

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

вычислительной техники

Кафедра

«Вычислительная техника»

Направление подготовки: 09.05.01 «Применение и эксплуатация
автоматизированных систем специального назначения»

Профиль подготовки: «Эксплуатация вычислительных машин, комплексов,
систем и сетей специального назначения»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ
САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ ТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ**

Студент

 Аленкин Д.В.
(подпись, дата) 26.05.26

Руководитель

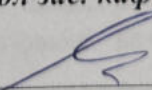
 Тарасов Д.А.
(подпись, дата) 26.05.26

Нормоконтролёр

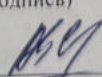
 А.С. Бычков
(подпись, дата) 26.05.26

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

Заведующий кафедрой

 М.А. Митрохин
(подпись)

Рецензент

нас.  Севаст'янов Н.С.
(подпись, дата) 26.05.26

Работа защищена с отметкой

(протокол заседания ГЭК от 10.06.26 № 4)

Секретарь ГЭК


(подпись)

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 Аленкин Даниил Владимирович гр.21ВОЭ1 факультета вычислительной техники.
2. Тема работы: «Система управления комплексом санитарной обработки транспортных средств»
Тема утверждена приказом ПГУ № 122/о от "11" февраля 2026 г.
3. Руководитель дипломного проекта к.т.н., доцент, каф. ВТ ПГУ Тарасов Д.А.

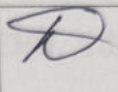
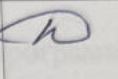
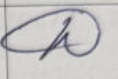
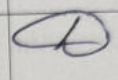
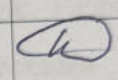
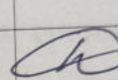
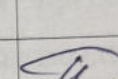
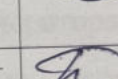
4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.)

Разработать программу «Система управления комплексом санитарной обработки транспортных средств», позволяющую организовать автономный процесс мойки транспортных средств. Программа должна обладать графическим и интуитивно понятным интерфейсом на панели оператора, для взаимодействия с клиентом и персоналом. Система должна предоставлять возможность выбора технологических режимов мойки, расчета средств через платежные системы и обеспечивать автоматическую защиту исполнительных механизмов от аварийных ситуаций. Так же с помощью панели оператора должна быть реализована возможность настройки тарификации услуг и мониторинга состояния оборудования.

5. Перечень подлежащих разработке вопросов

Требуется провести анализ предметной области: изучить существующие системы автоматизации моечных комплексов, выделить их достоинства и недостатки. Обосновать выбор аппаратной платформы и среды визуального программирования, подходящей для реализации алгоритмов управления и интерфейса оператора. Определить архитектуру программного обеспечения и вспомогательных средств разработки.

6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1	Анализ предметной области и существующих решений	32	11.02.2026 – 02.03.2026	
2	Анализ требований технического задания	32	02.03.2026 – 01.04.2026	
3	Выбор аппаратной платформы и средств разработки	30	01.04.2026 – 29.04.2026	
4	Проектирование архитектуры системы	40	29.04.2026 – 03.05.2026	
5	Разработка основной логики управления	66	03.05.2026 – 07.05.2026	
6	Реализация графического интерфейса панели оператора	70	07.05.2026 – 10.05.2026	
7	Тестирование и отладка в режиме симуляции	30	10.05.2026 – 17.05.2026	
8	Оформление пояснительной записки	54	17.05.2026 – 21.05.2026	

Дата выдачи задания "11" февраля 2026 г.

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

Задание к исполнению принял студент  Аленкин Д.В.
(подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета  09.06.2026 Финонова Л.Р.
(подпись, дата)

Реферат

Дипломный проект содержит 93 листа, 72 рисунка, 2 таблицы, 5 источников, 3 приложения.

ПЛК, СТАНЦИЯ САМООБСЛУЖИВАНИЯ, OWEN LOGIC, FBD, АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

Цель работы – разработать алгоритм управления для программируемого логического контроллера, автоматизирующий работу поста автомойки самообслуживания.

Оптимальным путем достижения поставленной задачи является создание программы в среде визуального проектирования Owen Logic. Разработанный алгоритм должен обеспечивать управление технологическими режимами мойки, тарификацию и обработку сигналов от платежных систем, а также непрерывный мониторинг состояния оборудования для предотвращения аварийных ситуаций. Дополнительно требуется реализовать логику переключения экранов для вывода информации на панель оператора.

В итоге была разработана программа, которая в полной мере реализует логику автономной работы автомойки без участия персонала. В ходе создания применялись встроенные средства симуляции Owen Logic для проверки и отладки связей. Реализованный алгоритм успешно протестирован, подтвердил корректность всех защитных блокировок и полностью готов к загрузке в физический контроллер для эксплуатации на реальном объекте.

					ПГУ1.090501.1.001 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Система управления комплексом санитарной обработки транспортных средств	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Аленкин Д.В.		25.05.2026					
Провер.		Тарасов Д. А.		25.05.26			4	75	
Н. Контр.		Бычков А. С.		25.05.26		ФВТ, каф. ВТ гр. 21ВОЭ1			
Утверд.		Митрохин М.А.		25.05.26					

Содержание

1.Перечень сокращений и обозначений.....	8
2.Введение.....	9
1.1 Анализ решения поставленной задачи.....	12
1.2 Анализ актуальности разработки.....	14
1.3 Анализ аналогичных решений.....	15
1.4Постановка задачи.....	24
1.5Описание архитектуры проекта.....	30
1.6Выбор инструментов разработки.....	32
2.1Установка и настройка инструментов разработки.....	36
2.2Описание структуры программы.....	41
2.3Разработка программы.....	44
2.4Описание доступных функций.....	63
3.1Результаты разработки программы.....	74
3.2Рекомендации к дальнейшей разработке.....	75
4.1Правила безопасности при использовании ПК.....	76
5.1Расчет затрат на разработку.....	77
5.2Расчет затрат на разработку системы.....	77
5.3Капитальные затраты на внедрение.....	81
5.4Расчет эксплуатационных расходов.....	82
5.5Оценка экономической эффективности	82
5.6Анализ чувствительности.....	85
5.7Вывод по экономической части.....	86
3.Заключение.....	88
4.Список использованных источников.....	89

1. Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяют следующие сокращения и обозначения

ПЛК – программируемый логический контроллер.

ВД – высокое давление.

ОС – операционная система.

ПК – персональный компьютер.

ПО – программное обеспечение.

ПЧ – частотный преобразователь.

СУ – система управления.

ТЗ – техническое задание.

ЧМИ – человеко-машинный интерфейс.

ЭМК – электромагнитный клапан.

CRM – система управления взаимоотношениями с клиентами (Customer Relationship Management).

FBD – язык функциональных блоков (Function Block Diagram).

SCADA-системы – системы диспетчерского управления и сбора данных (Supervisory Control And Data Acquisition).

2. Введение

Сегодня автоматизация проникает практически во все сферы человеческой деятельности. Передача рутинных, физически тяжелых или требующих повышенного внимания задач электронным системам позволяет эффективно высвободить человеческие ресурсы. Внедрение автономных устройств обеспечивает высокую точность и круглосуточную непрерывность процессов в различных областях, от бытового управления до сложного промышленного контроля.

Сфера санитарной обработки транспорта наглядно иллюстрирует эту технологическую эволюцию. На смену непредсказуемому ручному труду пришел высокотехнологичный подход, где во главе угла стоят скорость, качество и строгий учет издержек. Современный моечный комплекс является уже не просто насосным оборудованием, а сложной инженерной экосистемой, требующей бесперебойной интеграции гидравлики, химии и электроники.

Специфика систем самообслуживания заключается в четком разделении ролей. Хотя физическую очистку выполняет сам клиент, все логическое управление и контроль параметров берет на себя автоматика. Пользователю не нужно дозировать химию или настраивать давление - система в реальном времени управляет ресурсами и следит за безопасностью, поддерживая стабильность работы без постоянного присутствия техперсонала [1].

Ключевым этапом проектирования подобных комплексов является выбор аппаратной платформы. Универсальные микрокомпьютеры зачастую не выдерживают условий моечного бокса. Повышенная влажность, агрессивные химические испарения и электромагнитные наводки от силовых установок требуют применения специализированных промышленных решений, адаптированных к жестким условиям эксплуатации.

Актуальность работы обусловлена острой необходимостью оптимизации ресурсов. На фоне постоянного роста тарифов на воду и электричество

рентабельность комплекса зависит от строгого контроля расхода. Разрабатываемое ПО реализует алгоритмы превентивной защиты, которые не только минимизируют издержки, но и блокируют возможные поломки оборудования из-за гидравлических сбоев или некорректных действий клиента.

Цели и задачи выпускной квалификационной работы:

изучение современных средств программной разработки;

изучение принципов программирования промышленных контроллеров;

сравнительный анализ платформ для управления моечным оборудованием;

формулирование требований к технологическим режимам мойки, безопасности и интерфейсу;

разработка логической структуры программы на базе концепции конечного автомата;

реализация алгоритмов управления насосами, клапанами и платежными системами;

проектирование и настройка интерфейса панели оператора для взаимодействия с клиентом;

проведение комплексного тестирования и отладки;

анализ результатов разработки и подготовка рекомендаций по масштабированию системы;

формирование рекомендаций по дальнейшему развитию и совершенствованию системы.

1 Анализ предметной области

Для проектирования СУ комплексом санитарной обработки необходимо провести детальный анализ потребления основных ресурсов: воды, химических реагентов и электроэнергии. В современных экономических условиях, где стоимость расходных материалов напрямую влияет на рентабельность бизнеса, автоматизация контроля за их использованием становится первоочередной задачей. В данном разделе рассматриваются факторы, приводящие к неоправданным потерям, и определяются методы их минимизации.

Начальным этапом исследования выступает сравнение эффективности потребления ресурсов при разных способах управления процессом обработки.

При отсутствии интеллектуальной системы контроля основным источником убытков становится неточность дозирования. Так, например, использование простейших эжекторов или ручных смесителей не позволяет поддерживать стабильную концентрацию моющего состава. В результате происходит либо перерасход дорогостоящего концентрата, либо снижение качества обработки, что требует повторного цикла и, как следствие, лишнего расхода воды. Внедрение автоматизированного контроля позволяет реализовать алгоритмы точной подачи реагентов с жесткой привязкой к временным интервалам и гидравлическим характеристикам системы. Это обеспечивает стабильно высокое качество при минимально допустимом расходе химии.

Расход воды также является критическим фактором. В неавтоматизированных системах значительная часть ресурса тратится впустую: при переключении между режимами, замене пистолетов или из-за отсутствия оперативной отсечки подачи после завершения сессии. Использование программных методов управления позволяет оптимизировать работу гидравлических узлов, внедряя задержки и условия срабатывания, которые исключают непроизводительный пролив воды в моменты технологических пауз. Кроме того, автоматический мониторинг давления в системе позволяет

предотвратить утечки и вовремя обнаружить повреждения магистралей, которые в ручном режиме могут оставаться незамеченными длительное время. В ходе анализа были выделены основные проблемы, препятствующие эффективному использованию ресурсов:

Неконтролируемый человеческий фактор: ошибки персонала при подготовке растворов или нецелевое использование ресурсов.

Отсутствие обратной связи: невозможность мгновенно отреагировать на изменение входных параметров таких как напора воды или уровня химии.

Повышенный износ силовых узлов: работа насосного оборудования на неоптимальных мощностях, что ведет к перерасходу электроэнергии и преждевременному износу.

На основе выявленных проблем сформулированы требования к будущей системе управления: необходимость внедрения многоуровневой логики дозирования, создание алгоритмов предотвращения работы оборудования при отсутствии рабочей среды и минимизации утечек, а также организация системы учета времени работы каждого исполнительного механизма.

Проведенный анализ доказывает, что переход к программному управлению технологическими циклами является единственным способом сделать комплекс санитарной обработки экономически эффективным. Затраты на автоматизацию окупаются за счет существенного снижения эксплуатационных расходов и предотвращения аварийных ситуаций, связанных с перерасходом ресурсов.

1.1 Анализ решения поставленной задачи

Выбор технической стратегии опирается на необходимость поиска баланса между физической надежностью оборудования и гибкостью программных алгоритмов. В отличие от бытовых условий, среда комплекса санитарной обработки характеризуется постоянной влажностью и интенсивными электромагнитными помехами от работы силовых агрегатов, что накладывает жесткие ограничения на аппаратную часть. При сравнении доступных подходов

выявлено, что использование бытовых микропроцессорных систем общего назначения сопряжено с высоким риском отказов из-за отсутствия промышленной помехозащищенности. В то же время применение классической релейной логики, хотя и обеспечивает высокую надежность, полностью лишает систему адаптивности. Любая попытка внедрения сложных алгоритмов экономии ресурсов или изменения параметров дозирования в релейных схемах требует значительного усложнения аппаратной части и физического перестроения электрических цепей. В связи с этим наиболее рациональным решением является использование программируемой логики промышленного стандарта, которая позволяет совместить живучесть оборудования с возможностью реализации детерминированного программного управления.

Базой архитектурного решения в данном случае выступает концепция конечного автомата, обеспечивающая строгое разделение работы системы на последовательные фазы: ожидание, инициализацию, активный рабочий цикл и безопасную блокировку. Использование такой структуры позволяет заложить в логику управления обязательную проверку внешних факторов и технических параметров перед активацией исполнительных механизмов. Подобный подход исключает возникновение неопределенных состояний системы, при которых может происходить нецелевое расходование материалов или работа оборудования в опасных режимах [2]. Техническая реализация мониторинга физических параметров позволяет внедрить алгоритмы превентивной защиты, среди которых ключевое значение имеет предотвращение функционирования оборудования при отсутствии рабочей среды. Использование аналоговых интерфейсов передачи данных позволяет системе в реальном времени диагностировать не только текущие показатели давления или уровня, но и целостность самих линий связи, что критически важно для объектов, работающих в автономном режиме без постоянного присутствия технического персонала.

Ресурсная оптимизация в рамках проектируемого решения достигается за счет программной интеграции многоуровневой логики дозирования и механизмов

мгновенной отсечки подачи. Для минимизации непроизводительного пролива воды в моменты смены режимов пользователем или во время простоя системы используются алгоритмы синхронизации работы клапанов с интерфейсом управления. Это позволяет существенно снизить общий расход воды, не снижая при этом качества обработки. Точность подачи химических реагентов обеспечивается не механическими методами, а программным контролем временных интервалов работы исполнительных механизмов, что нивелирует влияние колебаний давления во внешней сети и гарантирует стабильную концентрацию состава. Таким образом, выбранный вектор разработки позволяет создать систему, которая не просто автоматизирует включение агрегатов, а выступает в роли интеллектуального инструмента контроля, обеспечивающего минимальные эксплуатационные издержки и длительный срок службы дорогостоящего оборудования комплекса.

1.2 Анализ актуальности разработки

Актуальность разработки современной СУ комплексом санитарной обработки обусловлена стремительным развитием рынка услуг самообслуживания и ужесточением требований к экономической эффективности сервисных предприятий. В условиях постоянного роста стоимости водных ресурсов, электроэнергии и специализированных химических реагентов, традиционные методы управления, опирающиеся на ручной контроль или простейшую автоматику, перестают обеспечивать необходимую рентабельность. На первый план выходит задача минимизации эксплуатационных издержек за счет внедрения высокоточных алгоритмов распределения ресурсов.

Существенным фактором актуальности является исключение человеческого фактора из процесса подготовки рабочих растворов. В системах без автоматики некорректная дозировка реагентов и отсутствие контроля давления ведут к значительным потерям материалов. Создание системы, которая в автоматическом режиме поддерживает заданные параметры, позволяет гарантировать качественный

результат и при этом минимизировать затраты на обслуживание каждой единицы транспорта.

Значимым моментом является и снижение трудозатрат. Ручная подготовка моющих составов, контроль уровней в емкостях и регулярная проверка пропорций требуют значительного времени со стороны персонала. Автоматизация этих процессов позволяет освободить сотрудников от рутинных задач и исключить простои оборудования, которые неизбежны при ручном обслуживании комплекса.

Также разработка актуальна из-за высокой стоимости технологического оборудования. Насосы и узлы подачи воды требуют бережной эксплуатации. Использование программных механизмов защиты позволяет вовремя остановить работу при возникновении нештатных ситуаций, например, при падении давления или отсутствии воды в баках. Это продлевает срок службы агрегатов и избавляет от лишних трат на приобретение запасных частей и внеплановый ремонт.

С точки зрения экологии актуальность работы обусловлена необходимостью рационального использования природных ресурсов. Сокращение нецелевых потерь воды и строгий контроль концентрации реагентов существенно снижают нагрузку на очистные системы. Следовательно, внедрение автоматики становится обязательным условием для формирования рентабельного и отказоустойчивого комплекса санитарной обработки транспорта.

1.3 Анализ аналогичных решений

Проектирование и внедрение системы автоматизации на объектах санитарной обработки транспортных средств требует предварительного изучения и детального анализа ранее представленных на рынке технологических решений. Систематизация данных о методах управления, используемых в аналогичных комплексах, необходима для выявления наиболее критических проблем, таких как нерациональный расход ресурсов, низкая отказоустойчивость или программная закрытость систем. Проведение сравнительного анализа позволяет не только определить ориентиры для будущей разработки, но и сформировать доказательную

базу для выбора оптимальной аппаратной и программной архитектуры, способной обеспечить баланс между стоимостью внедрения и эффективностью эксплуатации оборудования.

Классическим подходом для подобных задач является система управления на базе жесткой релейно-контактной логики представленная на рисунке 1.1. В таких схемах алгоритм функционирования определяется физической топологией соединений между промежуточными реле, таймерами и контакторами.



Рисунок 1.1 – Обзор аналога: релейно-контактная система управления

Основным достоинством данного подхода является исключительная устойчивость к электромагнитным импульсам и простота диагностики для персонала, не обладающего специальными навыками работы с микропроцессорной техникой, так как логика работы прозрачна и проверяется обычным мультиметром. Однако релейные системы обладают критическим недостатком является отсутствием вычислительного блока для обработки аналоговых данных. Это

исключает возможность контроля давления в динамике и точного дозирования реагентов, что ведет к неизбежному непроизводительному расходу ресурсов. Кроме того, механический износ контактов при частых переключениях режимов снижает общую надежность, а любая попытка модернизации или добавления новой функции требует полной переборки щита, что делает решение крайне негибким и затратным в обслуживании.

Альтернативой выступает проприетарные коммерческий контроллер специализированного типа, продемонстрированный на рисунке 1.2. Такие моноблочные устройства, разработаны под конкретные модели моечного оборудования крупными брендами.



Рисунок 1.2 – Обзор аналога: коммерческий специализированный блок управления.

К безусловным плюсам таких систем относится высокая степень готовности к эксплуатации и наличие встроенных интерфейсов для работы с платежными системами по стандартным протоколам. Тем не менее, эксплуатация «закрытых»

систем сопряжена с серьезным риском полной зависимости от производителя. Программный код здесь заблокирован, что исключает возможность изменения алгоритмов защиты или добавления новых функций силами владельца. В случае поломки самостоятельный ремонт на практически невозможен, что заставляет приобретать дорогостоящие оригинальные модули. Это значительно увеличивает время простоя объекта и делает общую стоимость владения системой неоправданно высокой.

В бюджетном сегменте или при реализации авторских проектов часто встречаются решения на базе микропроцессорных плат общего назначения, таких как Arduino или Raspberry Pi. Пример подобного решения показан на рисунке 1.3.

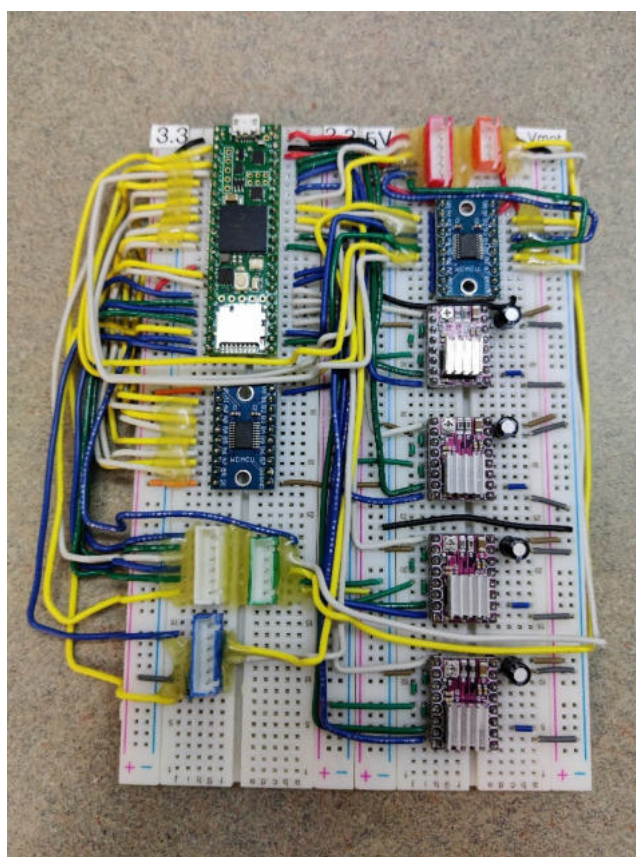


Рисунок 1.3 – Обзор аналога: система управления на базе микропроцессорных плат

Главное преимущество таких решений заключается в их сверхнизкой стоимости и доступе к огромному количеству открытых библиотек, что позволяет

программисту реализовать сколь угодно сложные сценарии взаимодействия. Но при этом данные системы абсолютно не соответствуют стандартам промышленной безопасности. Основным минусом является отсутствие защиты входов и выходов от наводок, возникающих при работе мощных двигателей, что приводит к непредсказуемым зависаниям программы. Кроме того, бытовые разъемы и отсутствие защитного лакового покрытия на платах в условиях влажности и агрессивных паров химии провоцируют коррозию, делая подобные решения непригодными для серьезной профессиональной эксплуатации.

Для автоматизации крупных объектов применяются SCADA-системы, программные комплексы, функционирующие на базе промышленных компьютеров. Они работают под управлением ОС реального времени, обеспечивая сбор, обработку данных и их визуализацию на графических панелях. Пример интерфейса подобной программы представлен на рисунке 1.4.

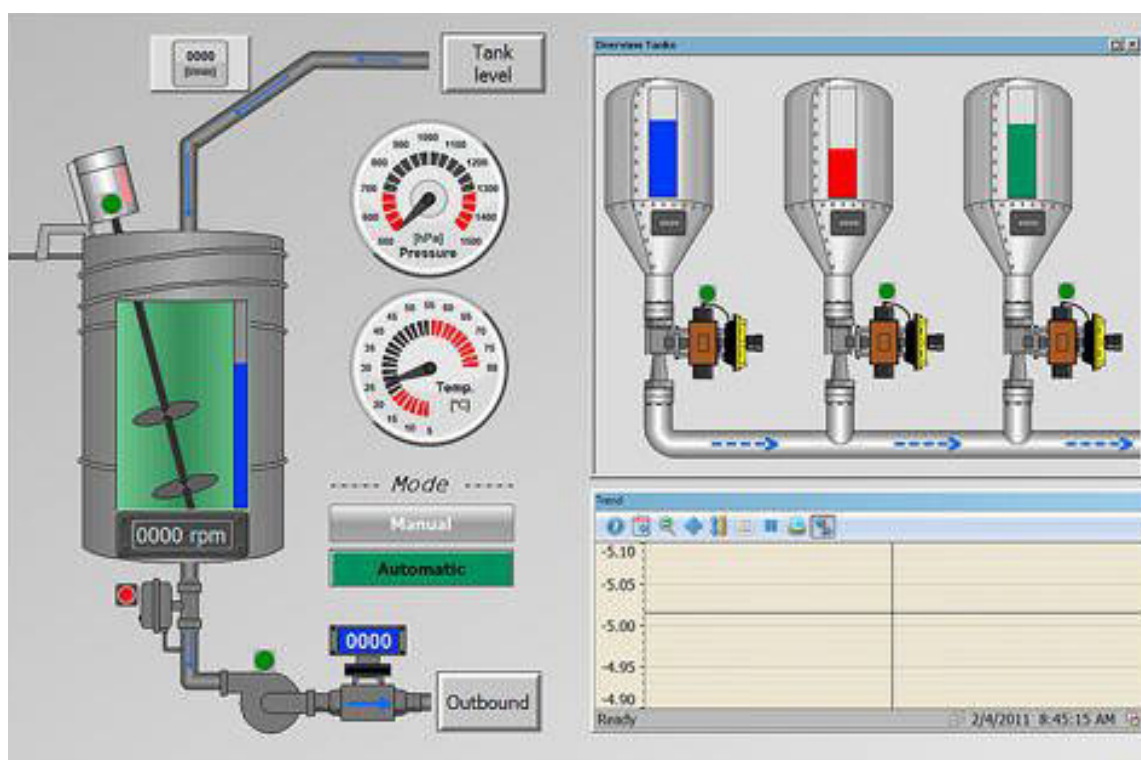


Рисунок 1.4 – Обзор аналога: интерфейс оператора SCADA-системы.

Преимущества данного подхода заключаются в неограниченных возможностях визуализации, ведении глубокой статистики и легкой интеграции в облачные системы мониторинга. Однако для локального моечного поста такое решение является экономически избыточным и технически перегруженным. К недостаткам относятся высокая стоимость лицензионного софта, сложность настройки и риски повреждения файловой системы при внезапных отключениях питания. Высокая цена аппаратной части и необходимость привлечения IT-специалистов для обслуживания делают использование промышленных ПК нерациональным для малого и среднего бизнеса в этой сфере.

Отдельным подходом является использование интеллектуальных ПЧ, которые оснащены собственными встроенными программируемыми блоками. Пример интеллектуального частотного преобразователя показан на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Обзор аналога: система на базе частотного преобразователя

Сильной стороной этого решения является идеальный контроль за состоянием двигателя: частотный преобразователь обеспечивает плавный пуск, стабилизирует давление и защищает насос от перегрузок «из коробки». Тем не менее, функциональный охват встроенной логики ограничен исключительно задачами привода. Главный минус заключается в малом количестве входов и выходов, которых может оказаться недостаточно для управления всей периферией, а именно освещением, клапанами дозирования, платежным терминалом и т.д. Встроенная среда программирования ПЧ не предназначена для создания сложных пользовательских интерфейсов, что позволяет использовать их только в качестве вспомогательных узлов в составе более крупной системы.

Так же стоит рассмотреть систему на базе ПЛК, представленную на рисунке 1.6. Данный подход объединяет в себе гибкость компьютерных систем и физическую выносливость релейной логики. Управление строится на базе серийных промышленных контроллеров, которые специально разработаны для работы в жестких условиях.

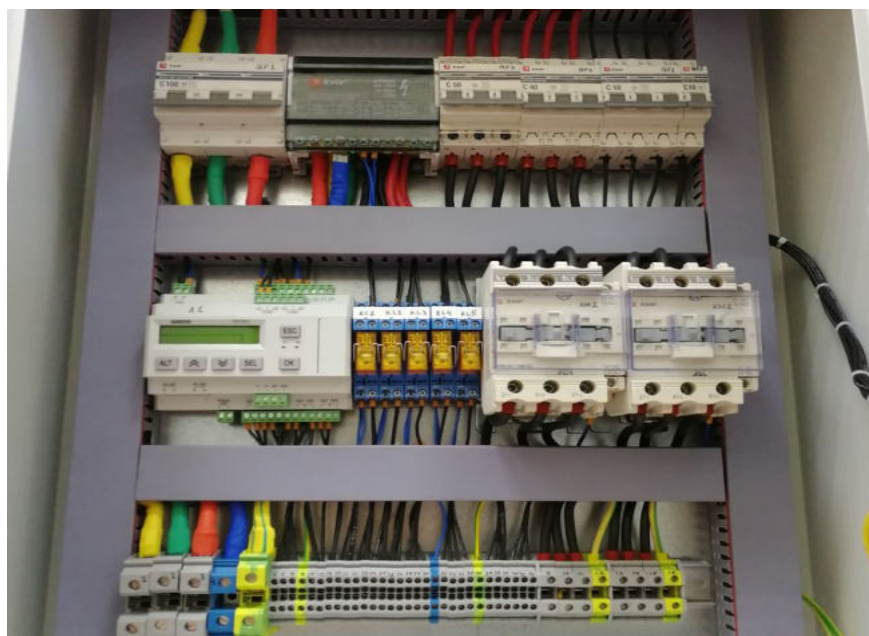


Рисунок 1.6 – Обзор аналога: ПЛК в щите управления

Главное преимущество этого решения заключается в его промышленном исполнении: все входы и выходы уже имеют встроенную защиту от электромагнитных наводок, что гарантирует стабильную работу при пусках мощных насосов. В отличие от рассмотренных ранее закрытых коммерческих блоков, ПЛК является более удобной платформой, инженер сам пишет алгоритм, что позволяет реализовать уникальные стратегии экономии ресурсов, такие как сложные циклы дозирования химии или интеллектуальные режимы ожидания. При этом стоимость такого решения остается в рамках разумного, так как используются стандартные индустриальные компоненты, доступные на рынке. Единственным условным минусом можно считать необходимость владения специфическими навыками программирования, однако в контексте создания надежной и профессиональной СУ этот фактор является подтверждением квалификации разработчика и высокого технологического уровня проекта.

Проанализировав ключевые достоинства и недостатки представленных выше вариантов, целесообразно составить таблицу на основе рассмотренных аналогов. Сводная информация, отражающая технические возможности и эксплуатационную специфику рассмотренных систем управления, наглядно представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Краткое содержание аналоговых решений

Техническое решение	Преимущества	Недостатки
Системы на базе релейной автоматики	Простота диагностики и технического обслуживания	Громоздкость конструкции, сложность изменения алгоритмов
Специализированные коммерческие контроллеры	Заводская готовность к эксплуатации, высокая эстетика исполнения	Закрытый программный код, высокая стоимость комплектующих и сервиса
Техническое решение	Преимущества	Недостатки
Микропроцессорные	Минимальная стоимость	Низкая

платы для любительской разработки	аппаратной части, высокая гибкость алгоритмов	помехозащищенность, ненадежность физических соединений
Промышленные ПК и диспетчерское управление (SCADA)	Глубокая аналитика данных и качественная визуализация процессов	Высокая сложность настройки, избыточность затрат для малых объектов
Частотные преобразователи со встроенными логическими модулями	Компактность, минимизация количества оборудования в шкафу управления	Ограниченное число каналов управления и возможностей расширения
Проектируемая система на базе ПЛК	Высокая надежность, масштабируемость и открытость архитектуры	Необходимость индивидуальной разработки программного обеспечения

На основании проведенного анализа существующих технических решений можно сделать вывод, что проектируемая система на базе ПЛК является наиболее рациональным выбором для СУ комплексом санитарной обработки транспортных средств. В отличие от систем на базе релейной логики или любительских микропроцессорных плат, программируемый логический контроллер обеспечивает требуемый уровень промышленной отказоустойчивости и аппаратной защиты от помех. В сравнении с дорогостоящими SCADA-системами и закрытыми коммерческими контроллерами, выбранный вариант позволяет реализовать гибкое управление и масштабируемость при значительно меньших затратах на внедрение и обслуживание.

Таким образом, использование ПЛК в качестве центрального узла системы обеспечивает оптимальный баланс между эксплуатационной надежностью, функциональными возможностями и экономической эффективностью.

1.4 Постановка задачи

Необходимо определить программный инструментарий и функциональные требования к системе управления постом мойки на базе ПЛК. Система должна обеспечивать выполнение алгоритмов управления в реальном времени, осуществляя прямой контроль гидравлических и пневматических узлов, а также управление силовыми приводами насосных агрегатов. ПЛК обязан реализовывать логику аварийных блокировок при выходе параметров за допустимые пределы и обеспечивать обработку сигналов от датчиков для защиты исполнительных механизмов. Иметь развитые инструменты операторского контроля: графический интерфейс для выбора режимов работы, индикацию параметров, отображающих возможности клиента во время мойки таких как: текущий баланс, стоимость услуг, расход ресурсов. ПО должно обеспечивать корректную обработку сигналов от внешней системы оплаты и настройку цен. Отдельным блоком реализуется автоматизация физического доступа: фиксация транспортного средства, управление въездным и выездным шлагбаумами, а также работа световой и звуковой сигнализации для сопровождения клиента от въезда до покидания бокса.

1.4.1 Описание взаимодействия системы с клиентом

Первое взаимодействие с клиентом должно начинаться с фиксирования транспортного средства на въезде в бокс санитарной обработки, въездной шлагбаум должен открываться, приглашая клиента на моечный пост, после въезда в бокс въездной шлагбаум должен быть закрыт. По окончании процесса оказания услуг должен быть открыт выездной шлагбаум и должна быть запущена система оповещающая о необходимости покинуть бокс автомойки. При выезде клиента с автомойки должен быть закрыт выездной шлагбаум. Также должна быть настроена система оповещения о занятости бокса посредством сигнального светофора. Подробную диаграмму прецедентов клиента вне бокса можно изучить на рисунке 1.7.

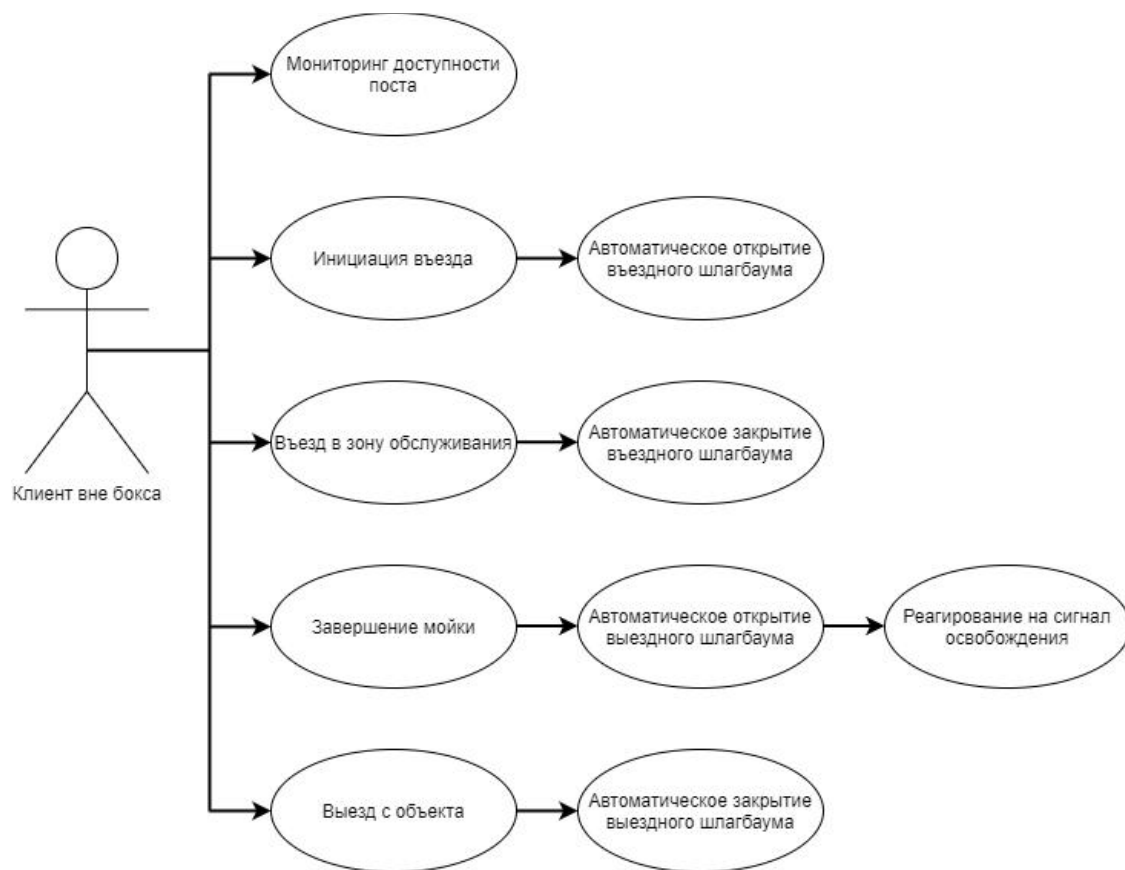


Рисунок 1.7 – UML диаграмма прецедентов клиента вне бокса

При выполнении основного этапа предоставления услуг санитарной обработки транспортного средства клиенту должен предоставляться интуитивно понятный пользовательский интерфейс для выбора режимов работы. Система должна отображать текущий баланс средств, стоимость каждой доступной услуги и оставшееся время активного сеанса. Пользователю предоставляется возможность в любой момент переключаться между режимами мойки такими как: вода, пена, воск, осмос, обдувка с помощью аппаратных кнопок, а также использовать функцию паузы. Дополнительно система должна обеспечивать визуальную или звуковую индикацию об окончании средств и предлагать возможность продления сеанса. Подробную диаграмму прецедентов клиента в боксе можно изучить на рисунке 1.8.

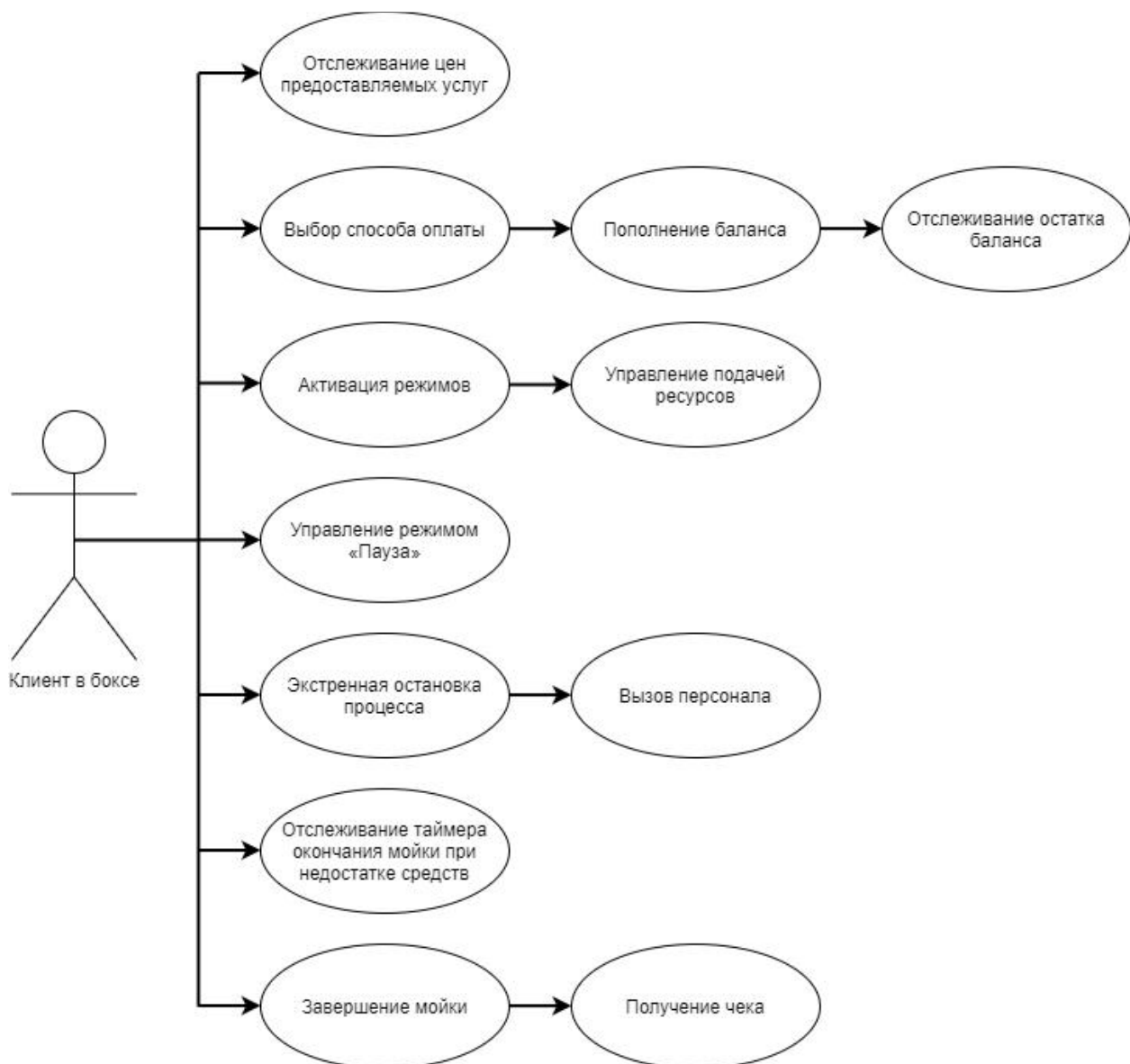


Рисунок 1.8 – UML диаграмма прецедентов клиента в боксе

1.4.2 Описание взаимодействия системы с персоналом

Помимо взаимодействия с клиентом, программно-аппаратный комплекс должен обеспечивать расширенный функционал для персонала. Ключевым требованием является наличие защищенного сервисного режима, позволяющего корректировать стоимость услуг без остановки основного алгоритма. При возникновении критических сбоев интерфейс обязан выводить диагностические подсказки с указанием вероятных причин неисправности, а персонал должен иметь возможность деактивации аварийного режима после устранения неполадки. Также

необходимо реализовать подсистему непрерывного мониторинга эксплуатационных ресурсов. При снижении уровня моющих средств или воска ниже установленного минимального порога система должна инициировать звуковой сигнал в помещении персонала, сигнализируя о необходимости немедленного пополнения расходных материалов. Подробную диаграмму прецедентов персонала можно изучить на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – UML диаграмма прецедентов персонала

1.4.3 Описание алгоритмов работы оборудования

ПЛК должен следить за наполнением технологических емкостей для: воды, воска, осмоса и пены реализуется посредством активации соответствующих ЭМК. Система осуществляет непрерывный опрос поплавковых датчиков уровня; при срабатывании датчиков нижнего уровня в баках воды и осмоса, ПЛК должен открывать клапаны для пополнения баков до датчика верхнего уровня. Подача исходной воды в бак воды осуществляется через магистральный фильтр тонкой очистки, в то время как бак осмоса наполняется через блок мембранной очистки. При срабатывании датчиков нижнего уровня в баках пены и воска, ПЛК должен

оповещать персонал о необходимости их пополнить. Также необходимо осуществить автоматическое пополнение давления в бак со сжатым воздухом.

Функционирование пистолета №1, включающего режимы подачи воды, воска и осмоса, базируется на управлении всасывающей гребенкой и каскадном запуске насосов малого и высокого давления. Контроллер осуществляет регулирование выходного напора через связку насоса ВД и регулятора давления с байпасной линией слива. Подтверждение корректности выполнения операции производится путем анализа сигналов с датчиков протока, установленных на выходных магистралях.

При активации пистолета №2, обеспечивающего режим пены, ПЛК синхронизирует работу дозирующего насоса бака пены и насоса малого давления, обеспечивая подачу раствора в смесительный узел. Пневматическая часть системы, включающая компрессор, датчик давления и редуктор, управляется через систему обратных клапанов. В зависимости от выбранного режима, сжатый воздух направляется либо в смеситель для генерации пены, либо на пистолет №3 для реализации функции обдувки транспортного средства.

Для обеспечения работоспособности комплекса при низких температурах окружающей среды в ПЛК реализуется специализированный алгоритм, предотвращающий замерзание магистралей. При фиксации датчиком температуры значений ниже установленного порога, контроллер инициирует режим низкоинтенсивной циркуляции воды через магистрали пистолетов. Процесс реализуется посредством последовательного открытия соответствующих ЭМК и активации насоса малого давления, что предотвращает замерзание жидкостей в узлах и гибких шлангах.

1.4.4 Описание алгоритма регистрации аварийных состояний системы

ПО ПЛК реализует детерминированный механизм мониторинга, обеспечивающий блокировку механизмов при выходе технологических параметров за установленные пределы. Система регистрирует таймауты срабатывания въездного и выездного шлагбаумов, что позволяет обнаружить механические

препятствия или отказы электроприводов в режимах открытия и закрытия. Мониторинг гидравлического контура включает фиксацию критического повышения или падения давления насоса ВД, а также регистрацию недостоверных данных вследствие обрыва измерительных цепей датчиков. Дополнительный уровень защиты насосного агрегата обеспечивается непрерывным анализом сигналов с датчиков протока на каждой из рабочих магистралей, что исключает эксплуатацию системы при возникновении утечек. Регистрация неисправностей системы хранения ресурсов основывается на отслеживании критических уровней в баках воды, воска, осмоса и пены для предотвращения сухого хода оборудования. Алгоритм также выявляет логические конфликты датчиков уровня и контролирует время наполнения емкостей, сигнализируя о возможных неисправностях входных клапанов или падении давления в подающей магистрали. В пневматической подсистеме фиксируются аварии, связанные с превышением давления в ресивере компрессора и нарушением целостности линий связи с датчиками давления. Наивысший приоритет в системе защиты имеет сигнал экстренного останова с физической кнопки STOP, реализованный по схеме с нормально-замкнутым контактом для обеспечения безопасности при обрыве кабеля управления. При регистрации любого из указанных состояний система инициирует звуковое оповещение в помещении персонала и выводит на интерфейс оператора диагностическую подсказку с указанием причины сбоя.

1.5 Описание архитектуры проекта

Для реализации алгоритмов СУ комплексом санитарной обработки транспортных средств выбрана централизованная архитектура СУ, представленная на рисунке 1.10. Данный подход подразумевает использование единого ПЛК в качестве центрального узла обработки данных, к которому напрямую подключаются все периферийные устройства: датчики давления, протока, уровней жидкости, а также исполнительные механизмы: насосные агрегаты, ЭМК и приводы шлагбаумов.

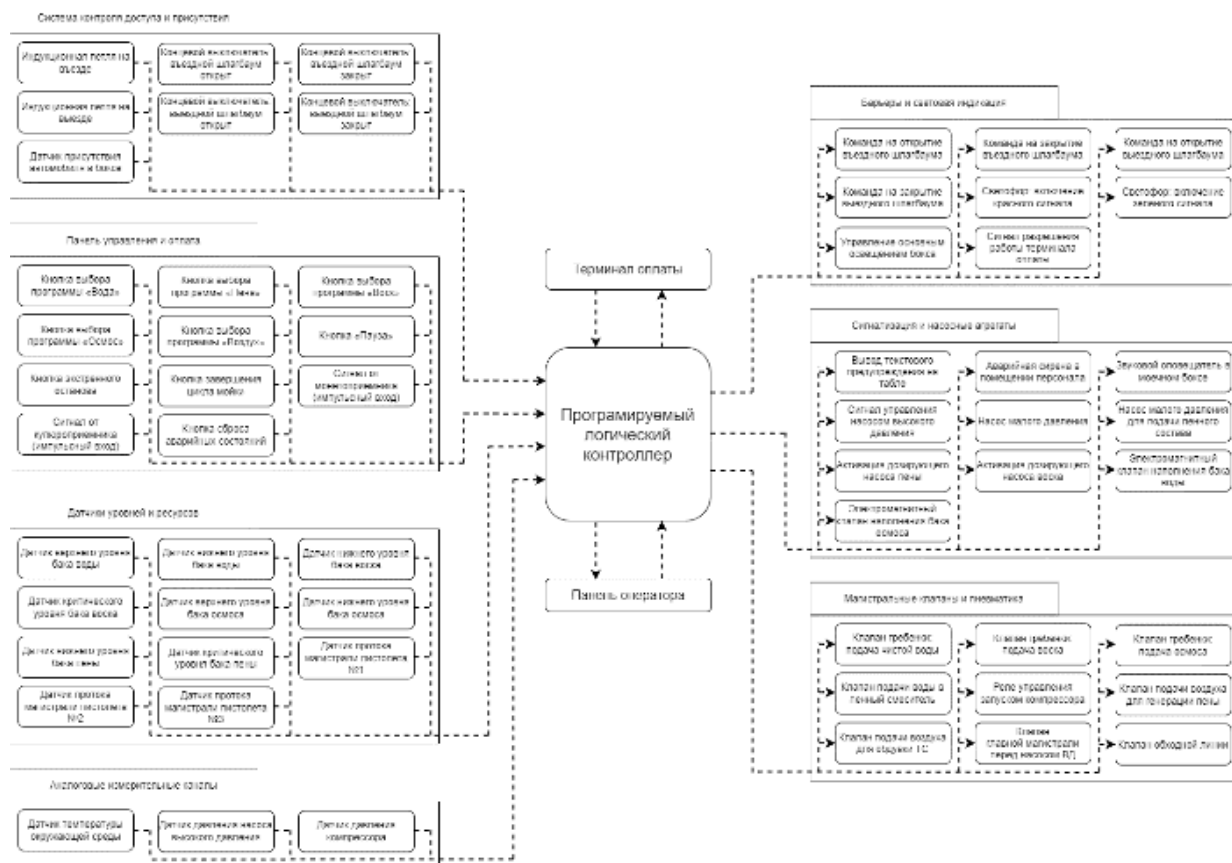


Рисунок 1.10 – Схема аппаратной архитектуры и информационных связей ПЛК

Выбор централизованной архитектуры обусловлен необходимостью обеспечения высокой скорости реакции системы на критические изменения технологических параметров и упрощением процесса программной отладки. В рамках данной структуры ПО ПЛК строится по модульному принципу, где общая логика управления разделена на функциональные блоки, отвечающие за конкретные узлы: систему водоподготовки, контуры ВД и пневматическую систему. Это позволяет достичь высокой детерминированности процессов и упрощает масштабирование системы при добавлении новых постов.

Взаимодействие между управляющей логикой и аппаратной частью осуществляется через модули ввода-вывода ПЛК, обеспечивая гальваническую развязку и защиту контроллера от помех. Программный код выполняется циклически, гарантируя предсказуемое время отклика на сигналы экстренного

останова или аварийные скачки давления, что является критически важным для промышленного оборудования данного типа.

1.6 Выбор инструментов разработки

При проектировании любого проекта необходимо с ответственностью подойти к выбору инструментов разработки. Требуется окончательно определиться с аппаратной базой контроллера и средой разработки, в которой будет реализован алгоритм управления технологическим циклом.

1.6.1 Выбор аппаратной платформы

Перед началом выполнения ТЗ необходимо определить оптимальную модель программируемого логического устройства, способную обеспечить стабильную работу исполнительных механизмов в режиме реального времени, а также выбрать соответствующую среду разработки и язык программирования для реализации алгоритмов управления. Проведение сравнительного анализа доступных на рынке решений позволяет выделить наиболее эффективный программно-аппаратный комплекс, сочетающий в себе техническую надежность, функциональную гибкость и экономическую эффективность в рамках поставленной задачи.

Программируемое реле Siemens LOGO! 8 позиционируется как эталонное решение в классе микро-ПЛК, обладающее встроенным Ethernet-портом и веб-сервером для удаленного мониторинга через стандартные браузеры. Разработка алгоритмов ведется в среде LOGO! Soft Comfort, которая предлагает мощный симулятор и инструменты создания веб-страниц без написания сложного кода. Ключевыми преимуществами устройства являются его высочайшая надежность и развитые сетевые возможности, позволяющие объединять в единую систему до 16 контроллеров. Однако существенным недостатком остается высокая стоимость аппаратной части и сложность приобретения лицензионного программного обеспечения в текущих рыночных условиях.

Линейка Schneider Electric Zelio Logic ориентирована на обеспечение компактности и простоты эксплуатации, включая в базовую комплектацию

встроенные часы реального времени и ЖК-дисплей для настройки. Сопутствующее ПО Zelio Soft 2 имеет интуитивно понятный графический интерфейс для быстрой разработки и отладки логики в режиме мониторинга реального времени. Главным плюсом данной серии является её модульность, позволяющая гибко наращивать количество входов-выходов под конкретные задачи. К минусам системы относятся ограниченные коммуникационные возможности базовых модулей, требующие приобретения дорогостоящих интерфейсных блоков для интеграции в промышленные сети.

Реле EKF PRO-Relay представляет собой бюджетный отечественный аналог, функционально повторяющий возможности западных систем при существенно меньшей стоимости владения. Для программирования применяется среда PRO-Relay Soft, реализующая поддержку языка FBD и предлагающая лаконичный набор инструментов для настройки классических релейных схем. Основным достоинством модели является ценовая доступность и простота внедрения в несложные системы автоматизации. Недостатками устройства выступают ограниченный набор инструментов для математической обработки сигналов и менее развитая экосистема технической поддержки по сравнению с лидерами рынка.

Программируемое логическое реле ОВЕН ПР200 — это прагматичный компромисс для проектов, где требуется совместить контроллер и интерфейс оператора в одном корпусе. Разработка прикладного ПО осуществляется в среде Owen Logic, которая предоставляет обширную библиотеку макросов и полноценный режим симуляции для отладки алгоритмов без реального оборудования [3]. К списку преимуществ относятся низкая стоимость, наличие встроенных аналоговых входов и выходов, возможность оперативного изменения параметров через лицевую панель и отличная адаптация к российским условиям эксплуатации. Единственным незначительным минусом является малая информативность двухстрочного дисплея, что полностью нивелируется гибкостью

настройки пользовательских экранов и простотой интеграции с внешними панелями оператора.

Учитывая преимущества и недостатки представленных программно-аппаратных решений, для реализации системы был выбран контроллер ОВЕН ПР200 и среда разработки Owen Logic. В качестве основного инструмента программирования используется язык FBD, позволяющий наиболее наглядно описывать логику работы моечного оборудования, а для оперативного решения возникающих технических задач эффективным решением будет использование технической документации и специализированных форумов поддержки производителя ОВЕН.

1.6.2 Выбор модулей расширения

Поскольку базового количества входов и выходов контроллера ОВЕН ПР200 недостаточно для подключения всей периферии: насосов, клапанов, датчиков уровня и кнопок управления, архитектура системы была дополнена специализированными модулями расширения, работающими по внутренней шине прибора.

В качестве модулей расширения выбраны: ПРМ-24.6, который обладает наибольшим количеством каналов: 16 дискретными входами и 12 дискретными выходами, и ПРМ-24.1, имеющий 8 дискретных входов и 8 выходов. Такое решение позволило полностью закрыть потребность в подключении датчиков, концевых выключателей шлагбаумов и управлении насосами, управлении дозаторами химии и освещением. Подключение таких модулей расширения не только снижает нагрузку на основной контроллер, но и заметно упрощает схему прокладки проводов внутри шкафа автоматики.

1.6.3 Выбор панели оператора

Для организации ЧМИ была выбрана панель оператора ОВЕН СП270, которая интегрируется с контроллером по интерфейсу RS-485 [4]. Данное устройство позволяет клиентам и персоналу взаимодействовать с системой без использования внешнего вычислительного оборудования. Программная реализация

на базе СП270 обеспечивает оперативную настройку тарификации для различных режимов мойки, включая воду, пену и воск, а также позволяет отслеживать накопленную статистику наработки агрегатов и общий расход ресурсов. Кроме того, панель выполняет диагностическую функцию, транслируя текстовые уведомления об аварийных ситуациях, таких как отсутствие протока или критические уровни в технологических баках, что существенно ускоряет процесс обнаружения устранения неисправностей персоналом.

1.6.4 Выбор терминала безналичной оплаты

Для безналичной оплаты выбран терминал Vendotek V, интегрированный через интерфейс RS-485. Обмен данными идет по протоколу Modbus RTU, где ПР200 в роли Master-устройства циклически опрашивает регистры баланса и идентификаторы транзакций. Цифровое соединение защищает финансовые данные от помех мощных двигателей насосов и позволяет контроллеру мгновенно блокировать прием оплаты при необходимости.

2 Реализация

2.1 Установка и настройка инструментов разработки

Перед началом написания программы для ОВЕН ПР200 необходимо установить среду программирования Owen Logic. Для этого нужно перейти на официальный сайт «https://owen.ru/product/sreda_programmirovaniya_owen_logic» и скачать бесплатную среду «Owen Logic» как показано на рисунке 2.1.

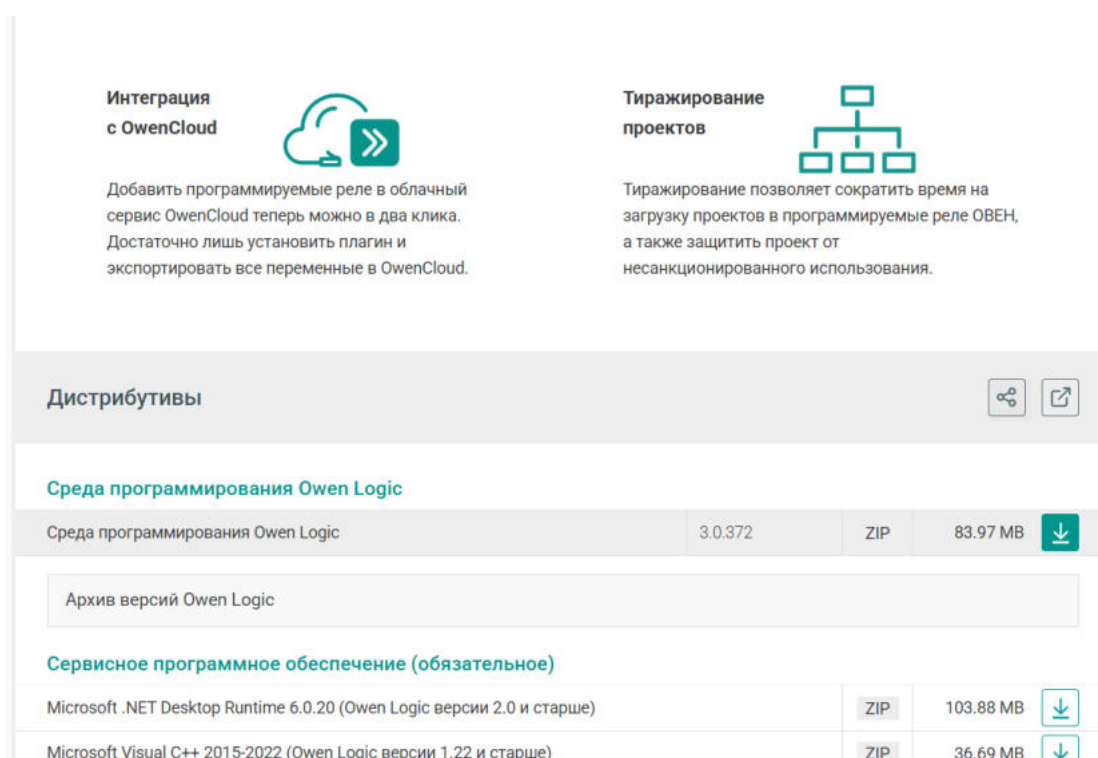


Рисунок 2.1 – Страница загрузки установщика «Owen Logic»

После завершения загрузки запускаем данный установщик и выбираем необходимые параметры установки.

Далее необходимо создать проект, в котором будем разрабатывать наше приложение, открываем установленный ранее Owen Logic и в меню «файл» выбираем пункт “Новый проект...” как показано на рисунке 2.2.

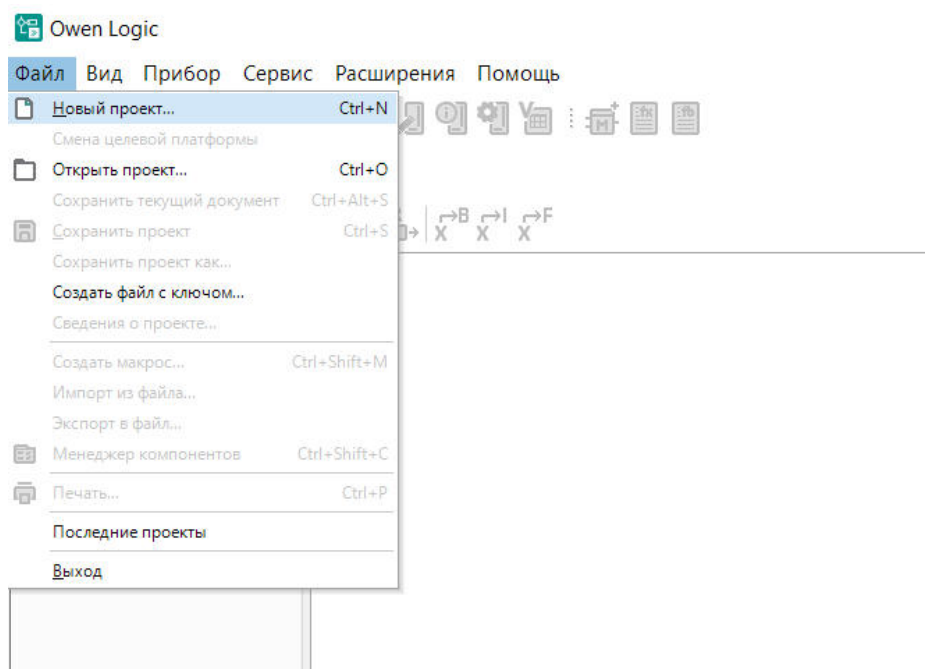


Рисунок 2.2 – Меню создание проекта

После надо выбрать необходимое реле «ПР200» и выбираем необходимую модификацию «ПР200-220-22(24).Х», как показано на рисунке 2.3.

Выбор модели [ПР200-220.22(24).Х]

Поиск

ПР200
Модульное программируемое реле с двусторонним дисплеем

ПР205
Модульное программируемое реле с графическим дисплеем и Ethernet

ПР225
Щитовое программируемое реле с графическим дисплеем и Ethernet

ПР100
Компактное программируемое реле

ПР102
Модульное программируемое реле с высокой плотностью каналов ввода/вывода

ПР103
Модульное программируемое реле с Ethernet

ИП1120
Символьная программируемая панель оператора

Характеристики

- Монохромный двусторонний графический дисплей по 16 символов. Поддержка кириллицы и латиницы.
- 6 механических кнопок с возможностью пользовательской настройки.
- 2 пользовательских светодиода
- Увеличение числа входов и выходов с помощью модулей расширения ПРМ (до 2 модулей)
- До 2-х интерфейсов RS-485, режим Master/Slave, Modbus RTU
- Часы реального времени
- Встроенный источник питания =24 В для питания датчиков с аналоговым выходом (в модификациях на 230 В с аналоговыми входами)
- USB-порт – для программирования (miniUSB-входит в комплект)
- Гальваническая развязка: Входов до 2830 В

Модификации

Модификация	Питание	Дискретные входы	Дискретные выходы	Аналоговые входы	Аналоговые выходы	Интерфейсы
ПР200-220.1.Х	230	8	6	0	0	до 2 RS485
ПР200-220.2(4).Х	230	8	8	4	2	до 2 RS485
ПР200-220.21.Х	230	8	6	0	0	до 2 RS485
ПР200-220.22(24).Х	230	8	8	4	2	до 2 RS485
ПР200-220.23.Х	230	8	8	4	0	до 2 RS485
ПР200-220.25.Х	230	8	12	4	0	до 2 RS485
ПР200-220.28.Х	230	8	8	8	2	до 2 RS485
ПР200-220.3.Х	230	8	8	4	0	до 2 RS485
ПР200-220.5.Х	230	8	12	4	0	до 2 RS485

Создать Отмена

Рисунок 2.3 – Меню выбора модели

Следующим шагом необходимо зайти во вкладку «Прибор» и открыть окно «Настройка прибора». В открывшемся окне выбираем нужные модули расширения: ПРМ-24.6 и ПРМ-24.1, как показано на рисунке 2.4.

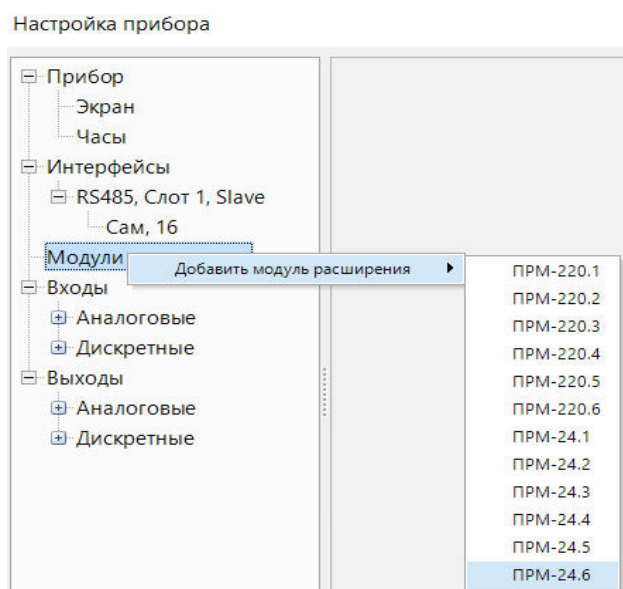


Рисунок 2.4 – Меню настройки прибора

Также выбираем и настраиваем необходимые интерфейсы для работы панели оператора и терминала безналичной оплаты, как показано на рисунке 2.5.

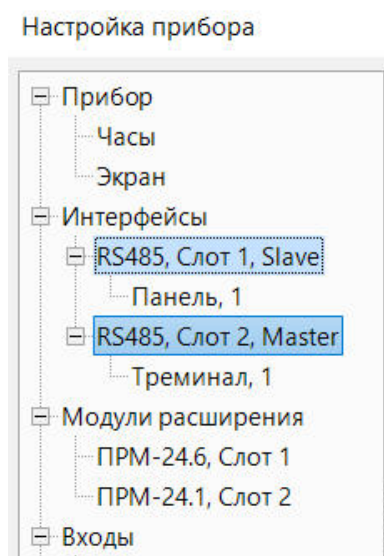


Рисунок 2.5 – Меню настройки прибора

После этих действий будет собранно проект, в котором мы можем приступить к разработке СУ комплексом санитарной обработки транспортных средств. Однако после разработки программы дополнительно будет необходимо установить ПО для конфигурирования панели оператора ОВЕН СП270, для этого переходим на официальный сайт «https://owen.ru/soft/archive_configurator» и устанавливаем бесплатную среду «Конфигуратор СП200» как показано на рисунке 2.6.

Конфигуратор РМ1	Снят с производства	ZIP	9.48 MB	
Конфигуратор СМИ1	Снят с производства	ZIP	1.89 MB	
Конфигуратор СМИ2	Снят с производства	ZIP	514.72 kB	
Конфигуратор СП200	Для панелей, выпущенных ранее августа 2011 года	ZIP	5.83 MB	
Конфигуратор СП200	Для панелей, выпущенных позднее августа 2011 года	ZIP	28.11 MB	
Конфигуратор МВА8	Снят с производства	ZIP	0.91 MB	
Конфигуратор МВУ8	Снят с производства	ZIP	660.49 kB	
Конфигуратор МДВВ	Снят с производства	ZIP	675.41 kB	

Рисунок 2.6 – Страница загрузки установщика «Конфигуратор СП200»

При создании проекта выбираем протокол связи Modbus RTU для порта PLC, как показано на рисунке 2.7. В окне «Настройки параметров соединения» выставляем следующие сетевые параметры совпадающие с настройками подключения контроллера, как показано на рисунке 2.8.

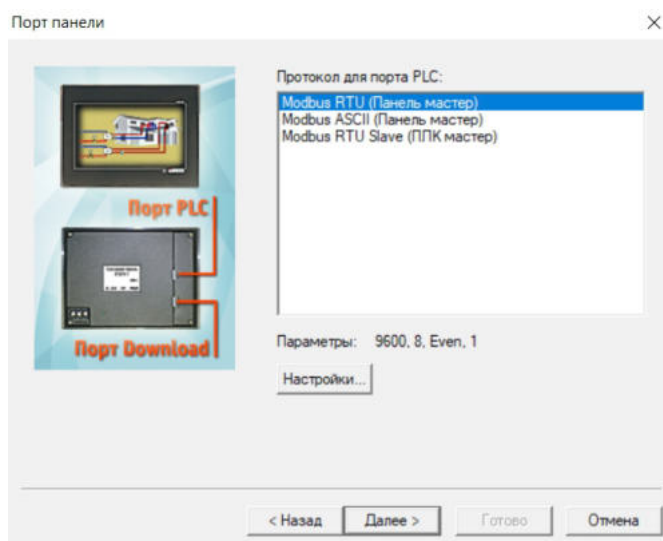


Рисунок 2.7 – Меню «Порт панели»

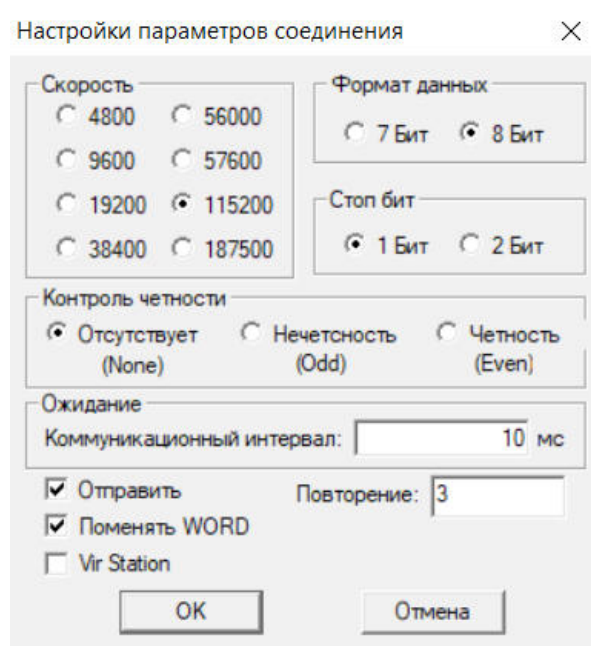


Рисунок 2.8 – Настройки параметров соединения панели оператора.

При выборе протокола для порта Download выбираем «Порт загрузки не используется» как показано на рисунке 2.9. Нажал «Далее».

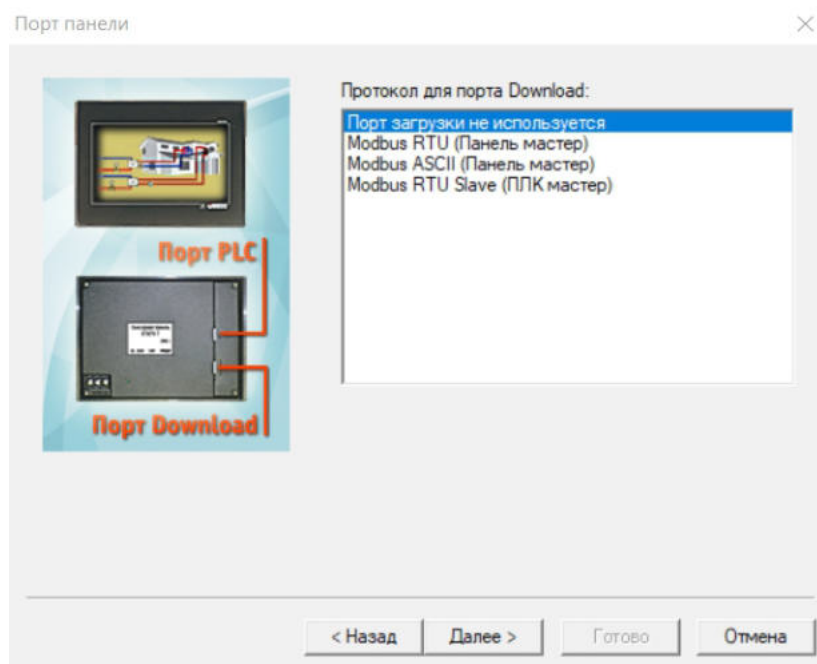


Рисунок 2.9 – Выбор протокола для порта Download

После выбора имени проекта открывается рабочее, в котором мы будем настраивать отображаемый панелью оператора интерфейс, как показано на рисунке 2.10.

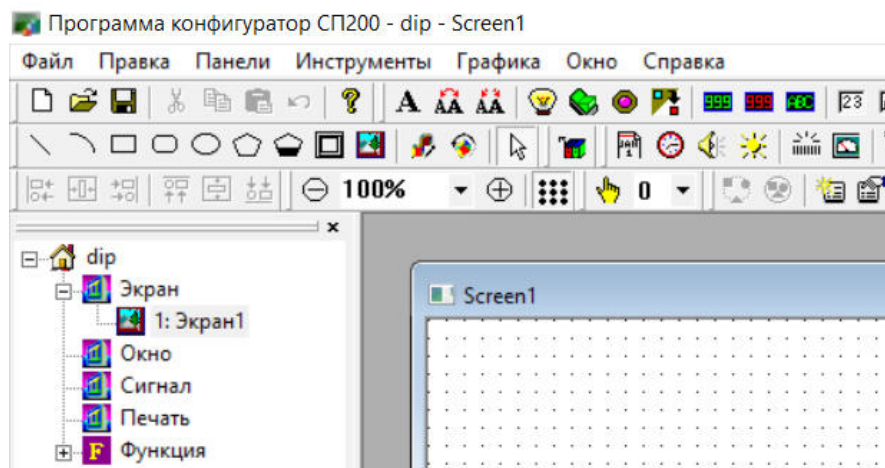


Рисунок 2.10 – Рабочая область проекта

2.2 Описание структуры программы

Разработка алгоритма управления технологическим циклом мойки выполнена на основе концепции конечного автомата. Данный подход позволил жестко структурировать работу системы, разбив её на восемь последовательных стадий: от ожидания автомобиля на въезде до завершения сессии и закрытия выездного шлагбаума. Использование переменной состояния обеспечивает детерминированность поведения контроллера, исключая логические конфликты и гарантируя, что каждая операция выполняется только при соблюдении всех условий безопасности и технологической последовательности.

Для наглядного представления логики переходов между состояниями на рисунке 2.11 приведена блок-схема алгоритма.

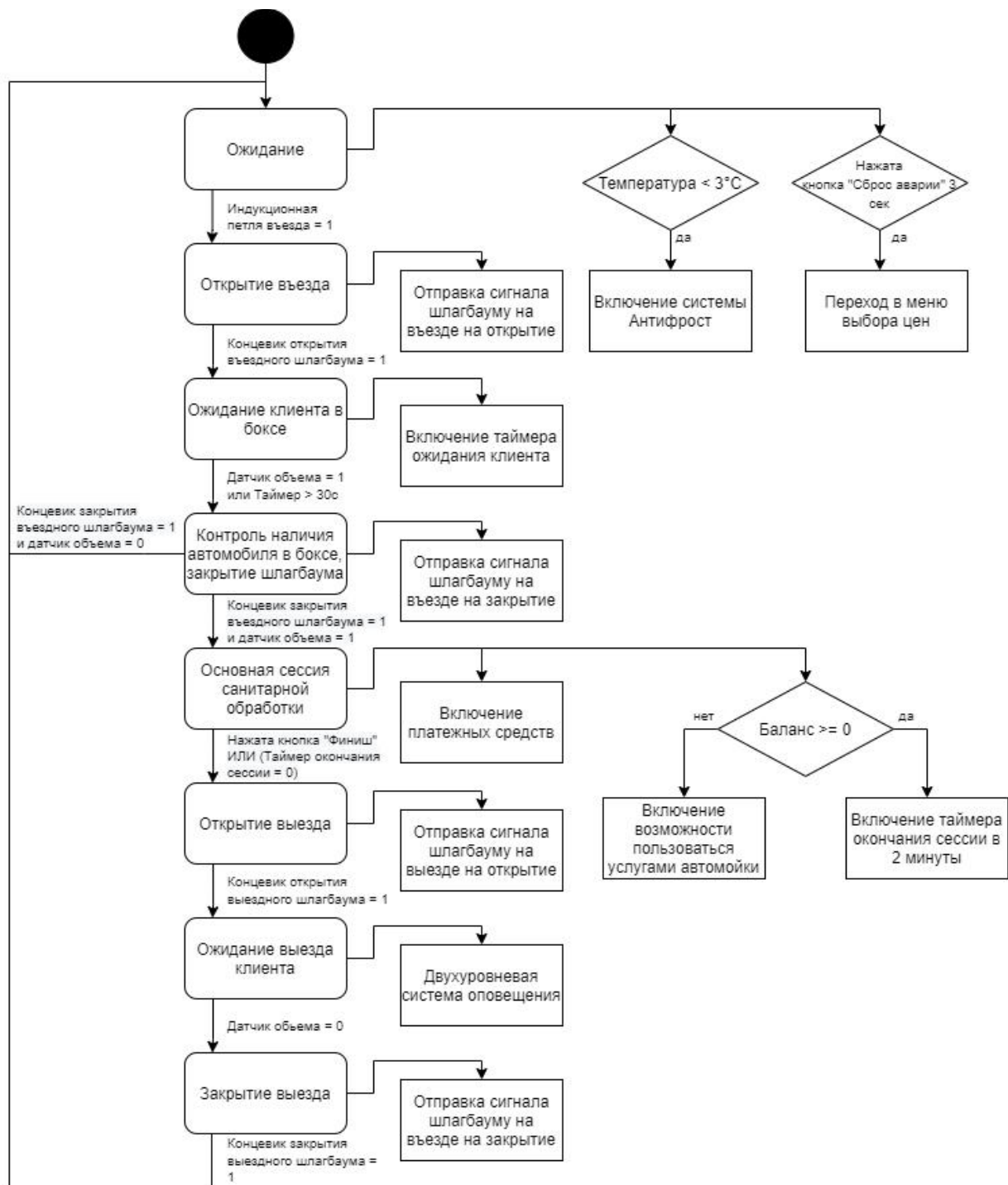


Рисунок 2.11 – UML диаграмма состояний

Архитектура программного обеспечения разделена на восемь независимых этапов. Смена состояний происходит строго последовательно при подтверждении заданных условий: срабатывании периферийных датчиков, концевых выключателей или истечении программных таймеров. Такой детерминированный

алгоритм полностью исключает программные коллизии, блокирует преждевременный запуск исполнительных механизмов и обеспечивает абсолютную отказоустойчивость системы на всех стадиях работы.

На стадии 0 система находится в режиме ожидания, выполняя фоновый мониторинг температуры. Светофор горит зеленым светом. При падении показаний ниже трех градусов активируется алгоритм «Антифрост» для предотвращения замерзания гидравлических магистралей, а удержание сервисной кнопки сброса аварийной ситуации более трех секунд переводит панель оператора на экран конфигурации тарифов, для выхода из которого нужно повторно нажать на ту же кнопку. Как только срабатывает индукционная петля въезда, контроллер переходит в 1 стадию, подавая команду на открытие шлагбаума и блокируя дальнейшие действия до получения сигнала от концевого выключателя открытого положения.

После подтверждения открытия въезда активируется 2 стадия, запускается тридцатисекундный таймер на заезд автомобиля. По истечении этого времени светофор переключается на красный, и система инициирует закрытие шлагбаума, переходя в 3 стадию. На этом этапе происходит критическая проверка: программа дожидается сигнала закрытия шлагбаума и опрашивает датчик объема. Если датчик фиксирует объект в боксе, алгоритм переходит к процессу мойки на 4 стадию, если нет, то происходит сброс с возвратом в нулевое состояние.

Основной рабочий цикл выполняется на 4 стадии, где контроллер активирует интерфейс тарификации, ведет расчет средств и управляет силовыми агрегатами на основе выбранных программ. Сессия завершается либо по команде пользователя через кнопку «Финиш», либо автоматически через две минуты после обнуления баланса. Затем система переходит в 5 стадию, формируя сигнал на открытие выездного шлагбаума и ожидая аппаратного подтверждения от концевого выключателя.

Контроль за освобождением моечного поста осуществляется на 6 стадии с использованием дисциплинарных таймеров: через две минуты простоя система гасит освещение бокса, а через пять минут активирует звуковую сирену. Переход к финалу возможен только после сработки выездной петли при отсутствии сигнала

от датчика объема, что переводит алгоритм в 7 стадию. Здесь контроллер удерживает команду на закрытие выездного шлагбаума и, дождавшись подтверждения закрытия, возвращает комплекс в исходное состояние готовности.

Дополнительно в структуру программного обеспечения интегрирована подсистема фоновой диагностики и мониторинга. Она обеспечивает автоматическую регистрацию аппаратных и логических ошибок с фиксацией нештатных ситуаций, а также осуществляет непрерывное пассивное отслеживание и сохранение ключевых технологических параметров комплекса. Это позволяет оперативно локализовать сбои в работе оборудования и накапливать эксплуатационную статистику без вмешательства в основной рабочий цикл контроллера.

2.3 Разработка программы

Первым этапом была разработка перехода между состояниями конечного автомата, который представлен на рисунке 2.11. Управляющими сигналами для переключения стадии служат логические флаги переходов, формирующиеся в параллельных ветвях программы. При установке логической единицы в любой флаг, он изменяет значение переменной в диапазоне от 0 до 7, тем указывая следующий этап работы программы.



Рисунок 2.11 – Переключение стадии

2.3.1 Реализация стадии 0 (Ожидание и фоновый мониторинг)

Следующим этапом выполнения алгоритма является описание работы стадии 0, представленной на рисунке 2.12, в котором контроллер находится в режиме простоя и выполняет фоновые защитные функции.

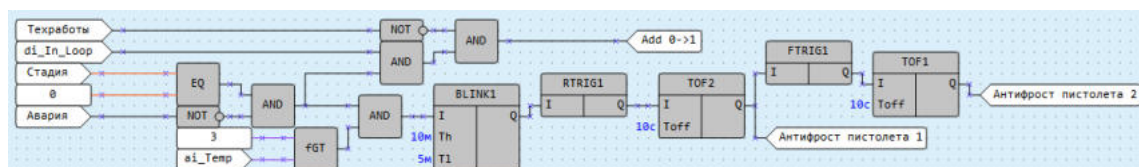


Рисунок 2.12 – Реализация стадии 0

Подсистема «Антифрост» реализована через блок сравнения. Значение с аналогового датчика температуры непрерывно сравнивается с аппаратной уставкой (3 °С). При падении температуры ниже этого порога логическая единица периодически подается на дискретные выходы управления насосами малого давления, защищая гидравлические магистрали от промерзания.

Доступ к конфигурации тарифов реализован с помощью таймера задержки включения. Сигнал от аппаратной кнопки «Сброс аварии», доступной только для персонала, подается в течении 3 секунды. После чего персонал может настроить цену услуг. Выход из нулевой стадии происходит по сигналу от въездной индукционной петли. При фиксации автомобиля переменной состояния (State) присваивается значение «1», что блокирует фоновые процессы и запускает выполнение алгоритма въездной группы. Реализация алгоритма перехода в режим техобслуживания представлен на рисунке 2.13.

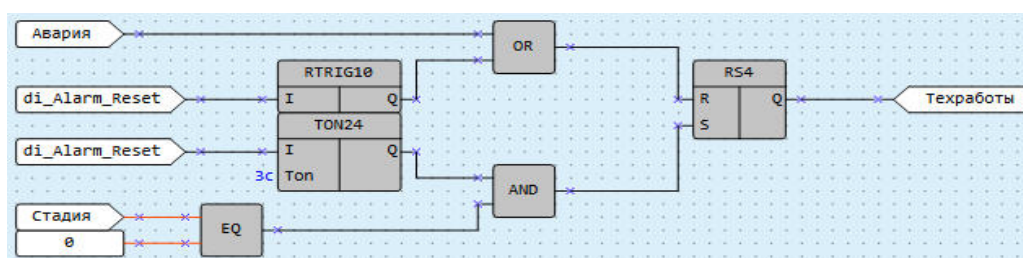


Рисунок 2.13 – Алгоритм перехода в режим техобслуживания

2.3.4 Реализация стадии 3 (Контроль наличия автомобиля)

На третьей стадии, представленной на рисунке 2.16, система проверяет наличие автомобиля на посту. Сначала алгоритм посылает сигнал на реле въездного шлагбаума для его закрытия и ждет сигнал от концевика о его закрытии. Как только въезд закрыт, если датчик объема в боксе подтверждает, что машина находится внутри, система переключается в основной рабочий режим мойки. Если бокс оказывается пустым, текущая сессия обнуляется, и контроллер принудительно возвращается в исходный режим ожидания.

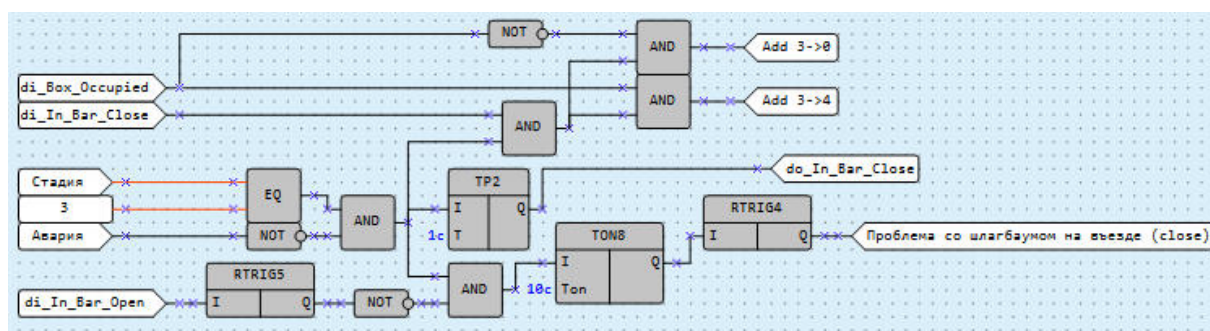


Рисунок 2.16 – Реализация стадии 3

Одновременно с переходом на третью стадию меняется режим работы въездного светофора, описанный на рисунке 2.17. Зеленый сигнал активен только на стартовых этапах до третьей стадии. Как только система переключается на третью стадию и переходит к обслуживанию, зеленый свет отключается, и автоматически загорается красный. Такая логика сигнализирует клиентам о занятости бокса до полного завершения текущего цикла обслуживания.

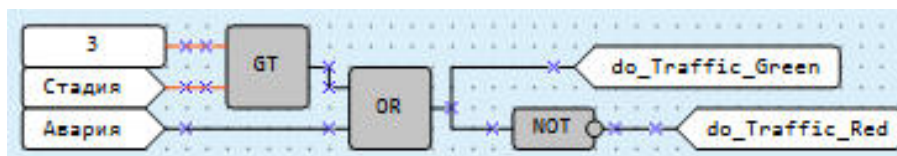


Рисунок 2.17 – Алгоритм работы светофора

2.3.4 Реализация стадии 4 (Основной технологический цикл)

Программная логика четвертой стадии является наиболее объемной, поэтому в среде разработки она визуально и функционально разделена на несколько участков кода. Первым из них рассмотрим блок завершения стадии 4, представленный на рисунке 2.18.

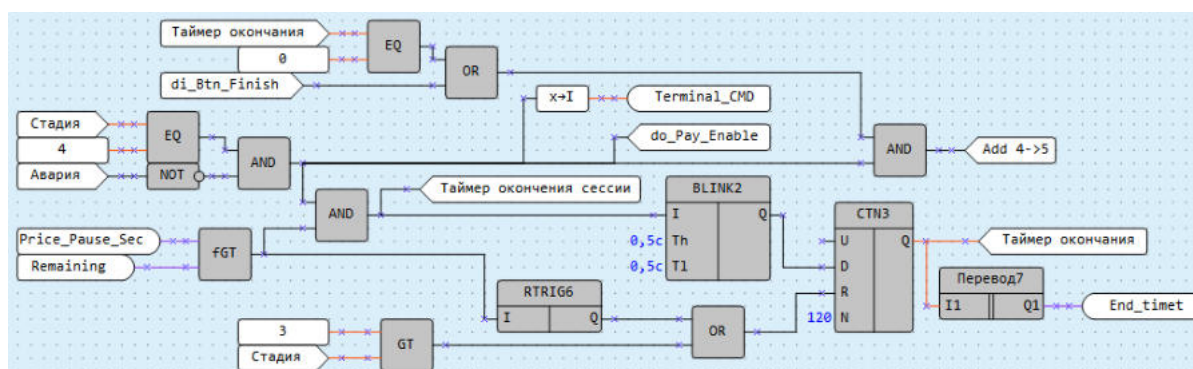


Рисунок 2.18 – Алгоритм завершения стадии 4

При переходе в данное состояние контроллер включает устройства приема платежей: активируются купюроприемник, терминал безналичной оплаты и монетоприемник. Параллельно в этом сегменте реализован механизм автоматического завершения сессии при недостаточном балансе. Контроллер непрерывно сравнивает текущий остаток средств с минимальным пороговым значением — стоимостью самой дешевой услуги. Если баланс находится ниже этой отметки, запускается таймер обратного отсчета в 2 минуты. Это время отводится клиенту для пополнения счета или подготовки к выезду с поста. Если за две минуты баланс не пополняется, цикл обслуживания принудительно прерывается, и алгоритм инициирует следующую стадию.

Следующим участком логики четвертой стадии является алгоритм учета пополнений баланса, представленный на рисунке 2.19. Устройства приема наличных: монетоприемник и купюроприемник подключены к разным дискретным входам контроллера. Данные от них передаются импульсами: каждый импульс

равен 10 рублям. Программа считывает эти сигналы по обоим каналам, переводит их в денежный эквивалент и прибавляет к общему балансу.

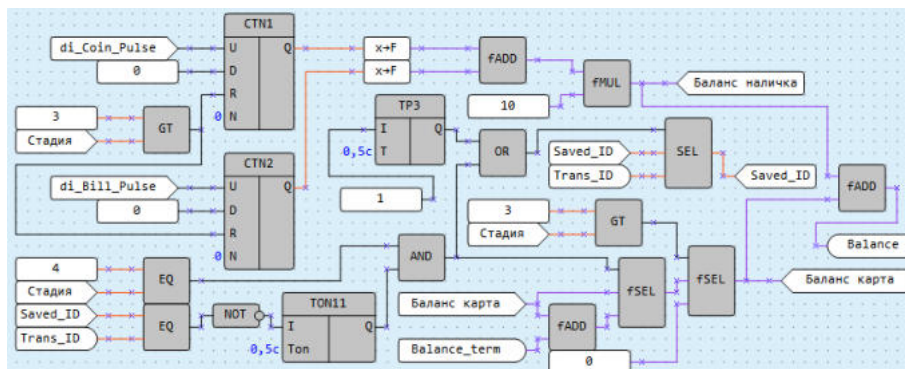


Рисунок 2.19 – Алгоритм учета пополнений баланса

Для работы с картами контроллер опрашивает сетевые переменные терминала. Система постоянно следит за двумя параметрами: суммой последней операции и номером транзакции. Чтобы не засчитать одну и ту же оплату дважды, используется сравнение: если номер новой транзакции не совпадает с тем, что уже сохранен в памяти, контроллер понимает, что прошел новый платеж, и добавляет сумму к балансу.

Следующим сегментом является алгоритм управления выбором программ мойки, представленный на рисунке 2.20. При выборе клиентом конкретной услуги система сравнивает текущий остаток средств с ценой режима. Если баланса достаточно, переменная «Режим» обновляется, запуская соответствующие насосы и клапаны. Для защиты оборудования предусмотрена логика автоматического сброса в «Паузу», объединенная в общую цепь через ИЛИ. Переключение в режим ожидания может произойти в следующих случаях: при нажатии кнопки паузы, при возникновении аварии, при выходе из 4 стадии или в случае технических пауз. Это гарантирует работу исполнительных механизмов только при наличии оплаты и корректных параметрах давления в системе.

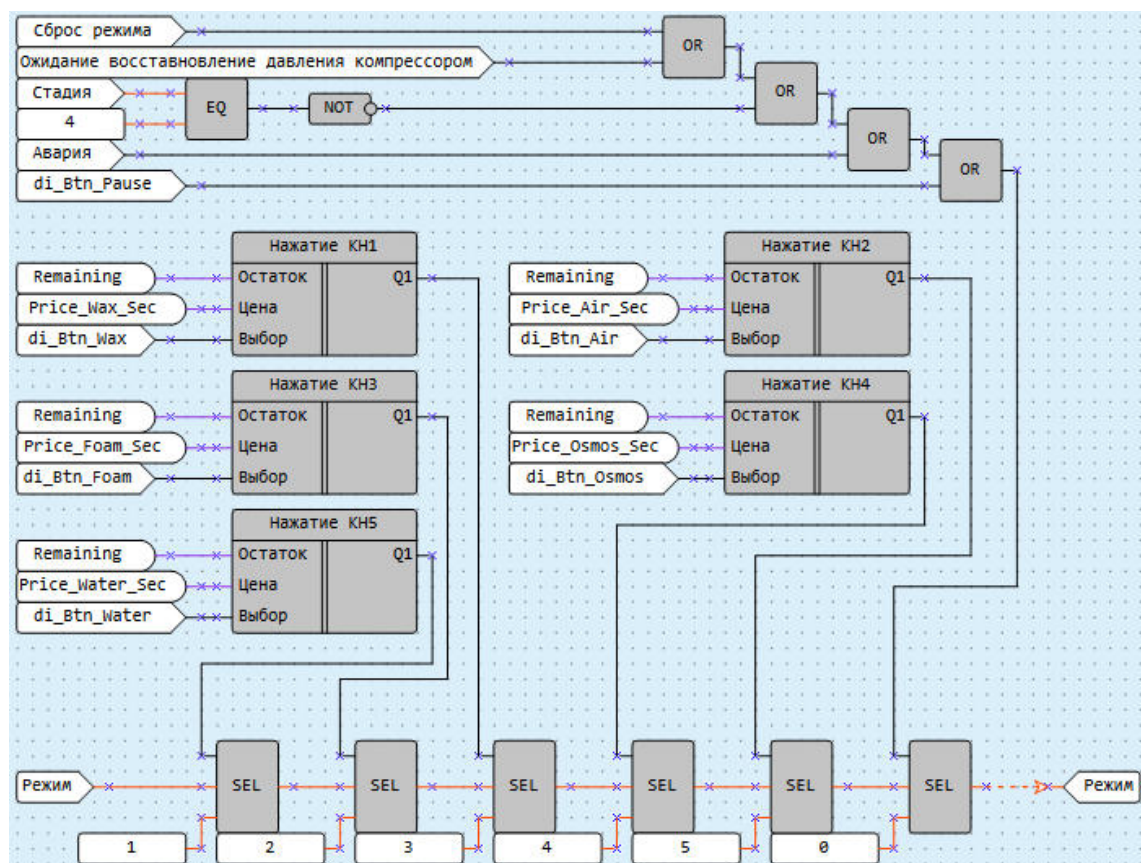


Рисунок 2.20 – Алгоритм управления выбором программ мойки

Последним сегментом четвертой стадии является алгоритм учета времени и затрат работы режимов, представленный на рисунке 2.21. Система в реальном времени отслеживает длительность активности каждой выбранной программы, преобразуя время работы в финансовый эквивалент. Алгоритм настроен на автоматический контроль бюджета: как только сумма затрат сравнивается с внесенным балансом, выполнение текущей программы прерывается, и система переходит в режим ожидания. Для режима паузы предусмотрена льготная логика. При его включении активируется таймер бесплатного времени, ограниченный 5 минутами. По истечении этого лимита логика переключает процесс на платный учет, и стоимость паузы начинает вычитаться из общего остатка средств согласно заданному тарифу. Все вычисленные затраты суммируются и в реальном времени вычитаются из баланса, что позволяет клиенту видеть актуальный остаток средств на экране.

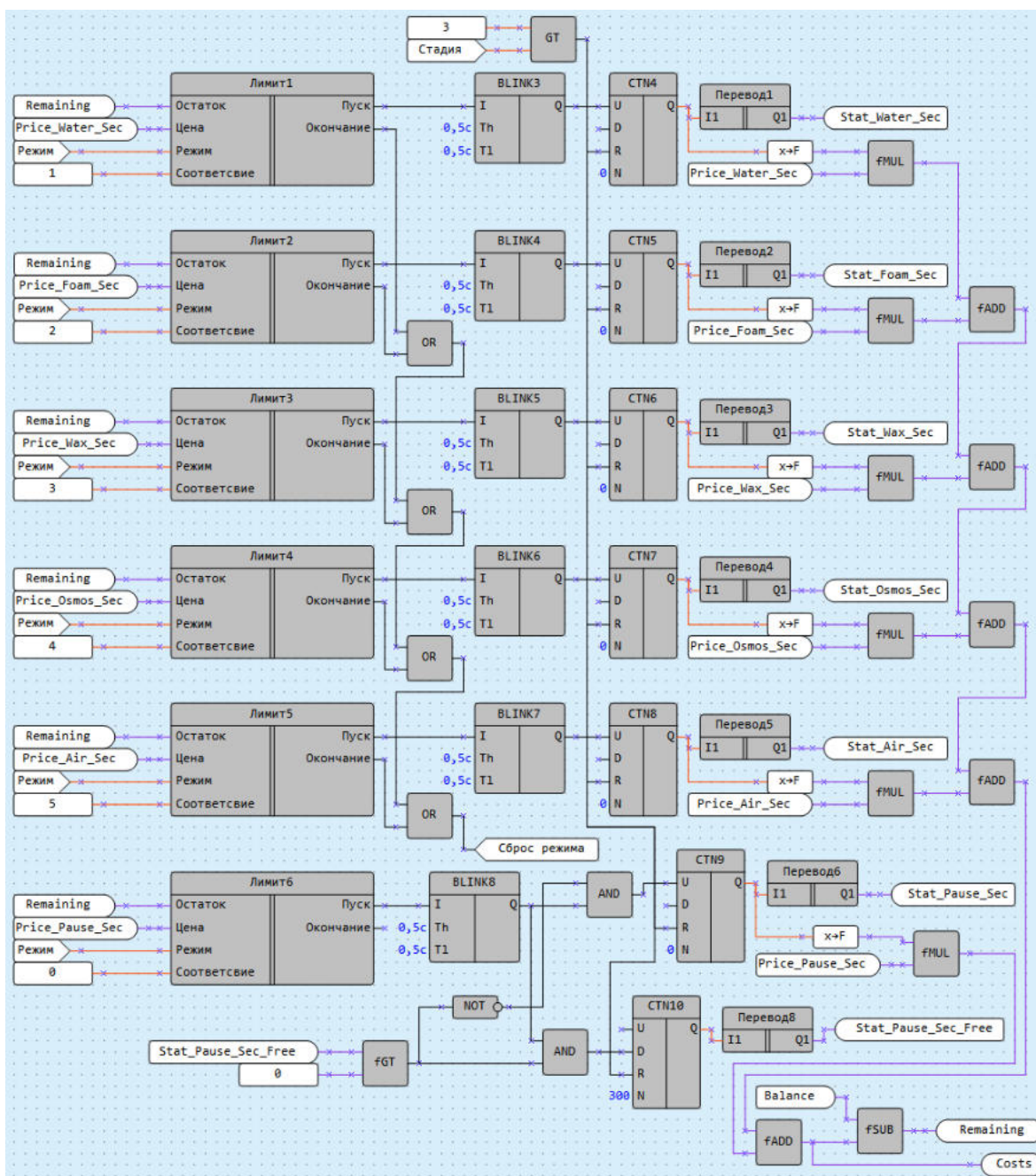


Рисунок 2.21 – Алгоритм учета времени и затрат работы режимов

2.3.5 Реализация стадии 5 (Открытие выездного шлагбаума)

Как только сессия на четвертой стадии завершается, контроллер подает команду на открытие выездного шлагбаума. Процесс аналогичен логике въезда: программа активирует реле привода и ждет сигнал от концевого выключателя о полном поднятии стрелы. На этом этапе работа алгоритма приостанавливается до тех пор, пока шлагбаум не займет верхнее положение, или не пройдет

подозрительно долгое время на данную стадию. Как только подтверждение получено, переменная текущей стадии обновляется, и система переходит к финальному этапу контроля выезда. Реализация стадии 5 представлена на рисунке 2.22.

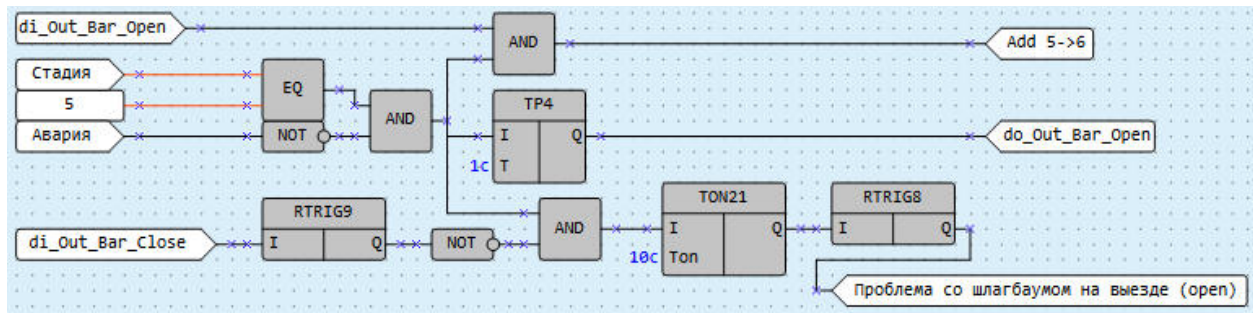


Рисунок 2.22 – Реализация стадии 5

2.3.6 Реализация стадии 6 (Освобождение бокса)

Шестая стадия отвечает за контроль выезда автомобиля и подготовку поста к новому циклу. Сразу после открытия шлагбаума на дисплей выводится информация о завершении сессии и электронный чек. Реализация стадии 6 представлена на рисунке 2.23.

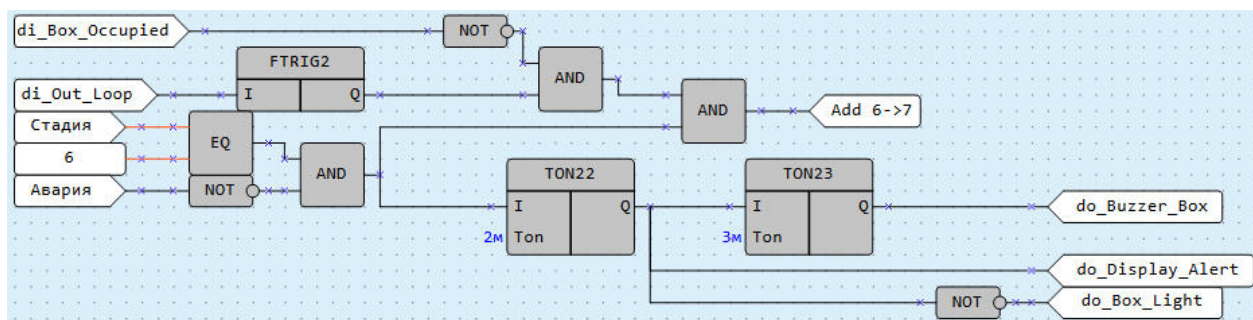


Рисунок 2.23 – Реализация стадии 6

Чтобы клиент не задерживался в боксе дольше положенного, активируется каскад предупредительных сигналов. Через 2 минуты после начала стадии алгоритм выключает основное освещение в боксе и активирует на световом табло надпись «Покиньте бокс». Через следующие 3 минуты контроллер включает

звуковой оповещатель. Этот алгоритм принуждает водителя освободить место для следующего клиента. Переход к следующей стадии происходит только после того, как датчик объема подтвердит, что бокс пуст.

2.3.7 Реализация стадии 7 (Освобождение бокса)

Седьмая стадия, представленная на рисунке 2.24, завершает технологический цикл. После того как датчик объема подтвердил, что автомобиль покинул бокс, контроллер подает команду на закрытие выездного шлагбаума.

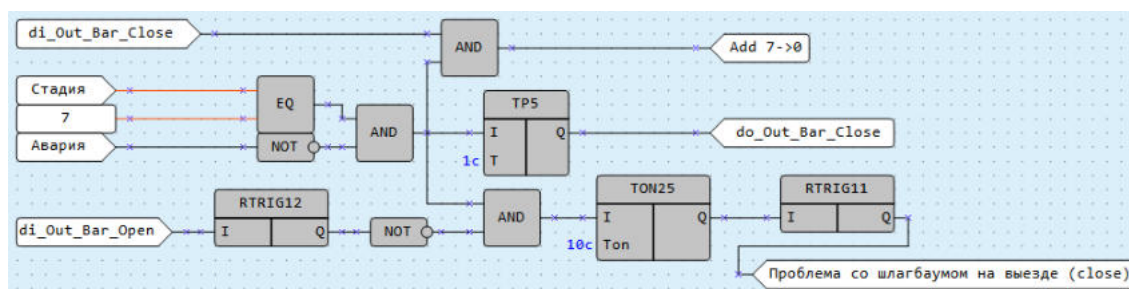


Рисунок 2.24 – Реализация стадии 7

Алгоритм ждет сигнал от нижнего концевого выключателя, подтверждающий полную фиксацию стрелы в закрытом положении. Как только шлагбаум закрыт, переменная текущей стадии обнуляется, переводя автомат в исходный дежурный режим ожидания нового клиента. При этом переходе происходит программный сброс всех временных таймеров, счетчиков платных и бесплатных услуг, а также обнуление промежуточных финансовых переменных.

2.3.8 Реализация контроля исполнительных механизмов

Данный программный сегмент, продемонстрированный на рисунке 2.25, отвечает за физическую активацию узлов насосной станции в строгом соответствии с выбранным режимом. Для первого пистолета, отвечающего за режимы: «1 - Вода», «3 - Воск» и «4 -Осмос», реализован каскадный пуск, защищающий систему от гидроударов. Алгоритм сначала открывает ЭМК соответствующих магистралей, а затем через программные таймеры задержки поочередно запускает насос низкого

давления для создания подпора и основной насос ВД. При работе в режиме «Воск» синхронно активируется дозатор химического реагента.

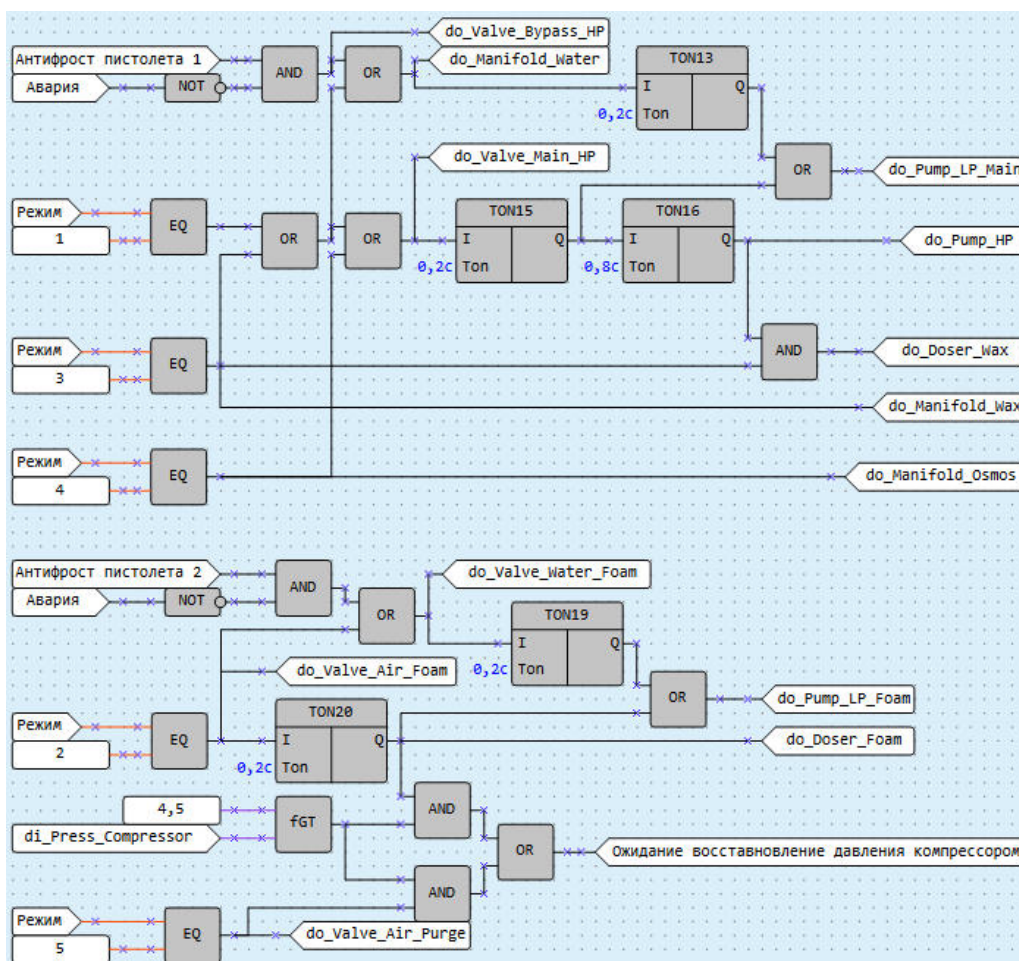


Рисунок 2.25 – Реализация контроля исполнительных механизмов

Управление контуром исполнения режима «2 - Пена» выведено на отдельный второй пистолет. Логика его работы строится на подготовке эмульсии в специальном смесителе. При активации режима контроллер подает сигналы на открытие электромагнитного клапана водяной магистрали и воздушного клапана от компрессора через редуктор давления, а также запускает насос малого давления и дозирующий насос химического реагента. Важным условием работы этого контура является программный контроль давления в компрессоре: если показатель давления падает ниже рабочей уставки в 4.5 бар, подача компонентов блокируется до восстановления нужного давления.

Режим «5 - Обдув» реализован через третий пистолет, подключенный исключительно к пневматической магистрали комплекса. При его выборе алгоритм открывает соответствующие воздушные клапаны, направляя поток от компрессора напрямую к пистолету. Как и в контуре пены, выполнение команды обдува жестко привязано к проверке фактического давления в системе, что исключает холостую работу оборудования при пустом ресивере.

Отдельно реализован алгоритм зимнего прогрева «Антифрост». При получении соответствующего внешнего сигнала и отсутствии системных аварий контроллер периодически открывает байпасные клапаны и поочередно запускает насосы малого давления. Что исключает промерзание магистралей в период простоя комплекса при низкой температуре.

Для обеспечения безаварийной работы комплекса реализован непрерывный программный мониторинг ключевых параметров гидросистемы, представленный на рисунке 2.26. Технический контроль давления насоса ВД защищает оборудование от работы в режиме «сухого хода» и критических перегрузок: при выходе значений давления за установленные эксплуатационные пределы алгоритм мгновенно приходит в аварийное состояние. Параллельно с этим осуществляется контроль потока на пистолетах с помощью врезных датчиков потока. Программа анализирует их состояние в зависимости от активного режима: если при включенном насосе поток отсутствует (засорение сопла или перегиб рукава), либо фиксируется несанкционированный расход при закрытых клапанах, система блокирует магистраль и инициирует аварийный останов.

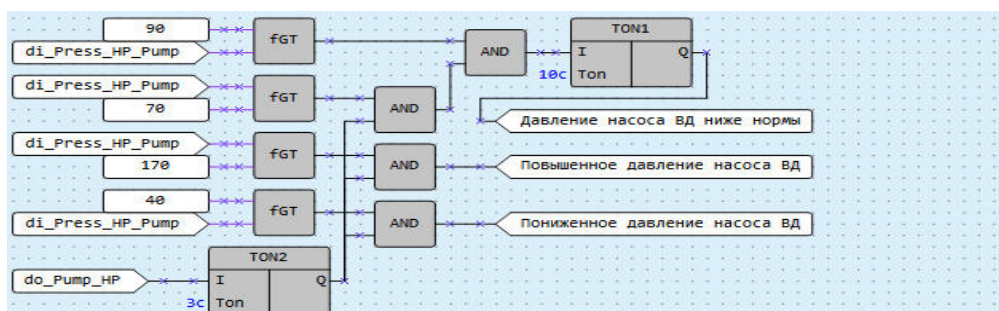


Рисунок 2.26 – Технический контроль давления насоса ВД

Управление запасами ресурсов возложено на подпрограмму технического контроля наполнения баков, представленный на рисунке 2.27. Для бака с водой и бака с осмосом предусмотрен механизм автоматического пополнения. Алгоритм автоматически подает сигналы на впускные ЭМК при срабатывании датчика нижнего уровня наполнения, поддерживая необходимый запас жидкости и исключая вероятность перелива или опустошения всасывающей гребенки.

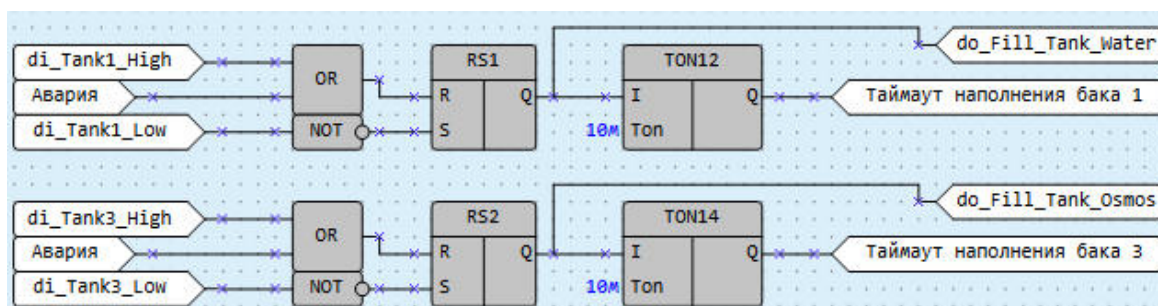


Рисунок 2.27 – Регулятор объема баков воды и осмоса

В отличие от контуров чистой воды, восполнение запасов химических реагентов осуществляется персоналом вручную. Контроль наличия химии в этих емкостях реализован по упрощенной схеме с использованием всего двух дискретных датчиков. При падении объема ниже минимальной рабочей отметки реле включает сигнализацию в комнате персонала сообщающую о необходимости пополнения реагента. Если своевременное обслуживание не проведено и уровень падает до второй, критической отметки, контроллер немедленно активирует общий режим аварии. Реализация представлена на рисунке 2.28.

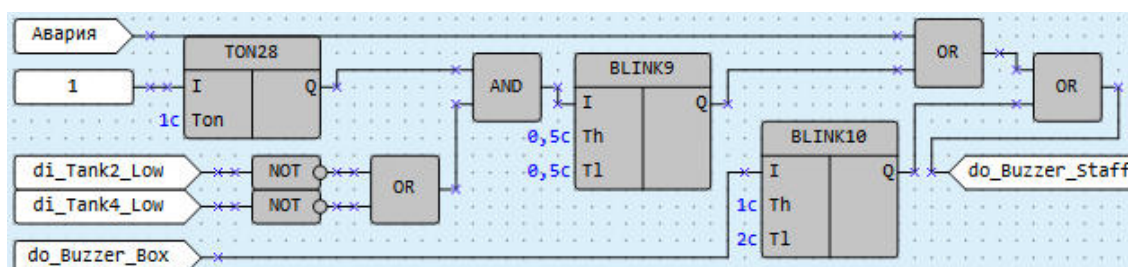


Рисунок 2.28 – Регулятор объема баков пены и воска

Для работы контуров пневматики ПЛК автоматически поддерживает давление ресивере компрессора в диапазоне 6–8 бар по показаниям аналогового датчика. Двигатель включается при падении давления до 6 бар и отключается при достижении 8 бар. Двухпозиционное регулирование с гистерезисом защищает мотор от частых пусков и обеспечивает необходимый запас сжатого воздуха. Реализация представлена на рисунке 2.29.

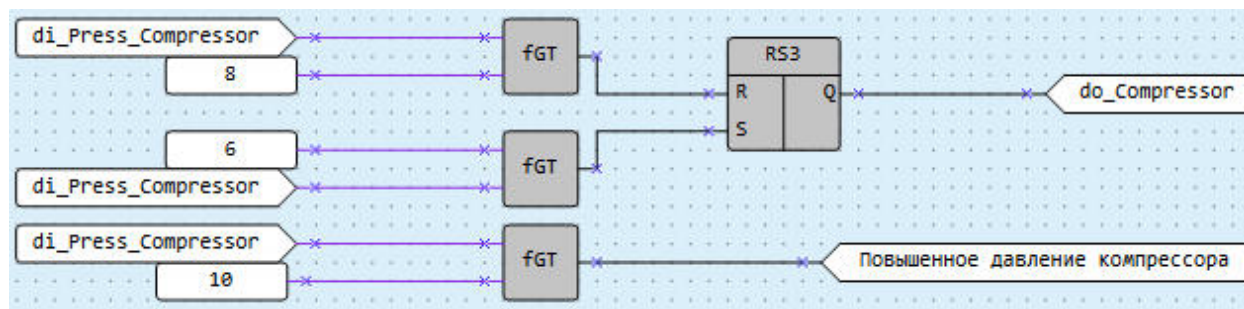


Рисунок 2.29 – Регулятор давления компрессора

Для вызова персонала предусмотрена звуковая сигнализация в техническом помещении, представленная на рисунке 2.30. Зуммер срабатывает по трем разным условиям, и у каждого задан свой ритм, чтобы дежурный понимал тип проблемы.

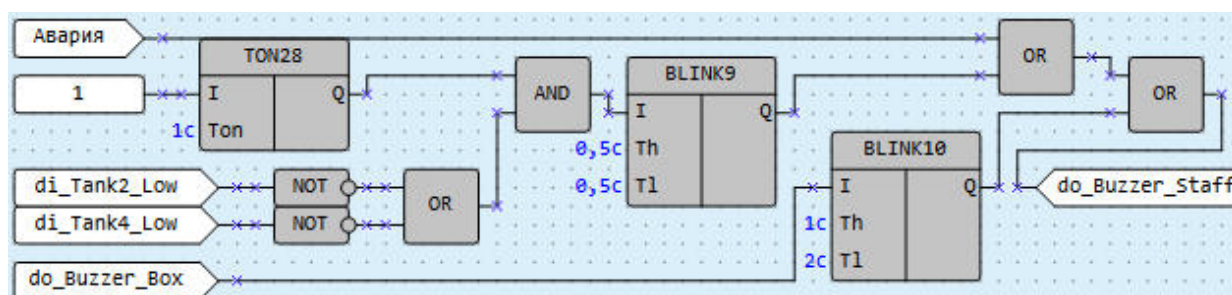


Рисунок 2.30 – Реализация оповещения персонала

При возникновении системной «Аварии» сигнал подается непрерывно. Если падает уровень химии в баках пены или воска, логика через генератор импульсов выдает частый прерывистый писк. В случае, когда активируется звуковая сигнализация в самом клиентском боксе, зуммер в комнате персонала тоже срабатывает, но гудит с меньшей периодичностью.

2.3.9 Обработка аварийных ситуаций

Отдельно в логике ПЛК прописана самодиагностика контрольно-измерительных приборов. Система непрерывно проверяет техническую работоспособность дискретных поплавковых датчиков уровня баков и всех аналоговых датчиков комплекса. Алгоритм отслеживает целостность цепей: при обнаружении обрыва, короткого замыкания или выхода токового сигнала аналогового датчика за границы измерительного диапазона, контроллер включает общий режим аварии и транслирует код ошибки на панель оператора.

Формирование глобального флага «Авария» реализовано на базе множественного ИЛИ, срабатывание любого из 24 контролируемых условий устанавливает триггер в логическую единицу. Это вызывает немедленную остановку всех исполнительных механизмов автомойки и отображение возможной причины аварии на панель оператора. Перечень контролируемых аварийных ситуаций представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень контролируемых аварийных ситуаций

Событие	Описание проблемы
Ошибка въездного шлагбаума	Таймаут открытия или закрытия. Отсутствует сигнал с концевого выключателя.
Ошибка выездного шлагбаума	Таймаут открытия или закрытия. Механическое заклинивание или поломка привода.
Отклонения давления насоса ВД	Пониженное, повышенное давление или падение ниже критической нормы.
Критический уровень баков (1–4)	Опустошение баков воды, воска, осмоса или пены.
Потеря протока на пистолетах (1–3)	Насос или клапан активированы, но датчик протока не фиксирует движение жидкости/воздуха.
Конфликт поплавковых датчиков	Логическая нестыковка показаний датчиков баков.

Событие	Описание аппаратной проблемы
Таймаут наполнения баков воды или осмоса	Превышено допустимое время залива воды или осмоса.
Обрыв датчиков давления	Выход токового сигнала за нижнюю границу.
Перегрузка компрессора	Давление в пневмолинии превышает критически допустимый предел.
Аварийное отключение	Нажатие красной кнопки экстренной остановки.

Возобновление работы возможно только после устранения причины и нажатия специальной физической кнопки, которая расположена в закрытом на ключ шкафу технического помещения. Сигнал с этой кнопки обрабатывается и подается на вход сброса триггера. Такой подход гарантирует, что перезапуск системы осуществляет только компетентный персонал после осмотра оборудования.

2.3.10 Логика управления интерфейсом операторской панели

Выбор активного экрана на панели оператора реализован через последовательную систему условий, которые анализируют текущую стадию работы и состояние датчиков. Каждому состоянию системы соответствует определенный номер экрана, который передается в сетевую переменную для автоматического переключения интерфейса пользователю.

Отображение информации работает по принципу приоритетов. Авария и сервис имеют самый высокий приоритет. Если срабатывает общий флаг аварии или включается режим техобслуживания, панель принудительно переходит на экраны №8 или №7 продемонстрированные на рисунках 2.31 и 2.32, перекрывая любую другую информацию до тех пор, пока проблема не будет решена.

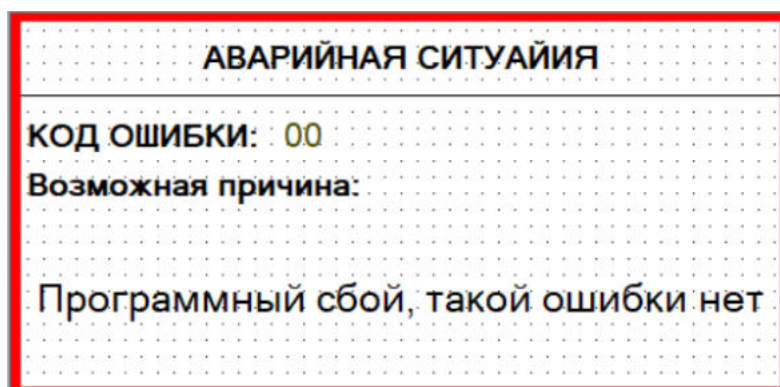


Рисунок 2.31 – Экран 8: Авария

УСТАНОВКА ЦЕН		
Вода	000000.00	руб./с.
Пена	000000.00	руб./с.
Воск	000000.00	руб./с.
Осмос	000000.00	руб./с.
Обдув	000000.00	руб./с.
Пауза	000000.00	руб./с.

Рисунок 2.32 – Экран 7: Техобслуживание

В процессе мойки на 4 стадии система следит за давлением. Если компрессору нужно время на подкачку, программа на несколько секунд выводит экран ожидания №4, представленный на рисунке 2.33, при выборе режима «Пена» или «Обдувка».

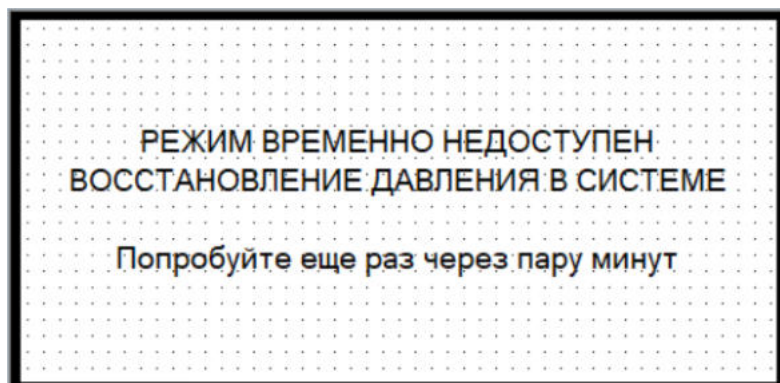


Рисунок 2.33 – Экран 4: Предупреждение

В обычном режиме работы системы экраны сменяются согласно логике стадий. При ожидании клиента активен экран №1, в начале 4 стадии и при нехватке баланса активен экран №3. Во время основного этапа мойки активен экран №2 с балансом и отчетностью о предоставляемых услугах. После окончания сессии санитарной обработки последовательно выводятся экраны с чеком (№5) и прощальным сообщением (№6). Отображаемая информация на экранах представлены на рисунках 2.34-2.38.

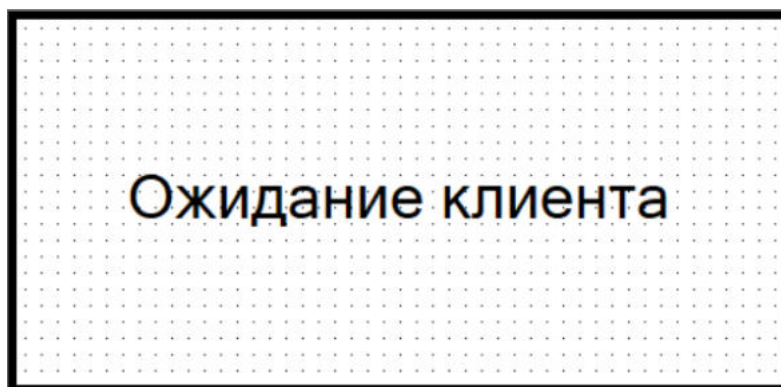


Рисунок 2.34 – Экран 1: Ожидание клиента

Режим	Цены	Расход времени	Траты	Баланс
Вода	000000.00	000000.00	000000.00	000000.00
Пена	000000.00	000000.00	000000.00	Траты
Воск	000000.00	000000.00	000000.00	
Осмос	000000.00	000000.00	000000.00	
Обдув	000000.00	000000.00	000000.00	000000.00
Пауза	000000.00	000000.00	000000.00	Остаток
Бесплатная пауза		0.00		
				000000.00

Рисунок 2.36 – Экран 2: Основной

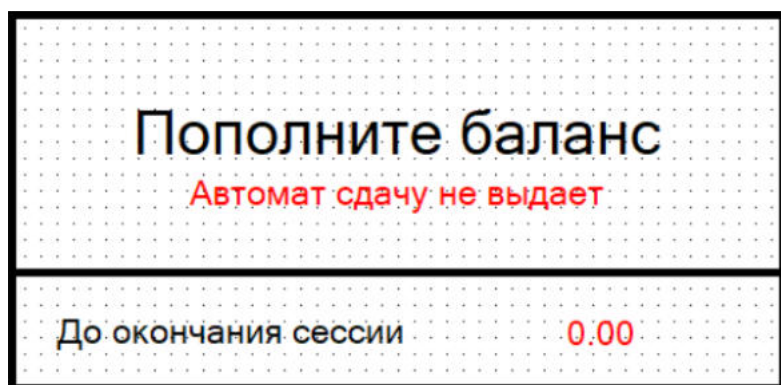


Рисунок 2.35 – Экран 3: Ожидание оплаты

МОЙКА САМООБСЛУЖИВАНИЯ		
ОКАЗАННЫЕ УСЛУГИ:		
Внесено:		000000.00 руб.
Вода:		000000.00 руб.
Пена:		000000.00 руб.
Воск:		000000.00 руб.
Осмос:		000000.00 руб.
Обдув:		000000.00 руб.
Пауза:		000000.00 руб.
Остаток(сгорает):		000000.00 руб.

Рисунок 2.37 – Экран 5: Чек

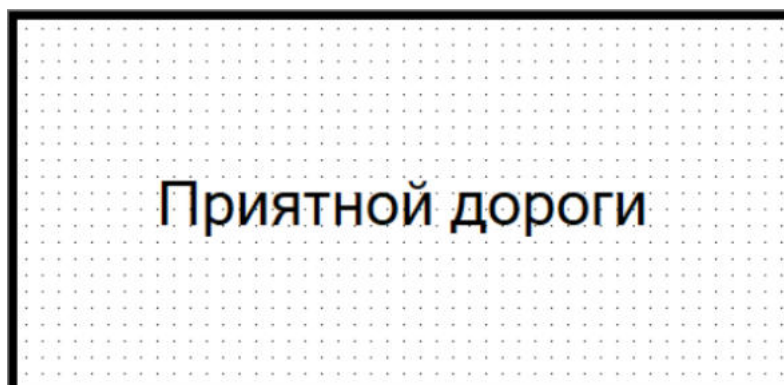


Рисунок 2.38 – Экран 6: Прощание

2.1 Описание доступных функций

Данный раздел посвящен отладке программного обеспечения в среде Owen Logic. Проверка алгоритмов управления реализована через встроенный симулятор, заменяющий физический ПЛК. Функционал позволяет вручную задавать входные сигналы (имитируя датчики и кнопки) и в реальном времени контролировать реакцию выходов контроллера, а также значения внутренних переменных.

2.4.1 Описание основного цикла работы системы

В исходном состоянии, при отсутствии автомобиля в боксе, контроллер находится в дежурном режиме на 0 стадии. Входы реле, подключенные к: индукционной петле, кнопкам панели управления, модулям приема оплаты - имеют значение логического нуля. Входы отвечающие за датчики уровней бака имеют значение 1, значение датчика давления компрессора показывает значение от 6 до 8 бар. Работают только выходы, отвечающие за зеленый светофор и основной свет в боксе. В данном режиме алгоритм на планшете оператора отображает экран 1 «Ожидание клиента», а также выполняет непрерывный фоновый опрос датчиков давления и уровня технологических жидкостей для мониторинга аппаратной готовности комплекса к запуску цикла мойки.

Когда машина подъезжает к въезду в бокс санитарной обработки, срабатывает индукционная петля, и алгоритм переходит режима на стадию 1. Как показано на рисунке 2.39.

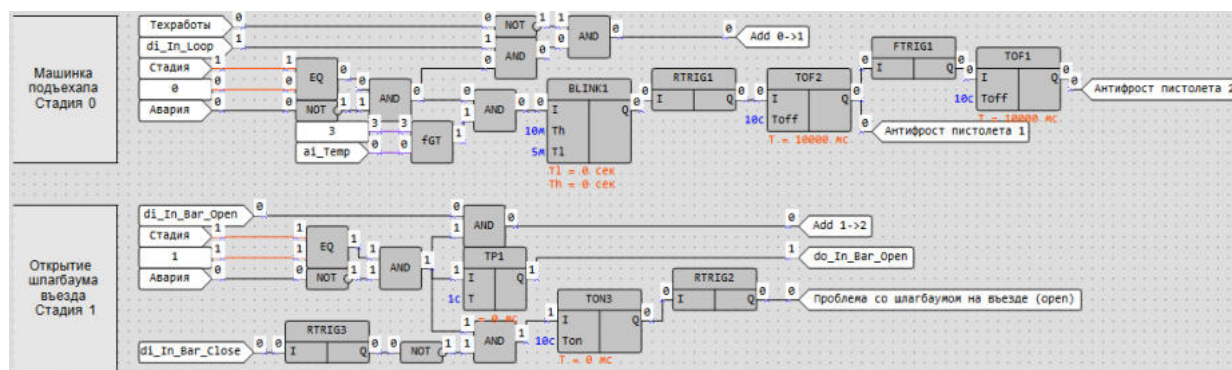


Рисунок 2.39 – Моделирование системы

В процессе исполнения стадии 1, подается импульсный сигнал на выход реле, отвечающий за открытие въездного шлагбаума. Далее запускается 10 секундный таймер для выявления поломки открытия шлагбаума. Сигнал от концевика шлагбаума означает отсутствие каких-либо проблем, и программа переходит на стадию 2, как показано на рисунке 2.40.

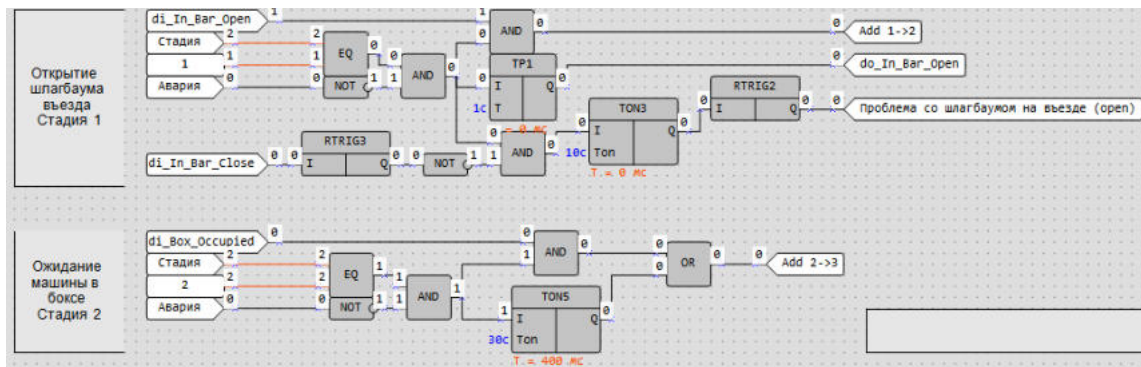


Рисунок 2.40 – Моделирование системы

Далее система ожидает въезда клиента в бокс в течении 30 секунд, по окончании таймера или по срабатыванию датчика объема в боксе алгоритм переходит к следующей стадии, как показано на рисунке 2.41.

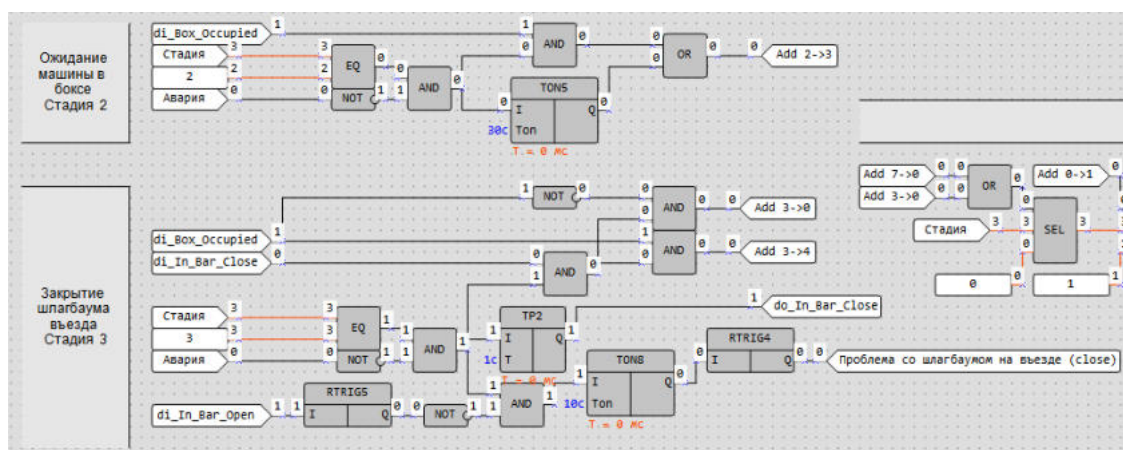


Рисунок 2.41 – Моделирование системы

На этом этапе зеленый светофор тухнет и загорается красный. На выход, отвечающий за закрытие въездного шлагбаума, подается импульсный сигнал, и

запускается 10 секундный таймер. При получении сигнал от концевика шлагбаума программа может перейти либо на стадию 0, либо на следующую стадию, в зависимости от показаний датчика объема в боксе. При попадании на 4 стадию становятся доступны платежные системы, и включатся таймер окончания сессии до пополнения баланса поста автомойки. Программа выполняется как показано на рисунке 2.42.

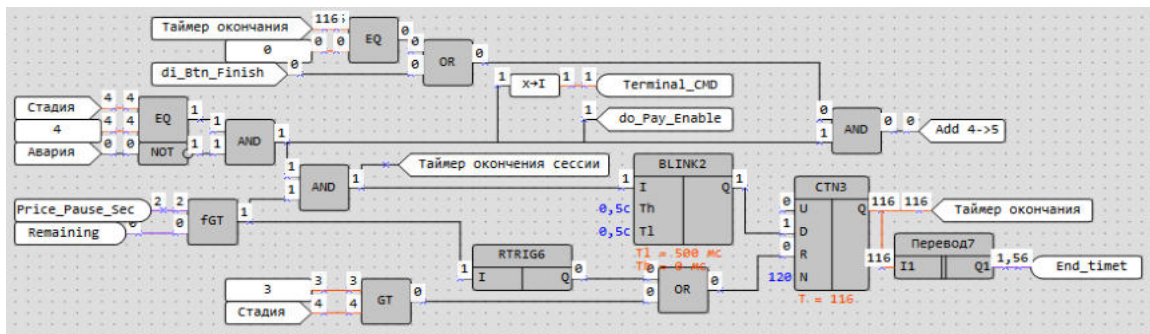


Рисунок 2.42 – Моделирование системы

Для начала сессии клиенту нужно пополнить баланс, об этом сообщает отображаемый экран 3 «Ожидание оплаты». Клиент может это сделать 3 способами: монетами, купюрами и безналичной оплатой. Первые 2 способа работают в импульсном формате, устройства подают на реле импульсные сигналы за каждые внесенные 10 рублей. В случае с терминалом, он сообщает реле через сетевые переменные номер последней транзакции и ее значение. Основываясь на полученных данных на реле, формируется бюджет как показано на рисунке 2.43.

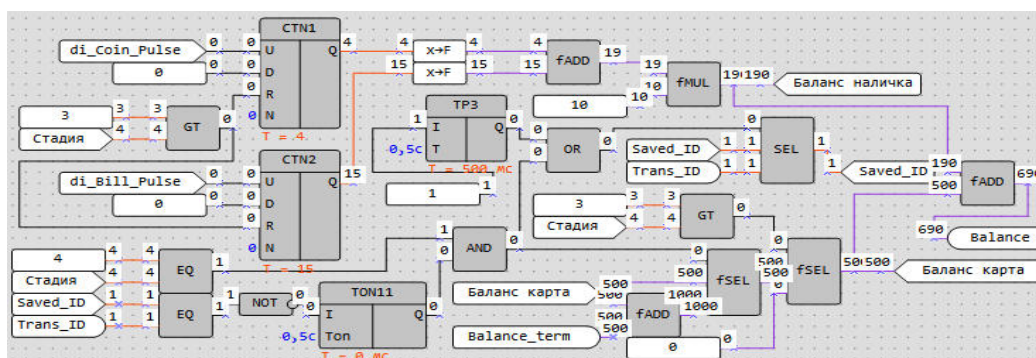


Рисунок 2.43 – Моделирование системы

После пополнения баланса по умолчанию включается режим паузы, у клиента есть льготный период в 5 минут паузы, по истечению которого начинается посекундная тарификация. Симуляция представлена на рисунке 2.44.

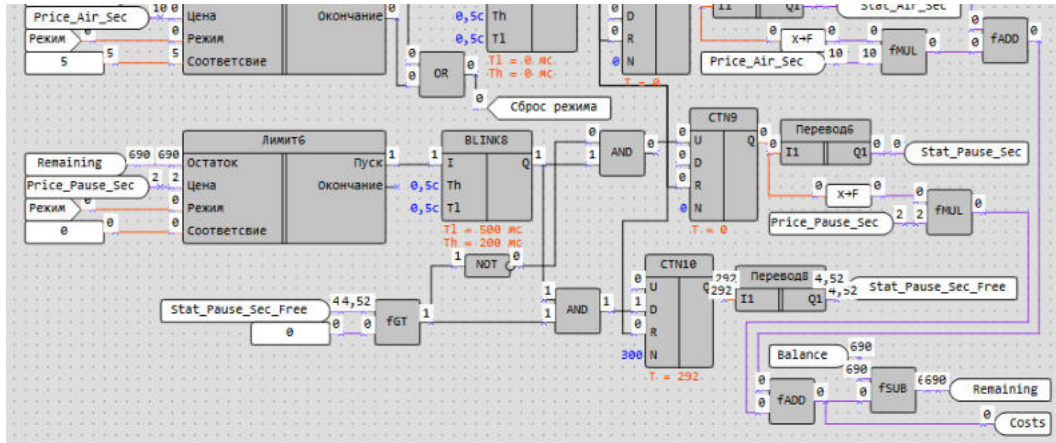


Рисунок 2.44 – Моделирование системы

При включении режима «Вода», с реле подаются сигналы на открытие грбенки и клапана основной магистрали, так же запускается насос малого давления через 0.2 секунды, и через 0.8 секунды для предотвращения сухого хода уже запускается насос ВД. Реле следит за давлением на выходе данного насоса для предотвращения различных проблем, при избыточном давлении насос ВД автоматически направляет воду обратно в бак по байпасной линии, так же система следит за исправностью работы магистрали с помощью датчика протока на используемом пистолете. Симуляция представлена на рисунке 2.45.

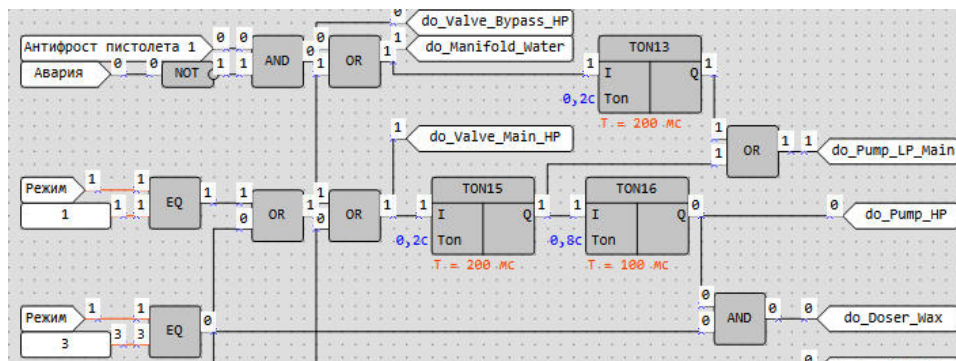


Рисунок 2.45 – Моделирование системы

При включении режима «Пена» открывается отдельный клапан бака с водой, также начинает работать дозирующий насос бака «Пена». Через 0.2 секунды запускается насос малого давления. Открывается клапан магистрали от компрессора, и через редуктор давления снижается до нужного значения. В общем смесители соединяются мыльная вода и воздух под давлением генерируя пену. ПЛК следит за исправностью работы с помощью датчика давления на выходе компрессора и датчика протока на втором пистолете. Симуляция представлена на рисунке 2.46.

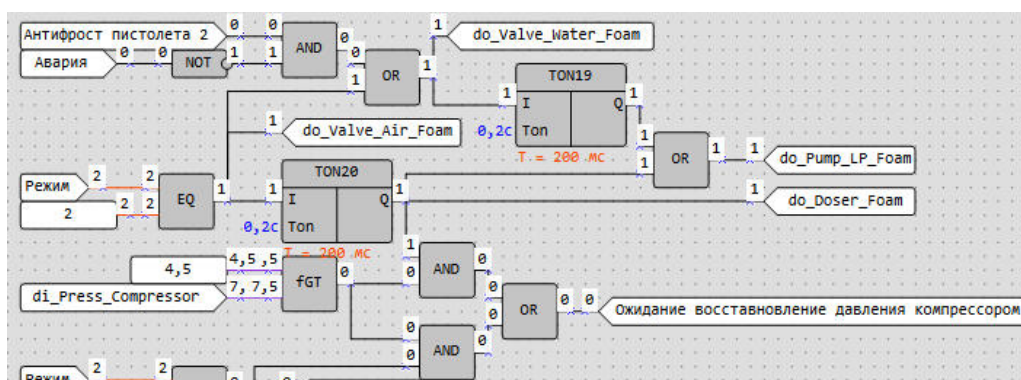


Рисунок 2.46 – Моделирование системы

Режим «Воск» работает аналогично режиму «вода», за исключением того, что в этом режиме также включается клапан смесительной гребенки, отвечающий за бак с воском, и запускается дозирующий насос. Симуляция представлена на рисунке 2.47.

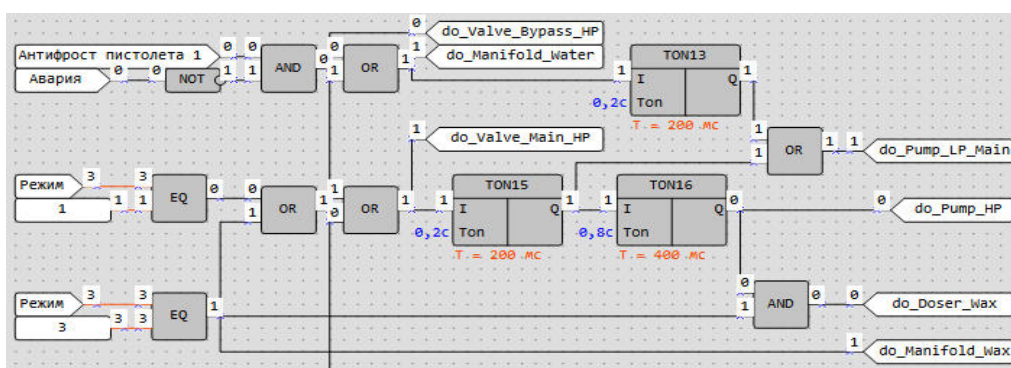


Рисунок 2.47 – Моделирование системы

Режим «Осмоз» также похож на режим «Вода», однако тут открывается клапан смесительной гребенки, отвечающей за бак с осмосом, а не с водой. Симуляция представлена на рисунке 2.48.

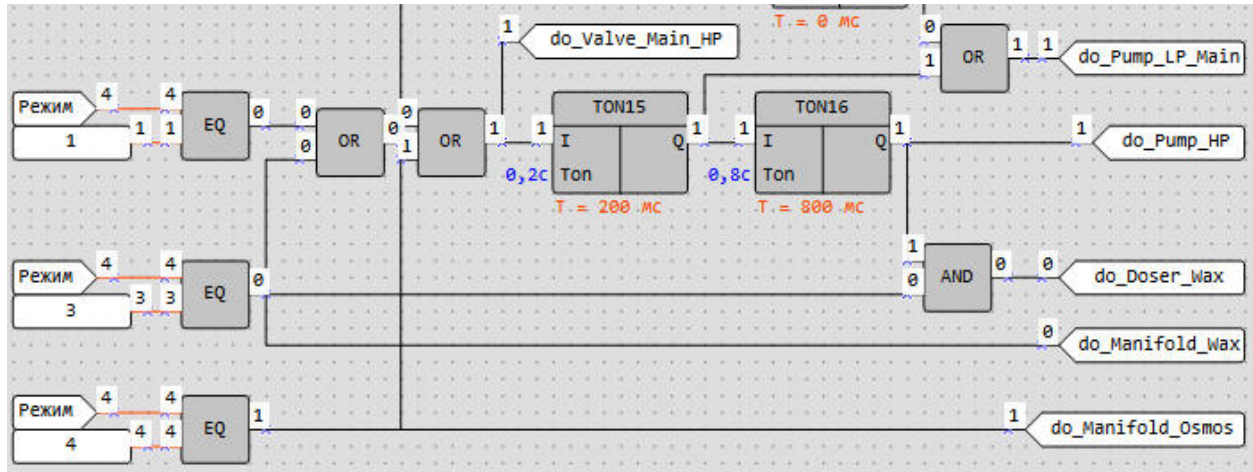


Рисунок 2.48 – Моделирование системы

При работе различных режимов расчет затраченных средств ведется автоматически и отображается на панели оператора, при недостатке средств выбранный режим автоматически отключается. Пример расчета затраченных средств промоделирован на рисунке 2.49.

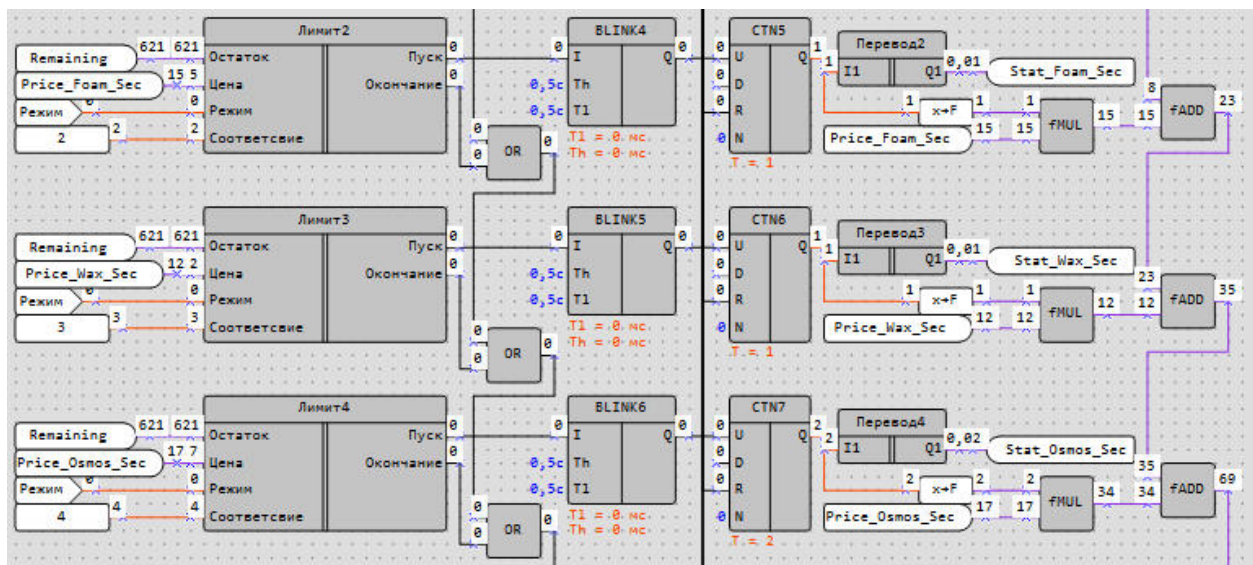


Рисунок 2.49 – Моделирование системы

По завершению сессии мойки транспортного средства клиент может нажать кнопку «Финиш» для перехода на следующую стадию, при которой клиенту на панели оператора отображается чек за предоставленные услуги, а также подается импульсный сигнал на открытие выездного шлагбаума и ожидается сигнал с концевика на открытие, как представлено на рисунке 2.50.

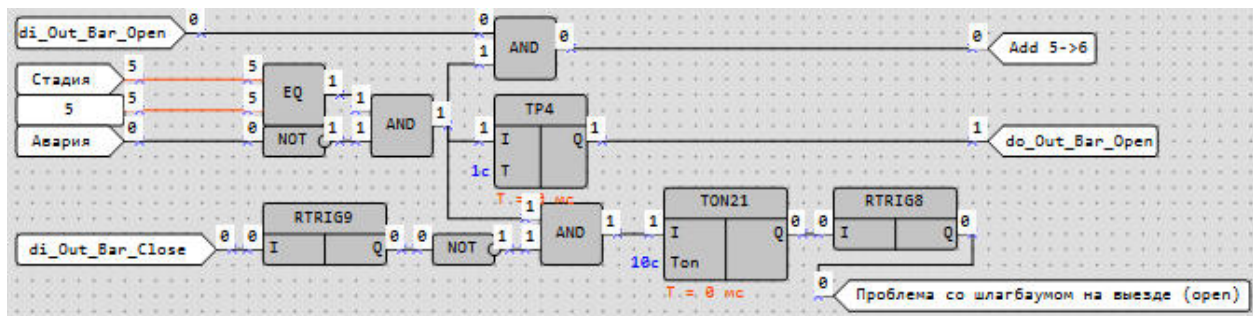


Рисунок 2.50 – Моделирование системы

На следующей стадии клиент может покинуть моечный пост, на планшета отображается экран №6 «Прощание». Однако если клиент долгое время не покидает его, то через 2 минуты в боксе отключается основное освещение и подсвечивается табло «пожалуйста покинете бокс», и еще через 3 минуты включается сирена и в боксе, и в комнате персонала для оповещения о проблеме с клиентом. Данная стадия прекращается по сигналу с датчика объема бокса и с индукционной петли на выезде, которые оповещают о том, что клиент выехал, как представлено на рисунке 2.51.

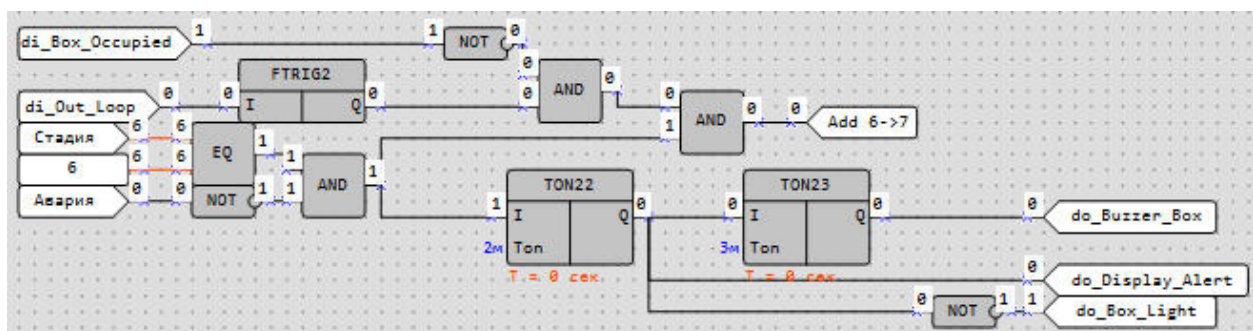


Рисунок 2.51 – Моделирование системы

На заключительной стадии происходит закрытие выездного шлагбаума, и сброс всех таймеров и счетчиков, используемых в сессии с клиентом, после чего цикл сессии обнуляется, и бокс становится доступен для следующего клиента. Симуляция представлена на рисунке 2.52.

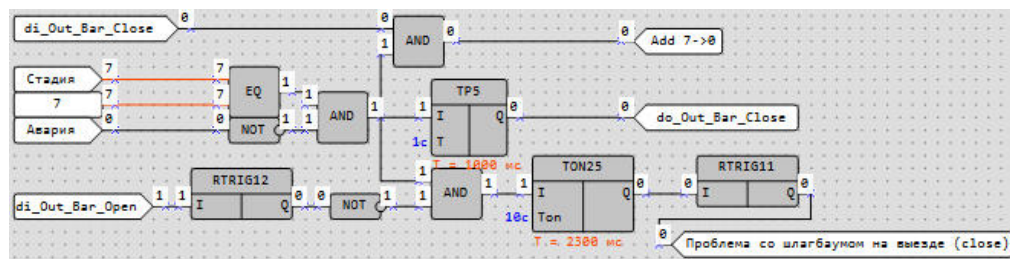


Рисунок 2.52 – Моделирование системы

2.4.2 Описание цикла регистрации ошибки

При обнаружении какой-либо отслеживаемой ПЛК проблемы включается аварийный режим как показано на рисунке 2.53. При этом на планшете оператора отображается вариативный текст, в зависимости от номера ошибки.

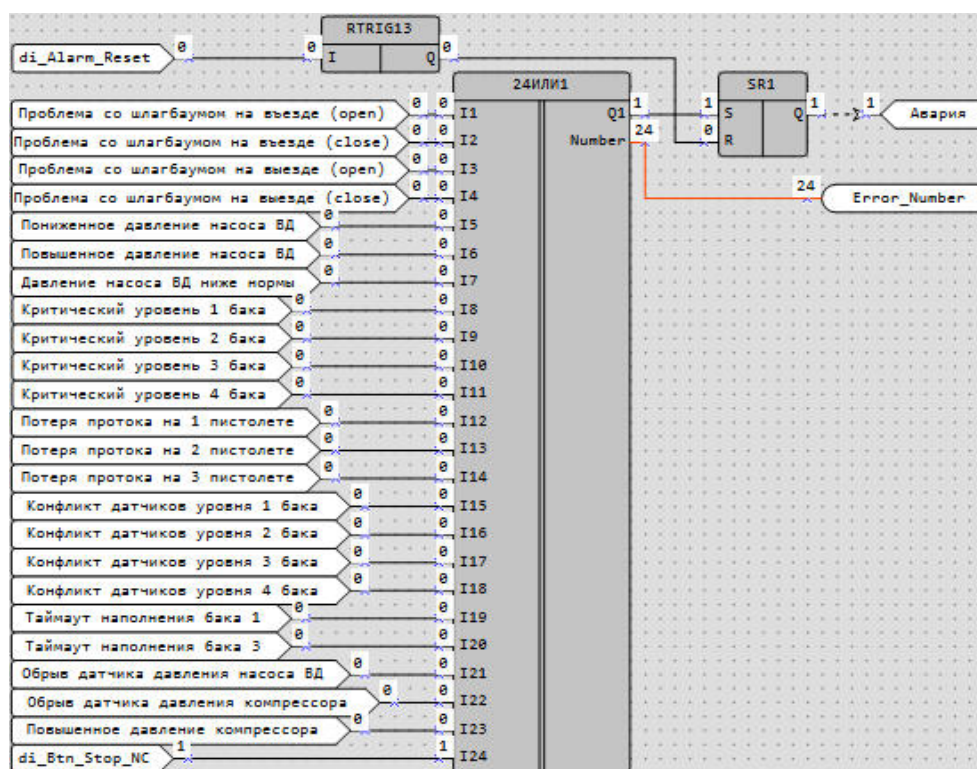


Рисунок 2.53 – Регистрация ошибки

Так же при аварийной ситуации в комнате персонала включается непрерывный оповестительный сигнал, как показано на рисунке 2.54.

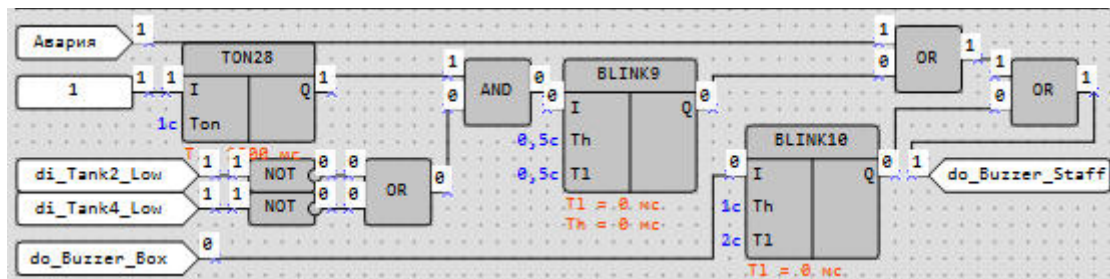


Рисунок 2.54 – Реализация оповестительного механизма

Для выхода из режима аварии, персоналу автомойки необходимо нажать на специальную кнопку, расположенную под замком в недоступном для клиента месте. Если причина аварии устранена, то система продолжает свою работу с ранее исполняемой стадии.

2.4.3 Описание исполнения системы «Антифрост»

При падении температуры окружающей среды ниже 3°C и при простое системы контроллер автоматически переводит систему в режим микроциркуляции, что продемонстрировано на рисунке 2.55. В этом состоянии ПЛК с заданной периодичностью открывает ЭМК подачи воды на первый и второй пистолет. Это создает постоянный поток жидкости в магистралях, препятствуя образованию ледяных пробок, которые могут привести к разрыву трубопроводов или выходу из строя насоса ВД.

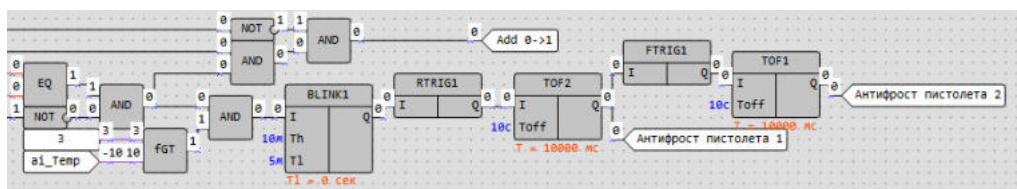


Рисунок 2.55 – Реализация оповестительного механизма

Программная реализация выполнена с использованием таймеров, которые регулируют длительность пролива и паузы между циклами, что позволяет

минимизировать расход воды при сохранении эффективной защиты оборудования. Режим деактивируется автоматически при повышении температуры до безопасных значений, обеспечивая переход комплекса в штатный режим эксплуатации.

2.4.4 Описание исполнения режима техобслуживания

Для персонала имеется возможность при необходимости изменить стоимость предоставляемых услуг. Для этого в момент отсутствия клиентов на стадии 0 и при отсутствии аварийной ситуации работник должен нажать кнопку сброса аварии на 3 секунды как показано на рисунке 2.55. После чего на планшете открывается экран №7 позволяющий настроить цены на услуги. Для выхода из данного режима необходимо еще раз нажать на кнопку сброса аварийной ситуации.

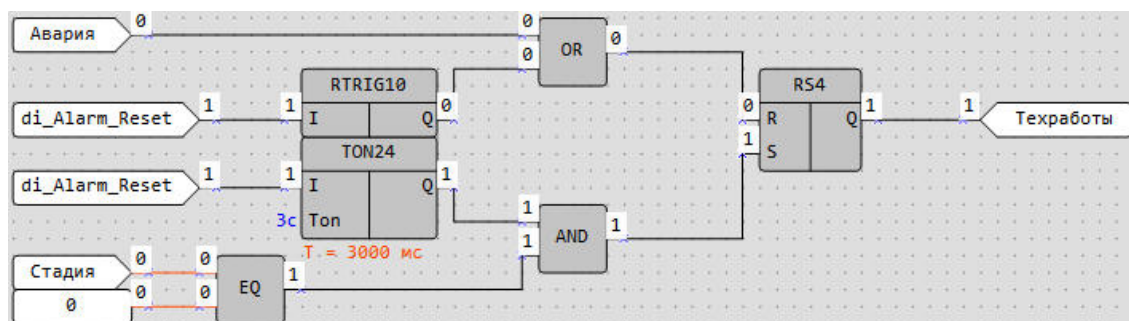


Рисунок 2.54 – Вход в режим техобслуживания

В итоге можно заключить, что разработанное ПО в полной мере реализует требуемый функционал автоматизированной автомойки. Проведенная в среде симуляции проверка подтверждает безошибочную отработку всех логических алгоритмов, защитных блокировок и переходов между стадиями, что гарантирует корректную и стабильную работу системы на базе реального промышленного контроллера.

1 Анализ результатов

3.1 Результаты разработки программы

В результате выполнения дипломной работы было разработано ПО для ПЛК, управляющего постом автомобильной мойки самообслуживания. Программа реализована в среде визуального программирования Owen Logic.

В разработанном проекте реализован исчерпывающий набор функций для автономной работы комплекса без постоянного участия обслуживающего персонала. Итоговая программа успешно выполняет следующие задачи:

- управление пятью технологическими режимами мойки (вода, пена, воск, осмос, обдув) с индивидуальной тарификацией;
- обработка сигналов от платежных систем (купюроприемник, монетоприемник, терминал безналичной оплаты) с расчетом баланса в реальном времени;
- автоматический контроль 24 аварийных ситуаций (падение давления, опустошение баков, потеря протока) с мгновенной аппаратной блокировкой;
- непрерывная самодиагностика аналоговых и дискретных датчиков комплекса;
- автоматическое поддержание давления в пневматической магистрали (алгоритм двухпозиционного управления компрессором);
- защита гидравлического контура от промерзания с помощью автоматического режима «Антифрост»;
- динамическое управление интерфейсом панели оператора (переключение 8 экранов в зависимости от текущей стадии работы);
- дифференцированное звуковое оповещение персонала о нештатных ситуациях.

Данного функционала полностью достаточно для внедрения на реальном коммерческом объекте. В отличие от типовых базовых решений, созданная

архитектура программы имеет выраженную модульную структуру: обработчики платежей, аварийные триггеры и контуры управления насосами работают параллельно. Это не только покрывает все потребности клиентского сервиса, но и обеспечивает многоуровневую защиту гидравлического оборудования от поломок.

3.2 Рекомендации к дальнейшей разработке

Базовая программа автомойки готова и стабильно работает, но архитектура позволяет легко расширять функционал. Развивать проект стоит в двух основных направлениях: технический контроль и удобство для клиентов.

Можно подключить контроллер к облаку. Это даст владельцу удобный удаленный мониторинг. Тогда появится возможность смотреть статистику по выручке, расходу воды и химии прямо с телефона или компьютера. Также будет возможность удаленно сбрасывать мелкие ошибки, менять настройки тарифов.

В будущем стоит добавить интеграцию с программами лояльности и CRM. Если добавить к системе сканер QR-кодов или связь с мобильным приложением, можно будет внедрить виртуальные карты скидок, кэшбек и оплату по абонементам. С помощью встроенных часов реального времени в контроллере есть возможность добавить в программу ночные тарифы.

Чтобы внедрить эти решения, понадобится расширить периферию ПЛК и дописать часть функциональных блоков. Но поскольку проект в Owen Logic изначально разбит на независимые модули, новые функции получится добавить без полной переделки основной логики управления автомойкой.

2 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Правила безопасности при использовании ПК

Разработка и эксплуатация программы требует длительной работы за ПК, что влечет за собой риски, описанные в ГОСТ 12.0.003-2015. К основным опасным и вредным факторам при работе с вычислительной техникой относятся:

- повышенный уровень электромагнитных полей в рабочей зоне;
- риск воздействия статического электричества;
- локальное повышение температуры от нагреваемых элементов компьютера;
- недостаточная освещенность рабочего места и блики на мониторе;
- высокая зрительная нагрузка;
- монотонность процесса и длительная статичная рабочая поза.

Полностью исключить влияние этих факторов невозможно. Для минимизации вреда необходимо грамотно организовать рабочее пространство: использовать эргономичную мебель, настроить равномерное освещение и строго соблюдать режим работы. Регулярные регламентированные перерывы помогают избежать переутомления, снять нагрузку со зрения и позвоночника, сохраняя работоспособность и концентрацию без критических рисков для здоровья [5].

3 Экономическое обоснование разработки

5.1 Расчет затрат на разработку

Целью экономического раздела дипломного проекта является технико-экономическое обоснование целесообразности разработки прикладного программного обеспечения и внедрения автоматизированной системы управления комплексом санитарной обработки транспортных средств на базе программируемого логического реле и развитого человеко-машинного интерфейса.

Для достижения поставленной цели в данном разделе решаются следующие задачи:

- расчет вложений на приобретение центрального контроллера ОВЕН ПР200, модулей расширения ПРМ и панели оператора СП270;

- оценка затрат на приобретение компонентов полевого уровня;

- расчет себестоимости проектирования, программной реализации алгоритмов в среде Owen Logic;

- определение проектного срока окупаемости поста самообслуживания;

- оценка текущих расходов комплекса автоматизации.

5.2 Расчет затрат на разработку системы

Полная себестоимость проектирования и программной реализации системы складывается из затрат на материально-технические ресурсы, а также трудозатрат инженерно-технического персонала на всех этапах жизненного цикла разработки.

В соответствии со структурой выпускной квалификационной работы, процесс создания программного комплекса разделен на следующие технологические этапы:

- разработка логической структуры переключения стадий и алгоритмов управления исполнительными механизмами на языке функциональных блоков в среде визуального проектирования Owen Logic;

конфигурирование системных параметров, сетевых интерфейсов и распределения адресного пространства памяти программируемого логического реле ОВЕН ПР200;

проектирование человеко-машинного интерфейса и конфигурирование статических и динамических графических элементов панели оператора ОВЕН СП270 в специализированной среде разработки;

программная интеграция периферийного оборудования, включая настройку обмена данными по протоколу Modbus RTU с терминалом безналичной оплаты;

комплексное тестирование, верификация защитных блокировок и отладка разработанных алгоритмов с использованием встроенных средств симуляции Owen Logic;

подготовка документации.

5.2.1 Трудоемкость разработки

Трудоемкость разработки прикладного программного обеспечения системы управления определена на основе детального планирования поэтапного выполнения работ с указанием нормативного времени для инженера-программиста. Перечень основных этапов проектирования, их краткое содержание, а также трудоемкость в часах представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Трудоёмкость разработки

Вид работ	Трудоемкость, чел.– ч
Анализ требований и структуры	16
Распределение адресного пространства	24
Разработка прикладного ПО	32
Проектирование интерфейса	24
Тестирование и отладка	24
Оформление документации	16
Итого	136

С учетом того, что нормативная продолжительность рабочего дня составляет 8 часов, общая трудоемкость разработки составляет 17 рабочих дней.

5.2.2 Расчет заработной платы разработчика

Затраты на оплату труда инженера-программиста рассчитываются на основе установленной трудоемкости разработки и принятой на предприятии повременно-премиальной системы оплаты труда. Установленная часовая ставка разработчика составляет $Z_{\text{ч}} = 500$ руб./ч, что при пересчете на месячный оклад гарантирует выполнение требований законодательства РФ о превышении минимального размера оплаты труда и величины прожиточного минимума в Пензенской области 17 140 руб. для трудоспособного населения.

Основная заработная плата разработчика $Z_{\text{осн}}$ определяется исходя из общей трудоемкости работ, составляющей 136 чел.-ч, по формуле:

Помимо основной заработной платы, система оплаты труда на предприятии предусматривает выплату регулярной премии в размере 12 % от величины $Z_{\text{осн}}$. Сумма премий $Z_{\text{прем}}$ рассчитывается по формуле:

Дополнительно, согласно внутреннему регламенту предприятия, сотрудникам начисляются стимулирующие и компенсационные надбавки в размере 30 % от начисленного заработка. Сумма надбавок $Z_{\text{надб}}$ составляет:

Итоговая сумма общих затрат на оплату труда $Z_{\text{общ}}$ разработчика прикладного программного обеспечения за весь период проектирования составляет:

5.2.3 Стоимость оборудования и комплектующих

Для реализации аппаратной части проектируемой системы управления комплексом санитарной обработки транспортных средств требуется приобретение специализированного электрооборудования, управляющих модулей и компонентов полевого уровня. Полный перечень необходимых технических средств автоматизации, их спецификация, объем закупки и актуальная рыночная стоимость представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Затраты на приобретение оборудования и комплектующих изделий

Оборудование	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Программируемое логическое реле ОВЕН ПР200-24.2(4).Х	17 600,00	1	17 600,00
Панель оператора ОВЕН СП270	14 000,00	1	14 000,00
Модуль расширения входов/выходов ОВЕН ПРМ-24.1	7 600,00	1	7 600,00
Модуль расширения входов/выходов ОВЕН ПРМ-24.6	12 200,00	1	12 200,00
Дополнительное и вспомогательное оборудование	-	-	150 000,00
Итого			183 800,00

5.2.4 Прочие затраты

Для этапа разработки программного обеспечения и отладки комплекса санообработки также учитываются сопутствующие накладные расходы. В состав прочих затрат включены издержки на силовую электроэнергию для питания стенда и вычислительной техники за весь период проектирования, затраты на специализированные расходные материалы, а также расходы, связанные с амортизацией и эксплуатацией программно-аппаратных средств отладки. Действующее программное обеспечение Owen Logic распространяется разработчиком на бесплатной основе, поэтому лицензионные отчисления за его

использование в смете не учитываются, а сопутствующие затраты на настройку логики ПЛК и симуляцию алгоритмов перенесены в общую трудоемкость инженера. Полный перечень и расчет прочих материальных затрат представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Прочие затраты

Позиции	Сумма, руб.
Электричество на время разработки	1 150,00
Расходные материалы	2 400,00
Использование ПО OwenLogic	0,00
Канцелярские расходы	1 800,00
Информационные услуги	1 500,00
Итого	6 850,00

5.2.5 Полная себестоимость разработки

Для расчета полной себестоимости проектирования и внедрения системы управления комплексом санитарной обработки транспортных средств составляется сводная смета. В ней объединяются все ключевые статьи затрат: фонд оплаты труда разработчика, расходы на аппаратное обеспечение и технологические узлы, а также прочие сопутствующие накладные издержки. Итоговая сумма определяет полные затраты, необходимые для реализации проекта. Сводная структура затрат представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Полная себестоимость разработки

Позиции	Сумма, руб.
Оплата труда разработчика	99 008,00
Оборудование и комплектующие	183 800,00
Прочие накладные расходы	6 850,00
Итого	289 658,00

5.3 Капитальные затраты на внедрение

Для оценки единовременных вложений, необходимых для запуска системы управления комплексом санообработки, рассчитываются капитальные затраты. Они включают расходы на приобретение программно-аппаратного комплекса, монтаж, пусконаладку и обучение персонала. Данные представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Капитальные затраты на внедрение системы автоматизации

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Себестоимость разработки	289 658,00
Монтаж и настройка контроллера	25 000,00
Обучение операторов	10 000,00
Итого	324 658,00

5.4 Расчет эксплуатационных расходов

Для оценки текущих издержек в период работы системы автоматизации комплекса санообработки рассчитывается величина годовых эксплуатационных расходов. В их структуре учитываются затраты на электроэнергию, техническое обслуживание, амортизацию и ремонт оборудования. Сводные данные представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет эксплуатационных расходов системы автоматизации

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Электричество	18 400,00
Обслуживание оборудования	12 000,00
Амортизация оборудования	25 000,00
Ремонт оборудования	8 500,00
Итого	63 900,00

Суммарные годовые эксплуатационные затраты составляют 63900 рублей в год, наибольшие затраты приходятся на амортизацию оборудования.

5.5 Оценка экономической эффективности

5.5.1 Исходная ситуация

В качестве исходной точки рассматривается отсутствие автоматизированного комплекса санитарной обработки транспортных средств. В настоящее время дезинфекция и помывка машин выполняются полностью вручную силами операторов с использованием мобильных аппаратов высокого давления. Такой подход имеет ряд критических недостатков:

высокая доля тяжелого ручного труда и сильное влияние «человеческого фактора» на качество обработки;

отсутствие автоматического контроля и блокировок — оператор может нарушить технологический регламент, перепутать концентрацию дезраствора или досрочно завершить цикл;

нерациональный расход ресурсов: из-за ручного управления и задержек при переключении пистолетов происходят постоянные холостые старты оборудования и перерасход воды и дорогостоящих реагентов;

низкая пропускная способность поста дезинфекции и повышенные риски производственного травматизма при работе в замкнутом пространстве.

Внедрение разработанной системы автоматизации на базе контроллера ОВЕН ПР200 позволяет полностью исключить ручной труд при обработке, жестко зафиксировать выполнение технологических стадий на программном уровне и оптимизировать затраты предприятия.

5.5.2 После внедрения

После запуска автоматизированной системы характер эксплуатации комплекса кардинально меняется. Алгоритмы, выполняемые контроллером, полностью исключают погрешности персонала, обеспечивая строгое соблюдение регламентов дезинфекции.

Переход на автоматическое управление дает заметный прирост производительности и прямой экономический эффект за счет следующих факторов:

количество аварийных ситуаций и отказов оборудования снижается с 4 до 1 в год благодаря встроенной защитной логике, контролю датчиков давления и блокировкам;

потребление электроэнергии падает на 25–30 % за счет исключения холостых стартов двигателей насосов и четкой отработки исключений алгоритмом Owen Logic;

расход дезинфицирующих средств и воды строго дозируется, исключая перерасход из-за невнимательности персонала;

существенно сокращается общее время на обработку одного автомобиля, что увеличивает пропускную способность поста и снижает затраты на оплату труда дезинфекторов.

5.5.3 Расчёт годовой экономии

Для расчета годовой экономии от внедрения автоматизированного комплекса санитарной обработки транспортных средств проводится сопоставление эксплуатационных затрат для двух вариантов организации процесса: ручного и автоматического. Сводные данные для определения экономического эффекта приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет годовой экономии от внедрения системы автоматизации

Показатель	Без автоматизации, руб./год	С автоматизацией, руб./год	Экономия, руб./год
Расходы на устранение аварий	45 000,00	11 250,00	33 750,00
Электроэнергия насосов	26 000,00	18 400,00	7 600,00
Показатель	Без автоматизации, руб./год	С автоматизацией, руб./год	Экономия, руб./год
Электроэнергия щита	0,00	1 500,00	-1 500,00

автоматизированной системы управления			
Оплата труда персонала	240 000,00	90 000,00	150 000,00
Потери от простоев	18 000,00	4 500,00	13 500,00
Итого	329 000,00	125 650,00	203 350,00

В результате автоматизации годовая экономия будет составлять 203 350 рублей.

5.5.4 Расчёт годовой экономии

Чистый годовой экономический эффект рассчитывается как разность между полученной годовой экономией от внедрения автоматизированной системы управления и текущими эксплуатационными расходами на содержание системы. Итоговые показатели затрат и чистого дохода после модернизации комплекса представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет годовой экономии от внедрения системы автоматизации

Показатель	Экономия, руб./год
Годовая экономия от внедрения	203 350,00
Эксплуатационные расходы на систему	63 900,00
Чистый доход	139 450,00

5.5.5 Расчет срока окупаемости проекта

Расчет срока окупаемости проекта определяется как отношение величины полных капитальных вложений (324 658,00 руб.) к значению чистого годового экономического эффекта (139 450,00 руб.). В результате деления капитальных затрат на чистый доход срок окупаемости разработанной системы автоматизации комплекса санитарной обработки транспортных средств составляет 2,33 года (примерно 2 года и 4 месяца).

5.6 Анализ чувствительности

Анализ чувствительности проекта позволяет оценить, как изменение ключевых факторов влияет на его экономическую эффективность. В качестве варьируемых параметров приняты риски изменения объемов ручного труда и колебания цен на энергоносители. Сравнительный анализ трех сценариев развития событий представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Анализ чувствительности

Сценарий	Описание сценария	Чистый эффект, руб./год	Срок окупаемости, лет
Оптимистичный	Рост стоимости ручного труда на 15%	163 100,00	1,99
Базовый	Расчетные показатели внедрения системы автоматизации	139 450,00	2,33
Пессимистичны й	Снижение стоимости ручного труда на 10% и рост тарифов на электроэнергию на 15%	120 700,00	2,69

Проведенный анализ показывает, что даже при наихудшем сценарии разработанная система автоматизации сохраняет высокую экономическую эффективность, а срок окупаемости инвестиций не превышает 2,7 года, что доказывает устойчивость проекта к внешним рискам.

5.7 Вывод по экономической части

В ходе экономического раздела рассчитаны затраты на проект и оценена целесообразность инвестиций. Полная себестоимость разработки программно-аппаратного комплекса составила 289 658 рублей, основная часть которых пошла

на оплату труда и покупку модулей ОВЕН. С учетом монтажа, пусконаладки и обучения персонала общие капитальные затраты на внедрение АСУ составили 324 658 рублей. Автоматизация процесса на базе программируемого реле ОВЕН ПР200 позволила снизить аварийность с 4 до 1 случая в год, сократить энергопотребление насосов на 25–30%, исключить простои и оптимизировать штат. Чистый годовой экономический эффект составил 139 450 рублей, что обеспечивает окупаемость вложений за 2,33 года. Анализ чувствительности подтвердил устойчивость проекта к внешним рискам, поскольку даже при неблагоприятном сценарии срок окупаемости не превысит 2,7 года, что доказывает высокую финансовую эффективность и целесообразность внедрения системы управления.

6 Заключение

При выполнении представленной работы был изучен принцип построения систем автоматизации на базе программируемых логических контроллеров, а также среда визуального программирования Owen Logic.

Была реализована управляющая программа для поста мойки самообслуживания, обеспечивающая полный цикл взаимодействия с клиентом. В рамках проекта разработаны алгоритмы приема и учета оплаты, выбора и выполнения технологических режимов, а также динамического управления интерфейсом операторской панели. Реализована многоуровневая система защиты оборудования, включающая непрерывный мониторинг множества параметров и режим самодиагностики датчиков.

Был изучен принцип работы исполнительных механизмов и контрольно-измерительных приборов комплекса: различных насосов, клапанов, датчиков протока и давления, а также логика работы шлагбаумов. Каждый из этих элементов был программно описан и успешно протестирован в режиме симуляции, что подтвердило готовность системы к эксплуатации на реальном промышленном оборудовании.

В дальнейшем можно расширять функционал проекта, добавляя интеграцию с облачными сервисами для удаленного мониторинга, внедряя управление через частотные преобразователи для плавной регулировки напора, а также развивая системы лояльности через мобильные приложения и QR-коды для более удобного взаимодействия с пользователем.

7 Список использованных источников

Назначение и плюсы моек самообслуживания. [Электронный ресурс]. URL: <https://istobalrussia.ru/articles/naznachenije-i-plusy-moyek-samoobslyzhivaniya/> (дата обращения 22.04.2026)

Конечные автоматы в АСУТП для ПЛК.: [Электронный ресурс]. URL: https://vk.com/@asu_tp-konechnye-avtomaty-v-asutp-dlya-plk-izbavlyaemsya-ot-mnozhes (дата обращения: 29.04.2026).

Руководство пользователя Owen Logic. [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/sreda_programmirovaniya_owen_logic/documentation (дата обращения: 01.05.2026).

Характеристики ОВЕН СП270. [Электронный ресурс]. URL: <https://owen-russia.ru/product/sp270/> (дата обращения: 5.05.2026).

Информация о технике безопасности. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.centrattek.ru/info/tekhnika-bezopasnosti-pri-rabote-s-kompyuterom-razyasneniya/> (дата обращения 10.05.26)

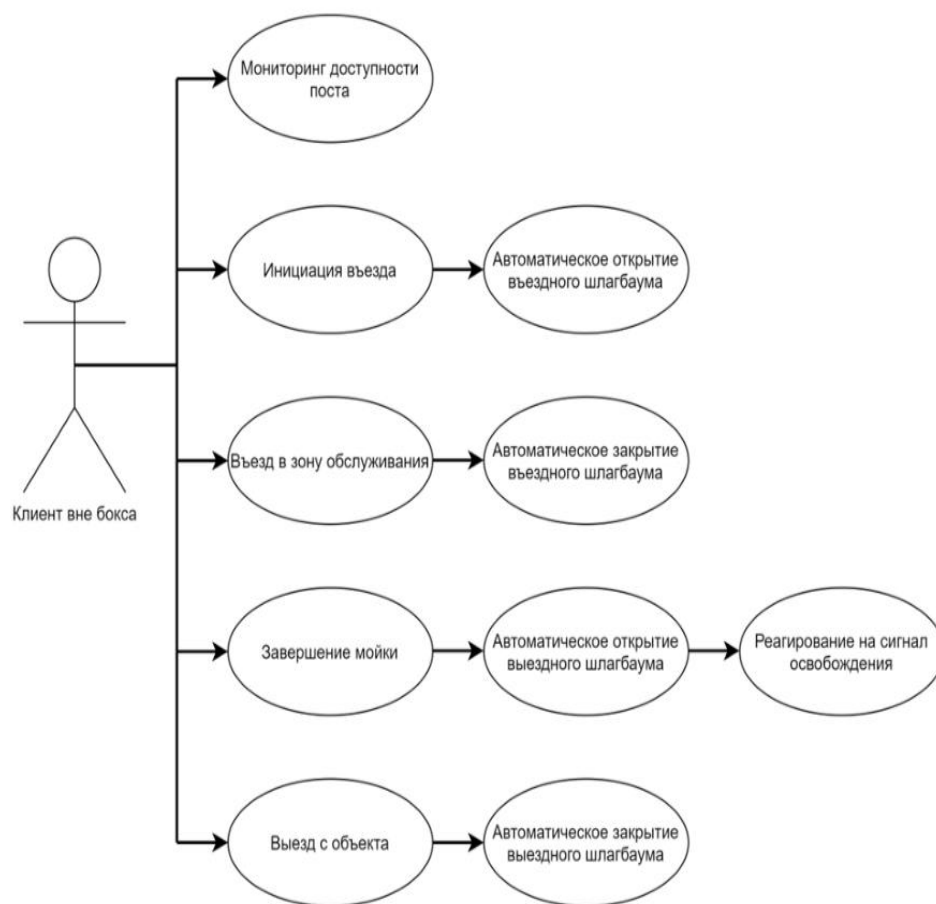
Приложение А

(Обязательное)

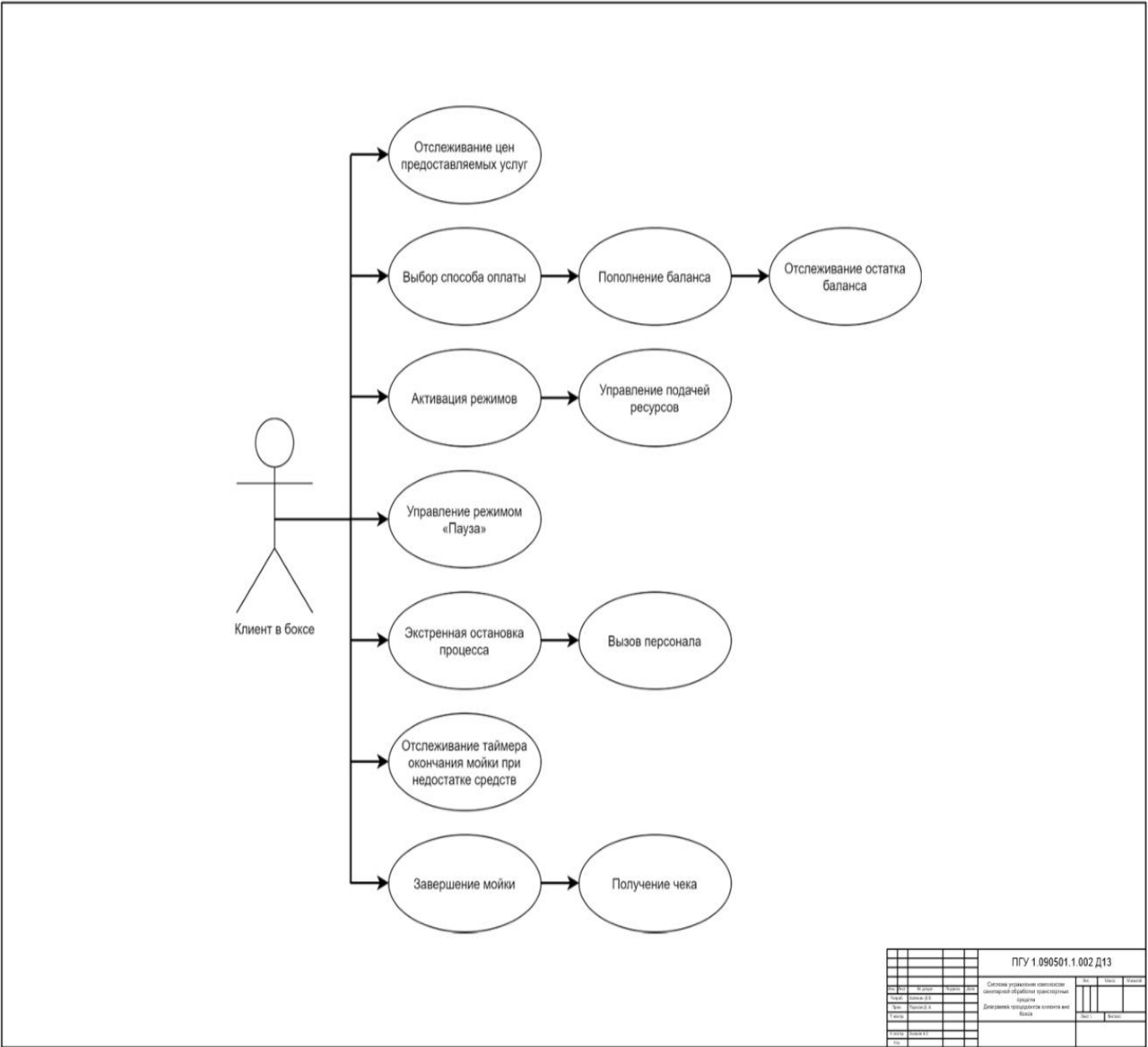
Система управления комплексом санитарной обработки транспортных средств

UML диаграммы

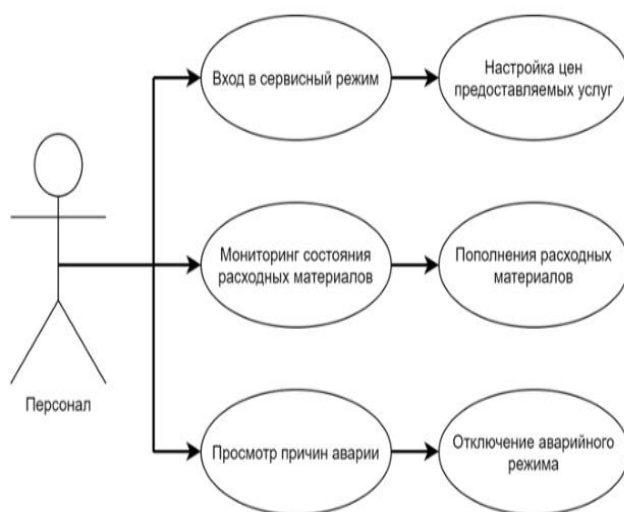
Приложение А.1 – *UML* – Диаграмма прецедентов клиента вне бокса

[illegible]

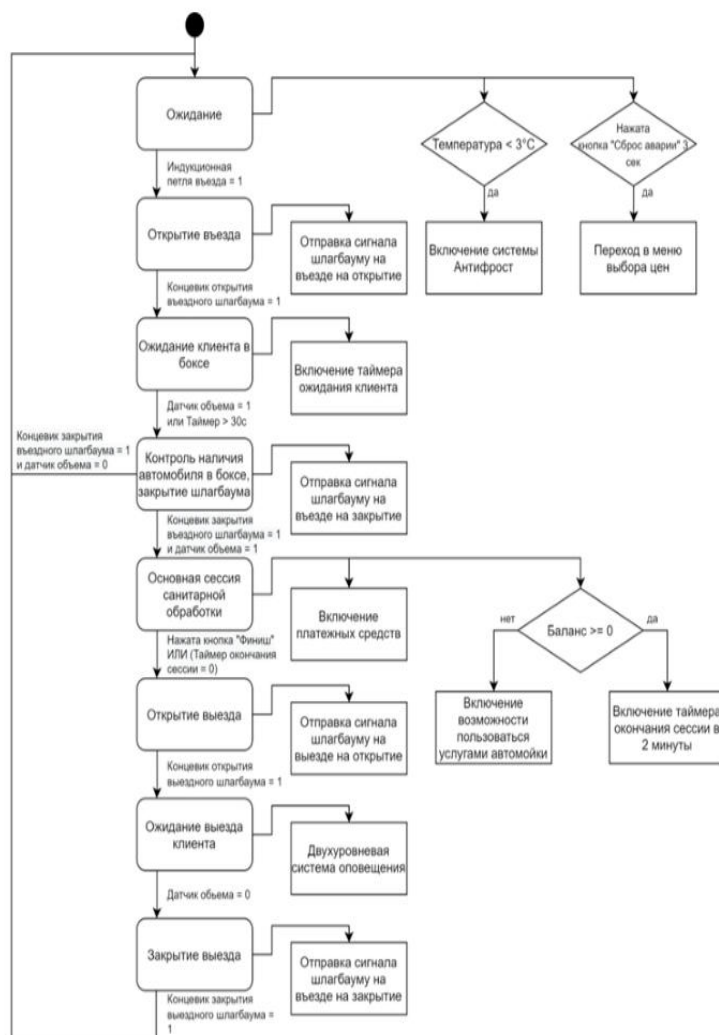
Приложение А.2 – UML – Диаграмма прецедентов клиента в боксе



Приложение А.3 – *UML* – Диаграмма прецедентов персонала

[illegible]

Приложение А.4 – *UML* – Диаграмма состояний

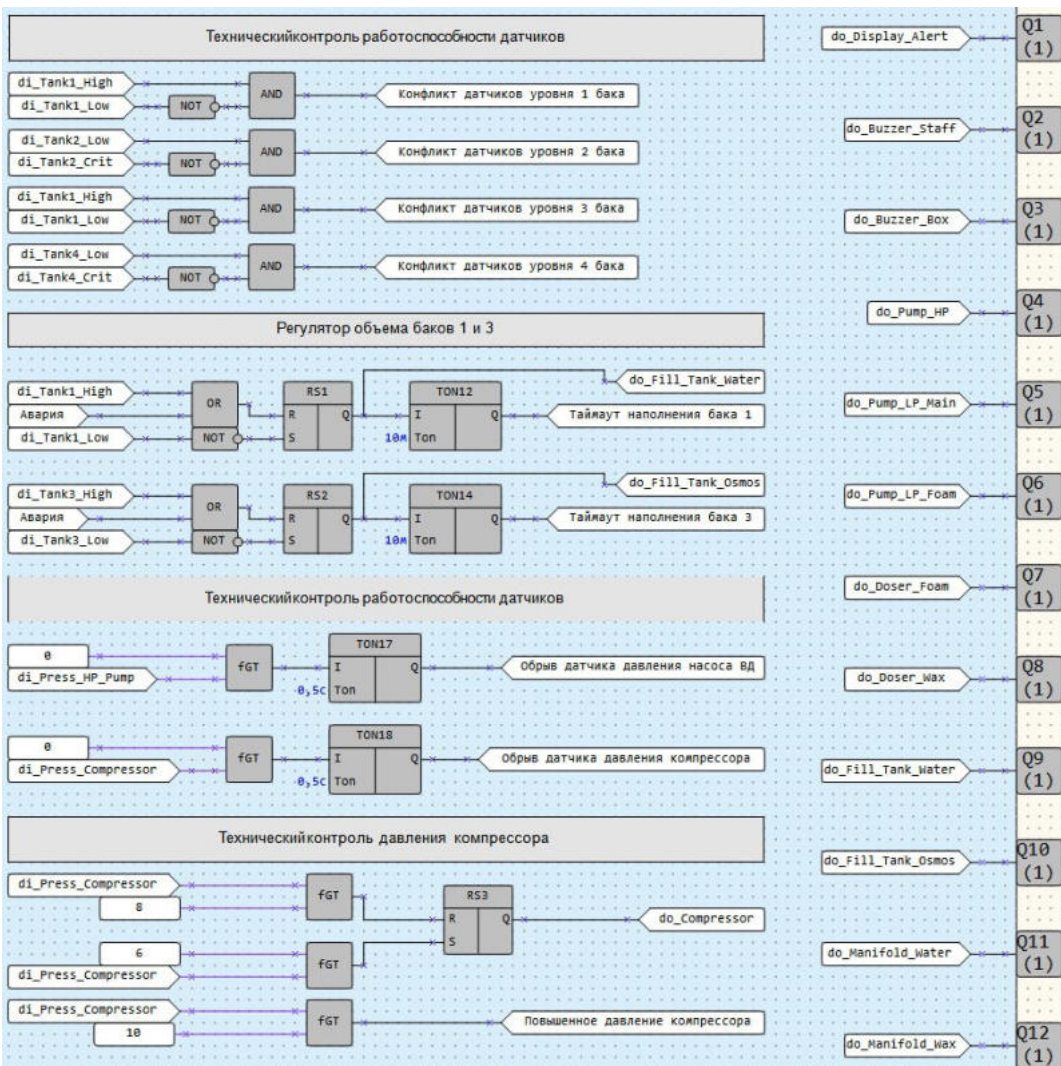
[illegible]

Приложение Б

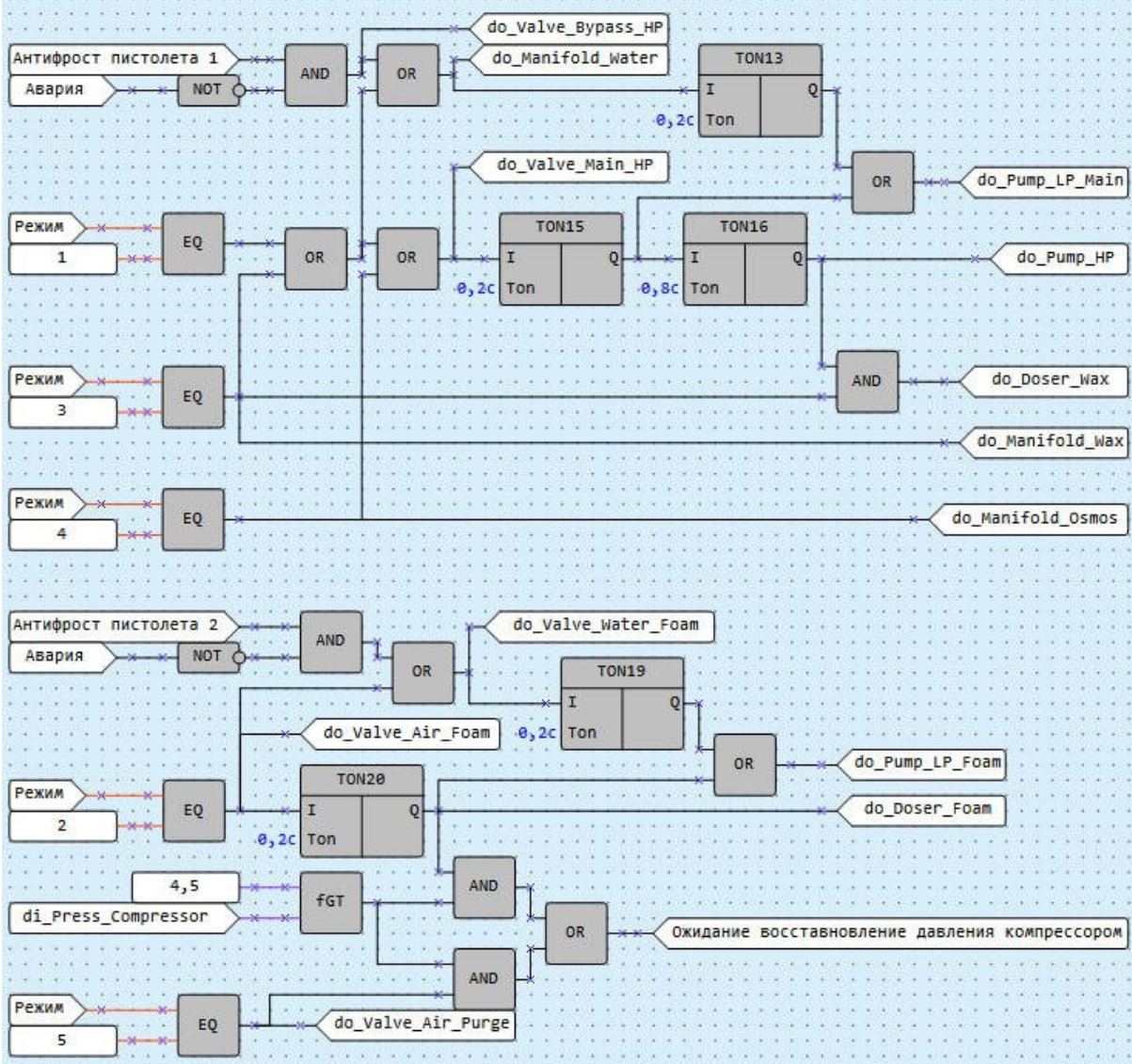
(Обязательное)

Система управления комплексом санитарной обработки транспортных средств

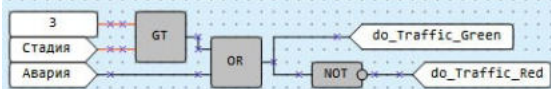
Листинг программы



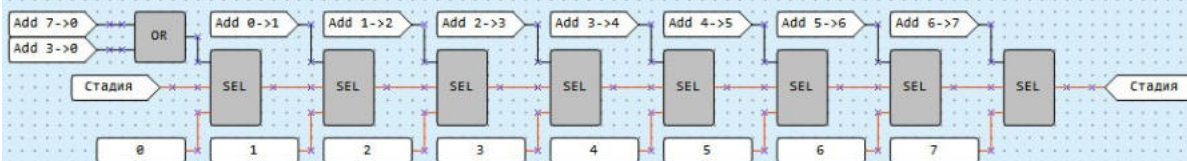
Контроль исполнения работы режимов

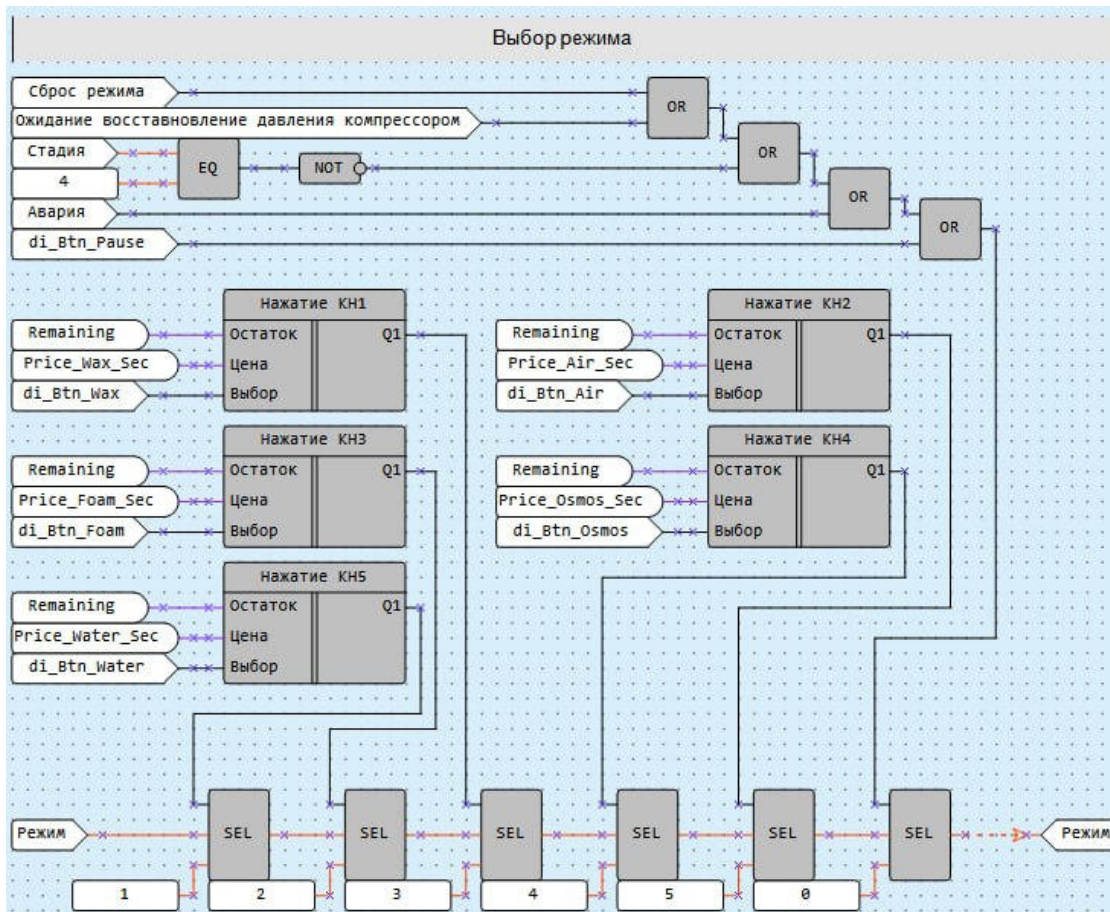


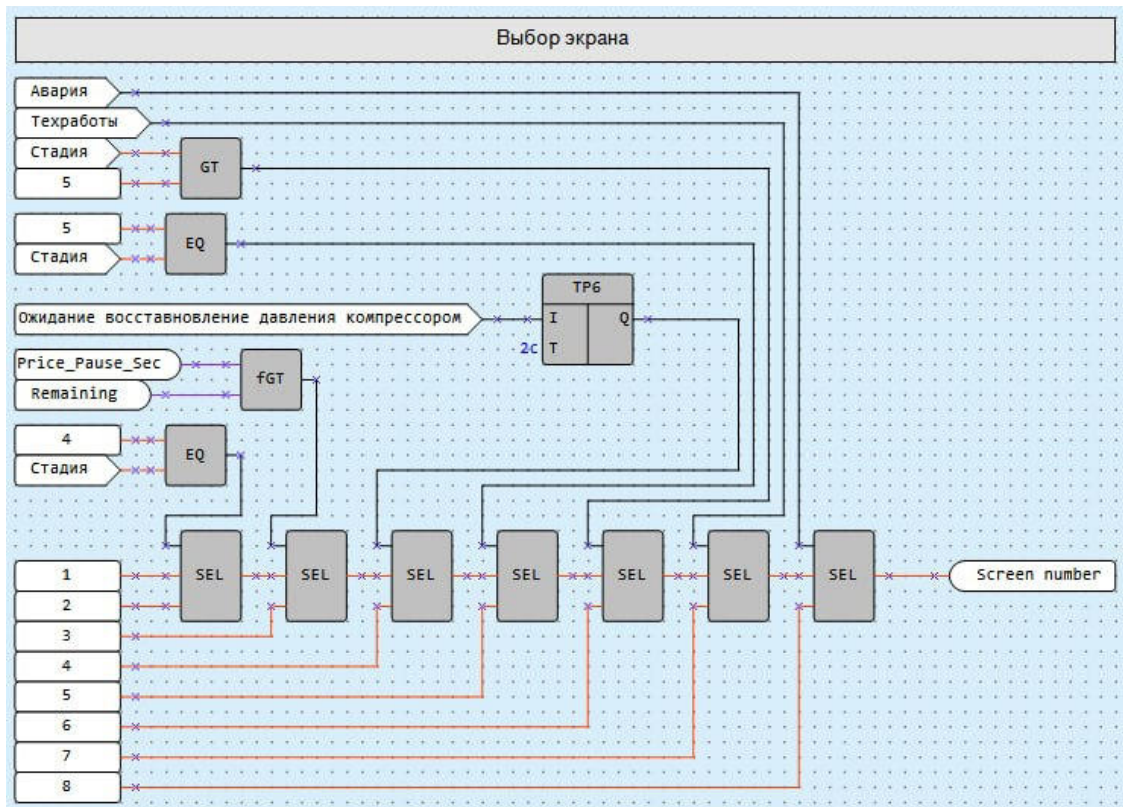
Управление пригласительным светофором

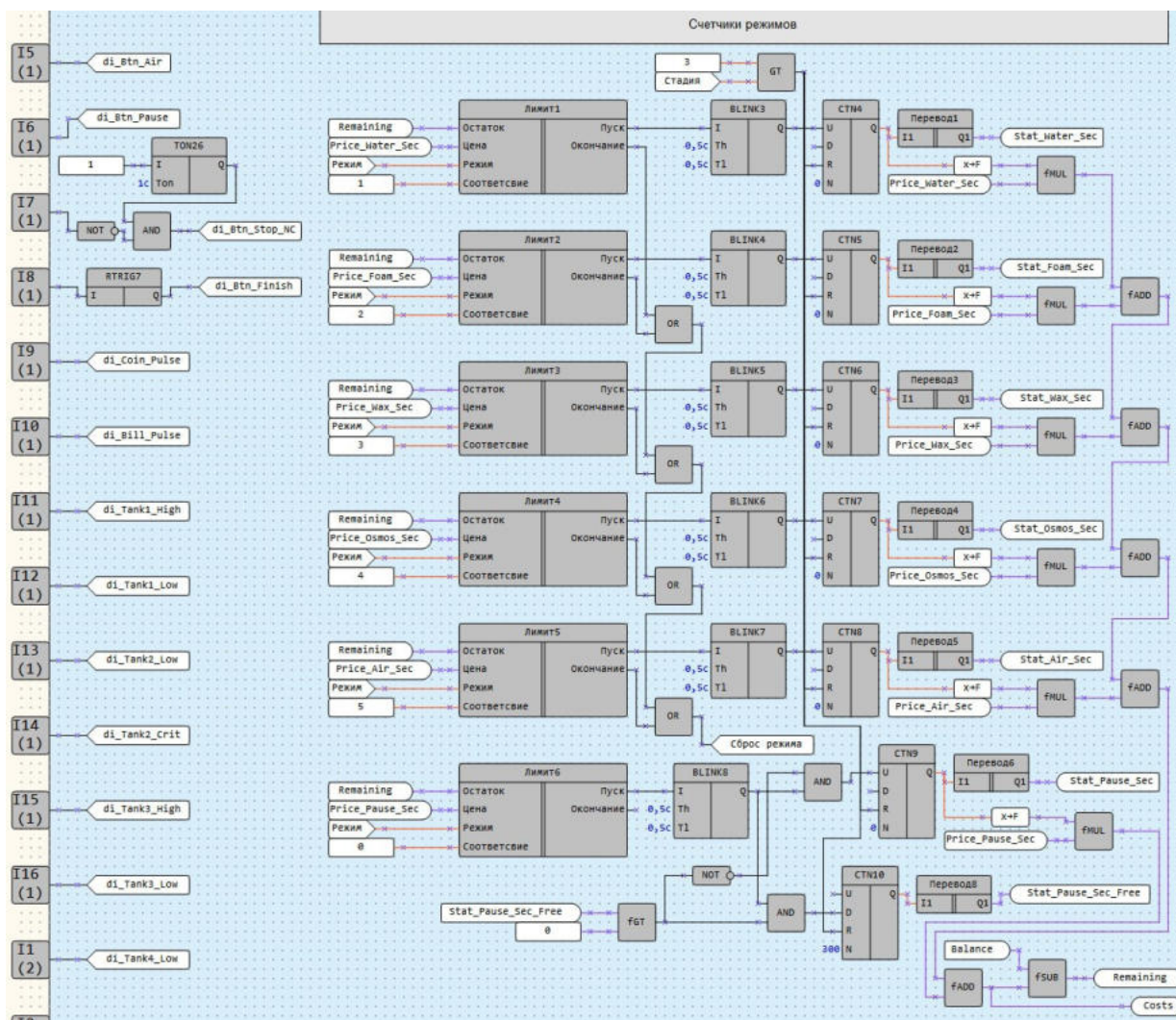


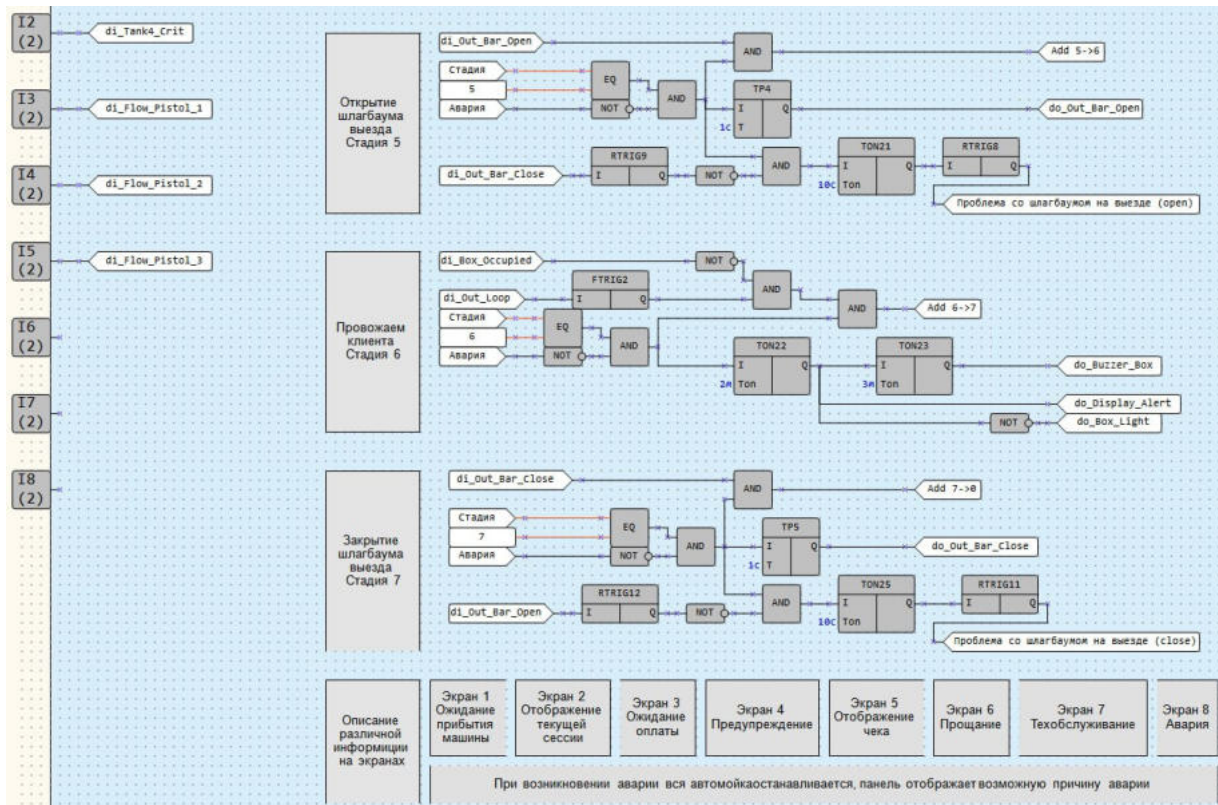
Смена стадии

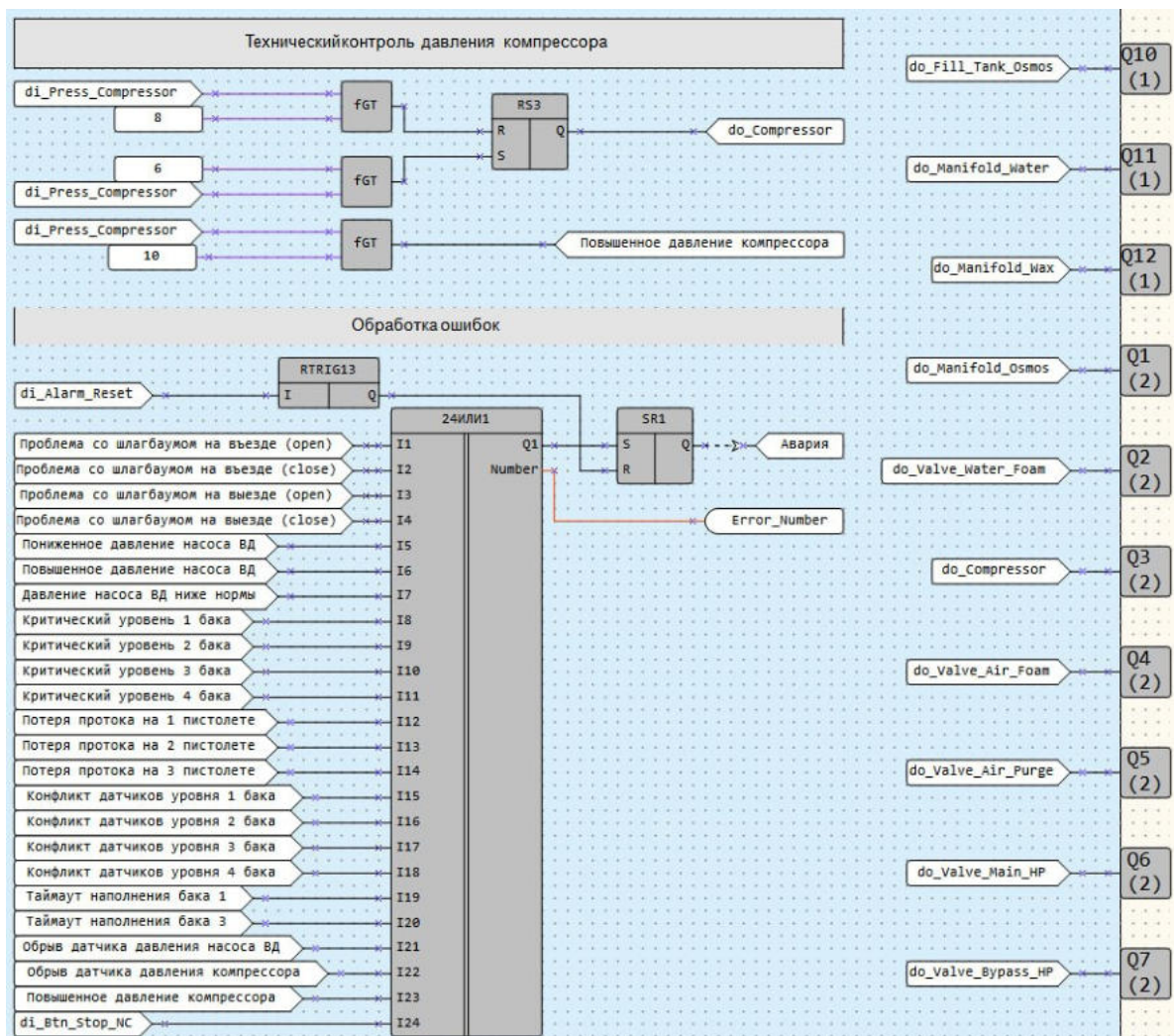




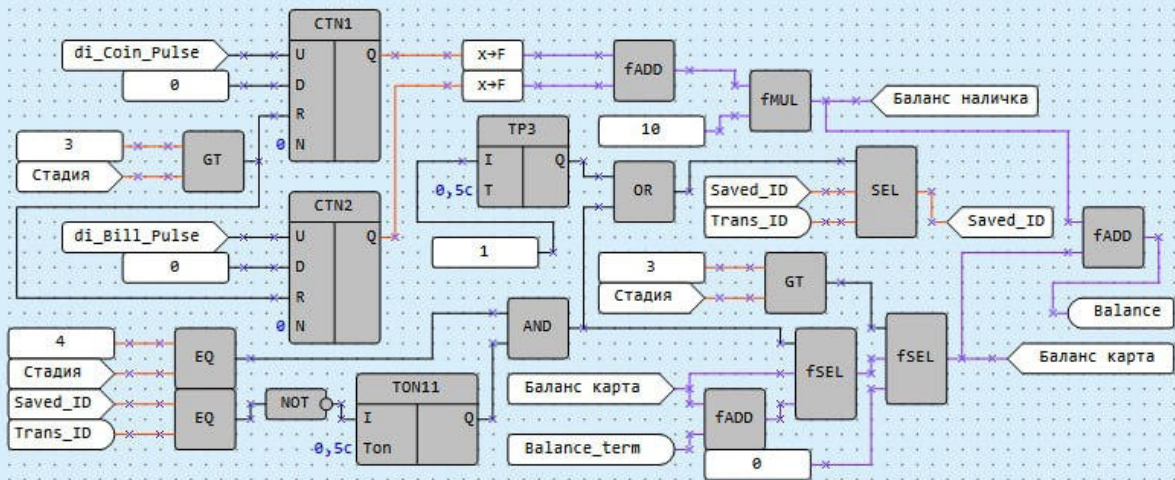




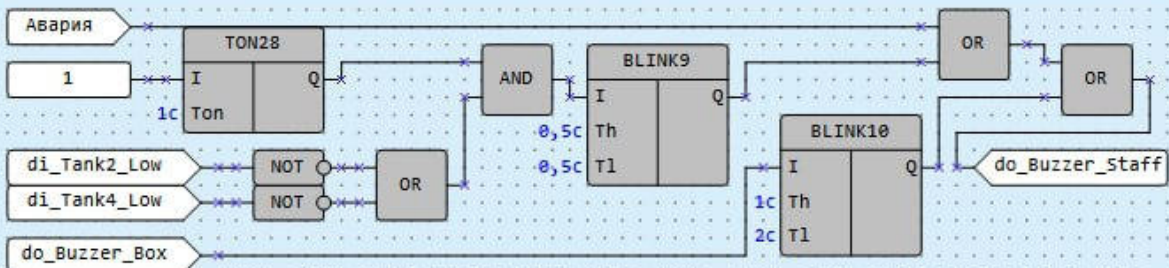




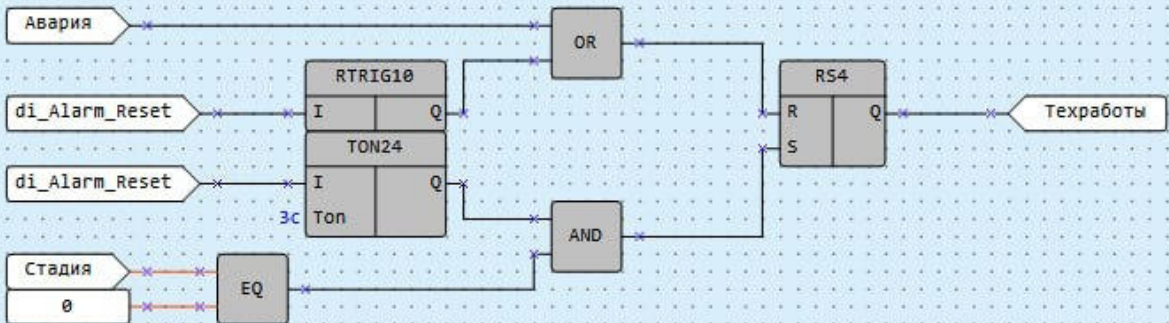
Логика оплаты монетки + купюры + терминал



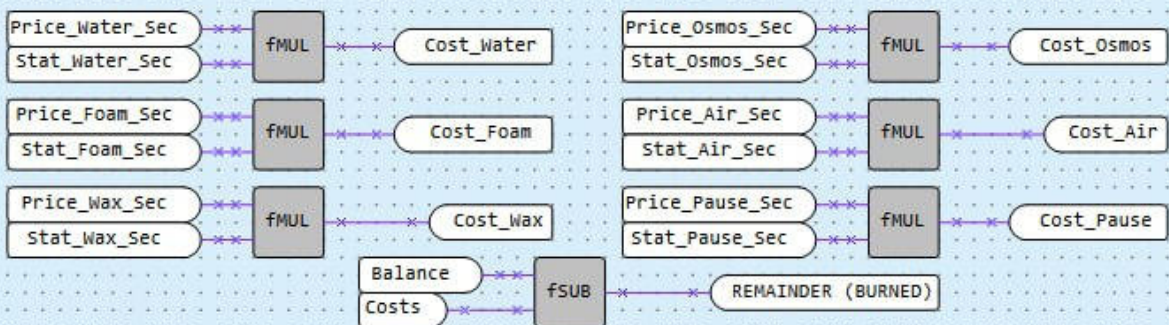
Управление сигнализацией



Переход в режим техобслуживани(выставить цены)



Расчет бюджета



Приложение В

(Обязательное)

Система управления комплексом санитарной обработки транспортных средств

Презентация

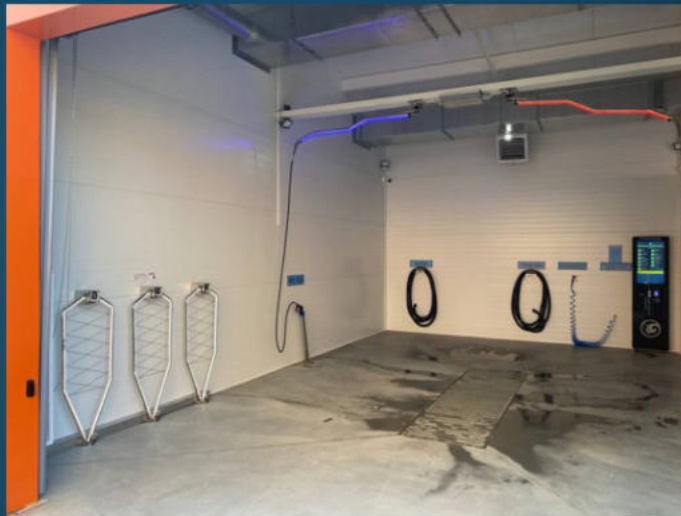




АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМА

Современный рынок услуг самообслуживания растёт, а стоимость воды, химии и электроэнергии постоянно увеличивается. Традиционные методы управления — через релейную логику или простейшие контроллеры — приводят к нерациональному расходу ресурсов и частым авариям.

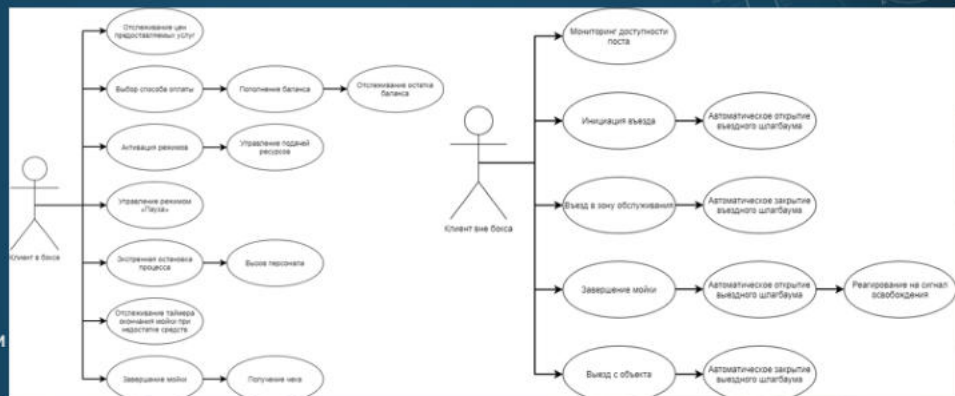
Актуальность работы заключается в необходимости создания надёжной, экономичной и полностью автоматизированной системы, которая будет работать без постоянного присутствия персонала, строго контролировать расход материалов и защищать оборудование от поломок.



ЦЕЛЬ ПРОЕКТА



Цель работы — разработать программу для промышленного логического контроллера, которая реализует полный цикл управления постом мойки: от открытия шлагбаума до расчёта с клиентом и аварийной защиты.



ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- проведён анализ существующих аналогов;
- выбрана оптимальная аппаратная платформа и среда разработки;
- разработана логика на основе конечного автомата;
- реализованы алгоритмы управления насосами, клапанами, платежными системами;
- создан интерфейс для панели оператора;
- выполнено тестирование в режиме симуляции.



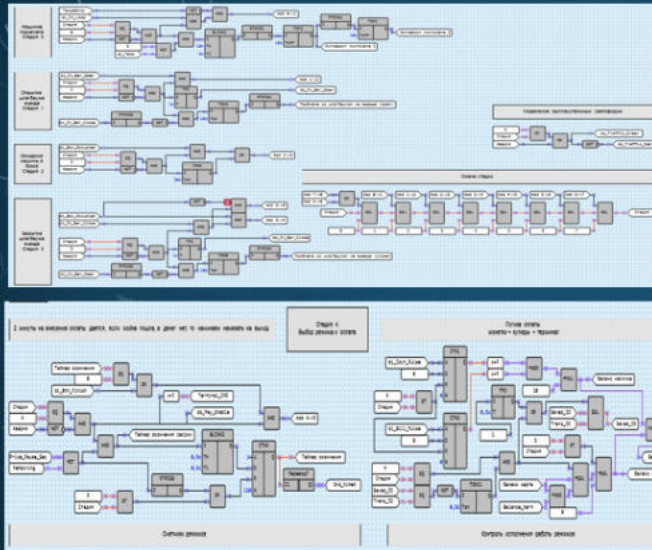
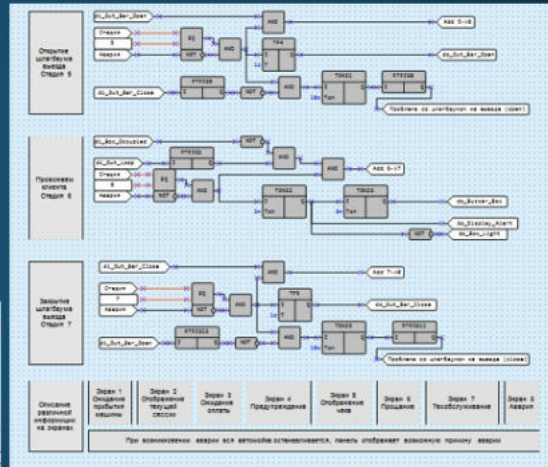
ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ

В качестве аппаратной платформы выбран **контроллер ОВЕН ПР200** с модулями расширения ПРМ-24.6 и ПРМ-24.1. Для взаимодействия с клиентом используется **панель оператора ОВЕН СП270**, а для безналичной оплаты — терминал Vendotek V по протоколу Modbus RTU.

Разработка программы велась в среде визуального программирования **Owen Logic** на языке функциональных блоков FBD.



ОСНОВНЫЕ СТАДИИ РАБОТЫ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ



Интерфейс панели оператора

Режим	Цены	Расход времени	Траты	Баланс
Вода	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00
Пена	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00	Траты
Воск	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00
Осмоз	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00
Обдув	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00
Пауза	0.000000.00	0.000000.00	0.000000.00	Остаток
Бесплатная пауза		0.00		0.000000.00

Пополните баланс

Автомат сдачу не выдает

До окончания сессии 0.00

РЕЖИМ ВРЕМЕННО НЕДОСТУПЕН
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ

Попробуйте еще раз через пару минут

Ожидание клиента

Приятной дороги

АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ

КОД ОШИБКИ: 00

Возможная причина:

Программный сбой, такой ошибки нет

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ



Заключение и перспективы

В ходе работы были достигнуты все поставленные цели.

Перспективы дальнейшего развития:

- подключение к облаку для удалённого мониторинга выручки и состояния оборудования;
- интеграция с системами лояльности (QR-коды, мобильные приложения);
- введение ночных тарифов с помощью встроенных часов реального времени.