рисунок 55 – Проект в режиме симуляции с нажатой кнопкой «вверх».

На рисунке 55 можно рассмотреть что при нажатии кнопки «вверх» начинается процесс движения стола вверх, на выходе Q2 и индикация работы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

движения Q7.

Далее на рисунке 56 показано, что при срабатывании верхнего концевика, на входе I3, останавливается работа мотора вверх и перестает работать индикация.

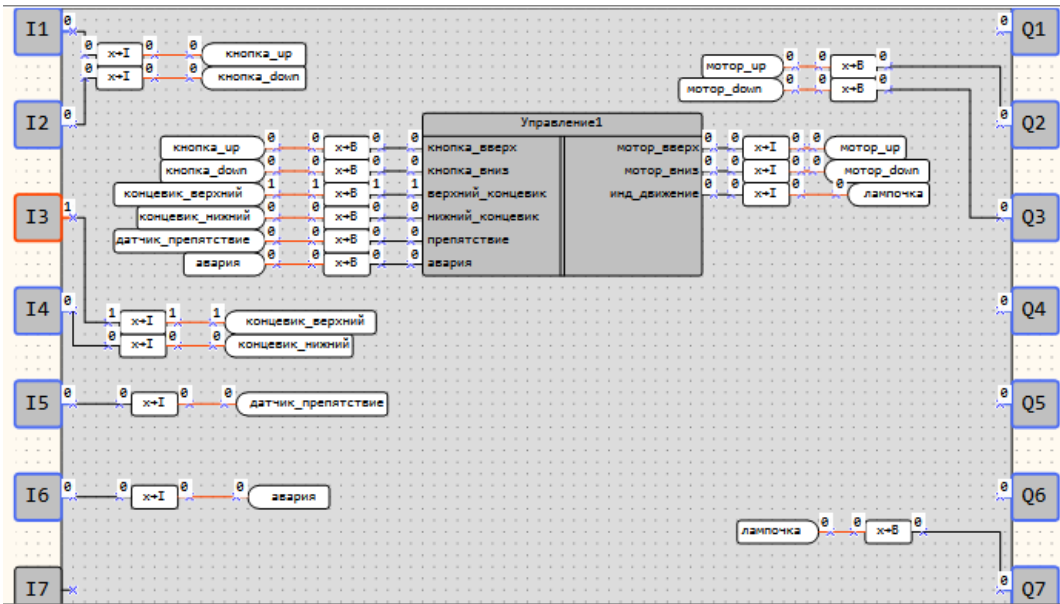


Рисунок 56 – Подача сигнала на I3

Пока стол находится в верхнем положении, концевик на входе I3 активен, кнопка «вверх» работать не будет, что показано на рисунке 57.

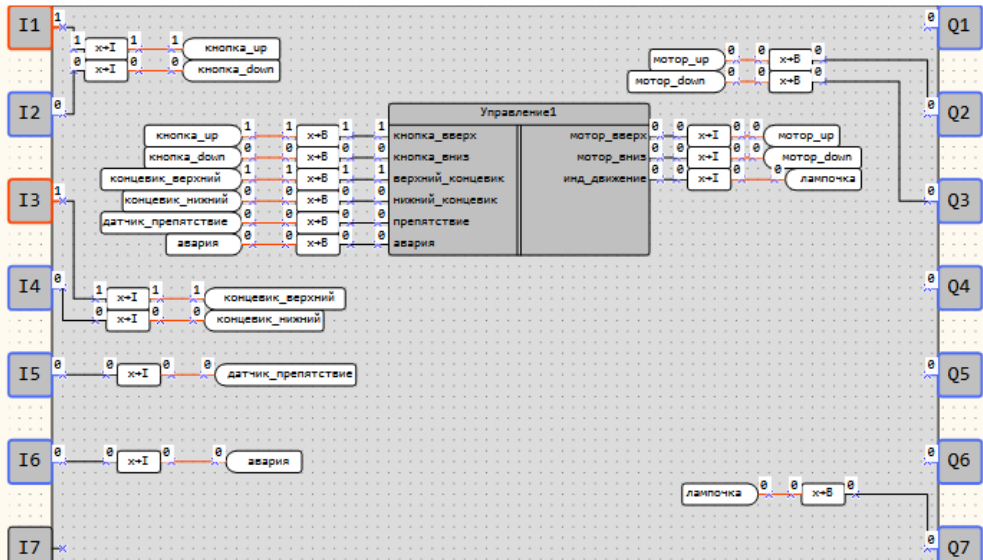


Рисунок 57 – Защита мотора от некорректной работы

При этом, нажав кнопку «вниз», с активным входом I3, активируется выход Q3 и начнется процесс опускания стола вниз, что показано на рисунке 58.

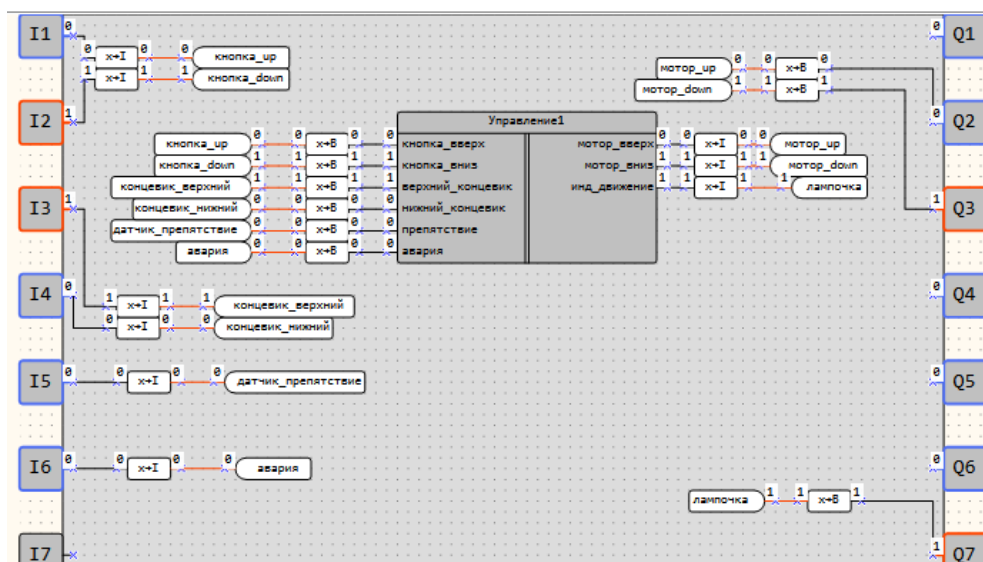


Рисунок 58 – Процесс опускания стола

Остановка осуществляется также концевиком, только нижнего положения на входе I4, как только он активируется, работа стола останавливается, пример на рисунке 59.

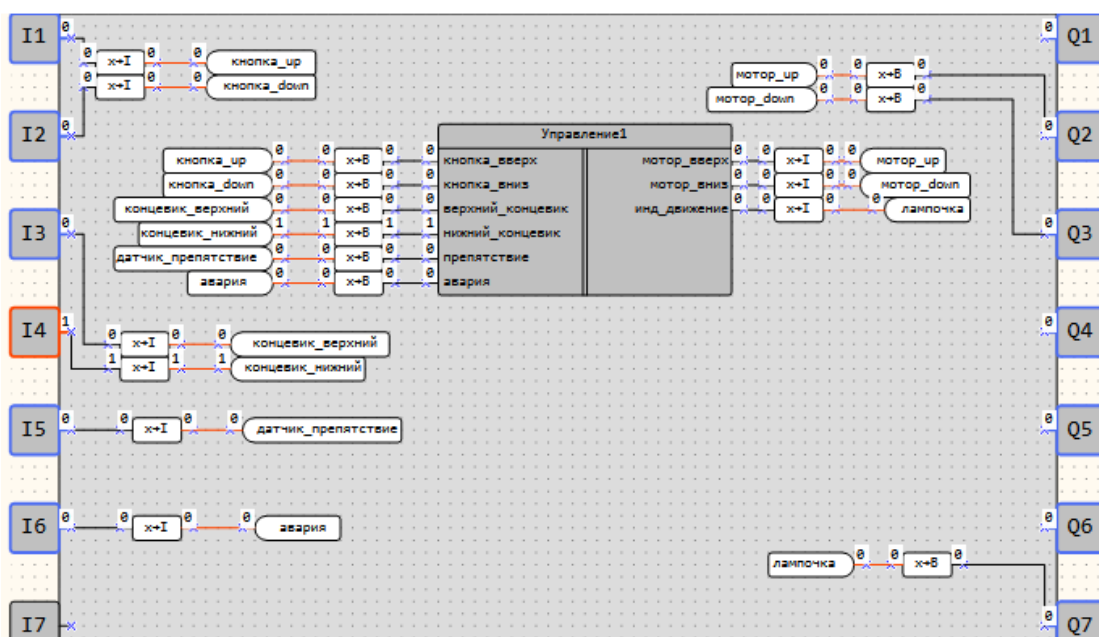


Рисунок 59 – Сработал вход I4

После того как будет обнаружено препятствие столом можно будет управлять используя ручное управление что показано на рисунках 60–63.

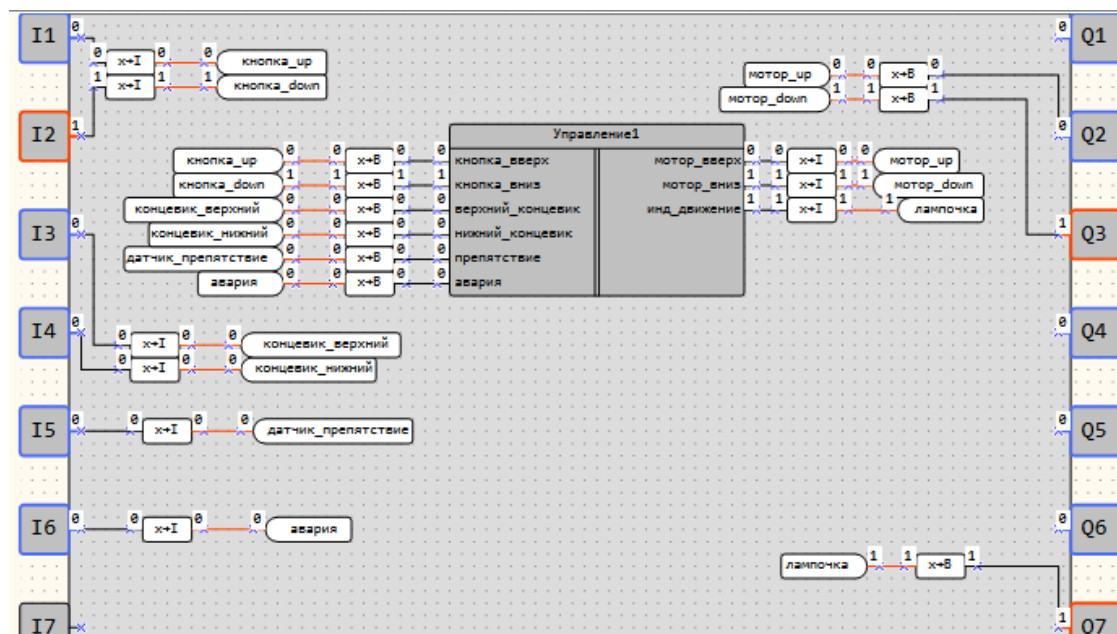


Рисунок 60 – Движение стола вниз

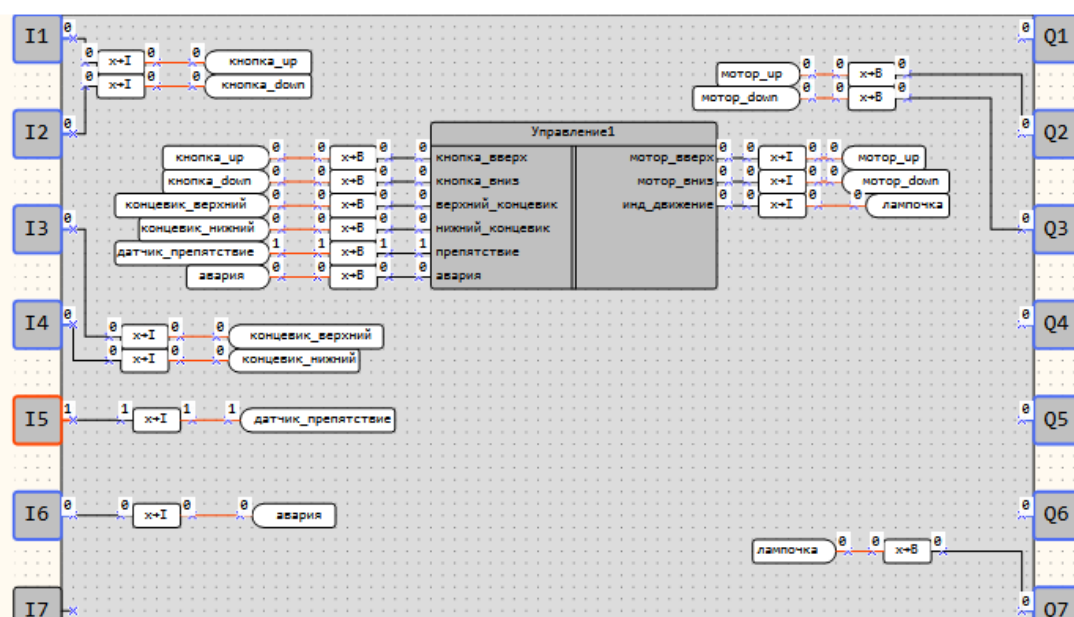


Рисунок 61 – Сработал датчик препятствие

Для перехода в ручной режим работы, кнопку требуется нажимать более 3 секунд. При активном входе I5 и удержании I2 в течении 3 секунд активируется выход Q3. Результат после удержания кнопки продемонстрирован на рисунке 62.

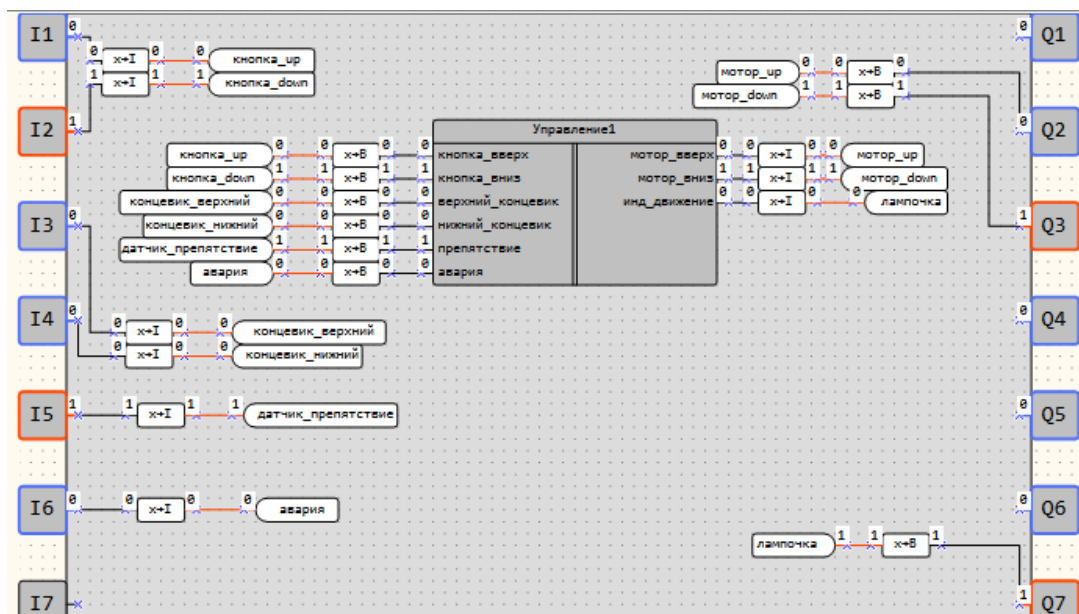


Рисунок 62 – Управление в ручном режиме

Если отпустить кнопку, пока активен вход I5 стол соответственно остановит свое движение и сигнал на выходе Q3 пропадет, что показано на рисунке 63.

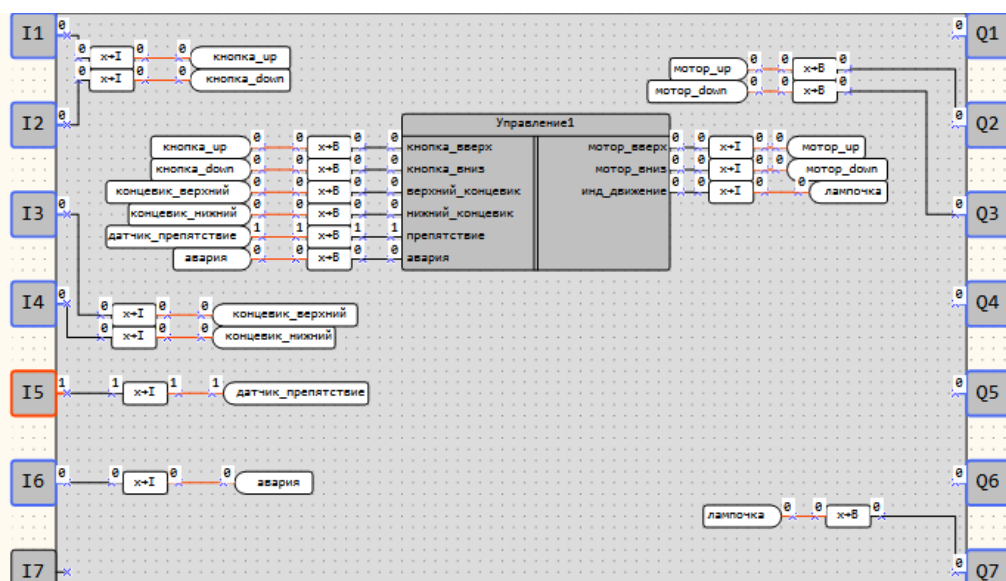


Рисунок 63 – Остановка после отпускания кнопки

При активном датчике «Аварийная остановка» на входе I6, программа не позволит нам управлять столом, пока аварийная ситуация не разрешится. На рисунке 64 показано, что при активном входе I2 и I6, все выходы будут неактивны, независимо от времени нажатия любой кнопки.

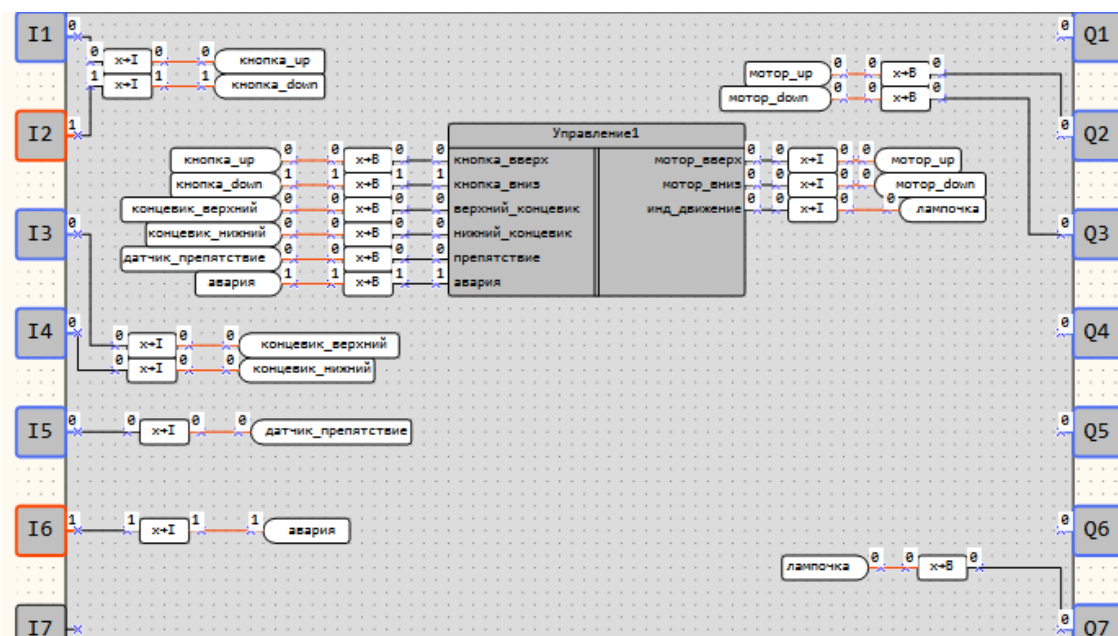


Рисунок 64 – Работа датчика «Аварийная остановка»

По итогам тестирования можно увидеть что представленная программа работает корректно и выполняет в полном объеме поставленные требования.

1.3.2 Тестирование и отладка интерфейса панели оператора СП200

По итогам конфигурирования и соответствию корректности работы панели оператора. Проект был запущен в режиме офлайн эмуляции что показано на рисунках 65 и 66.



Рисунок 65 – Режим Offline симуляции проекта



Рисунок 66 – Режим Offline симуляции проекта

1.3.3 Тестирование проекта на стенде целевой платформы

Во время отладки было произведено тестирование на стенде. На рисунке 67 можно увидеть подключенную панель оператора и загруженную на неё основную программу с ранее созданной панелью оператора.

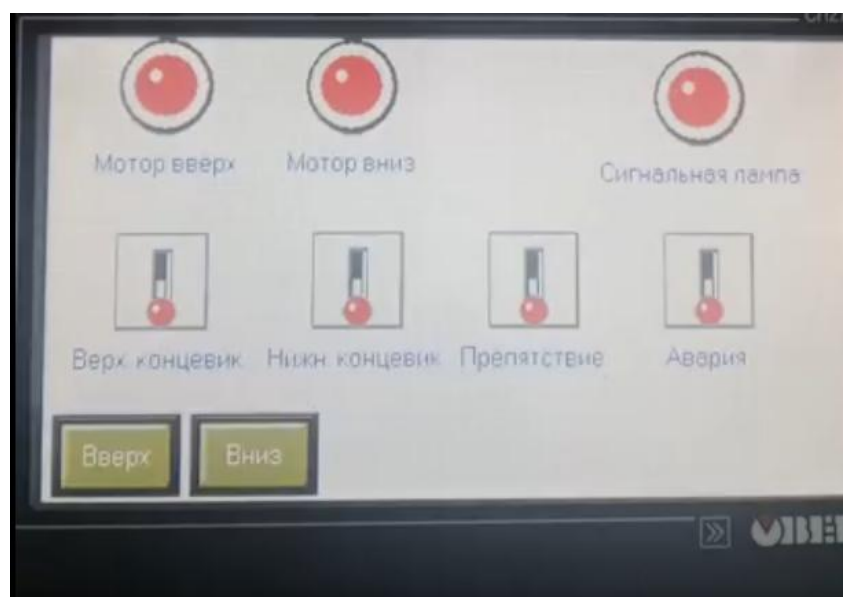


Рисунок 67 – Тестовый стенд

Во время старта системы видно, что все органы управления выключены, с этим подробнее можно ознакомиться на рисунке 68.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

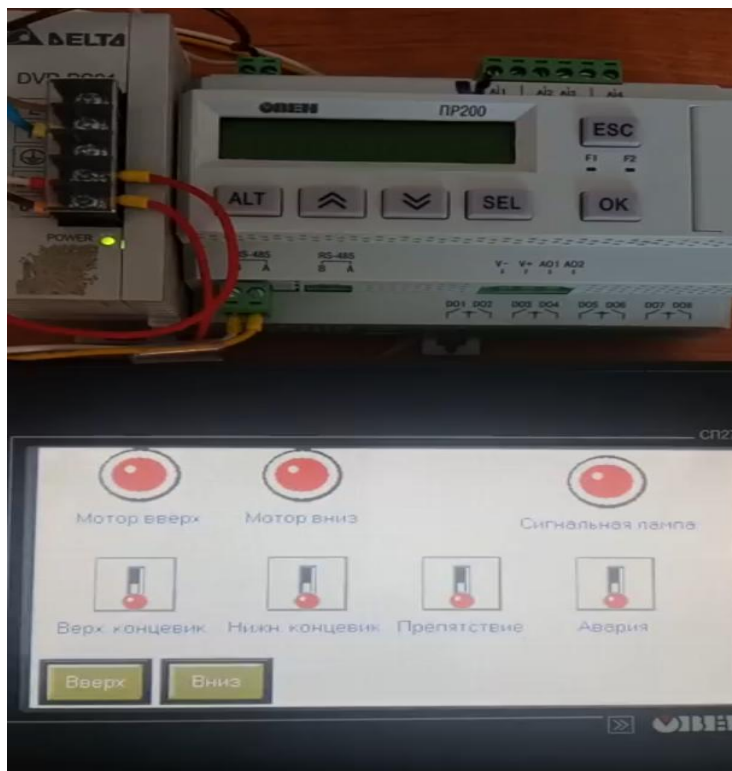


Рисунок 68 – Элементы управления не активны

Для управления подъемным столом используются кнопки управления. На рисунке 69 видно, что после нажатия кнопки управления вниз на панели оператора будут включены индикаторы мотор вниз, а также сигнальная лампа.

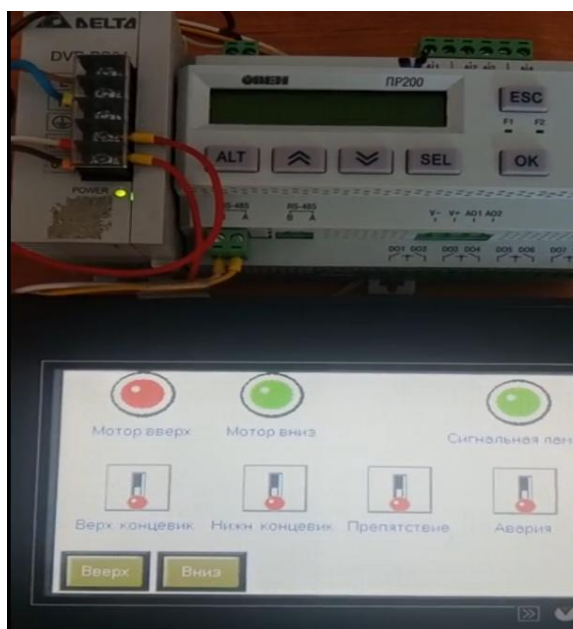


Рисунок 69 – Демонстрация движения, а также индикации

Далее после переключения переключателя авария в состояние включено,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

46

работа кнопок управления будет приостановлена. После нажатия кнопок вверх и вниз движение не будет произведено, а также не будет работать индикация, увидеть можно на рисунке 70.

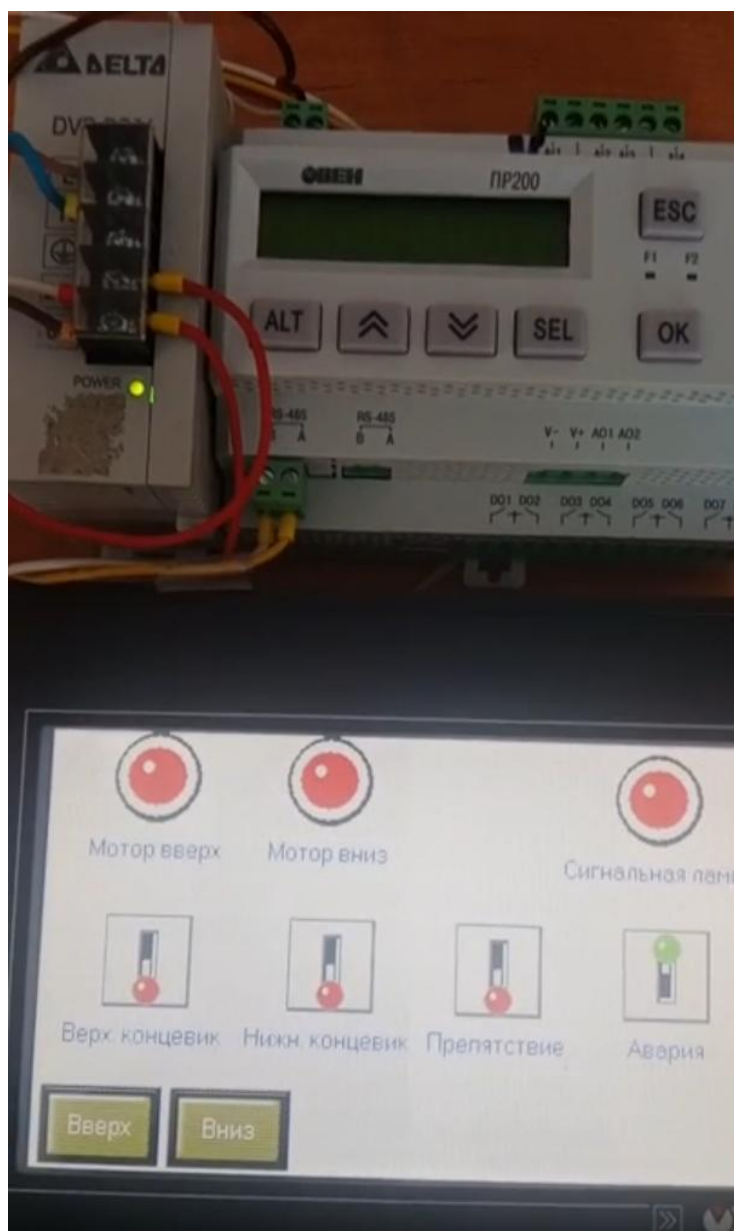


Рисунок 70 – Демонстрация работы аварии

При нажатии кнопки вверх будет произведено движение стола вверх, а также будет работать индикация что показано на рисунке 71.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

47

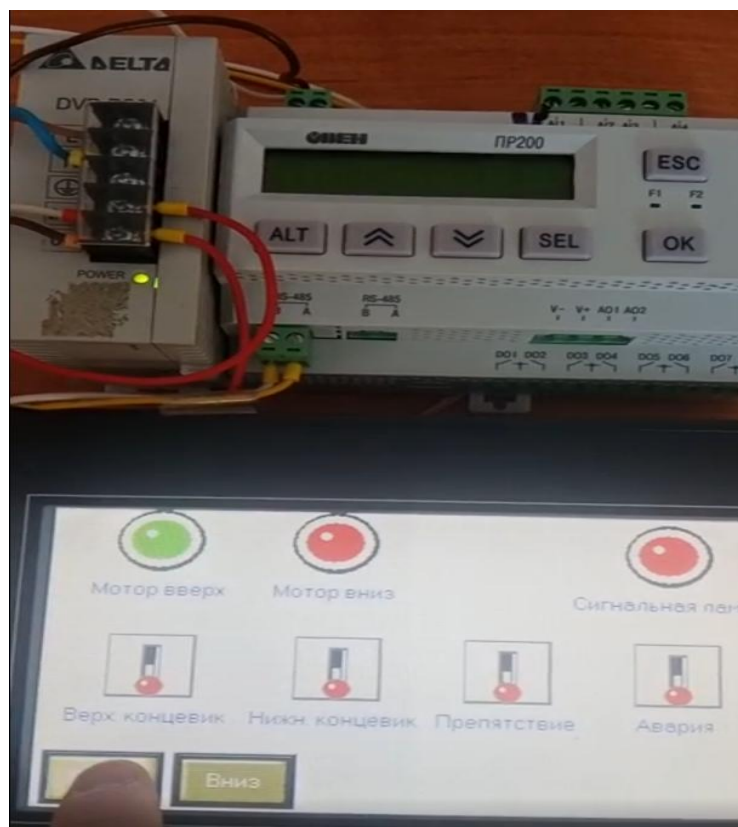


Рисунок 71 – Подъем вверх

Далее при переводе переключателя верхний концевик, движение стола будет ограничено, при достижении точки движение будет возможно только принудительно, это и показано на рисунке 72.



Рисунок 72 – Работа верхнего концевика

Далее на рисунке 73 показана работа нижнего концевика, концевик имеет

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

48

такие же функции что и верхний.

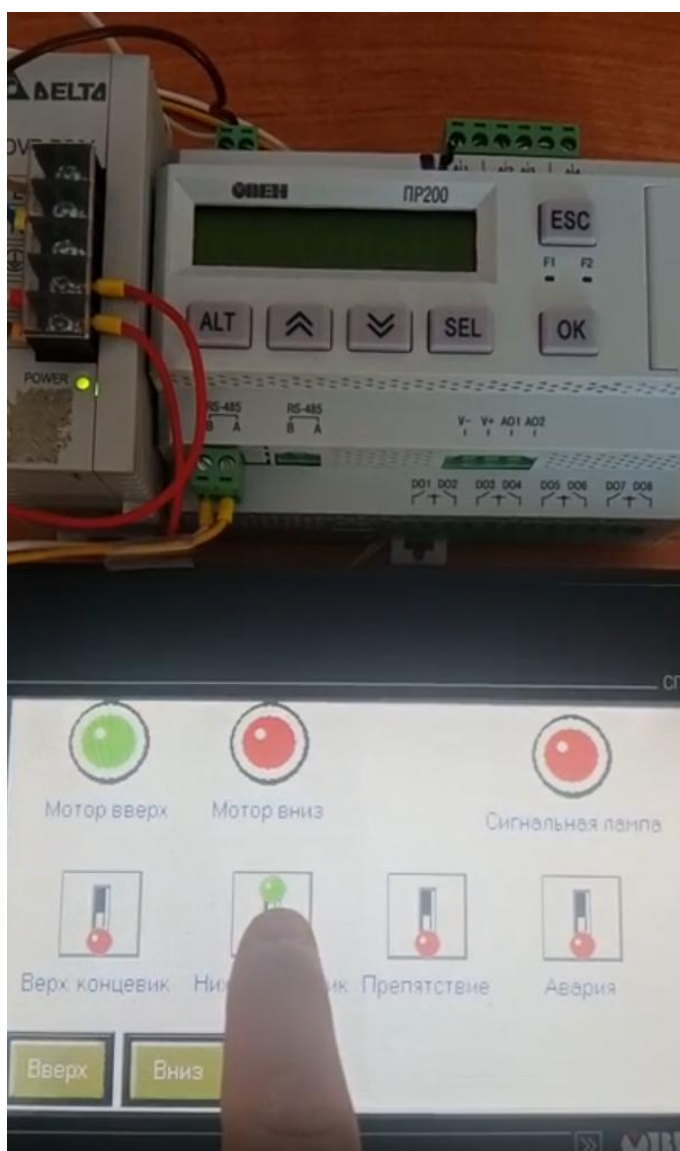


Рисунок 73 – Работа нижнего концевика

На рисунке 74 показана работа датчика препятствие, при переводе переключателя препятствие в положение активно, срабатывает режим препятствие и движение останавливается, но при удержании кнопки вверх более 3-х секунд будет произведено принудительное движение, что показано на рисунке 75.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

49

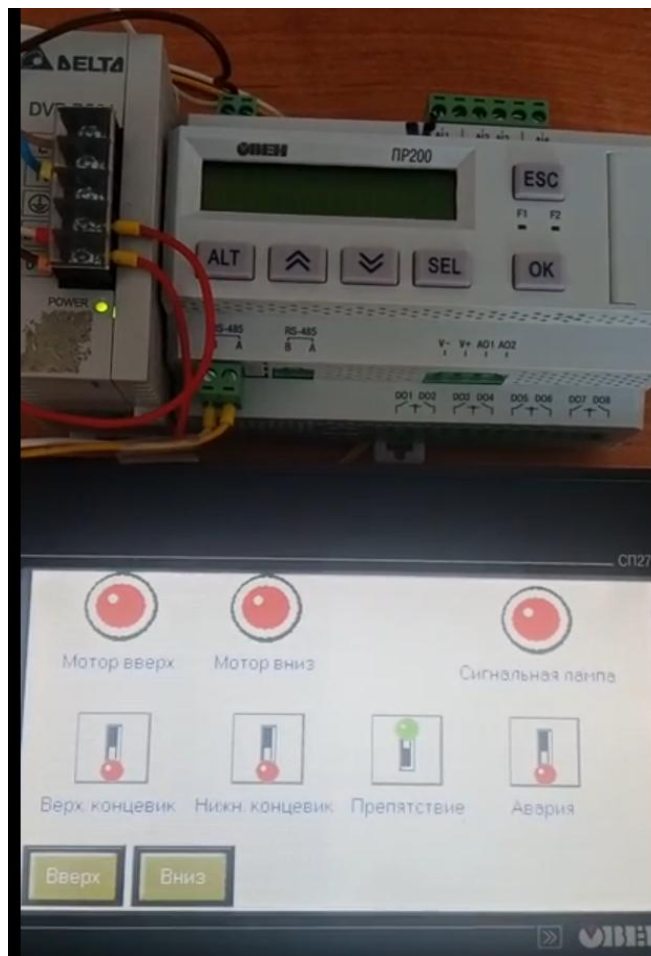


Рисунок 74 – Работа датчика препятствие

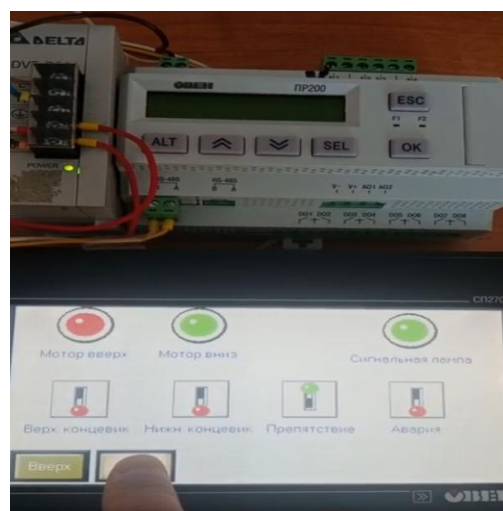


Рисунок 75 – Работа принудительного движения

Результаты тестирования показали корректность работы проекта.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

50

2 Охрана труда

В этом разделе можно ознакомиться с требованиями по охране труда а также способу обеспечения безопасности для пользователей контроллера в процессе разработки, установки и работы с контроллером, а также вредных последствий работы с контроллером.

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

Во время длительной работы за компьютером, а также исключая физические нагрузки на организм пользователя оказывается сильное воздействие. Недостаток движения, постоянное мышечное напряжение и зрительное утомление ведут к падению продуктивности, хронической усталости, повышенной раздражительности и физическим расстройствам. Для снижения вредного влияния компьютера необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- Требуется настроить высоту стула или выбрать стул для обеспечения прямого положения спины;
- расположить монитор на расстояние около вытянутой руки;
- рекомендуется использовать внешний свет для удобства работы;
- периодически вставать из рабочего стола и выполнять разминку;
- пребывать за компьютером не более 6–8 часов;
- сохраняйте ровное положение спины, избегайте сутулости;
- соблюдать требования электробезопасности;
- выполнять требования пожарной безопасности и иметь в быстрой доступности огнетушитель.

2.1.1 Оборудование рабочего места

При обустройстве места для работы с дисплеем стоит опираться на ряд базовых правил [6]:

- Глаза должны располагаться на расстоянии 600–700мм;

– экран устанавливается под углом;

– стол должен иметь регулировку высоты хотя бы в диапазоне 680–800 мм.

Когда регулировка конструкцией не предусмотрена, за ориентир берётся фиксированное значение 725 мм;

– клавиатуру кладут на стол так, чтобы от переднего края столешницы до ближней кромки клавиатуры оставалось свободное поле в 100–300 мм. Другой вариант – установить её на отдельную, независимую по высоте подставку, не связанную жёстко с основным столом;

– под столом непременно выдерживают свободное пространство для ног: минимальные значения по высоте – 600 мм, по глубине на уровне коленей – 450 мм, а на уровне полностью выпрямленных ног – 650 мм [6].

На рисунке 76 показано, как должно выглядеть рабочее место, удовлетворяющее этим требованиям.

Как итог всех перечисленных пунктов заключается в том чтобы обеспечить безопасную работу за контроллером не несущее последствий для здоровья.

Когда корректно организовано рабочее место должна обеспечиваться правильная посадка за компьютером, изображённая на рисунке 77.

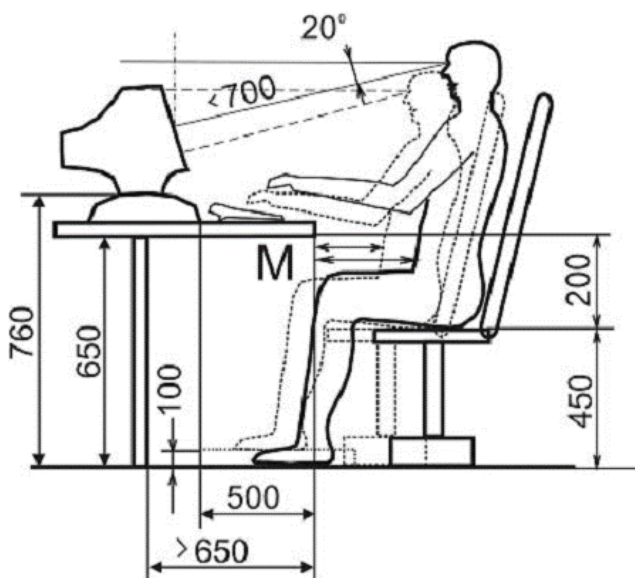


Рисунок 76 – Организация рабочего места

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

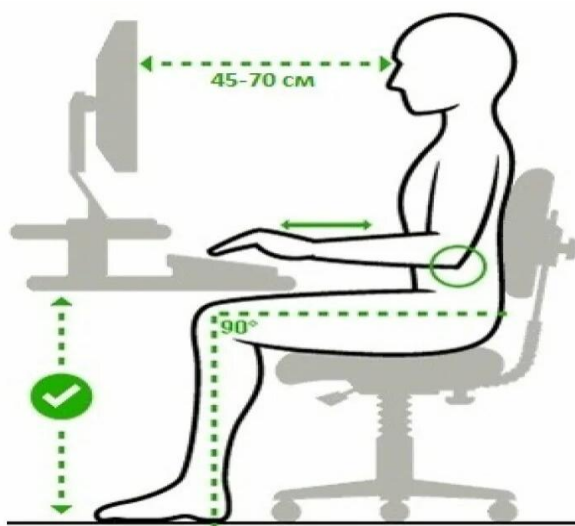


Рисунок 77 – Правильная посадка за ПК

Для работы за компьютером следует выполнять следующие правила:

- Кисти рук должны оставаться прямыми, без изломов в запястьях;
- плечи должны быть опущены и не напряжены;
- локти полностью опирались на столешницу и не свисали с неё, а плечо располагалось почти отвесно.

2.1.2 Освещенность рабочего места

Нужный уровень освещенности рабочего места следует из расчета типа работы, особенностей рабочей зоны и типа наблюдаемых поверхностей. Для рабочих мест, оборудованных пультами ЭВМ и дисплеями, регламентируются следующие величины: при комбинированной системе освещения (общее плюс местное) – не менее 400 лк, при использовании только общего освещения – не менее 200 лк.

Важнейшим условием зрительного комфорта выступает высокая равномерность распределения яркости в поле зрения оператора. Следует исключать попадание в поле зрения блестящих, полированных и ярко освещённых предметов, создающих слепящий эффект. Для борьбы со зрительным однообразием и снижения утомляемости в интерьере допускается размещение отдельных поверхностей насыщенных, но не контрастных цветов.

В качестве источников света преимущественно применяются различные светильники и лампы.

2.1.3 Электробезопасность

К электробезопасности предъявляются требования по ГОСТ 12.1.019– 2017 «ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ».

Персональная электронно–вычислительная машина представляет собой совокупность устройств, запитанных от сети переменного тока. Указанное напряжение смертельно опасно, поэтому эксплуатация ПЭВМ требует неукоснительного соблюдения перечисленных ниже мер электробезопасности:

- Питание должно быть от одной фазы;
- подключение осуществляется только в разрешенные розетки;
- у каждой розетки обязана быть маркировка и информация;
- напряжение сети наносят рядом с розеткой.

Каждый сотрудник, работающий с компьютером, должен соблюдать технику безопасности работы с электротехникой. Игнорирование данных правил может повлечь за собой вред для здоровья. Нужно периодически выполнять проверку состояния электрооборудования и при обнаружении неисправности доложить заведующему лицу.

2.1.4 Пожарная безопасность

Во время использования компьютерной техники самыми частыми источниками возгорания являются:

- Короткие замыкания в приборах или проводке;
- загорание легковоспламеняющихся предметов, расположенных вплотную к электрооборудованию;
- чрезмерно высокое переходное сопротивление в местах контактов (разъёмах, клеммах).

Комплекс противопожарных предупредительных мер базируется на положениях Федерального закона «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 № 69–ФЗ (актуализированная редакция от 28.09.2010). Он предусматривает

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

проведение ряда организационных процедур, призванных защитить жизнь людей, не допустить возникновения пожара, сдержать его развитие, а также сформировать условия для результативного тушения.

С целью усиления противопожарной защищённости помещений требуется принять следующие меры:

- эвакуационные коридоры и запасные выходы запрещается загромождать какими-либо объектами, способными помешать беспрепятственной эвакуации;
- ко всем типам средств тушения огня обязан быть быстрый доступ;
- вентиляционная система обязана быть оснащена клапаном, который активируется при обнаружении возгорания;
- должна быть пожарная сигнализация и средства пожаротушения должны быть всегда обслужены.

2.1.5 Режим труда и отдыха

Все сотрудники чья работа связана с компьютером обязаны придерживаться распорядка отдыха и работы. Длительность и периодичность перерывов нормируются исходя из конкретного типа работ, их категории и общей продолжительности рабочей нагрузки. Следование такому графику помогает уменьшить усталость, поддержать высокую продуктивность и уберечь здоровье. Ни в коем случае нельзя пренебрегать паузами: покидайте рабочее кресло, выполняйте разминку и несложные физические упражнения. Всю деятельность за ПЭВМ принято делить на три группы:

- группа А – считывание информации с монитора, сопровождающееся предварительным запросом;
- группа Б – ввод данных;
- группа В – творческая работа в диалоговом режиме с машиной.

В случаях, когда в течение смены или рабочего дня совмещаются разные виды подобной деятельности, в качестве основной (доминирующей) принимается та, на которую приходится не менее половины всего рабочего времени. Для каждого из трёх перечисленных видов предусмотрено три

категории по степени тяжести и напряжённости труда. Критерии их определения таковы:

- для группы А – по суммарному количеству знаков, считываемых с экрана в течение смены (оно не должно превышать 60 000);
- для группы Б – по общему количеству знаков, которые считываются или вводятся за смену (здесь граница – не более 40 000);
- для группы В – по суммарной продолжительности непосредственного взаимодействия с компьютером за смену (максимум 6 часов). Полная длительность перерывов для каждой категории и каждой группы работ представлена в таблице 5.

Таблица 5– Время перерывов

Категория работы с ПЭВМ или ВДТ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работы с ВДТ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В час	при 8– часовой смене	при 12– часовой смене
1	До 20000	До 15000	До 2	50	80
2	До 40000	До 30000	До 4	70	110
3	До 60000	До 40000	До 6	90	140

2.2 Меры безопасности при работе с ПЛК ОВЕН ПР200 и панелью оператора ОВЕН СП270

Во время работы с реле и панелью оператора требуется соблюдать требования по обеспечению защиты персонала, а также предотвращение выхода

оборудования из строя и обеспечение его надежной и безопасной эксплуатации. Все монтажные, пусконаладочные работы и подключение внешних цепей должны выполняться только квалифицированным персоналом, изучившим эксплуатационную документацию на изделия, при полностью отключенном напряжении питания приборов и всех связанных с ними устройств. ПР200 по вариации зажиты от поражения током относится к классу II согласно ГОСТ IEC 61131-2-2012, при этом на его клеммных колодках в рабочем состоянии присутствует опасное для жизни напряжение. Исходя из этого, оба устройства надлежит размещать внутри специализированных электротехнических шкафов или закрытых щитов, доступ к которым разрешен исключительно подготовленным специалистам.

Корпус ПР200 имеет степень защиты IP20, поэтому он должен монтироваться в шкафу исключающем попадание пыли и влаги, тогда как передняя панель СП270, выводимая на дверь шкафа обладает степенью защиты IP65, что допускает ее безопасную эксплуатацию в условиях возможного воздействия водяных брызг и пыли со стороны оператора. Запрещается эксплуатация ПР200 в агрессивных средах содержащих в воздухе пары кислот, щелочей, масел или иных химически активных веществ, способных вызвать коррозию и повреждение электронных компонентов. При прокладке кабелей следует строго разделять силовые цепи и линии передачи данных, применяя экранированные кабели связи и обеспечивая надежное заземление в соответствии с проектной схемой. Запрещается производить подключение или отключение интерфейсных кабелей (в том числе USB-кабеля программатора) к разъемам приборов, если питание оборудования не отключено. Подавать напряжение питания на собранную схему разрешается только после полной проверки правильности всех электрических соединений и изоляции токоведущих частей.

При эксплуатации и обслуживании категорически не допускается попадание влаги или посторонних предметов на открытые контакты выходных

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

разъемов и внутрь корпусов устройств через открытые крышки или незаглушенные отверстия. Любые операции по замене предохранителей, съемных клеммных блоков, замене или чистке компонентов производятся только после полного обесточивания оборудования и выдержки времени, необходимого для разряда емкостных элементов схем. Самостоятельное вмешательство в схему и конструкцию приборов, в том числе попытки ремонта внутренних узлов, не допускается и влечет за собой прекращение гарантийных обязательств и риск выхода оборудования из строя. Все операции по программированию и изменению конфигурации ПР200 и СП270, особенно связанные с изменением алгоритмов, напрямую влияющих на безопасность управляемого технологического процесса (блокировки, защитные отключения, аварийная сигнализация), должны выполняться с особой тщательностью, с предварительным тестированием на неработающем оборудовании или в безопасном технологическом режиме, исключающем опасность для людей и механизмов. Сигналы тревог и аварий, формируемые ПР200 и отображаемые на экране СП270, должны быть всегда активны и постоянно контролироваться оператором. Техническое обслуживание оборудования, включающее проверку надежности крепления клемм, отсутствие пылевых отложений и механических повреждений корпусов, проводится регулярно с обязательным соблюдением всех изложенных мер безопасности. Несоблюдение любого из перечисленных правил создает прямую угрозу здоровью и жизни персонала, а также может привести к выходу из строя дорогостоящего оборудования.

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Экономика

3.1 Цель и задачи экономического обоснования

Целью экономической части дипломного проекта является, подтвердить актуальность внедрения системы управления подъёмным столом перегружателем, оснащённым различными датчиками.

Для достижения цели выполняются следующие пункты:

- Расчёт вложений в ПЛК и панель оператора;
- оценка расходов на создание проекта;
- расчёт создания ПО и его настройки;
- расчёт срока окупаемости;
- оценка текущих расходов.

3.2 Расчет затрат на разработку системы

Расчёт затрат на разработку системы включает в себя как материальные, так и все трудовые ресурсы.

Разработка системы включает в себя:

- Создание логики передвижения на языке функциональных блоков в среде разработки OwenLogic;
- конфигурирование программируемого логического контроллера;
- создание и конфигурирование панели оператора;
- настройка работы программируемого логического контроллера;
- выполнение тестирования на стенде;
- подготовка документации.

3.2.1 Трудоемкость разработки

Трудоемкость разработки системы определена поэтапным выполнением работ с указанием времени на выполнение разработчика.

Таблица 6– Трудоемкость разработки

Вид работ	Трудоемкость, чел.– часов
-----------	------------------------------

Анализ требований и обзор аналогов	8
Разработка логики управления	30
Конфигурирование ПЛК	12
Создание панели оператора	20
Тестирование и отладка	50
Создание документации	10
Итого	130 чел.–часов

С учетом того, что рабочий день длится 8 часов, трудоемкость будет составлять 17 рабочих дней.

3.2.2 Расчет заработной платы разработчика

Затраты на оплату труда инженеру–программисту, выполняющего полный рабочий день который составляет 8 часов, рассчитаны на основе установленной трудоёмкости и принятой на предприятии системой оплаты труда.

Трудоёмкость работ составляет 130 часов. Основываясь на данные значения можно получить основную заработную плату разработчика, заработная плата разработчика равна $130 \cdot 500 = 65000$ рублей. Также у разработчика помимо основной зарплаты присутствует и премия. Оплачивается премия в размере 12% от основной заработной платы, заработная плата будет составлять $65000 \cdot 0,12 = 7800$ рублей.

Также помимо премии насчитывается 30% различными надбавками на предприятии. Сумма надбавок будет составлять 21840 рублей.

Итоговая сумма для оплаты труда разработчика составляет 94640 рублей.

3.2.3 Стоимость оборудования и комплектующих

Таблица 7– Стоимость оборудования и комплектующих

Оборудование	Цена за ед., руб.	Кол–во	Сумма, руб.
ПЛК ОВЕН	50 000	1	30 000
Панель оператора	22 000	1	42 000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

60

Компоненты для сборки стенда	90 000	1	70 000
Итого оборудование 162 000			

3.2.4 Прочие затраты

Таблица 8 – Прочие затраты

Позиции	Сумма, руб.
Электричество на время разработки	3 000
Настройка ПЛК	6 000
Расходные материалы	2 000
Использование ПО OwenLogic	0
Итого прочие затраты	11 000

3.2.5 Полная себестоимость разработки

Таблица 9 – Полная себестоимость разработки

Позиция	Сумма, руб.
Оплата труда разработчика	94640
Оборудование и комплектующие	162000
Прочие затраты	11000
Итого (себестоимость)	267640

3.3 Капитальные затраты на внедрение

Для того что бы начать внедрение проекта потребуется закупка ряда компонентов, начиная от оборудования и заканчивая обучением операторов.

Таблица 10 – Капитальные затраты на внедрение

Позиция	Сумма, руб.
Себестоимость разработки	267640

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

61

Монтаж и настройка контроллера	60 000
Обучение оператора	8 000
Капитальные затраты	335640

3.4 Расчет эксплуатационных расходов

Для расчёта эксплуатационных расходов следует учитывать электричество, обслуживание, ремонт а также амортизацию оборудования.

Таблица 11 – Расчет эксплуатационных расходов

Позиция	Формула/ значение	Сумма, руб. / год
Электричество	$(0,35 \text{ кВт}) * 8 \text{ ч} * 200 \text{ дн} * 12 \text{ руб./кВт*ч}$	6720
Обслуживание оборудования	$0,025 * 420000$	10500
Амортизация оборудования	$420000 / 7$	60000
Ремонт оборудования	$0,015 * 420000$	6 300
Итого эксплуатационных затрат		83520 руб./ год

Суммарные годовые эксплуатационные затраты составляют 83520 рублей в год, наибольшие затраты приходятся на амортизацию оборудования.

3.5 Оценка экономической эффективности

3.5.1 Исходная ситуация

При использовании полу ручного режима использования подъемным столом перегружателем, оператор напрямую подает команды на двигатели используя кнопки «вверх» и «вниз». Всё это порождает:

- Аварийная остановка останавливает работу двигателей, но не препятствует повторному включению после снятия сигнала;
- предупредительный мигающий сигнал при движении отсутствует;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

62

- отсутствует автоматическая задержка при обнаружении препятствия;
- концевики лишь показывают о достижении крайнего положения, но не блокируют их.

3.5.2 После внедрения

После внедрения системы возможность эксплуатации совсем изменяется. Алгоритмы выполняемые контроллером исключают погрешности оператора тем самым позволяя более точно выполнять требуемую работу. Также корректно работает аварийная остановка, теперь движение не будет доступно до того момента, пока система не будет переведена в безопасное положение. Переход на автоматическое управление даёт заметный прирост производительности:

- Количество аварийных случаев в год сокращается с 4 до 1. Тем самым увеличивая производительность;
- также, важно учесть что количество потребляемой электроэнергии падает на 25–30%. Это достигается путём исключения холостых стартов и отработки исключений;
- осуществляется автоматический контроль двигателей;
- сокращается время на перенастройку и устранение дефектов.

3.5.3 Расчёт годовой экономии

Расчёт годовой экономии складывается за счёт сравнения использования с автоматизацией и без автоматизации.

Таблица 12 – Расчёт годовой экономии

Показатель	Без автоматизации (руб./год)	С автоматизацией (руб./год)
Потери от брака или аварий	$3 * 65\,000 = 195\,000$	$1 * 18\,000 = 18\,000$
Электроэнергия двигателя	$780\,000 / 0,72 = 1\,083\,333$	780 000
Электроэнергия системы	4200	4200

управления		
Оплата труда оператору	1 чел * 58 000 * 12 = 696 000	1 чел * 50 000 * 12 = 600 000
Простои и настройка	75 000	12 000
Итого прямых затрат	2 053 533	1 414 200

В результате автоматизации годовая экономия будет составлять 639 333 рублей.

3.5.4 Чистый годовой экономический эффект

Годовые затраты после внедрения автоматизированной системы будут составлять:

- Эксплуатационные расходы будут составлять 813522 рубля в год;
- оплата труда операторам также снизится и будет составлять – 528000 рублей в год;
- также сократятся аварии и за счёт этого траты сократятся до 22500 рублей в год;
- сократится время простоев и трата времени на настройку что заметно скажется на производительности.

Чистый экономический доход будет составлять 463283 рубля.

3.5.5 Срок окупаемости проекта

Срок окупаемости (РР) = Капитальные затраты / Чистый годовой эффект

$РР = 312400 / 504600 = 0,62$ года (примерно 7 месяцев)

3.6 Анализ чувствительности

Таблица 13 – Анализ чувствительности

Сценарий	Чистый эффект, руб./год	Срок окупаемости, лет
Оптимистичный	556 000	0,52
Базовый	463 283	0,62
Пессимистичный	371 000	0,78

Рассмотрев все 3 сценария можно определить, что срок окупаемости проекта остается на высоком уровне и показывает быстрые сроки окупаемости.

3.7 Вывод по экономической части

Таким образом, разработанная система управления подъемным столом–перегрузателем является эффективной и экономически целесообразной системой. Рекомендуется к внедрению на предприятиях различного назначения.

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В ходе выполнения поставленной задачи были получены навыки работы с контроллером ПР200. А также была изучена среда разработки OwenLogic. Была создана панель оператора с пользовательским интерфейсом. Была разработана основная программа с использованием функциональных блоков. Также был осуществлен поиск и анализ информации по указанной теме. За время работы в OwenLogic и конфигураторе были получены навыки работы с контроллером.

При дальнейшей поддержке и доработке проект может быть внедрен в различные предприятия и подключен к сети.

					ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. 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.

2. RS485 – стандарт промышленных сетей. Какими особенностями обладает микросхема приемопередатчика? [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/milandr/articles/540084/> свободный. (дата обращения: 01.05.2026).

3. OWEN Logic. Руководство пользователя. ООО «Производственное Объединение ОВЕН». [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://docs.owen.ru/product/programmnoe_obespechenie_owen_logic/986/83304#topic-83304 свободный. (дата обращения: 26.04.26).

4. Панель оператора СП270. Паспорт и руководство по эксплуатации КУВФ.421449.003 РЭ. ООО «Производственное Объединение ОВЕН». [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.owen.ru/uploads/re_sp270_1312.pdf свободный. (дата обращения: 26.04.26).

5. ПР200. Устройство управляющее многофункциональное. Руководство по эксплуатации. ООО «Производственное Объединение ОВЕН». [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://docs.owen.ru/product/pr200/80/79940#topic-79940> свободный (дата обращения: 15.05.26).

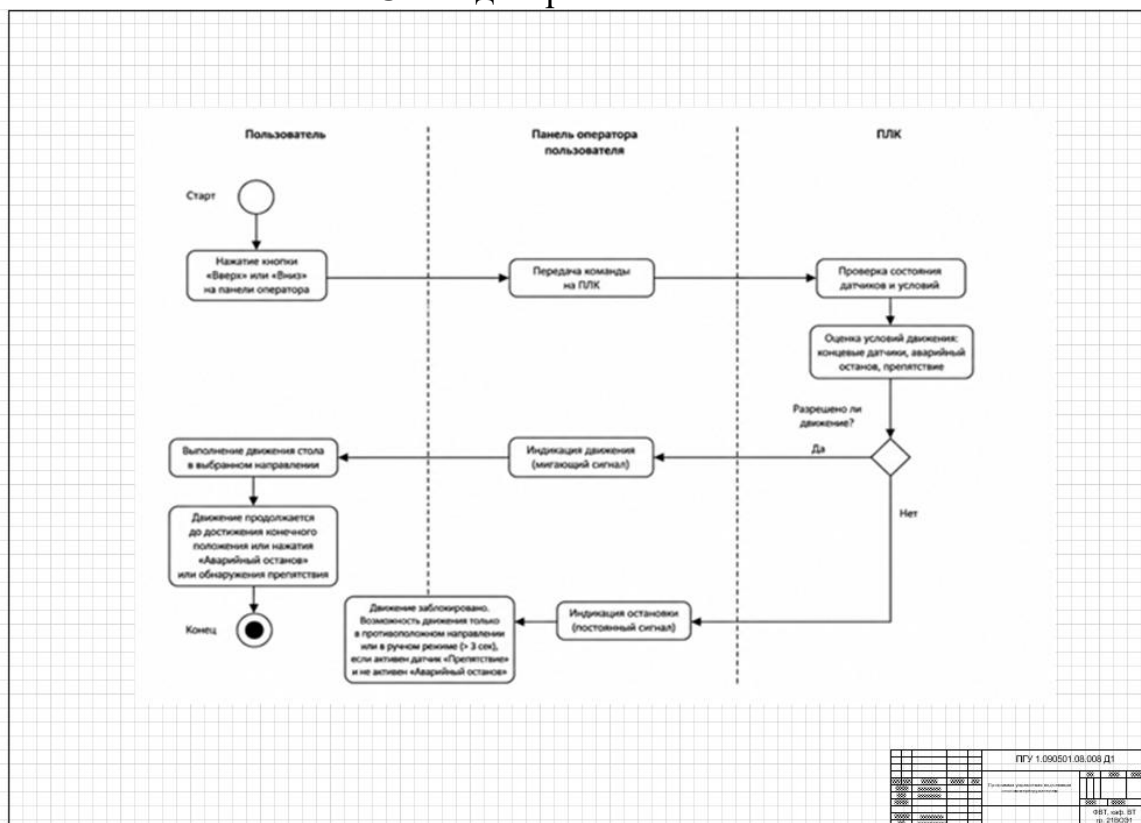
6. Требования по обустройству помещений и рабочих мест, предназначенных для работы на компьютере и прочей офисной технике [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_18895/df3eaac6ab127894002172933f9cd660e61df962/ свободный. (дата обращения: 19.05.26).

7. ГОСТ ИЕС 61131–2–2012 Часть 2 Требования к оборудованию и испытания [Электронный ресурс] / Режим доступа:

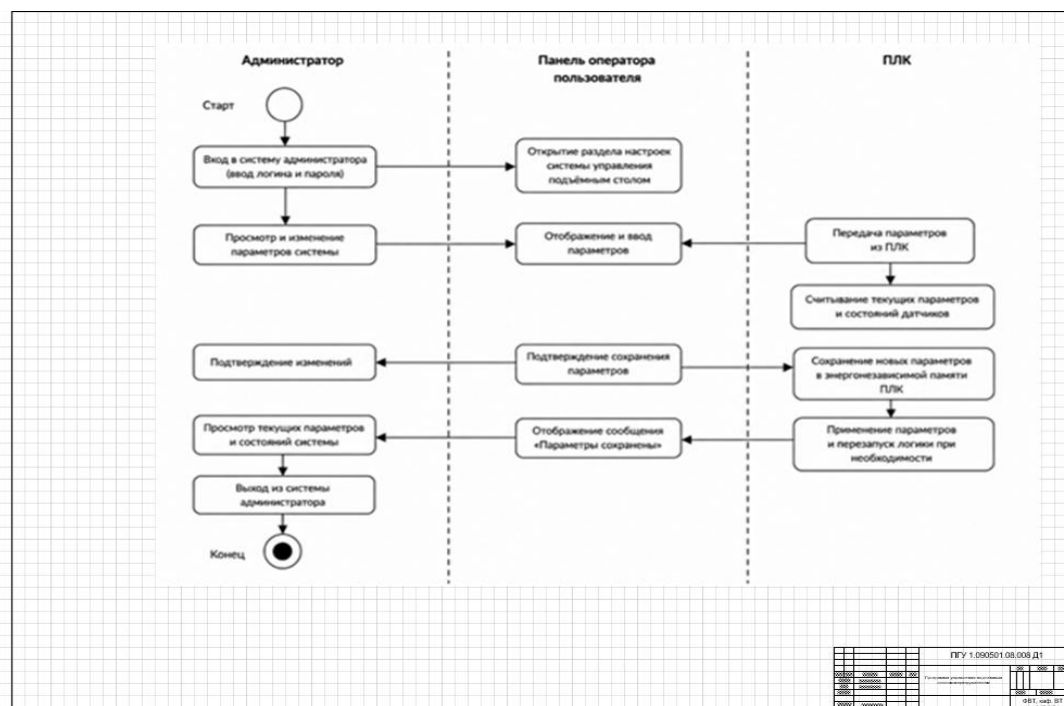
<https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/gost-iek-61131-2-2012.pdf>
свободный. (дата обращения: 14.05.2026)

					<i>ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>68</i>

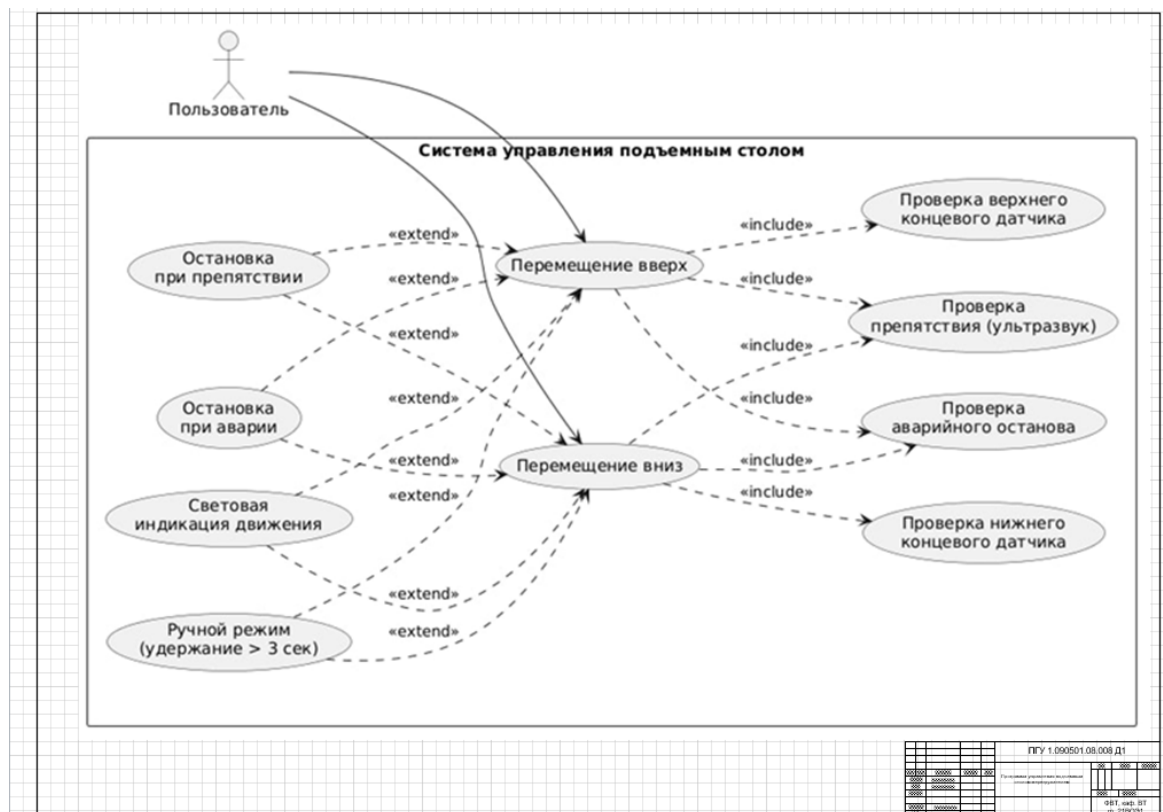
Приложение А (Обязательное) UML–диаграммы



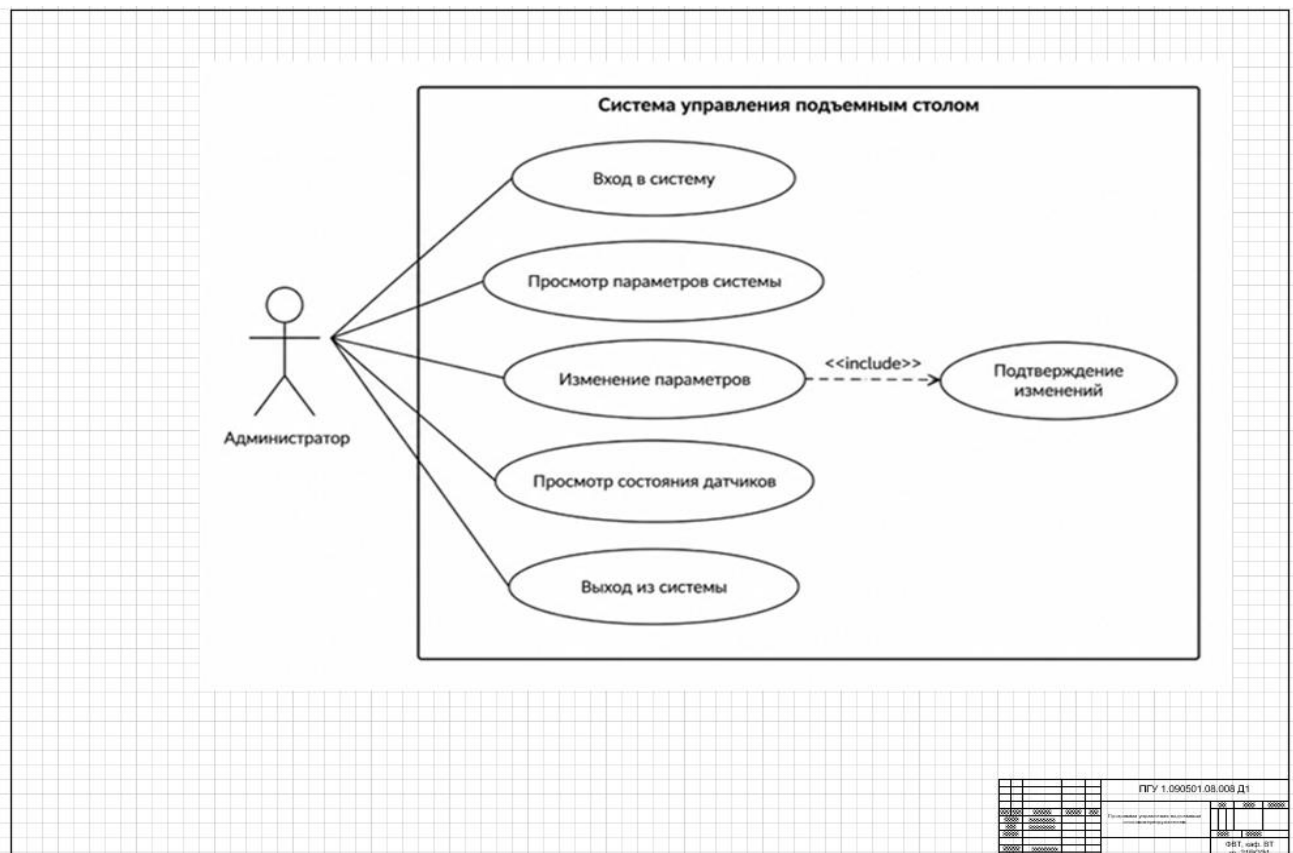
Приложение А.1 – UML–диаграмма деятельности для пользователя



Приложение А.2 – UML–диаграмма деятельности администратора



Приложение А.3 – UML–диаграмма использования для пользователя



Приложение А.4 – UML–диаграмма сценариев для администратора

(Обязательное)

Схема функциональных блоков файла «project.owle»

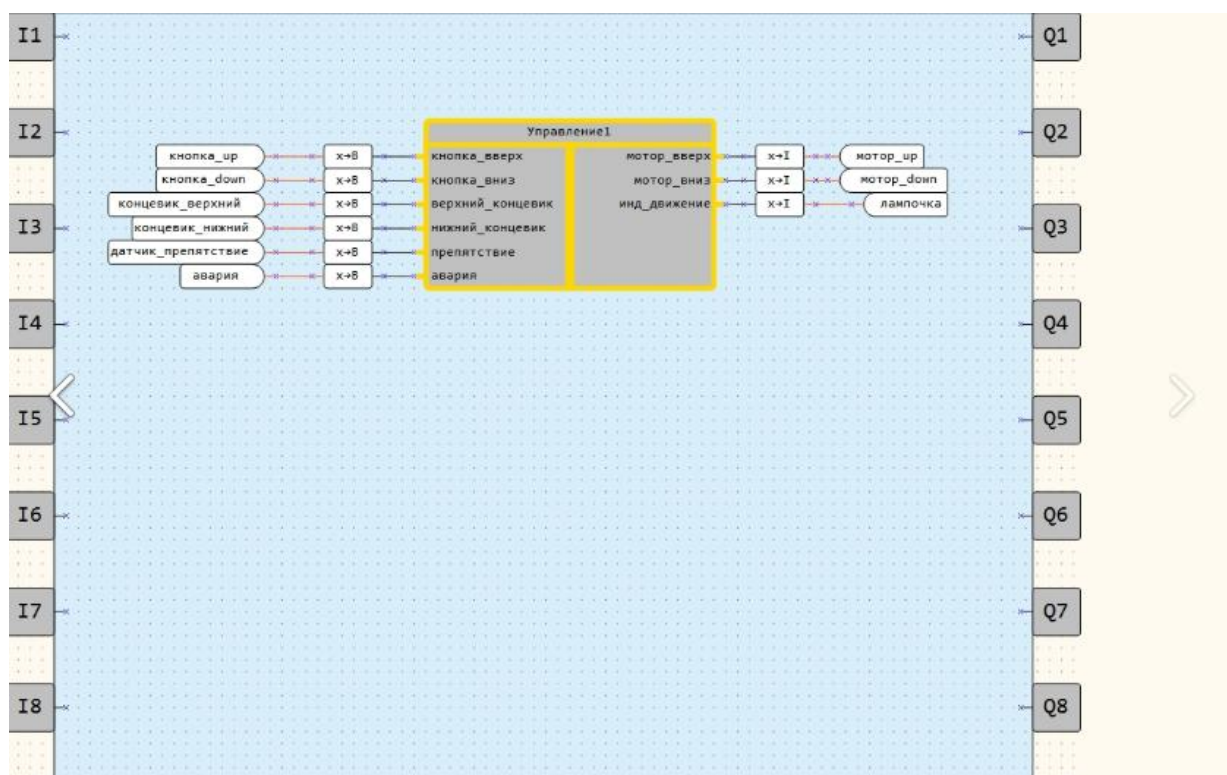
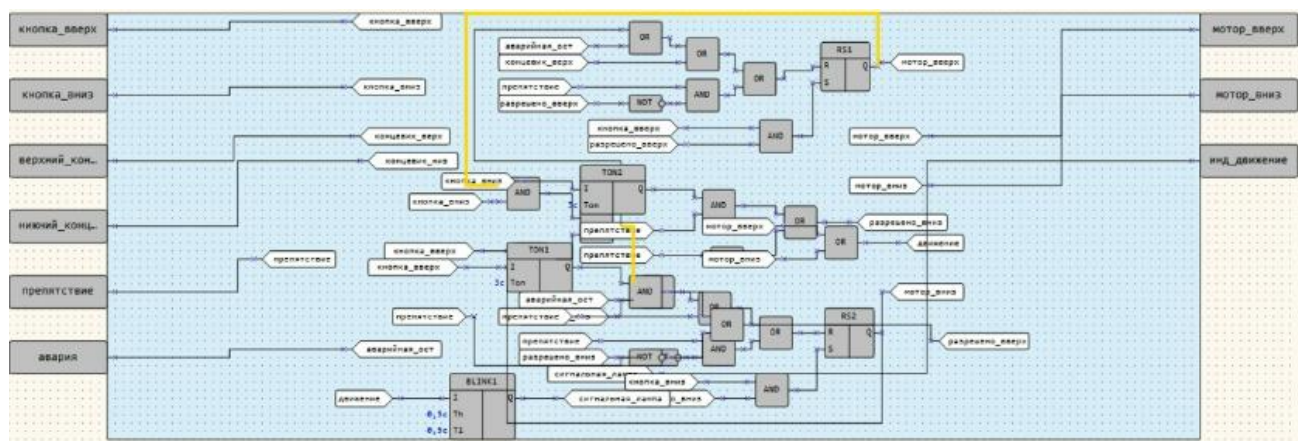


Схема функциональных блоков макроса

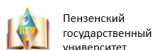


Приложение В

(Обязательное)

Программа управления подъёмным столом–перегрузателем

Презентация



Пензенский
государственный
университет



Кафедра
вычислительной
техники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМНЫМ СТОЛОМ-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕМ

АВТОР РАБОТЫ: СТУДЕНТ ГР. 21ВОЭ1 Комяков Р.Б.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: ДОЦЕНТ, К.Т.Н. ТАРАСОВ Д.А.

О программе

Проблема

- На производстве, а также в иных неблагоприятных условиях требуется система подъемного стола для перемещения грузов



Разработка

Программа управления
подъемным столом-
перегрузателем для ПЛК ОВЕН
ПР200

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

73

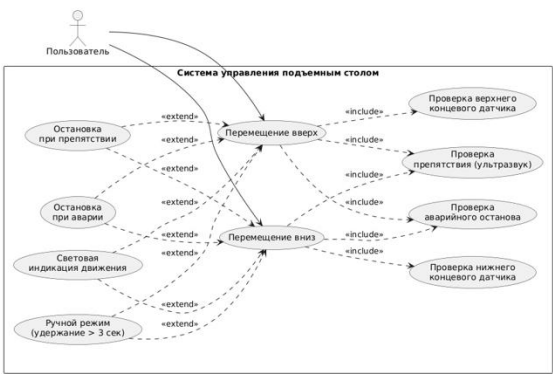
Цели и задачи

В процессе разработки был определен следующий функционал для реализации:

- Управление кнопками «Вверх»/«Вниз»;
- Контроль крайних положений;
- Аварийная остановка;
- Предупредительная сигнализация
- Реакция на препятствие.

Постановка задачи

Взаимодействие с пользователем



Взаимодействие с администратором



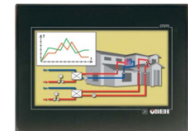
Выбор решения

- **Язык разработки:**
 - Язык функциональных блоков FBD
- **Среды разработки:**
 - OWEN Logic
 - Конфигуратор СП200
- **Целевая платформа:**
 - ПЛК ОВЕН ПР200
 - Панель оператор ОВЕН СП270
- **Другие ресурсы разработки:** ПК, ОС Microsoft Windows 11, драйверы для взаимодействия элементов целевой платформы и ПК



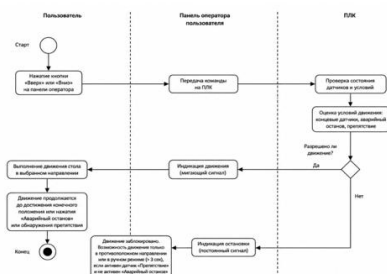
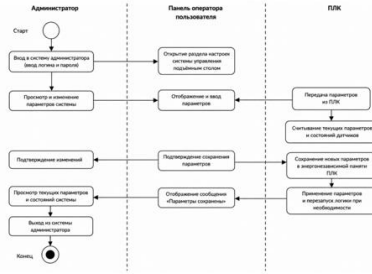
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

-

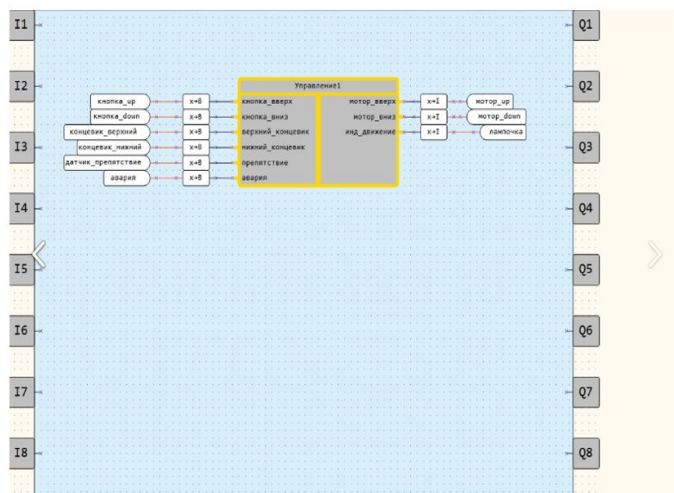


- ## Процесс разработки

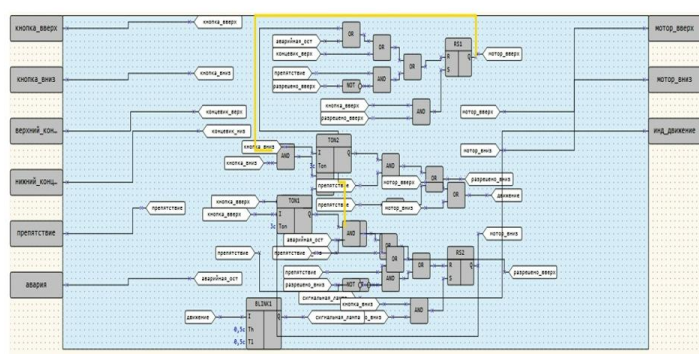
Диаграмма взаимодействия с администратором



Итоговая схема управляющей программы



Итоговая схема управляющей программы



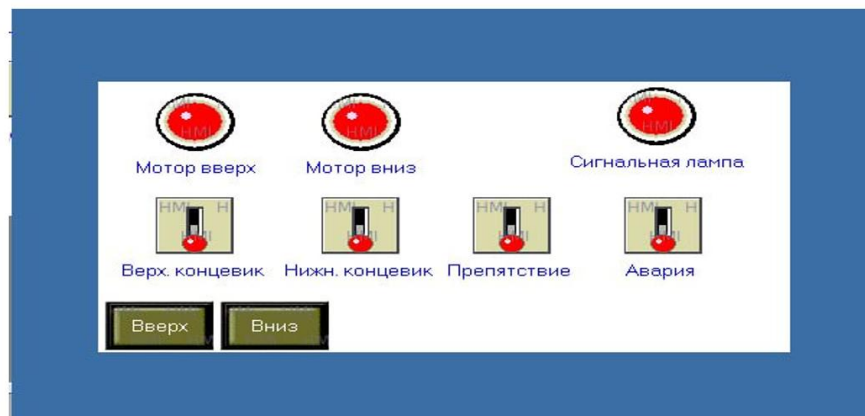
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

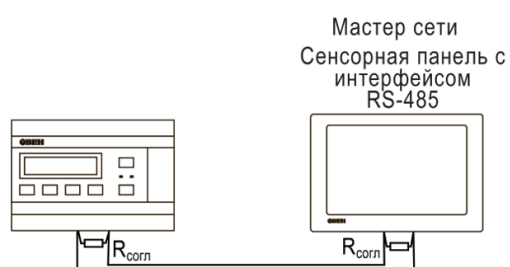
Лист

76

Интерфейс панели оператора



Модель взаимодействия устройств целевой платформы



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

77

Тестирование на стенде



Заключение

- В рамках разработки проекта были выявлены недостатки существующих аналогов и предложен свой вариант решения в виде реализации текущего проекта.
- Итоговый вариант работоспособен и пригоден для внедрения на производство. В дальнейшем проект может быть расширен путем добавления полноценной панели оператора для администратора, добавлением датчиков и подключением к промышленной сети.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.08.001 ПЗ

Лист

78