

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

Кафедра

вычислительной техники

«Вычислительная техника»

Специальность: 09.05.01 «Применение и эксплуатация
автоматизированных систем специального назначения»

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

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО И
ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫМ ЛИФТОМ

Студент

Исаков Ростислав Валерьевич
(подпись, дата) 05.06.2026 (ФИО полностью)

Руководитель

Тарасов Д.А.
(подпись, дата) 05.06.2026 (фамилия, инициалы)

Консультанты:

ПО

(наименование раздела) (подпись, дата)

(фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр

А.С.Бычков
(подпись, дата) 05.06.2026 (фамилия, инициалы)

Рецензент

(должность, место работы)

наз. УИГ (подпись, дата) 05.06.2026

Севастьянов Д.В. (фамилия, инициалы)

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

Заведующий кафедрой

(подпись)

М.А. Митрохин
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой хорошо (протокол заседания ГЭК от

10 июня 2026 г. № 9)

Секретарь ГЭК

Е.И. Гурин

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

Факультет
вычислительной техники

Кафедра
«Вычислительная техника»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
М.А. Митрохин
« 11 » 02 20 26 г.

ЗАДАНИЕ НА ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

1. Студент Исаков Ростислав Валерьевич гр. 21ВОЭ1 факультета Вычислительной техники

2. Тема работы: «Автоматизированное рабочее место и программа управления промышленным лифтом»

Тема утверждена приказом ПГУ № 122/о от "11.02.2026" 2026 г.

3. Руководитель работы Тарасов Д.А.

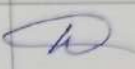
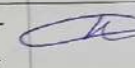
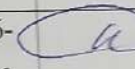
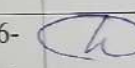
4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.)

Назначением разработки является создание автоматизированной системы управления промышленным лифтом. Система должна обеспечивать автоматическое и ручное управление движением кабины, отображение текущего положения и состояния оборудования, а также немедленную аварийную остановку при возникновении нештатных ситуаций. Исходными данными для разработки служат типовые аналоги систем управления лифтовым оборудованием.

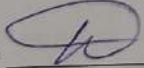
5. Перечень подлежащих разработке вопросов

В ходе выполнения дипломного проекта необходимо провести анализ предметной области и существующих аналогов систем управления лифтовым оборудованием, обосновать актуальность разработки и сформулировать техническое задание. Следует выполнить выбор среды программирования и языка реализации алгоритмов управления, а также целевого программируемого логического контроллера. Необходимо спроектировать архитектуру системы, включая функциональную схему взаимодействия ПЛК с датчиками точного позиционирования, замедления, концевыми выключателями, перегруза и исполнительными механизмами силовыми контакторами, UML-диаграммы деятельности и сценариев использования. Требуется разработать управляющую программу на языке CFC в среде CODESYS 2.3 с реализацией алгоритмов автоматического и ручного управления движением, двухступенчатого замедления с точной остановкой, комплексной аварийной защиты и самокалибровки. Интерфейс оператора должен быть реализован с использованием встроенных средств визуализации CODESYS с отображением текущего этажа, направления движения, состояния дверей, аварийных сигналов и статистической информации. Кроме того, необходимо выполнить конфигурирование ПЛК160, настройку дискретных входов/выходов для управления контакторами двухскоростного асинхронного электродвигателя, а также тестирование разработанной системы на лабораторном стенде. В составе пояснительной записки должны быть представлены разделы по охране труда и экономическому обоснованию проекта.

6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1.	Изучение предметной области и анализ существующих аналогов	40	11.02.2026-16.02.2026	
2.	Анализ требований и постановка задачи	20	17.02.2026-20.02.2026	
3.	Выбор технологий и оборудования (CoDeSys V2.3, CFC, ПЛК-160)	30	21.02.2026-25.02.2026	
4.	Проектирование Функциональной схемы, алгоритмов управления и интерфейса панели оператора	60	26.02.2026-06.03.2026	
5.	Разработка управляющей программы на языке CFC в среде CoDeSys V2.3	80	07.03.2026-27.03.2026	
6.	Конфигурирование ПЛК-160 и создание HMI-интерфейса	80	01.05.2026-11.05.2026	
	Тестирование и отладка программы в режиме эмуляции и на лабораторном стенде	40	12.05.2026-17.05.2026	
	Оформление пояснительной записки (включая БЖД и экономику)	20	18.05.2026-21.05.2026	

Дата выдачи задания " 14 " 02 2026 г.

Руководитель работы  (подпись, дата)

Задание к исполнению принял студент  (подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета  А. Р. Фисов
09.06.2026 (подпись, дата)

Реферат

Пояснительная записка содержит 119 листов, 86 рисунков, 9 таблиц, 12 источников и 3 приложения.

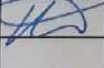
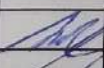
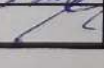
АВТОМАТИЗАЦИЯ, КОНТРОЛЛЕР, ОПЕРАТОР, ОВЕН, ПЛК160, ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ, УПРАВЛЕНИЕ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ.

Основной целью является разработка системы автоматизированного управления промышленным лифтом на базе программируемого логического контроллера. Система должна обеспечивать безопасное и точное перемещение кабины в автоматическом и ручном режимах, контроль перегруза, автоматическую аварийную защиту и сбор статистической информации.

Объектом разработки является управляющая программа для ПЛК и графический интерфейс оператора, которые должны обеспечивать приём и обработку вызовов, определение текущего и целевого этажа, двухступенчатое замедление с точной остановкой, управление силовыми контакторами, а также немедленную остановку лифта при возникновении любой из девяти аварийных ситуаций, включая потерю позиции, движение с открытой дверью, залипание датчиков, выход за пределы шахты и перегруз.

Разработка проводилась в среде программирования CoDeSys 2.3. В качестве языка программирования был выбран графический язык CFC, позволивший наглядно реализовать 28 функциональных сетей программы. Графический интерфейс оператора разработан во встроенном редакторе визуализации CoDeSys.

В результате проведённой работы разработана система, соответствующая поставленной задаче. Разработанная система обеспечивает: полностью автоматическое управление движением лифта, ручной режим с панели оператора, комплексную систему безопасности с девятью независимыми аварийными защитами, режим самокалибровки для восстановления позиции кабины, а также сбор и отображение статистики поездок, аварий и моточасов.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Исаков Р.В		05.06.16	Автоматизированное рабочее место и программа управления промышленным лифтом Пояснительная записка	Лит.	Лист
Провер.		Тарасов Д.А.		05.06.16			Листов
							3
							90
Н. Контр.		Бычков А.С.		05.06.16		ФВТ, каф. ВТ гр. 21ВОЭ1	
Утверд.		Митрохин М.А.		05.06.16			

Содержание

Введение.....	6
1 Программа управления промышленным лифтом.....	8
1.1 Анализ предметной области.....	8
1.1.1 Обзор аналогов.....	10
1.1.2 Анализ требований к разработке.....	12
1.1.3 Требования безопасности и нормативная база разработки.....	14
1.1.4 Выбор архитектуры системы.....	15
1.1.5 Среда разработки CoDeSys V2.....	20
1.1.6 Язык программирования CFC.....	28
1.2 Проектирование и разработка.....	29
1.2.1 Конфигурирование ПЛК160[M02].....	30
1.2.2 Разработка управляющей программы.....	34
1.2.3 Конфигурирование панели управления.....	52
1.3 Анализ результатов.....	63
1.3.1 Тестирование программы в редакторе CoDeSys.....	63
1.3.2 Тестирование и отладка интерфейса панели оператора.....	68
2 Охрана труда.....	71
2.1 Анализ негативных факторов, воздействующих на оператора ПЭВМ.....	71
2.1.1 Оборудование рабочего места.....	72
2.1.2 Освещенность рабочего места.....	74
2.1.3 Электробезопасность.....	74
2.1.4 Пожарная безопасность.....	75
2.1.5 Режим труда и отдыха.....	76
2.2 Меры безопасности при работе с ПЛК160 и панелью оператора.....	78
2.3 Психофизиологические нагрузки и профилактика утомления.....	79
3 Экономика.....	81
3.1 Цель и задачи экономического обоснования.....	81
3.2 Расчет затрат на разработку системы.....	81

3.2.1 Трудоемкость разработки	82
3.2.2 Расчет заработной платы разработчика	82
3.2.3 Стоимость оборудования и комплектующих	83
3.2.4 Прочие затраты.....	84
3.2.5 Полная себестоимость разработки	84
3.3 Капитальные затраты на внедрение.....	84
3.4 Расчет эксплуатационных расходов	85
3.5 Вывод по экономической части.....	85
Заключение.....	87
Список использованных источников.....	89
Приложение А – UML–диаграммы.....	90
Приложение Б – Схемы функциональных блоков программ.....	97
Приложение В – Презентация.....	110

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе используются следующие сокращения и обозначения

МЭК (Международная электронная комиссия) – международная некоммерческая организация по стандартизации в области электрических, электронных и смежных технологий.

ПЛК (Программируемый логический контроллер) – цифровая электронная система, использующая программируемую память для хранения пользовательских программ и данных.

ПР (Программируемое реле) – это устройство, которое работает точно также, как логический контроллер, и отличается от промышленного контроллера только вычислительной мощностью, количеством входов-выходов, коммуникационными возможностями, объёмом памяти программ.

ПЭВМ (Персональная электронно-вычислительная машина) – это устройство, которое предназначено для автоматической обработки информации с использованием электронных компонентов.

CFC (Continuous Function Chart) – язык функциональных блочных диаграмм, графический язык программирования ПЛК стандарта МЭК 61131-3.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора.

UML (Unified Modeling Language) – унифицированный язык моделирования.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Введение

Современное промышленное производство и складскую. логистику невозможно представить без эффективного функционирования подъемно-транспортного оборудования. Одним из ключевых элементов инфраструктуры любого предприятия является промышленный лифт, обеспечивающий вертикальное перемещение грузов. В условиях интенсивной эксплуатации и высоких требований к надежности, необходимость автоматизации процессов управления лифтовым хозяйством становится критически важной задачей.

В зависимости от специфики производства и архитектуры здания, требуется внедрение специализированного оборудования и реализация технологических решений, обеспечивающих бесперебойную работу. С ростом промышленных мощностей и этажности зданий возрастает сложность технических систем, что ведет к появлению потенциальных неполадок: от механического износа до сбоев в логике работы системы управления. Важнейшими характеристиками работы промышленного лифта являются точность позиционирования, скорость перемещения и безопасность транспортировки. Нарушение этих параметров из-за некорректной работы привода, отсутствия средств диагностики снижает производительность и может привести к аварийным ситуациям.

Чтобы избежать данных проблем, эффективным решением является разработка и внедрение автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора совместно со специализированной программой управления. Такой подход позволяет не только улучшить работу подъемной системы, но и значительно снизить расходы на обслуживающий персонал, а также минимизировать влияние человеческого фактора за счет автоматизации рутинных операций и предаварийной диагностики. При управлении техническим устройством, оператор и оборудование должны рассматриваться как единая человеко-машинная система. Основной задачей управления является преобразование команд оператора в корректные воздействия на приводы, а также предоставление полной и достоверной информации о состоянии механизмов лифта в режиме реального времени.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Разрабатываемая система управления не может функционировать как целостный организм без комплекса вспомогательных устройств, датчиков и исполнительных механизмов. Однако, центральным звеном, связывающим человека и технологический процесс, является программа управления, интегрированная в автоматизированное рабочее место. Это взаимодействие реализуется через человеко-машинный интерфейс (HMI). В контексте промышленных объектов подобные системы часто относят к классу SCADA-систем (Supervisory Control And Data Acquisition), что означает «диспетчерское управление и сбор данных», поскольку они позволяют не только управлять, но и накапливать данные о работе лифта.

Во время технологического процесса программа управления получает данные от датчиков положения кабины, конечных выключателей и датчиков загрузки, после чего автоматически обрабатывает по заданным алгоритмам, либо предоставляет оператору возможность дистанционного ручного управления через интерфейс АРМ по промышленной сети.

В свою очередь, графический экран автоматизированного рабочего места позволяет оператору корректно оценить ситуацию на объекте, наблюдать за перемещением груза в реальном времени и при необходимости оперативно изменять параметры технологического процесса, обеспечивая тем самым высокую производительность и безопасность грузоперевозок на предприятии.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Программа управления промышленным лифтом

1.1 Анализ предметной области

В современных условиях промышленные и гражданские объекты невозможно представить без надёжных подъёмно-транспортных механизмов. Лифтовое оборудование является критически важным элементом инфраструктуры производственных цехов, складских комплексов, административных зданий и жилых домов. От бесперебойности и безопасности его работы зависят как производственные процессы, так и жизнь людей.

Традиционные релейно-контакторные системы управления лифтами, широко распространённые в предыдущие десятилетия, обладают рядом существенных недостатков: громоздкость, сложность модернизации, ограниченные возможности диагностики, высокое энергопотребление цепей управления и, как следствие, низкая надёжность. При выходе из строя одного элемента поиск неисправности в релейном шкафу может занимать часы, что ведёт к длительным простоям оборудования.

Современные системы на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК) позволяют изменить подход к управлению лифтом. Переход на ПЛК обеспечивает:

- сокращение количества электромеханических компонентов (реле, таймеров, промежуточных контакторов);
- реализацию сложных алгоритмов управления на языках стандарта МЭК 61131-3 (в том числе CFC);
- гибкую систему диагностики и аварийной защиты с детерминированным временем реакции;
- возможность сбора и хранения статистической информации о работе оборудования;
- простоту масштабирования и модернизации (добавление этажей, изменение логики).

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ключевой задачей системы управления лифтом является обеспечение безопасного и комфортного перемещения кабины между этажами с точным позиционированием. Для этого система должна непрерывно обрабатывать сигналы от датчиков точной остановки, датчиков замедления, концевых выключателей.

Критически важным требованием является обеспечение безопасности груза. Система должна автономно, без участия оператора, отслеживать следующие аварийные ситуации:

- потеря позиции кабины;
- движение с открытыми дверями;
- залипание датчиков точной остановки и замедления;
- выход кабины за пределы допустимой зоны;
- превышение допустимой массы груза.

При фиксации любой из перечисленных ситуаций система должна немедленно снимать управляющие сигналы с силовых контакторов и переводить лифт в безопасное состояние.

Особенностью лифтового оборудования является работа в повторно-кратковременном режиме с частыми пусками и остановками. Это предъявляет повышенные требования к алгоритмам замедления перед целевым этажом: слишком резкое торможение увеличивает износ механических узлов, а недостаточное – приводит к неточной остановке. В классических системах с двухскоростным асинхронным двигателем эта задача решается установкой датчиков замедления между этажами, по сигналу которых контроллер переключает двигатель с быстрой обмотки на медленную.

Дополнительным требованием является возможность ручного управления лифтом с панели оператора. Это необходимо при проведении пусконаладочных работ, технического обслуживания и в нештатных ситуациях. В ручном режиме оператор должен иметь возможность напрямую задавать направление и скорость движения при соблюдении всех блокировок безопасности.

Также актуальной является задача самокалибровки лифта после сбоев

питания или ремонтных работ. Система должна предоставлять оператору возможность запустить автоматическую процедуру определения положения кабины путём перемещения до нижнего концевого выключателя с последующей фиксацией на первом этаже.

Таким образом, система управления лифтом на базе ПЛК с языком программирования CFC в среде CoDeSys 2.3 должна быть ориентирована на:

- циклический сбор и обработку сигналов с датчиков с гарантированным временем реакции;
- реализацию алгоритмов автоматического и ручного управления движением;
- комплексную систему аварийной защиты с немедленной блокировкой движения;
- контроль перегруза кабины;
- режим самокалибровки для восстановления позиции после сбоя;
- сбор статистической информации (поездки, циклы двери, аварии, моточасы);
- возможность масштабирования на различное количество этажей.

1.1.1 Обзор аналогов

Для обоснования выбора архитектуры системы управления проводится SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении сильных и слабых сторон, возможностей и угроз объекта исследования.

В качестве систем-аналогов рассмотрены четыре архитектуры управления лифтовым оборудованием: программируемые реле, релейно-контакторная логика, автоматика на жёсткой логике и автоматика на базе ПЛК. В таблице 1 приведён их SWOT-анализ.

Таблица 1 – SWOT-анализ систем аналогов

Название	Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности	Угрозы
Программируемые реле	Компактность, цена, простота освоения	Ограниченный ресурс	Идеально для автоматизации и небольших подъёмников	Попытка использовать на сложном объекте приведет к сбоям в логике
Релейно-контакторная логика	Абсолютная ремонтпригодность, высокая помехозащищенность	Механический износ, энергопотребление, сложность модернизации	Использование в качестве дублирующей системы безопасности, применение на взрывоопасных производствах	Деграция изоляции проводов со временем. исчезновение специалистов
Автоматика на жесткой логике	Низкая цена, компактность, быстрая замена	Отсутствие гибкости, зависимость от производителя, сложность диагностики	Подходит для типовых решений на стандартных объектах	Риск санкций или прекращения поставок импортных комплектующих, отсутствие возможности адаптировать лифт под изменившиеся условия производства
Автоматика на базе ПЛК	Масштабируемость, гибкость, надежность. Сетевая интеграция	Стоимость, квалификация персонала, сложность восстановления	Построение сложных алгоритмов управления	Кибербезопасность, устаревание элементной базы

Для подведения итогов стоит определить, что основными сильными сторонами рассмотренных вариантов автоматизации являются высокая надежность релейных схем в условиях сильных помех и гибкость настройки ПЛК под нестандартные задачи промышленного производства. Также можно выделить энергоэффективность частотно-регулируемых приводов и экономию на кабельной продукции в распределенных системах.

Слабыми сторонами зачастую являются механический износ релейных

контактов и высокое энергопотребление старых систем, но также встречается сложность диагностики специализированных плат и уязвимость промышленных компьютеров к вирусам и перегреву.

Возможностями для совершенствования данных систем автоматики может стать внедрение алгоритмов предиктивной аналитики для ПЛК, улучшение интерфейсов удаленного мониторинга.

Для разработки системы управления промышленным лифтом выбрана архитектура на базе ПЛК в среде CoDeSys 2.3. Данный выбор обусловлен необходимым набором реализуемых функций и возможностью дальнейшего масштабирования системы.

1.1.2 Анализ требований к разработке

В рамках данного проекта разрабатывается программа управления и автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера для контроля промышленного лифта на базе программируемого логического контроллера (ПЛК). Данное решение имеет широкие перспективы применения как на крупных промышленных предприятиях и складских комплексах, так и в небольших производственных цехах, в том числе в условиях, характеризующихся повышенной вибрацией, запылённостью и другими неблагоприятными для точной электроники факторами.

Для обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации лифтового оборудования разрабатываемая система должна реализовывать следующий функционал:

- определение текущего положения кабины по сигналам датчиков точной остановки;
- автоматическое определение направления движения и выбор целевого этажа;
- управление двухскоростным асинхронным электродвигателем через силовые контакторы (вверх, вниз, быстрая скорость, медленная скорость);

- автоматическое замедление перед целевым этажом по сигналам датчиков замедления;
- точную остановку кабины на этаже по сигналам датчиков позиционирования;
- ручной режим управления с панели оператора;
- контроль перегруза кабины по сигналу от устройства УКП-4МС с блокировкой движения и принудительным открытием дверей;
- комплексную систему аварийной защиты, включающую контроль потери позиции, движения с открытой дверью, одновременного включения контакторов направления, залипания датчиков, выхода кабины за пределы шахты;
- режим самокалибровки для автоматического восстановления позиции кабины после сбоя питания или ремонтных работ;
- сбор и отображение статистической информации (количество поездок, циклы двери, количество аварий, моточасы);
- вывод сообщений об ошибках и нештатных ситуациях (срабатывание аварийных защит, перегруз, отказы датчиков);
- понятный и интуитивный интерфейс взаимодействия с оператором (HMI), позволяющий задавать режимы работы, отслеживать состояние механизмов и просматривать накопленную статистику.

Помимо программной части, для обеспечения работоспособности системы управления помимо контроллера потребуются вспомогательные компоненты: датчики точной остановки, датчики замедления, концевые выключатели, датчик перегруза, силовые контакторы, панель оператора, коммутационная аппаратура и соединительные провода. Программное обеспечение операторской станции разрабатывается для работы под управлением операционной системы Windows 11 x64. В состав аппаратной части проектируемой системы входят:

- датчики (положения DTO, замедления DZ, концевые выключатели DNE/DVE, весовой датчик УКП-4МС);

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- силовые контакторы для коммутации цепей двухскоростного электродвигателя;
- промежуточные реле и пускатели для коммутации силовых цепей привода;
- панель оператора (НМИ) для визуализации и управления.

1.1.3 Требования безопасности и нормативная база разработки

Поскольку проектируемая система относится к объектам повышенной опасности (грузоподъемные механизмы), ее разработка, элементы конструкции и программирование логики должны строго соответствовать действующей нормативно-технической документации. Основопологающим документом является Технический регламент Таможенного союза «Безопасность лифтов» (ТР ТС 011/2011), который устанавливает минимально необходимые требования к безопасности лифтов и устройств управления ими.

При проектировании аппаратной части и выборе компонентов (ПЛК, датчики, коммутационная аппаратура) необходимо руководствоваться стандартами ГОСТ 12.2.007.0-75 [5], ГОСТ 31565-2012 [6] и ГОСТ 14254-2015 [7].

В части разработки программного обеспечения управления и функций безопасности следует опираться на стандарты ГОСТ Р МЭК 61513-1-2018 [8] и ГОСТ 34442-2018 [9].

Таким образом, разрабатываемая система АРМ диспетчера и программа управления на базе ПЛК должны обеспечивать выполнение требований этих нормативных документов, особенно в части:

- надежной защиты от перегрузки кабины (контроль весовых датчиков с блокировкой пуска);
- контроля целостности цепей безопасности (концевые выключатели, аварийный тормоз) с выдачей приоритетных сообщений об ошибках;
- обеспечения электробезопасности при взаимодействии оператора с АРМ;
- точности позиционирования, исключающей образование порогов и травмоопасных зон между кабиной и этажной площадкой.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

1.1.4 Выбор архитектуры системы

Чтобы организовать корректное взаимодействие между пользователем и ПЛК, рабочий цикл контроллера разбивается на несколько последовательно выполняемых этапов:

- логическое состояние дискретных входов автоматически считывается в ячейки памяти входов. Количество задействованных входов определяется числом подключённых устройств: этажные кнопки вызовов BTN_Call_1...BTN_Call_4, датчики точной остановки DI_DTO_1...DI_DTO_4, датчики замедления DI_DZ_Up_12...DI_DZ_Dn_21, концевые выключатели DI_DNE и DI_DVE, датчик перегруза DI_Overload (УКП-4МС), кнопки панели оператора (выбор режима, ручное управление, калибровка, сброс счётчиков);
- программа, разработанная на языке CFC (28 функциональных сетей), считывает значения из ячеек памяти входов и выполняет над ними логические операции в соответствии с алгоритмом управления: регистрация вызовов, определение текущего и целевого этажа, выбор направления движения, обработка сигналов датчиков замедления, контроль аварийных ситуаций, режим самокалибровки, сбор статистики;
- после обработки всех сетей результаты записываются на физические выходы контроллера: силовые контакторы DO_KM1_Up (вверх), DO_KM2_Dn (вниз), DO_KM3_Fast (быстрая скорость), DO_KM4_Slow (медленная скорость), управление дверью Door_Open;
- по завершении цикла контроллер переходит к первому шагу, и описанная последовательность повторяется. Время выполнения полного цикла зависит от сложности алгоритма и составляет единицы миллисекунд, что обеспечивает детерминированную реакцию системы на события в режиме реального времени [1].

Функциональная схема выполнения программы на ПЛК показана на рисунке 1.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

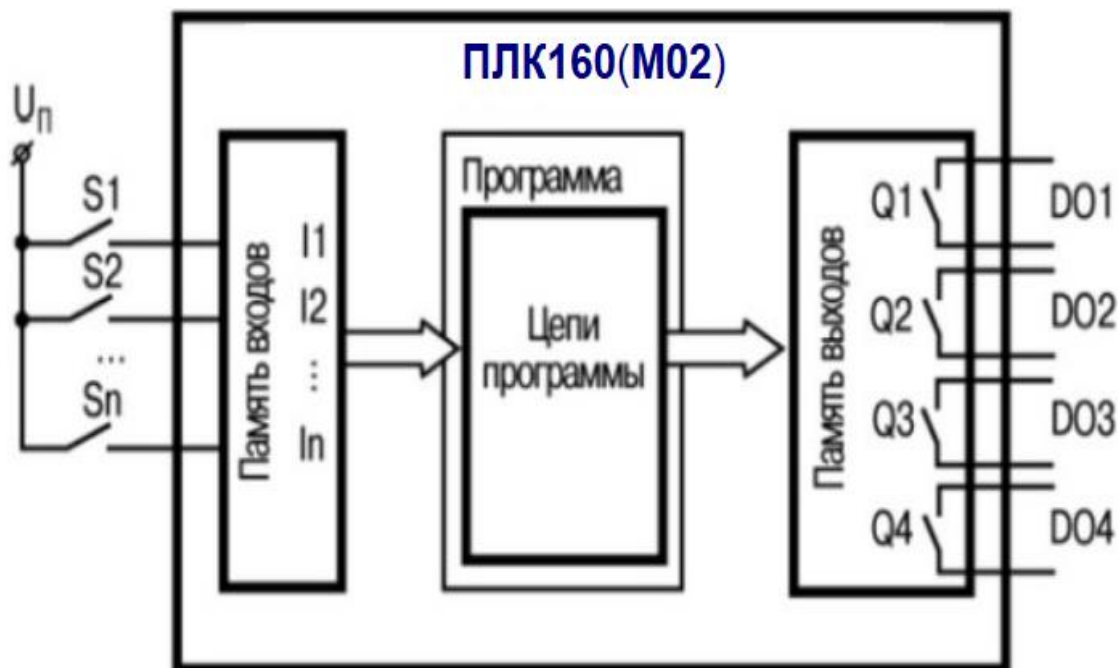


Рисунок 1 – Функциональная схема выполнения программы ПЛК

Исходя из требуемого функционала, планируемой архитектуры проекта и выбранной целевой платформы был определён следующий набор инструментов разработки: язык функциональных блокковых диаграмм CFC (Continuous Function Chart) стандарта МЭК 61131-3, среда разработки CoDeSys 2.3, встроенный конфигуратор панели оператора (HMI), ОС Microsoft Windows 10.

Функциональная схема автоматизированной системы управления промышленным лифтом представлена на рисунке 2, а также ниже приведено описание алгоритма работы системы и подключения её компонентов.

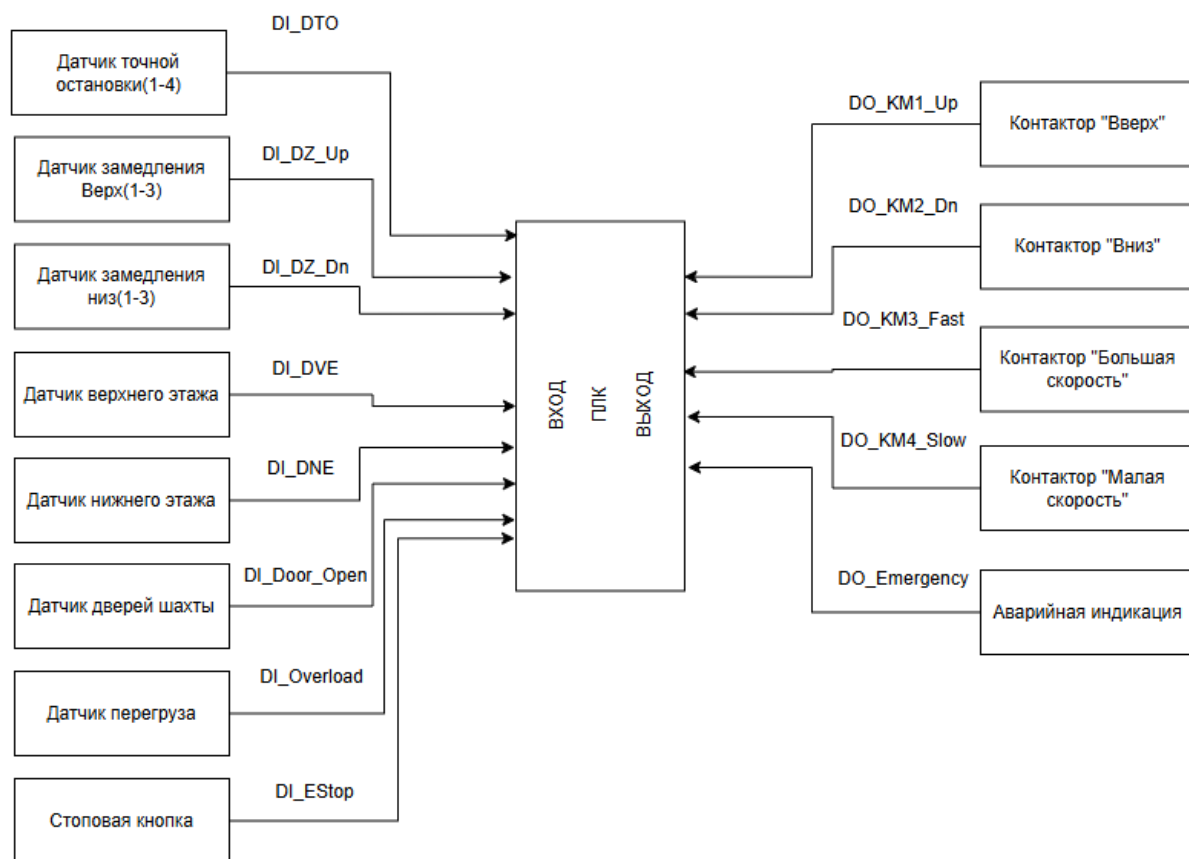


Рисунок 2 – Функциональная схема автоматизированной системы управления промышленным лифтом

Алгоритм работы данной схемы:

Сначала необходимо подключить все датчики и исполнительные механизмы к ПЛК для получения данных, необходимых для обработки и формирования выходных сигналов, обеспечивающих корректную и безопасную работу лифта.

Для определения текущего положения кабины на каждом этаже установлены датчики точной остановки DI_DTO_1...DI_DTO_4. Сигналы с них поступают в ПЛК, где обрабатываются RS-триггерами, формирующими флаг текущего этажа, который отображается на панели оператора.

Для обеспечения плавного торможения перед целевым этажом используются датчики замедления DZ, расположенные между этажами. При их срабатывании ПЛК переключает электродвигатель с быстрой обмотки на медленную, снижая скорость кабины до ползучей и обеспечивая точную остановку.

Концевые выключатели DI_DNE (нижний) и DI_DVE (верхний)

предназначены для предотвращения выхода кабины за пределы допустимой зоны перемещения. При срабатывании любого из них система немедленно блокирует движение и формирует аварийный сигнал.

Датчик перегруза УКП-4МС контролирует массу груза в кабине. При превышении допустимого значения движение лифта блокируется, двери принудительно удерживаются открытыми, включается световая сигнализация на панели оператора.

Кнопки панели оператора обеспечивают переключение режимов работы (автоматический/ручной), ручное управление направлением и скоростью (BTN_ManUp, BTN_ManDown, BTN_ManFast, BTN_ManSlow), запуск режима самокалибровки (BTN_Calibration) и сброс счётчиков статистики (BTN_ResetCounters).

Аварийная кнопка и система аварийных защит (9 независимых проверок) обеспечивают экстренную остановку лифта при возникновении любой нештатной ситуации: потеря позиции, движение с открытой дверью, одновременное включение контакторов направления, залипание датчиков DTO и DZ, выход за пределы шахты, перегруз.

Силовые контакторы КМ1–КМ4 управляют двухскоростным асинхронным электродвигателем: КМ1 включает движение вверх, КМ2 – вниз, КМ3 – быструю обмотку, КМ4 – медленную обмотку. Переключение скоростей происходит автоматически по сигналам датчиков замедления.

Световая сигнализация предназначена для визуального оповещения оператора о нештатных ситуациях. Вся информация о текущем состоянии лифта (этаж, направление, режим, аварии, статистика) отображается на графическом интерфейсе панели оператора.

Создание графического интерфейса панели оператора для взаимодействия с пользователем.

1.1.5 Среда разработки CODESYS V2

В качестве среды разработки, исходя из основной платформы проекта, была

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

взята CODESYS V2.3. Со встроенным созданием графического интерфейса.

CODESYS 2.3 – бесплатная среда программирования (IDE), поддерживающая создание алгоритмов для широкого спектра промышленных контроллеров. В зависимости от установленных целевых платформ может использоваться для программирования устройств ОВЕН (например, ПЛК160), а также контроллеров других производителей, работающих на базе исполняющей системы CODESYS 2.3 [3].

Среда позволяет пользователю разработать программу автоматизации по собственному алгоритму, отладить её с помощью встроенных инструментов симуляции и записать в энергозависимую память контроллера [2]. Для составления программы используется графический язык SFC стандарта МЭК 61131-3.

Данная среда программирования бесплатна, распространяется через сайт производителя ОВЕН, который показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Страница загрузки среды программирования на сайте производителя

Страница CoDeSys на сайте, помимо ссылки для загрузки исполняемого файла установки, содержит описание функционала, информацию о системных требованиях, ссылки на техническую документацию и форму обратной связи. Чтобы начать загрузку среды CoDeSys, требуется выбрать нужную версию в

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

соответствующем разделе страницы (рисунок 4).

Среда программирования	
CODESYS версия 2.3.9.41 (Русифицированная версия)	Скачать
Русификатор для CoDeSys (для версии 2.3.8.1)	Скачать
CODESYS версия 2.3.8.1 (Англоязычная версия)	Скачать

Рисунок 4 – Область загрузки среды программирования на сайте

После нажатия кнопки “Скачать” начинается загрузка архива, содержащего исполняемый файл установки CodeSys V2.3. Процесс загрузки представлен на рисунке 5.

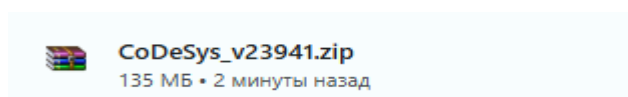


Рисунок 5 – Загрузка архива с установочным файлом
среды программирования

По завершении загрузки архив необходимо разархивировать. Установка начинается после запуска исполняемого файла (версия ПО периодически обновляется). Процесс установки среды программирования CoDeSys представлен на рисунках 6–9.

После запуска установочного файла открывается окно CoDeSys for Automation Alliance, начинается автоматическая подготовка к установке (рисунок 6).

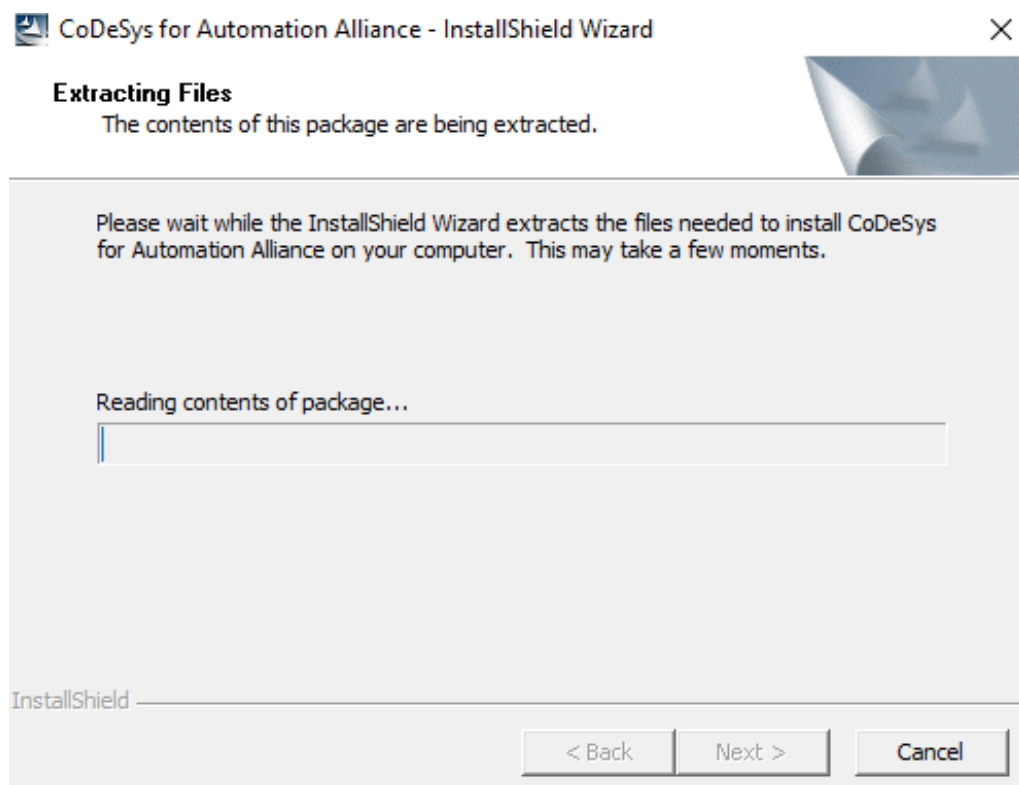


Рисунок 6 – Окно установки CoDeSys

Далее, на рисунке 7, требуется выбрать тип установки выборочный переустановка, либо удаление, если среда была ранее установлена.

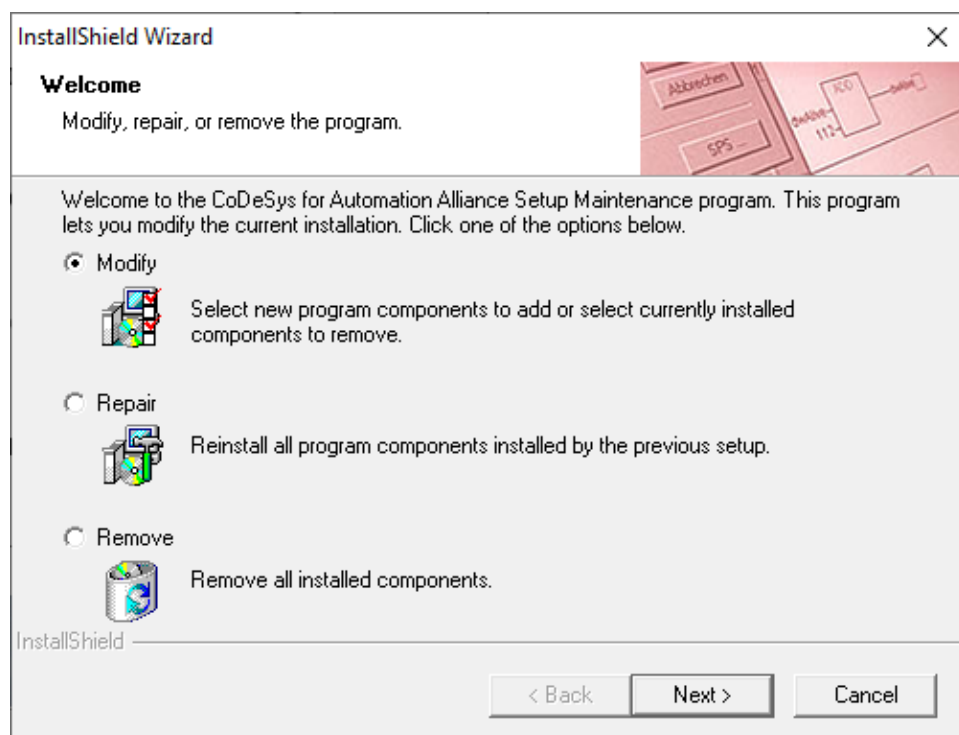


Рисунок 7 – Выбор типа установки

На рисунке 8 представлено окно с выбором определенных файлов для установки среды.

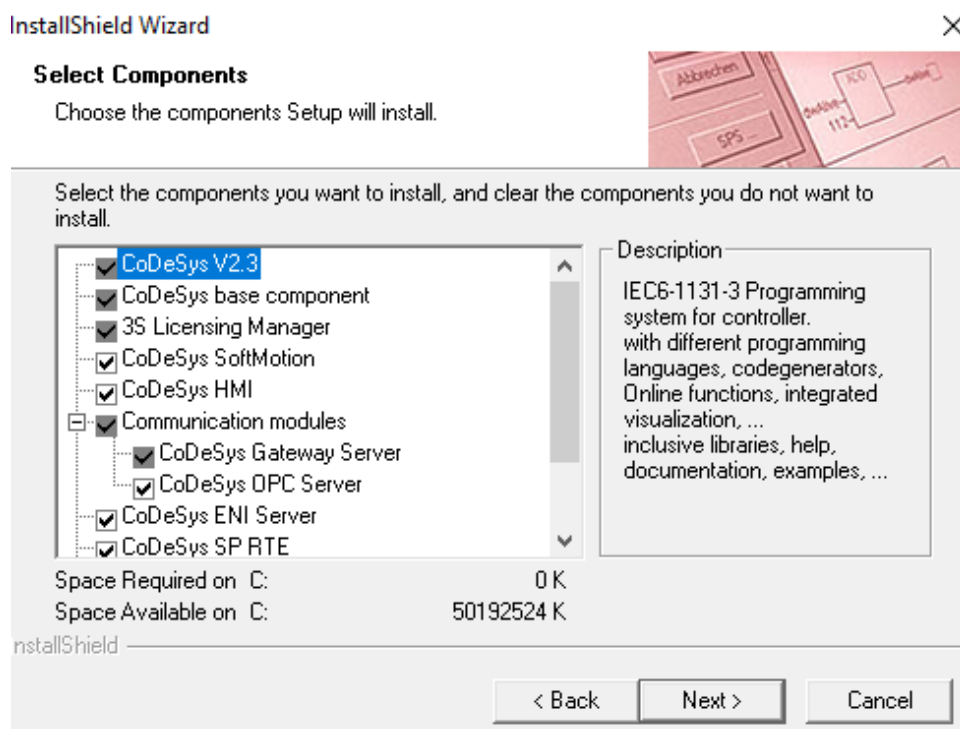


Рисунок 8 – Окно выбора файлов для среды CodeSys

На рисунке 9 показано окно установки самой среды

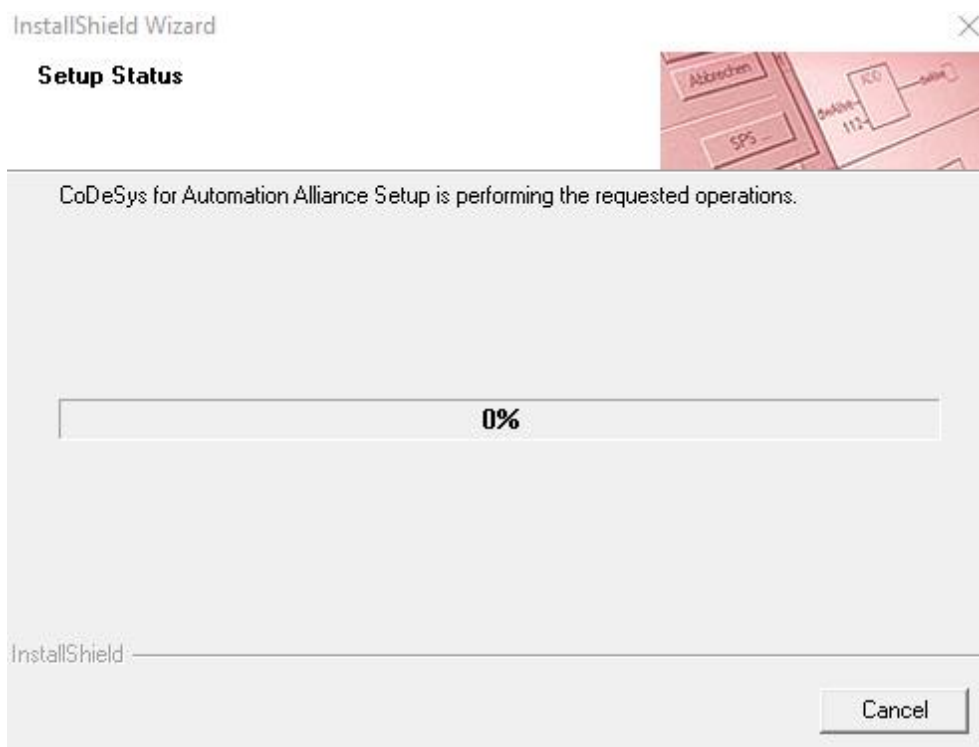


Рисунок 9 – Окно окончания установки

На рисунке 10 показано Главное окно, открывающееся после запуска CodeSys.



Рисунок 10 – Окно CodeSys

Для настройки среды программирования CodeSys требуется создать новый проект через меню “Файл”, как это показано на рисунке 11. Без создания нового проекта большая часть основных функций среды будет недоступна.

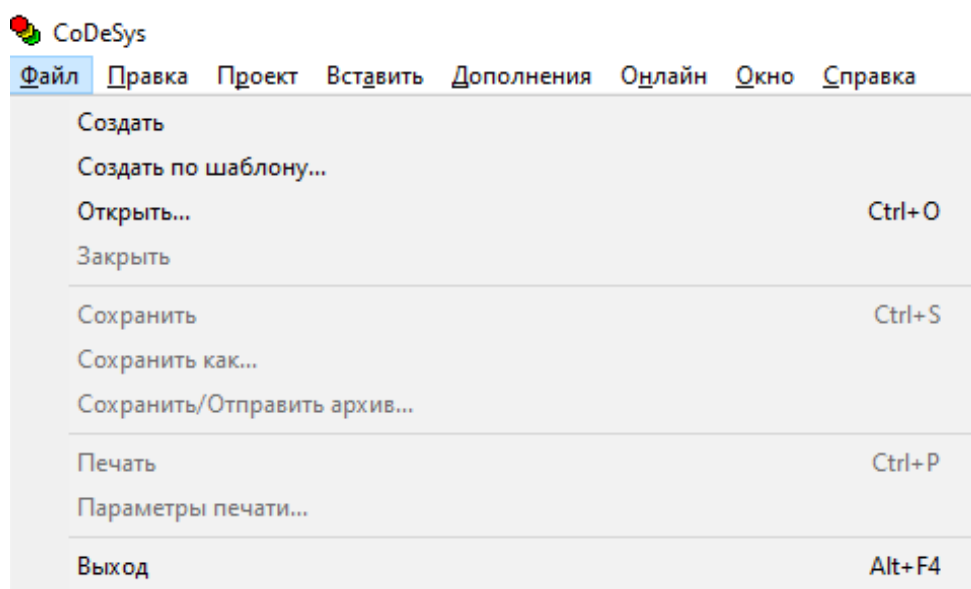


Рисунок 11 – Начало создания нового проекта в среде CodeSys

На рисунке 12 показана панель инструментов среды программирования CodeSys.

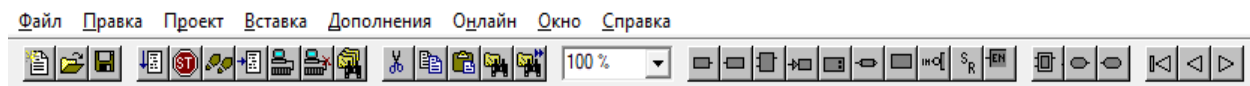


Рисунок 12 – Панель инструментов CodeSys

Для запуска проекта в режиме эмуляции необходимо на панели инструментов открыть через меню “Онлайн”, как это показано на рисунке 13, и выбрать пункт “Режим эмуляции”.

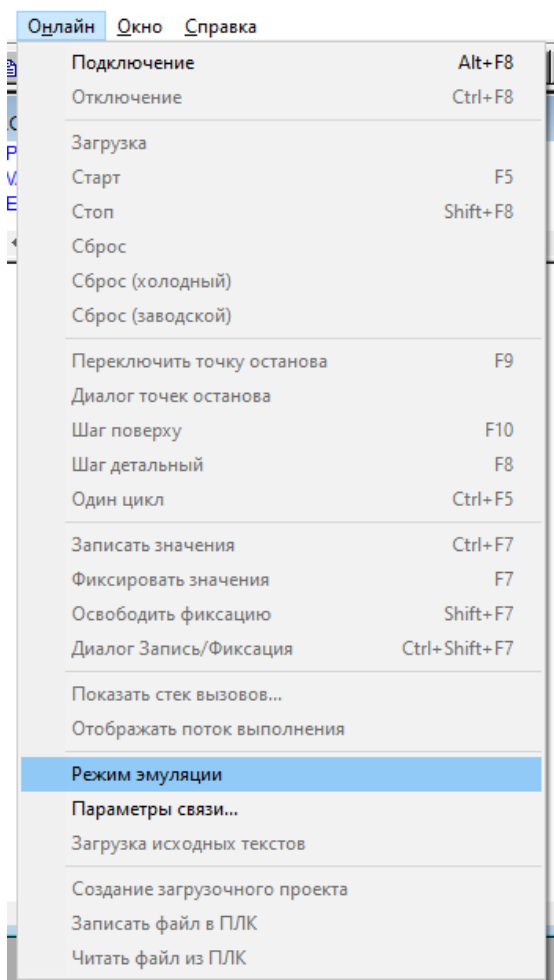


Рисунок 13 – Выбор режима эмуляции

Также в данной среде можно настроить выбранный ПЛК, перейдя по вкладке “Ресурсы”, можно задать ему переменные во вкладке “Конфигурация ПЛК”, как представлено на рисунке 14.

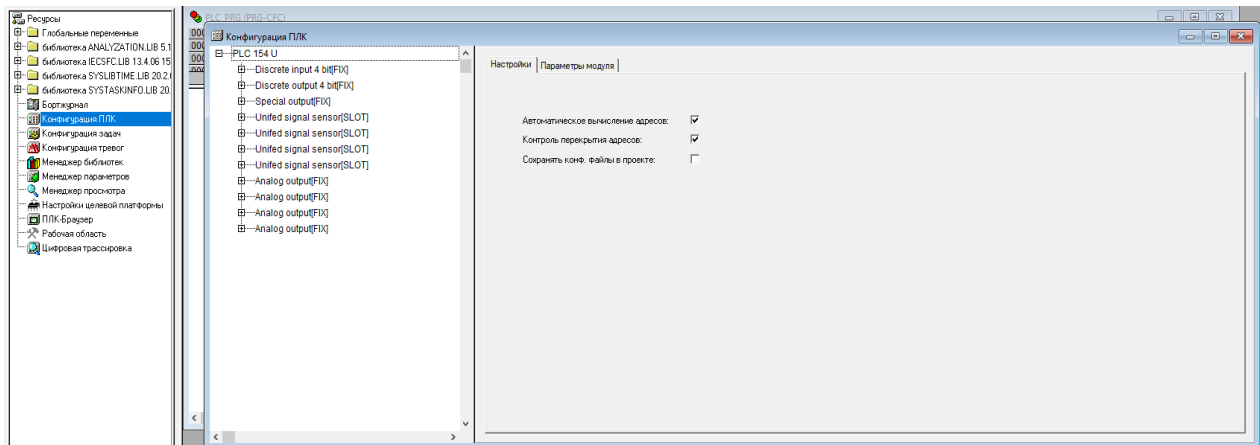


Рисунок 14 – Окно с конфигурацией ПЛК

Также в данной вкладке находятся библиотеки компонентов CoDeSys рисунок 15.

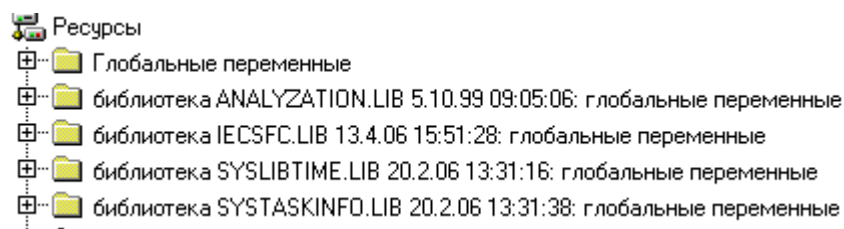


Рисунок 15 – Библиотеки компонентов

В данной среде встроен графический интерфейс. Для этого необходимо перейти на вкладку “Визуализация”, как показано на рисунке 16. И добавить объект визуализации к своему проекту, как показано на рисунке 17.



Рисунок 16 – Вкладка “Визуализации”

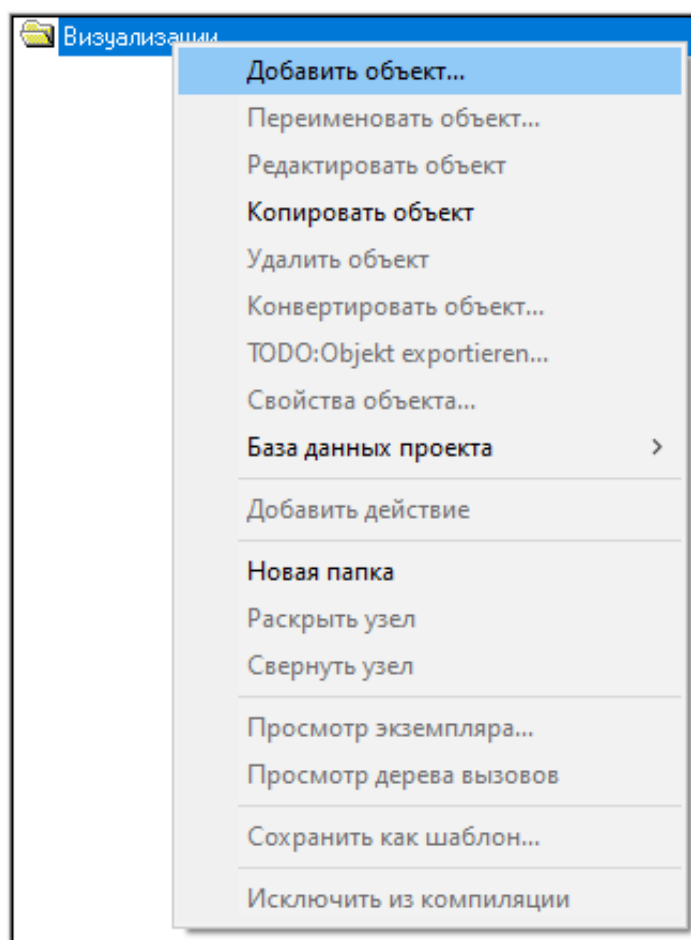


Рисунок 17 – Добавление объекта визуализации

После добавления объекта появляется новое окно с названием визуализации, а также панель инструментов для редактирования и создания интерфейса, как показано на рисунке 18.

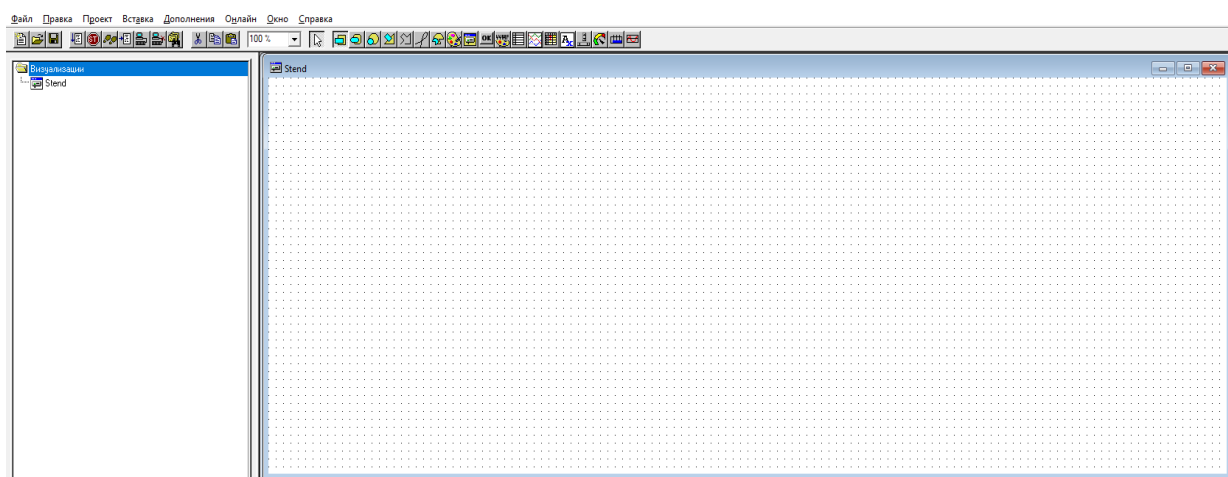


Рисунок 18 – Окно визуализации и панель инструментов

Элементы, созданные на холсте, могут быть изменены с помощью конфигуратора элементов, представленного на рисунке 19.

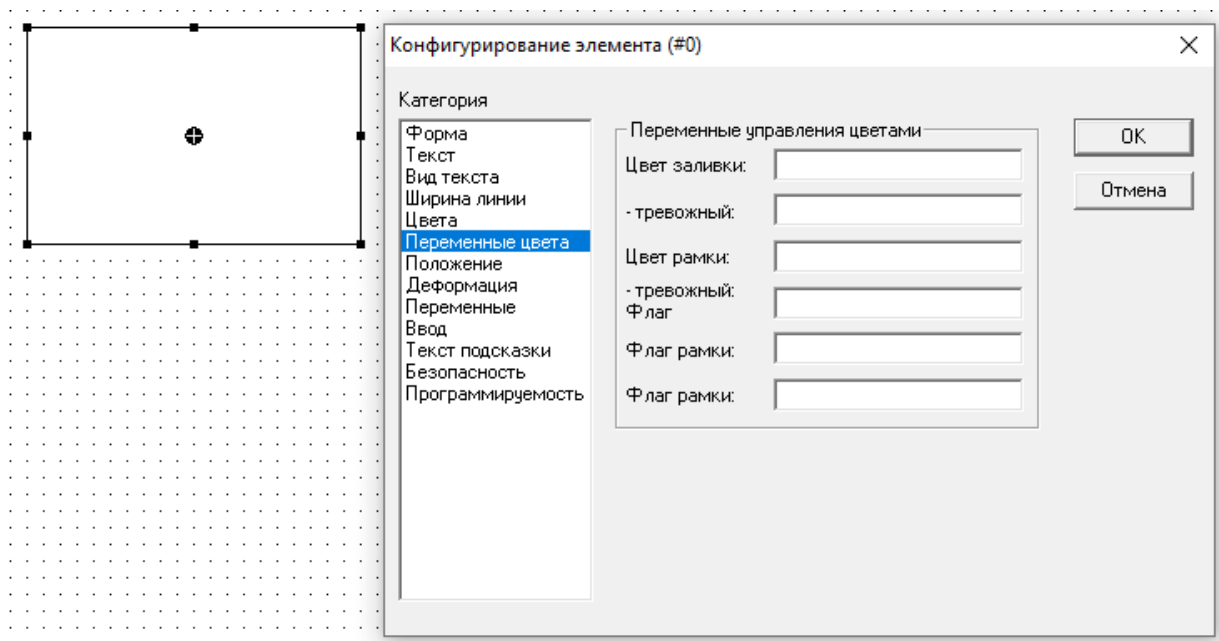


Рисунок 19 – Конфигуратор элемента

1.1.6 Язык программирования CFC

Для разработки был выбран язык CFC (Continuous Function Chart).

CFC – графический язык высокого уровня стандарта МЭК 61131-3, предназначенный для создания управляющих программ программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Программа на языке CFC строится из готовых функциональных блоков. Блок представляет собой подпрограмму, реализующую определённую функцию: логические операции (И, ИЛИ, НЕ), триггеры (SR, RS), таймеры (TON, TOF), счётчики (CTU, CTD), блоки сравнения (GT, LT, EQ), арифметические операции (ADD, DIV, MUL), мультиплексоры (SEL), блоки перемещения (MOVE) и другие [3].

Каждый блок имеет входы и выходы. К выходу одного блока подключается вход другого, образуя функциональную сеть. Внутри сети блоки выполняются в порядке, определяемом соединениями и расположением на поле. Результат вычисления цепи записывается во внутреннюю переменную либо подаётся на

физический выход ПЛК [3].

Пример фрагмента программы на языке CFC в среде CoDeSys 2.3 представлен на рисунке 20.

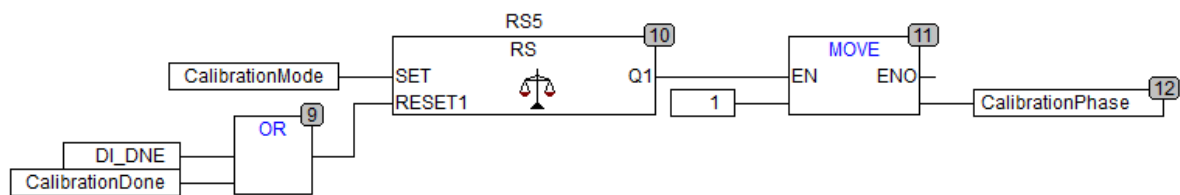


Рисунок 20 – Пример фрагмента программы

Язык CFC прост в изучении, нагляден и удобен для прикладных специалистов, не имеющих специальной подготовки в области информатики. Свободное размещение блоков и наглядные связи между ними позволяют чётко отразить взаимосвязь входов и выходов диаграммы. При условии качественной проработки алгоритма с позиции передачи сигналов его представление в виде CFC-диаграммы получается нагляднее, чем в текстовых языках программирования [3].

1.2 Проектирование и разработка

Проект состоит из управляющей программы, разработанной на языке CFC, и сконфигурированного графического интерфейса панели оператора. ПЛК с загруженной программой и панель оператора запускаются автоматически после подачи питания. Пользователь взаимодействует с управляющей программой контроллера через графический интерфейс панели оператора.

В проекте используется программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК160[M02] – компактный моноблочный контроллер, адаптированный для автоматизации инженерных систем зданий и небольших технологических установок. Прибор обладает оптимальным набором дискретных и аналоговых входов/выходов на борту, поддерживает работу по протоколу Modbus (RTU/TCP) и оснащён встроенным портом Ethernet для интеграции в верхний уровень диспетчеризации. Для расширения функциональности и увеличения количества точек ввода-вывода контроллер совместим с модулями серии Mx110.

Для управления лифтом пользователь может изменять режим работы (автоматический или ручной), запускать режим самокалибровки, сбрасывать накопленную статистику, а также просматривать на панели оператора текущее состояние лифта: положение кабины (этаж), направление движения, состояние дверей, активные аварийные сигналы и статистические показатели (количество поездок, циклы двери, количество аварий, моточасы).

Параметры безопасности, такие как пороговые значения для срабатывания аварийных защит, алгоритмы обработки вызовов, логика замедления и точной остановки, внесены непосредственно в программу контроллера. При выходе контролируемых параметров за допустимые пределы лифт автоматически блокируется и формирует соответствующий аварийный сигнал, отображаемый на панели оператора.

1.2.1 Конфигурирование ПЛК160[M02]

ОВЕН ПЛК160[M02] – это компактный программируемый логический контроллер моноблочного исполнения, предназначенный для монтажа на 35-мм DIN-рейку. На лицевой панели прибора расположены индикаторы состояния входов/выходов, а также многофункциональный индикатор для отображения режимов работы, наличия питания, ошибок и обмена данными. Контроллер оснащен встроенным портом Ethernet и последовательными интерфейсами RS-485 (протокол Modbus RTU/TCP), что обеспечивает простую интеграцию в SCADA-системы и диспетчерские сети. Для расширения числа каналов ввода-вывода к ПЛК160[M02] могут быть подключены модули расширения серии Mx110 по внутреннему протоколу ОВЕН.

Создание и описание алгоритма было осуществлено на языке CFC с помощью бесплатной среды программирования CodeSys v2.3. Загрузка алгоритма может быть произведена через интерфейсы RS-232 или Ethernet.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

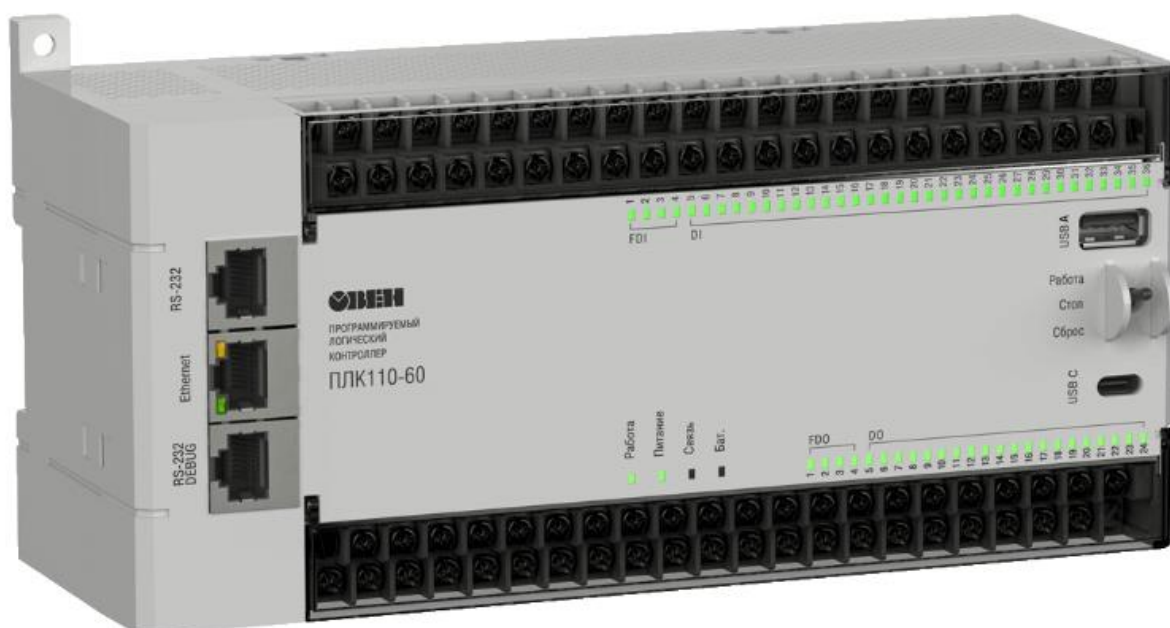


Рисунок 21 – Прибор ОВЕН ПЛК160[M02]

В среде разработки CoDeSys 2.3 был создан новый проект. В появившемся окне «Настройка целевой платформы» (рисунок 22) выбран тип устройства PLC160_60.

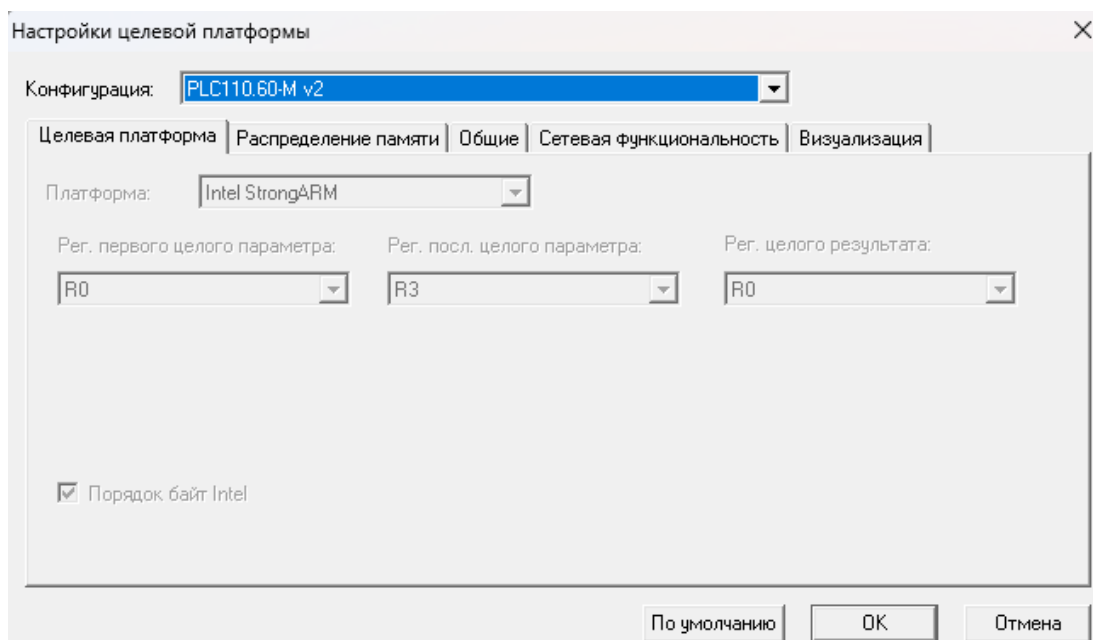


Рисунок 22 – Окно “Настройка целевой платформы”

Далее выполнена настройка проекта в окне «Новый программный компонент»

(POU)», представленном на рисунке 23. Параметры выставлены в соответствии с рисунком.

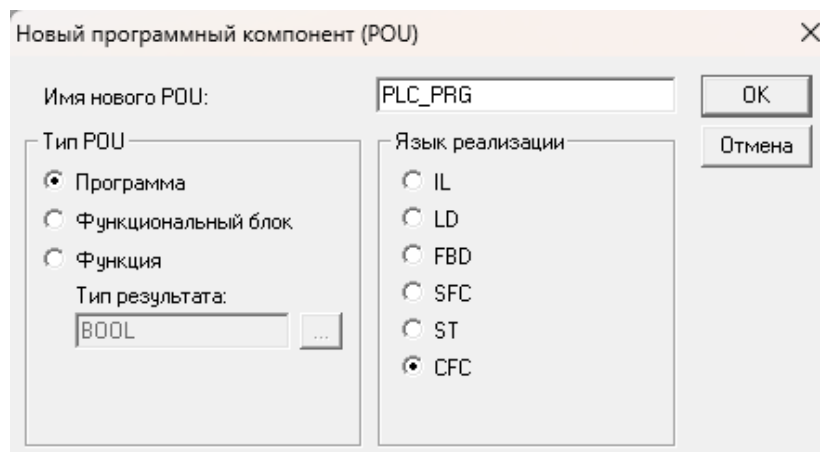


Рисунок 23 – Окно “Новый программный компонент (POU)”

После создания компонента выполнен переход во вкладку «Ресурсы» – «Конфигурация ПЛК» для дальнейшей настройки проекта. На рисунке 24 показано окно конфигурации, где каждому входу и выходу контроллера присвоены соответствующие имена переменных.

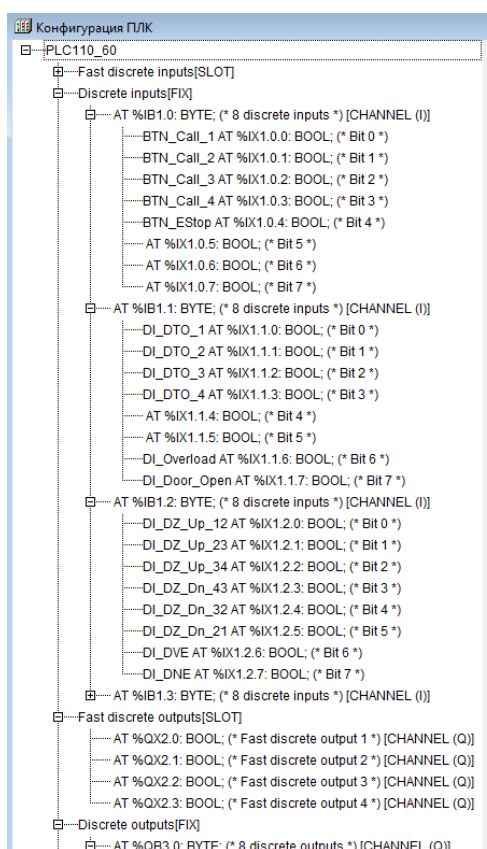


Рисунок 24 – Окно настройки ПЛК

1.2.2 Разработка управляющей программы

После завершения конфигурирования ПЛК был начат этап разработки управляющей программы. Исходя из целей проекта, была построена схема работы управляющей программы, представленная на рисунке 25–27.

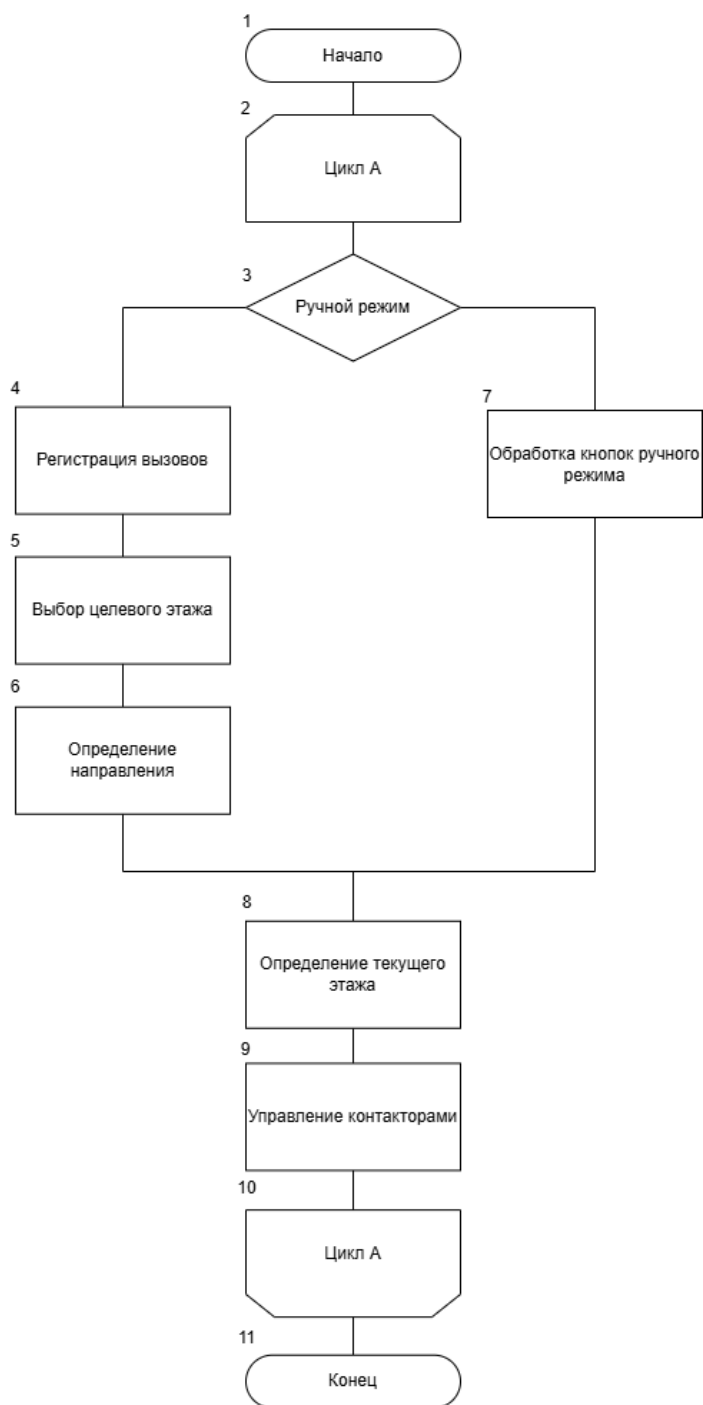


Рисунок 25 – Схема работы управляющей программы

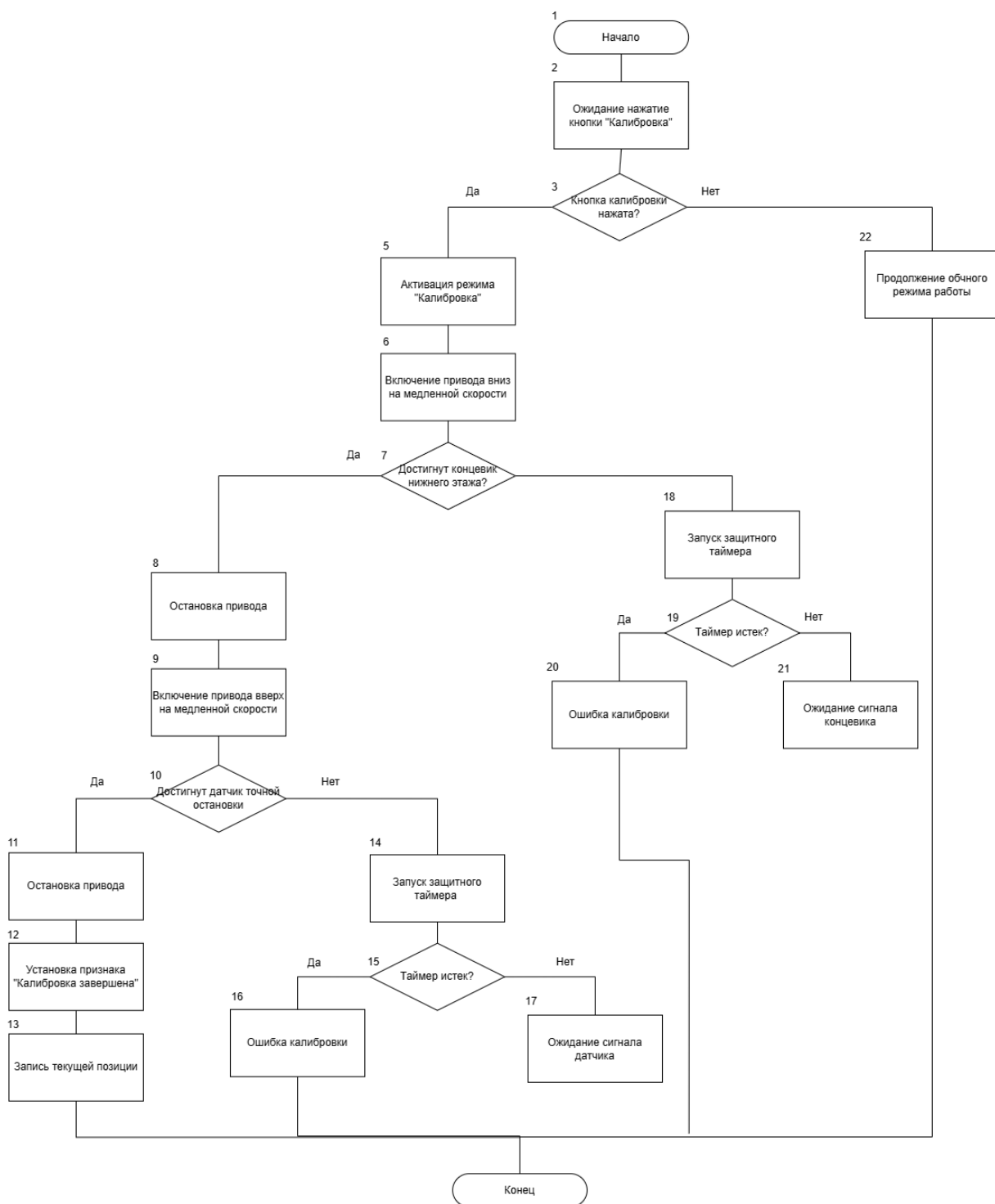


Рисунок 26 – Схема работы управляющей программы

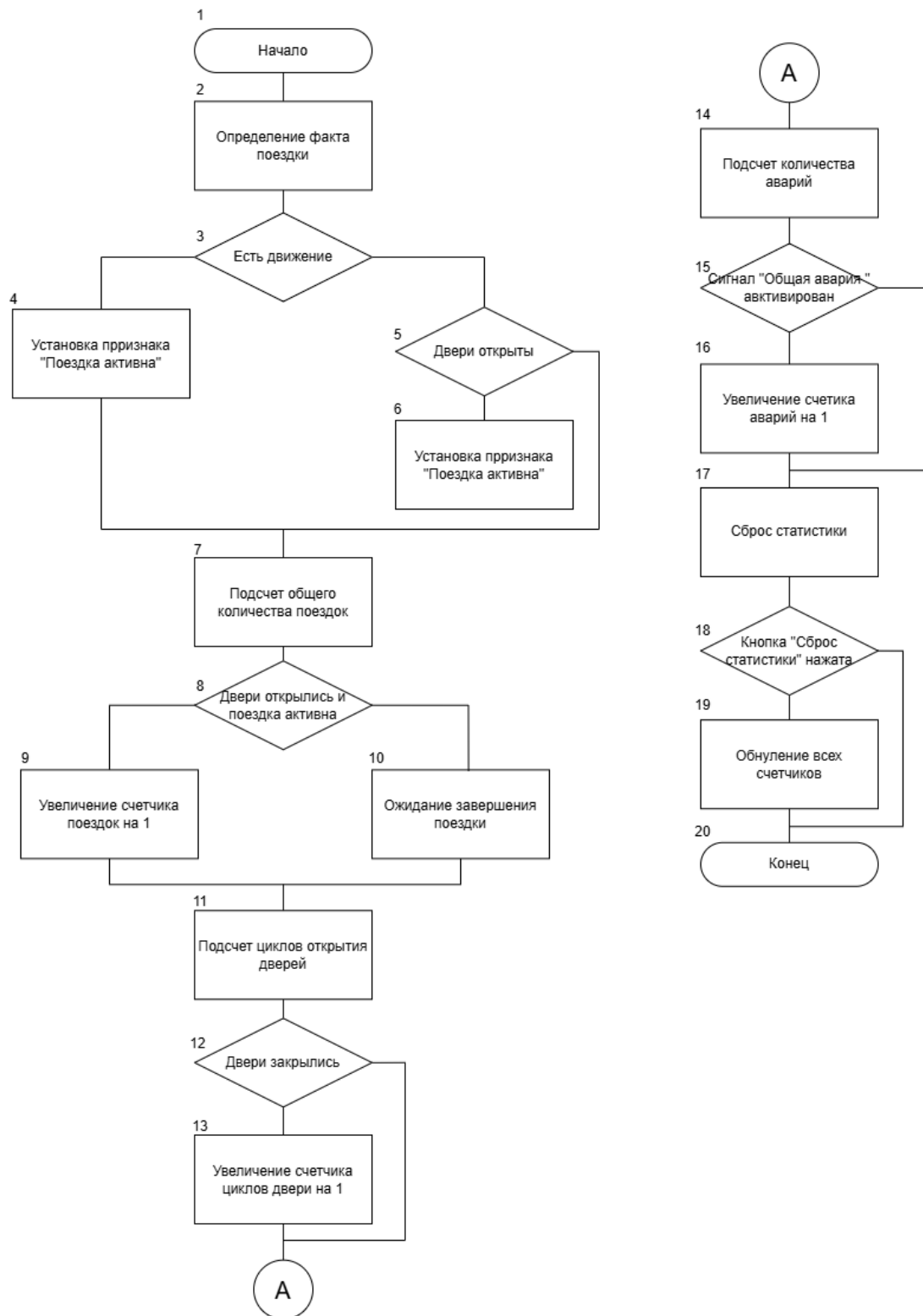


Рисунок 27 – Схема работы управляющей программы

Программа управления лифтом реализована в среде CoDeSys 2.3 на языке CFC и состоит из 28 функциональных сетей, каждая из которых решает определённую задачу: регистрация вызовов, определение положения кабины, управление движением, обеспечение безопасности и сбор статистики. Взаимодействие сетей осуществляется через общие переменные, объявленные в разделе VAR.

```

PLC_PRG (PRG-CFC)
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003   {Вызовы этажей}
0004   CallReg_1: BOOL;
0005   CallReg_2: BOOL;
0006   CallReg_3: BOOL;
0007   CallReg_4: BOOL;
0008
0009   {Сброс вызовов}
0010   ResetCall_1: BOOL;
0011   ResetCall_2: BOOL;
0012   ResetCall_3: BOOL;
0013   ResetCall_4: BOOL;
0014
0015   {Датчики этажей}
0016   Floor1: BOOL;
0017   Floor2: BOOL;
0018   Floor3: BOOL;
0019   Floor4: BOOL;
0020
0021   {Временные переменные}
0022   Temp1: INT;
0023   Temp2: INT;
0024   Temp3: INT;
0025
0026   {Состояние движения}
0027   IsUp: BOOL;
0028   IsDown: BOOL;
0029   AnyCall: BOOL;
0030   DecelActive: BOOL;
0031   Direction: INT;
0032   TargetFloor: INT;
0033   CurrentFloor: INT;
0034
0035   {SR триггеры для вызовов}
0036   SR_1: SR;
0037   SR_2: SR;

```

Рисунок 28 – Объявленные переменные

Сеть 1 – Регистрация вызовов

Для организации взаимодействия с кнопками вызова (BTN_Call_1...BTN_Call_4) был использован следующий алгоритм. Считывание нажатия осуществляется с помощью дискретных входов контроллера. Каждая

кнопка подключена к входу SET соответствующего SR-триггера. Выход триггера формирует сигнал CallReg_X, который сохраняется до момента сброса сигналом ResetCall_X, поступающим после обслуживания вызова. Использование SR-триггера с доминирующим входом SET позволяет гарантировать регистрацию вызова даже при кратковременном нажатии кнопки. Фрагмент логики регистрации вызовов представлен на рисунке 29.

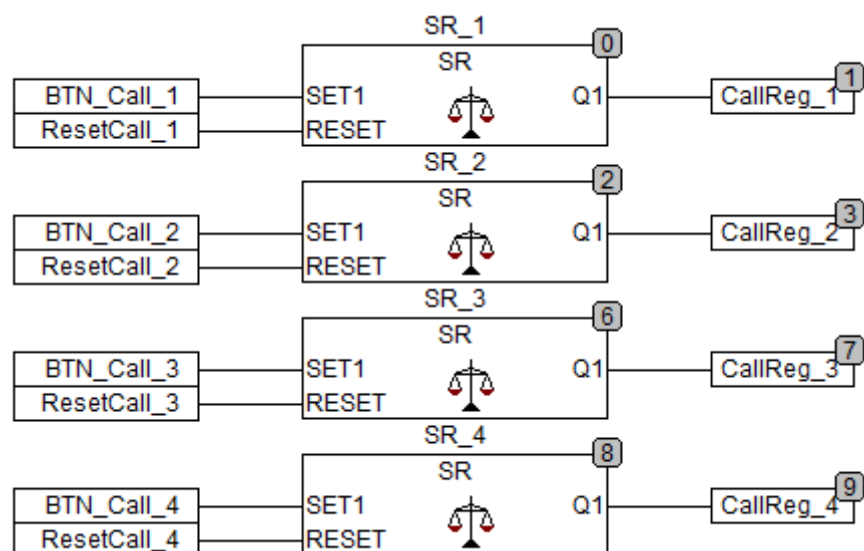


Рисунок 29 – Сеть 29. Регистрация вызовов

Сеть 2 – Определение текущего этажа

Определение текущего положения кабины лифта является критически важной задачей. Для её решения используются четыре датчика точной остановки DI.DTO_1...DI.DTO_4, расположенные на каждом этаже. Сигнал с каждого датчика поступает на вход SET соответствующего RS-триггера, формирующего флаг FloorX. Сброс триггера осуществляется при поступлении сигнала с любого другого датчика точной остановки, что обеспечивается блоками OR, объединяющими три оставшихся сигнала DI.DTO. Таким образом, в любой момент времени активен только один флаг этажа.

Для преобразования дискретных флагов Floor1...Floor4 в целочисленную переменную currentFloor используются четыре блока MOVE, каждый из которых привязан к своему датчику этажа. На вход IN каждого блока подаётся соответствующая константа. Сигнал на вход EN поступает с соответствующего

флага этажа. При активации EN блок MOVE записывает номер этажа в переменную CurrentFloor. Фрагмент логики определения текущего этажа представлен на рисунке 30-31.

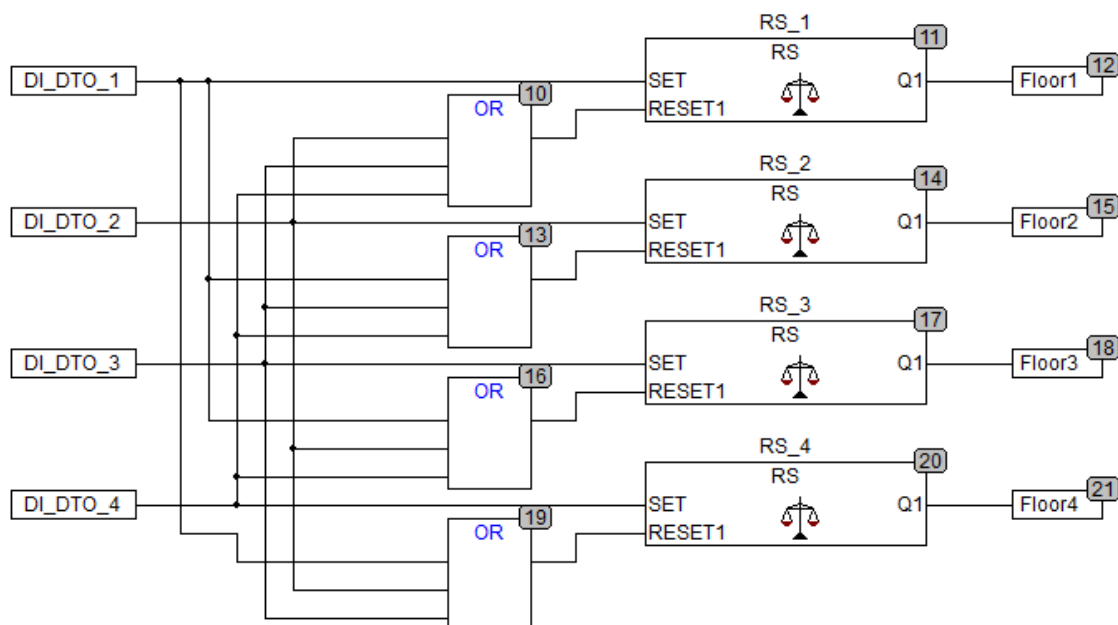


Рисунок 30 – Сеть 2. Определение текущего этажа

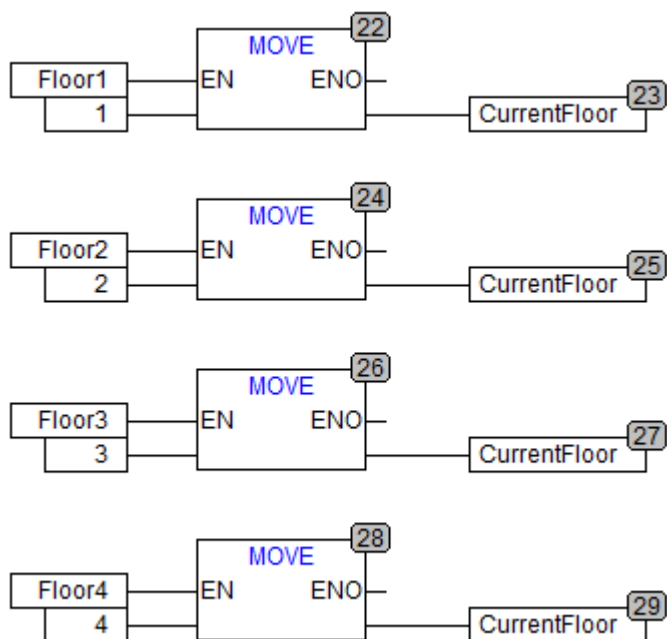


Рисунок 31 – Сеть 2. Определение текущего этажа

Сеть 3 – Выбор целевого этажа

Выбор целевого этажа реализован на основе каскада из трёх блоков SEL, которые последовательно обрабатывают флаги CallReg_2...CallReg_4, формируя переменную TargetFloor. Каскад из трёх блоков SEL обрабатывает флаги CallReg_2...CallReg_4, формируя переменную TargetFloor. Если ни один вызов не активен, TargetFloor по умолчанию равен 1. При одновременном поступлении нескольких вызовов приоритет отдаётся старшему этажу. Фрагмент логики выбора целевого этажа представлен на рисунке 32.

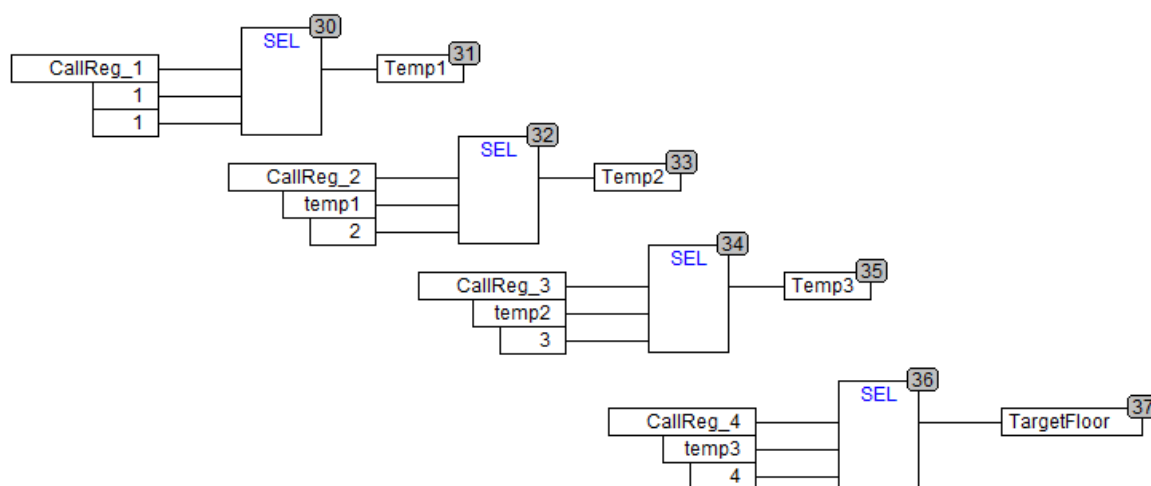


Рисунок 32 – Сеть 3. Выбор целевого этажа

Сеть 4 – Определение направления движения

Для определения направления движения используются блоки сравнения GT, LT и EQ. Переменные TargetFloor и CurrentFloor подаются на входы этих блоков. Результат сравнения управляет блоками MOVE, которые присваивают переменной Direction значение 1 (вверх), -1 (вниз) или 0 (остановка). Фрагмент логики определения направления представлен на рисунке 33.

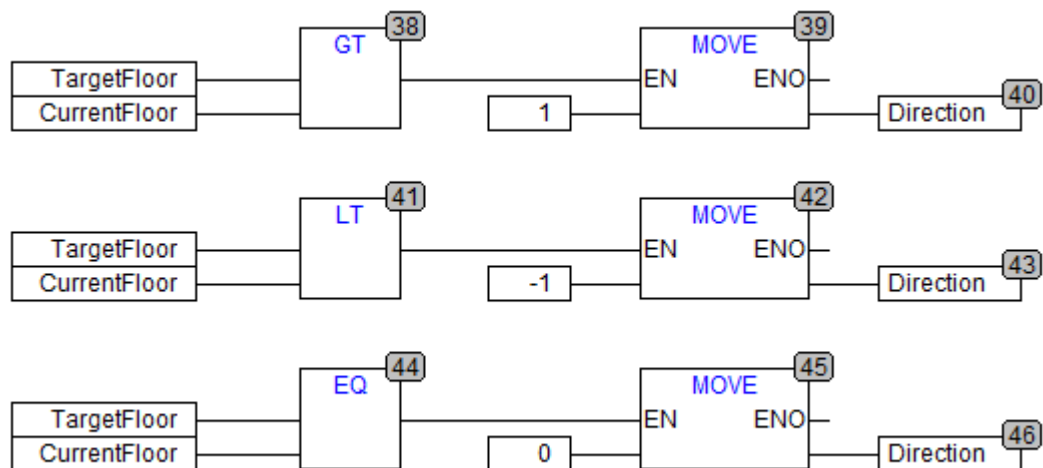


Рисунок 33 – Сеть 4. Определение направления движения

Сеть 5 – Формирование сигналов IsUp и IsDown

Для упрощения дальнейшей логики введены вспомогательные переменные IsUp и IsDown. Они формируются блоками EQ путём сравнения переменной Direction с константами 1 и -1 соответственно. Эти сигналы используются в Сети 6 для определения зон замедления. Фрагмент логики представлен на рисунке 34.

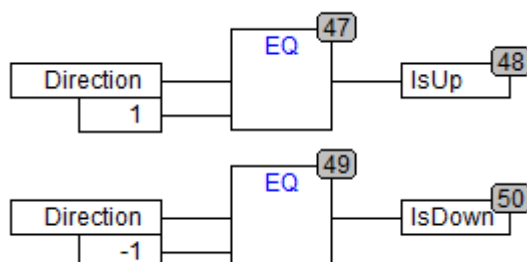


Рисунок 34 – Сеть 5. Формирование сигналов направления

Сеть 6 – Логика замедления

Система замедления лифта основана на шести датчиках замедления: DI_DZ_Up_12, DI_DZ_Up_23, DI_DZ_Up_34 (движение вверх) и DI_DZ_Dn_43, DI_DZ_Dn_32, DI_DZ_Dn_21 (движение вниз). Каждый датчик активирует замедление только при строго определённых условиях: направление движения, текущий этаж и целевой этаж должны соответствовать зоне действия датчика. Для каждой комбинации используется отдельный блок AND, на входы которого

подаются: сигнал IsUp или IsDown, флаг текущего этажа FloorX, результат сравнения TargetFloor с соответствующим этажом (блок EQ) и непосредственно сигнал с датчика DZ. Выходы всех шести блоков AND объединяются блоком OR, формирующим общий сигнал DecelActive. Фрагмент логики замедления представлен на рисунке 35.

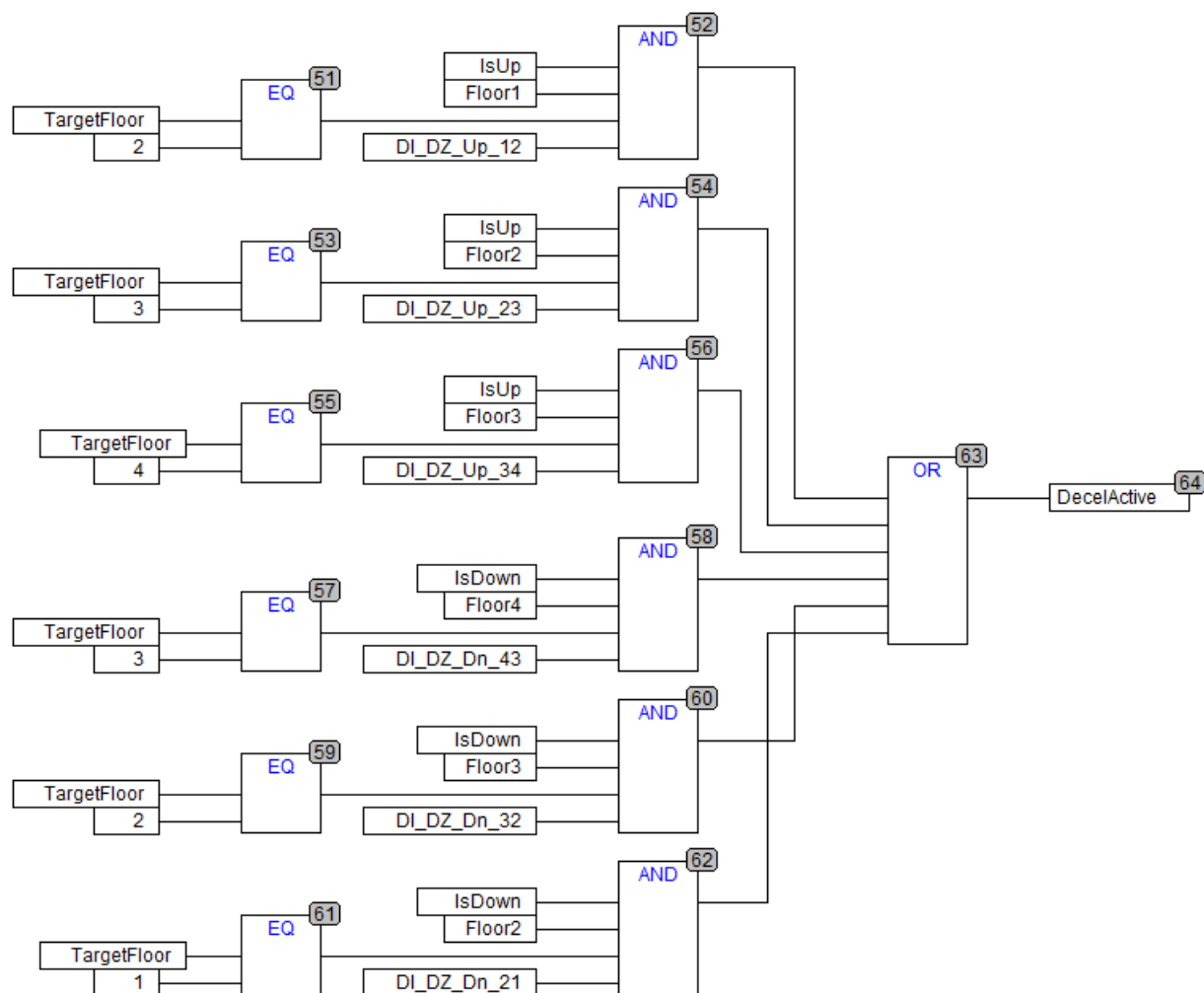


Рисунок 35 – Сеть 6. Логика замедления

Сеть 7 – Управление двигателем и контакторами

Управление силовыми контакторами осуществляется на основе переменной Direction и сигнала DecelActive. Направление движения определяет включение контакторов DO_KM1_Up (вверх) или DO_KM2_Dn (вниз) через блоки EQ. Скорость движения регулируется контакторами DO_KM3_Fast (быстрая скорость) и DO_KM4_Slow (медленная скорость). Быстрая скорость включается при условии: (Direction = 1 ИЛИ Direction = -1) И NOT Decel_Active. Медленная скорость

включается при условии: (Direction = 1 ИЛИ Direction = -1) И Decel_Active. Для предотвращения движения при отсутствии вызовов введён сигнал AnyCall, формируемый в Сети 3 блоком OR из всех флагов CallReg_X. Все выходы на контакторы проходят через дополнительный блок AND с сигналом AnyCall. Фрагмент логики управления двигателем представлен на рисунке 36.

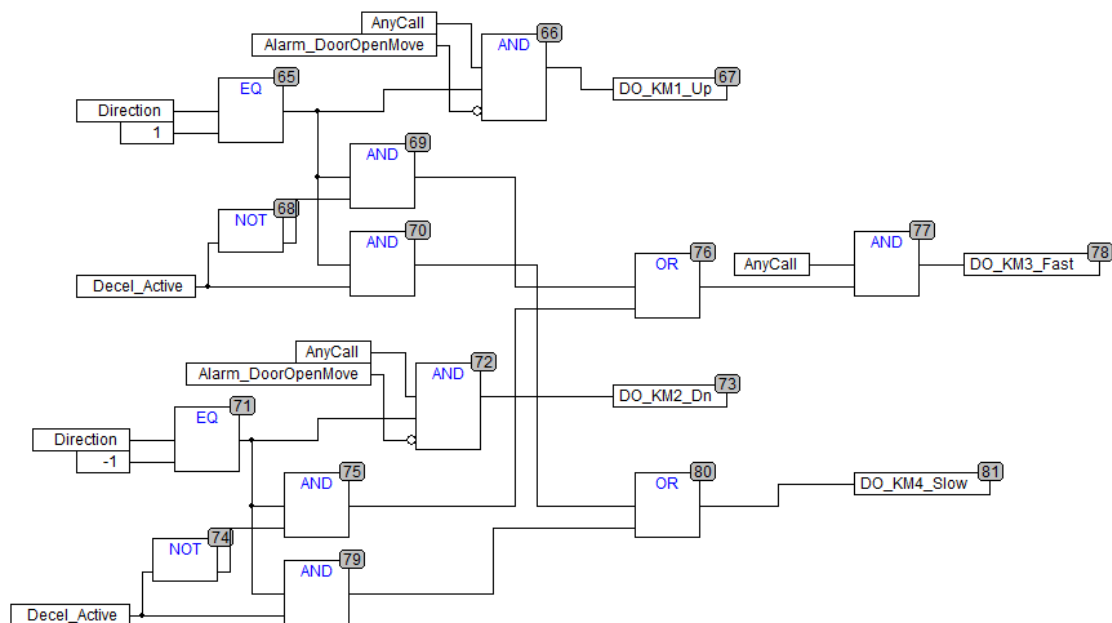


Рисунок 36 – Сеть 7. Управление контакторами

Сеть 8 – Управление дверьми и сброс вызовов

Открытие дверей инициируется внешней системой управления лифтом – например, при достижении заданного этажа и остановке. Для сброса зарегистрированного вызова на конкретном этаже сигнал DI_Door_Open логически умножается с соответствующим флагом положения FloorX. Выход каждого AND формирует сигнал ResetCall_X, который далее используется для сброса триггера вызова в сети 1. Фрагмент логики управления дверью и сброса вызовов представлен на рисунке 37.

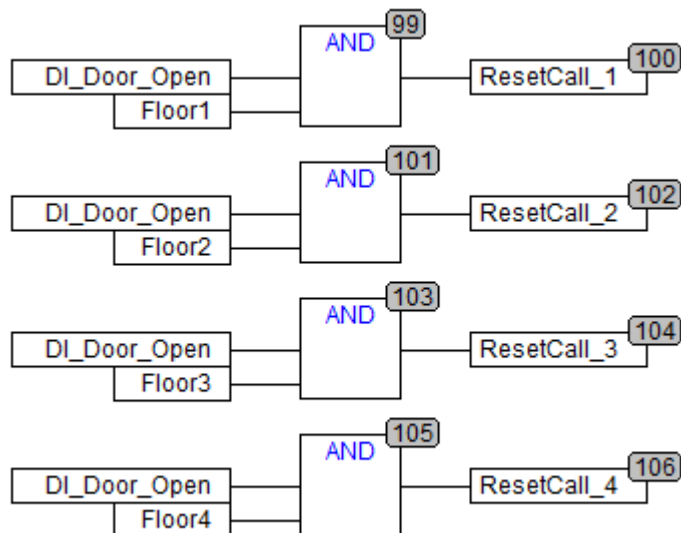


Рисунок 37 – Сеть 8. Управление дверьми и сброс вызовов

Система безопасности

Сеть 9 – Контроль потери позиции

Для отслеживания потери позиции кабины производится подсчёт количества активных флагов этажей DI.DTO1... DI.DTO4. Сигналы BOOL преобразуются в целочисленный тип через блоки BOOL_TO_INT и суммируются каскадом блоков ADD. Полученная сумма AnyDTCCount сравнивается с константами 0 и 2. Если количество активных датчиков равно нулю (ни один датчик точной остановки не активен) или больше либо равно двум (одновременно активны два датчика), формируется аварийный сигнал AlarmLostPosition. Фрагмент логики представлен на рисунке 38.

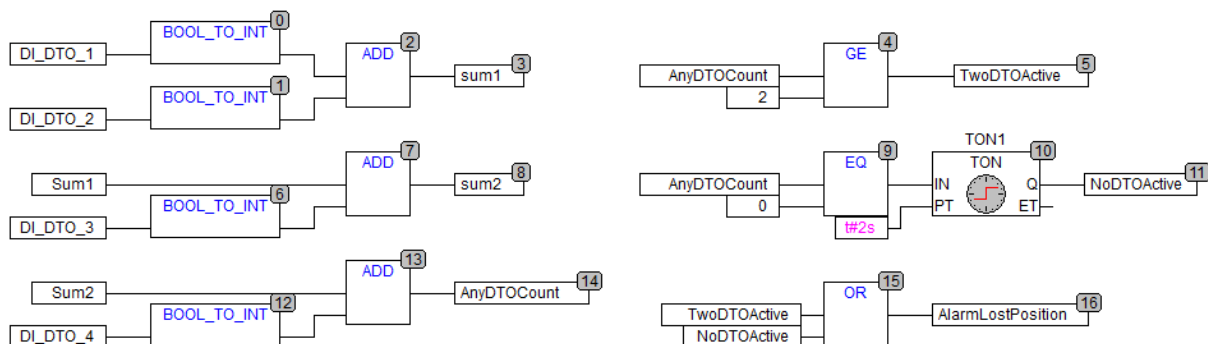


Рисунок 38 – Сеть 9. Контроль потери позиции

Сеть 10 – Контроль движения с открытой дверью

Аварийная ситуация «движение с открытой дверью» выявляется блоком AND, на входы которого поступают сигнал Door_Open и результат логического ИЛИ сигналов DO_KM1_Up и DO_KM2_Dn. При одновременном наличии сигнала открытия дверей и включённого контактора направления формируется аварийный сигнал AlarmDoorOpenMove. Фрагмент логики представлен на рисунке 39.

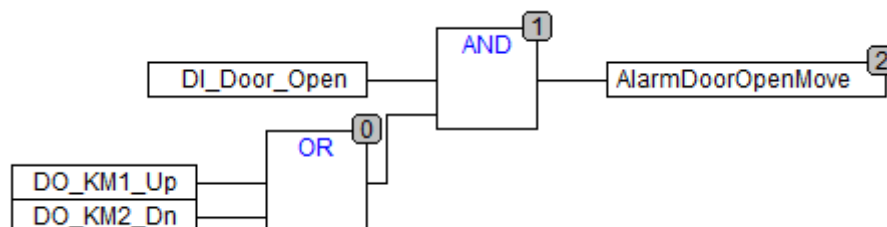


Рисунок 39 – Сеть 10. Контроль движения с открытой дверью

Сеть 11 – Контроль одновременного включения контакторов

Одновременное включение контакторов движения вверх и вниз является критической аварией, приводящей к короткому замыканию силовой цепи. Для выявления этой ситуации используется блок AND, на входы которого поступают сигналы DO_KM1_Up и DO_KM2_Dn. Выходной сигнал AlarmTwoContactors немедленно вызывает общую аварию. Фрагмент логики представлен на рисунке 40.

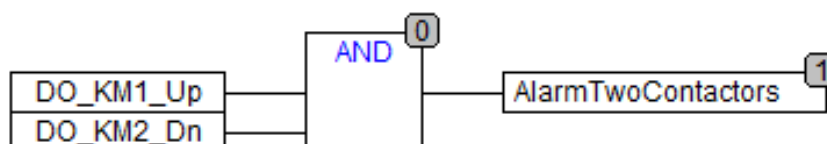


Рисунок 40 – Сеть 11. Контроль одновременного включения контакторов

Сеть 12 – Контроль залипания датчиков точной остановки

Для выявления залипания датчиков DTO используются четыре таймера TON (Timer On-Delay) с уставкой 10 секунд. Таймер TON – таймер с задержкой включения, его выход Q переходит в состояние TRUE, если входной сигнал IN удерживается в состоянии TRUE дольше времени уставки PT. Внешний вид таймера TON показан на рисунке 41, диаграмма работы – на рисунке 42. Если

датчик точной остановки остаётся активным более 10 секунд (кабина застряла в зоне датчика или датчик неисправен), формируется аварийный сигнал Alarm_DTO_Stuck_X. Фрагмент логики представлен на рисунке 43.

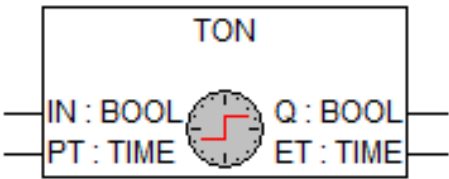


Рисунок 41 – Внешний вид таймера TON

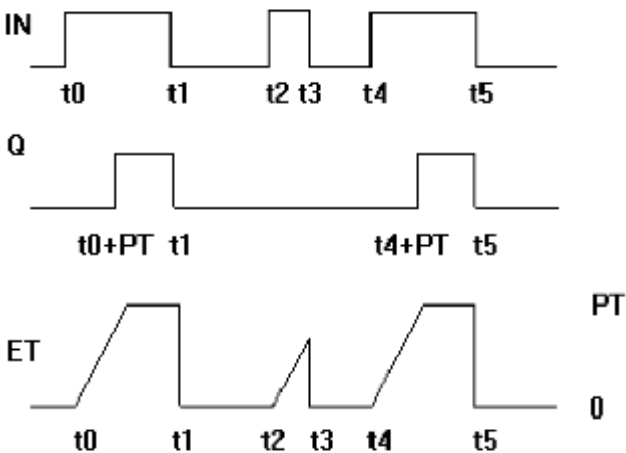


Рисунок 42 – Диаграмма работы таймера TON

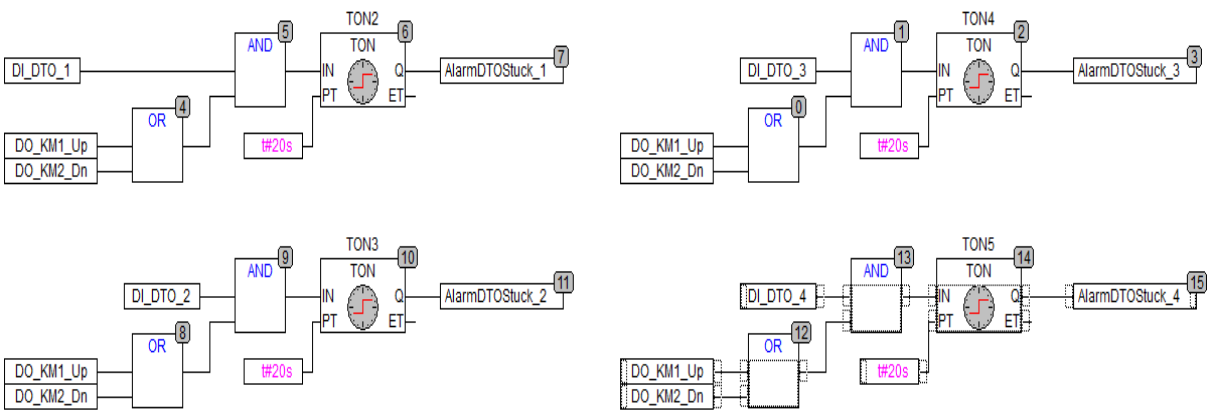


Рисунок 43 – Сеть 12. Контроль залипания DTO

Сеть 13 – Контроль залипания датчиков замедления

Аналогичный контроль осуществляется для датчиков замедления. Сигналы

со всех шести датчиков DZ объединяются блоком OR в сигнал AnyDZActive. Далее используется таймер TON с уставкой 3 секунды. Поскольку датчики замедления проходятся кабиной за короткое время, их длительная активность свидетельствует о неисправности. При срабатывании таймера формируется аварийный сигнал Alarm_DZStuck. Фрагмент логики представлен на рисунке 44.

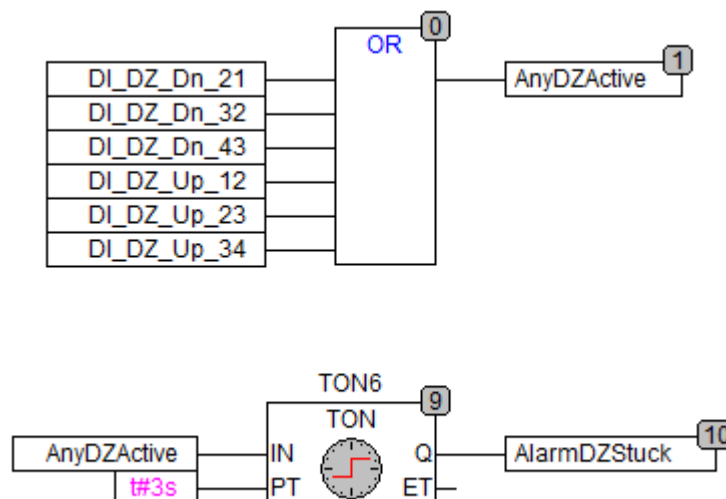


Рисунок 44 – Сеть 13. Контроль залипания датчиков замедления

Сеть 14 – Контроль концевых выключателей

Для предотвращения выхода кабины за пределы допустимой зоны движения используются концевые выключатели DI_DNE (датчик нижнего этажа, расположенный в приемке) и DI_DVE (датчик верхнего этажа, расположенный в верхней части шахты). Сигналы с этих датчиков объединяются блоком OR, формирующим аварийный сигнал AlarmEndSwitch. Срабатывание любого из концевых выключателей свидетельствует о выходе кабины за пределы нормальной зоны перемещения. Фрагмент логики представлен на рисунке 45.

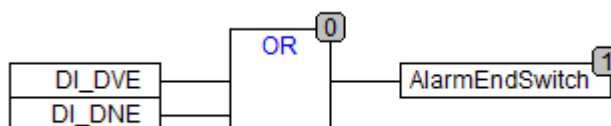


Рисунок 45 – Сеть 14. Контроль концевых выключателей

Сеть 15 – Формирование общей аварии

Все аварийные сигналы (AlarmLostPosition, AlarmDoorOpenMove, AlarmTwoContactors, Alarm_DTO_Stuck_1...4, AlarmDZStuck, AlarmEndSwitch, CalibrationError) объединяются блоком OR с девятью входами. Выходной сигнал Alarm_General является сигналом общей аварии и используется для блокировки движения в Сети 7. При возникновении любой аварийной ситуации движение лифта немедленно прекращается путём снятия сигналов с контакторов через блок AND с инвертированным сигналом AlarmGeneral. Фрагмент логики представлен на рисунке 46.

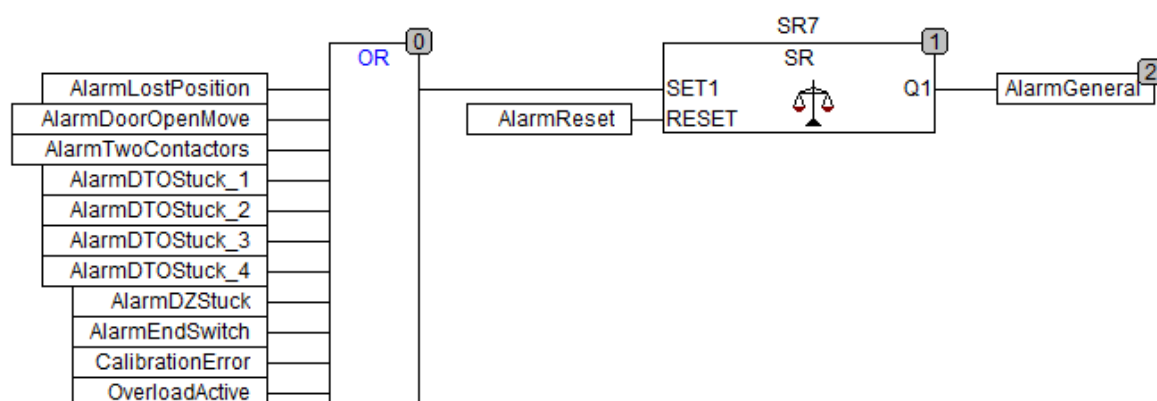


Рисунок 46 – Сеть 15. Формирование общей аварии

Режим калибровки

Сеть 17 – Вход в режим калибровки

При потере позиции или после монтажа оборудования предусмотрен режим самокалибровки. Оператор нажимает кнопку BTNCalibration на панели управления. Сигнал кнопки совместно с условиями отсутствия движения (NOT DO_KM1_Up AND NOT DO_KM2_Dn) поступает на вход SET SR-триггера, формирующего флаг CalibrationMode. Сброс режима калибровки осуществляется сигналами CalibrationDone (успешное завершение) или AlarmGeneral (возникновение аварии). Фрагмент логики представлен на рисунке 47.

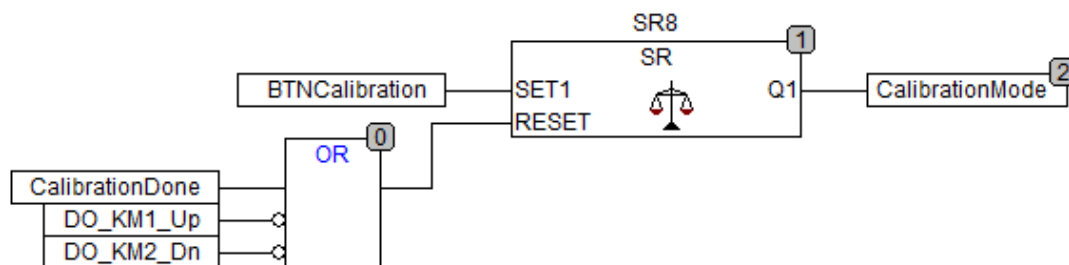


Рисунок 47 – Сеть 17. Вход в режим калибровки

Сеть 18 – Фазы калибровки

Калибровка выполняется в две фазы. Фаза 1 – движение вниз на медленной скорости до срабатывания датчика нижнего этажа DI_DNE. Фаза 2 – движение вверх на медленной скорости до срабатывания датчика точной остановки первого этажа DI_DTO_1. Переключение фаз реализовано на RS-триггерах: сигнал CalibrationMode устанавливает Phase 1, сигнал DI_DNE сбрасывает Phase 1 и устанавливает Phase 2, сигнал DI_DTO_1 сбрасывает Phase 2 и формирует сигнал CalibrationDone. Фрагмент логики представлен на рисунке 48.

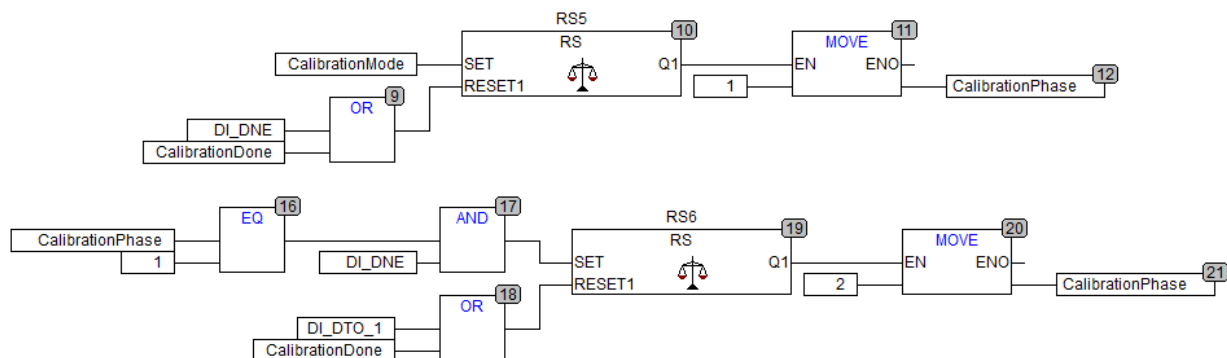


Рисунок 48 – Сеть 18. Фазы калибровки

Сеть 19 – Управление движением при калибровке

В режиме калибровки сигналы Phase 1 и Phase 2 через блоки AND с CalibrationMode подаются на контакторы DO_KM2_Dn и DO_KM1_Up соответственно параллельно с основными сигналами управления. Медленная скорость DO_KM4_Slow принудительно включается на всё время калибровки, быстрая скорость DO_KM3_Fast блокируется. Фрагмент логики представлен на рисунке 49.

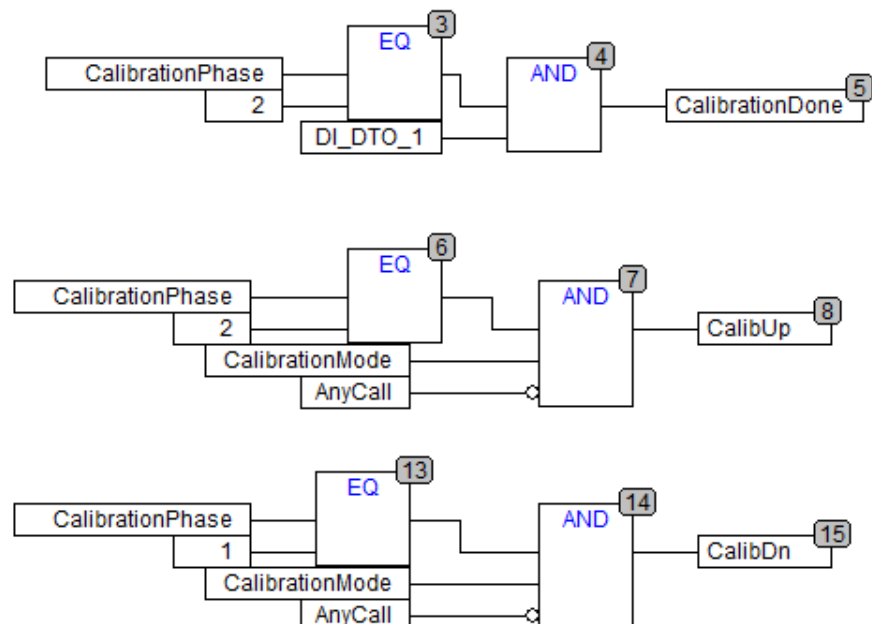


Рисунок 49 – Сеть 19. Управление движением при калибровке

Сеть 20 – Таймер защиты калибровки

Для предотвращения бесконечного движения в режиме калибровки используется таймер TON с уставкой 60 секунд. Если за это время калибровка не завершилась, формируется сигнал CalibrationError, который вызывает общую аварию и сбрасывает режим калибровки. Фрагмент логики представлен на рисунке 50.

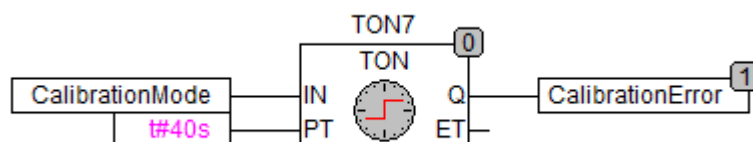


Рисунок 50 – Сеть 20. Таймер защиты калибровки

Сбор статистики

Сеть 22 – Детектор поездки

Для подсчёта количества поездок введён сигнал TripArmed. Он устанавливается в TRUE блоком SR при начале движения (DO_KM1_Up ИЛИ DO_KM2_Dn) и сбрасывается при открытии дверей (DoorOpen). Таким образом,

TripArmed активен в течение всей поездки от момента закрытия дверей до момента их открытия на целевом этаже. Фрагмент логики представлен на рисунке 51.

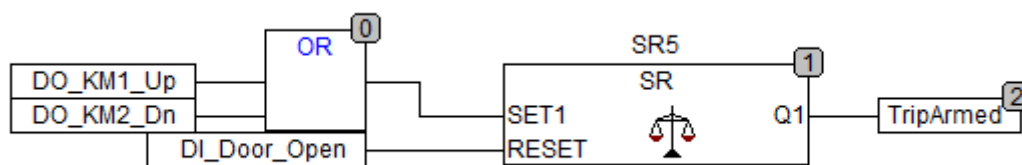


Рисунок 51 – Сеть 22. Детектор поездки

Сеть 23 – Счётчик поездок

Счётчик поездок реализован на функциональном блоке CTU (счётчик с нарастающим итогом). На вход CU подаётся импульс, формируемый блоком R_TRIG (детектор переднего фронта) при появлении сигнала DoorOpen, совпадающего с активным сигналом TripArmed. Значение счётчика сохраняется в переменной TotalTrips. Сброс счётчика осуществляется кнопкой BTNResetCounters. Фрагмент логики представлен на рисунке 52.

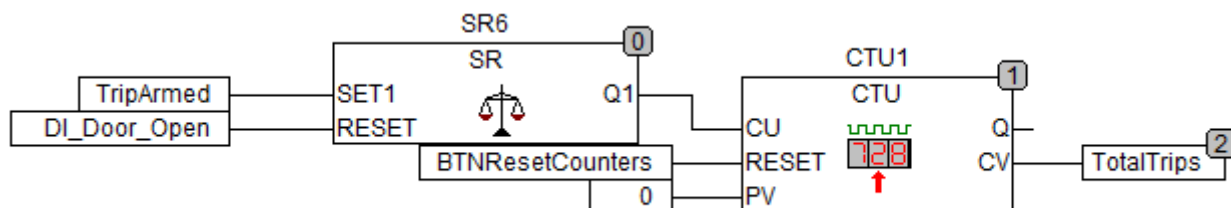


Рисунок 52 – Сеть 23. Счётчик поездок

Сеть 25 – Счётчик аварий

Каждое срабатывание общей аварии AlarmGeneral фиксируется счётчиком CTUAlarms. Передний фронт сигнала выделяется блоком R_TRIG. Значение счётчика сохраняется в переменной TotalAlarms. Фрагмент логики представлен на рисунке 53.

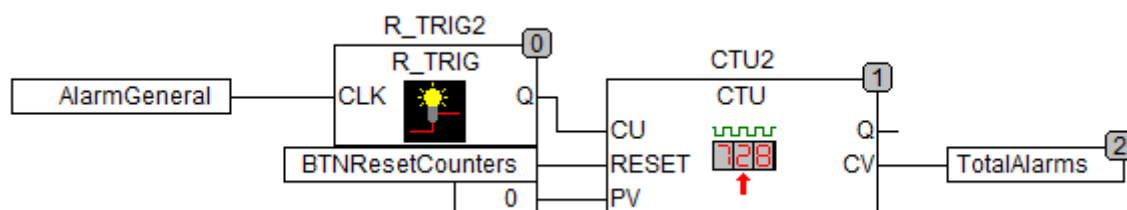


Рисунок 53 – Сеть 25. Счётчик аварий

Сеть 27 – Сброс счётчиков

Кнопка BTNResetCounters подключена ко входам RESET всех четырёх счётчиков (CTUTrips, CTUDoorCycles, CTUAlarms, CTUMotorSeconds), что позволяет оператору единовременно обнулить всю накопленную статистику. Фрагмент логики представлен на рисунке 54.

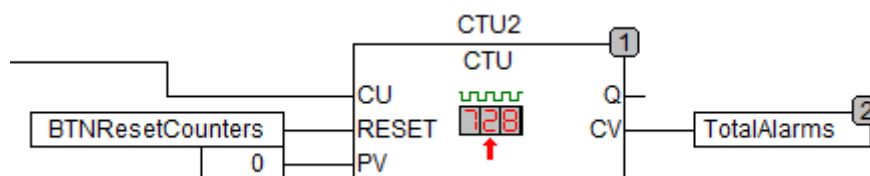


Рисунок 54 – Сеть 27. Сброс счётчиков

В программе использованы стандартные функциональные блоки библиотеки standard.lib: SR и RS триггеры, таймеры TON, счётчики CTU, детекторы фронтов R_TRIG и F_TRIG, блоки сравнения GT/LT/EQ, логические элементы AND/OR/NOT, мультиплексоры SEL, блоки перемещения MOVE и арифметические блоки ADD/DIV. Итоговый вид управляющей программы (все 28 сетей) представлен на рисунке 55.

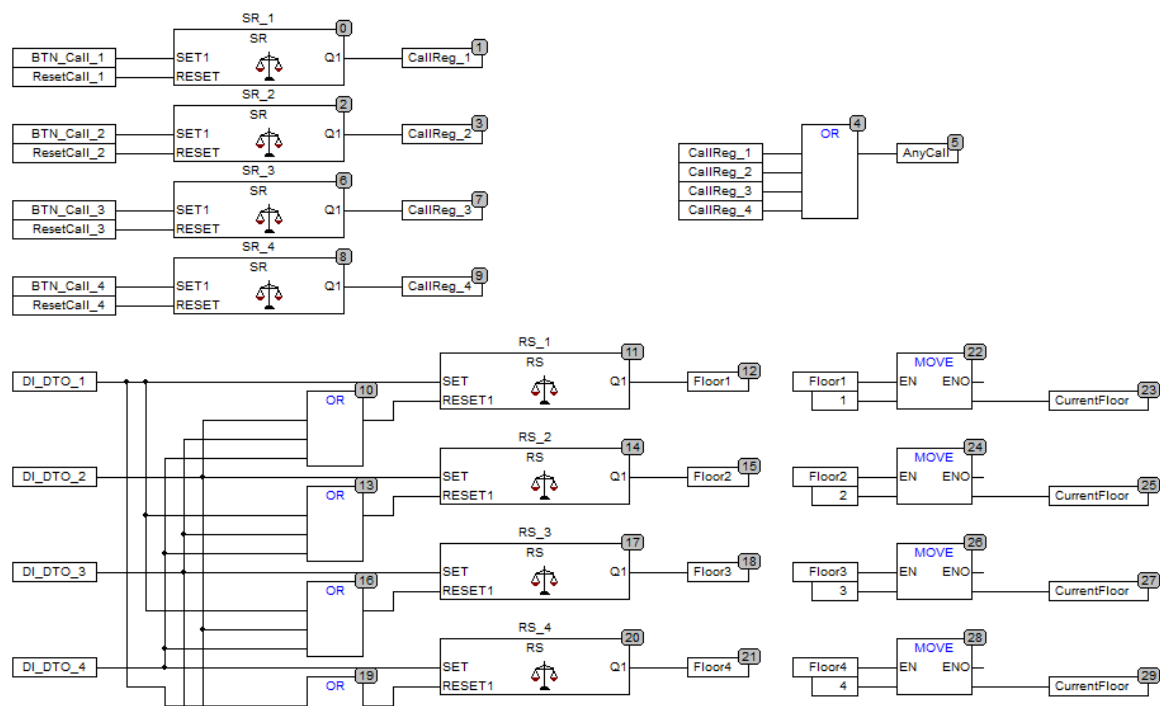


Рисунок 55 – Итоговый вид управляющей программы лифта в среде CoDeSys

2.3 CFC

1.2.3 Конфигурирование панели оператора

Исходя из функционала, заложенного в управляющую программу, были разработаны UML-диаграммы деятельности и сценариев использования, описывающие шаблоны взаимодействия пользователя с системой. Проект ориентирован на работу с панелью оператора.

На рисунке 56 представлена UML-диаграмма деятельности, иллюстрирующая взаимодействие пользователя, панели оператора и ПЛК в автоматическом и ручном режимах, а также при возникновении аварийных ситуаций.

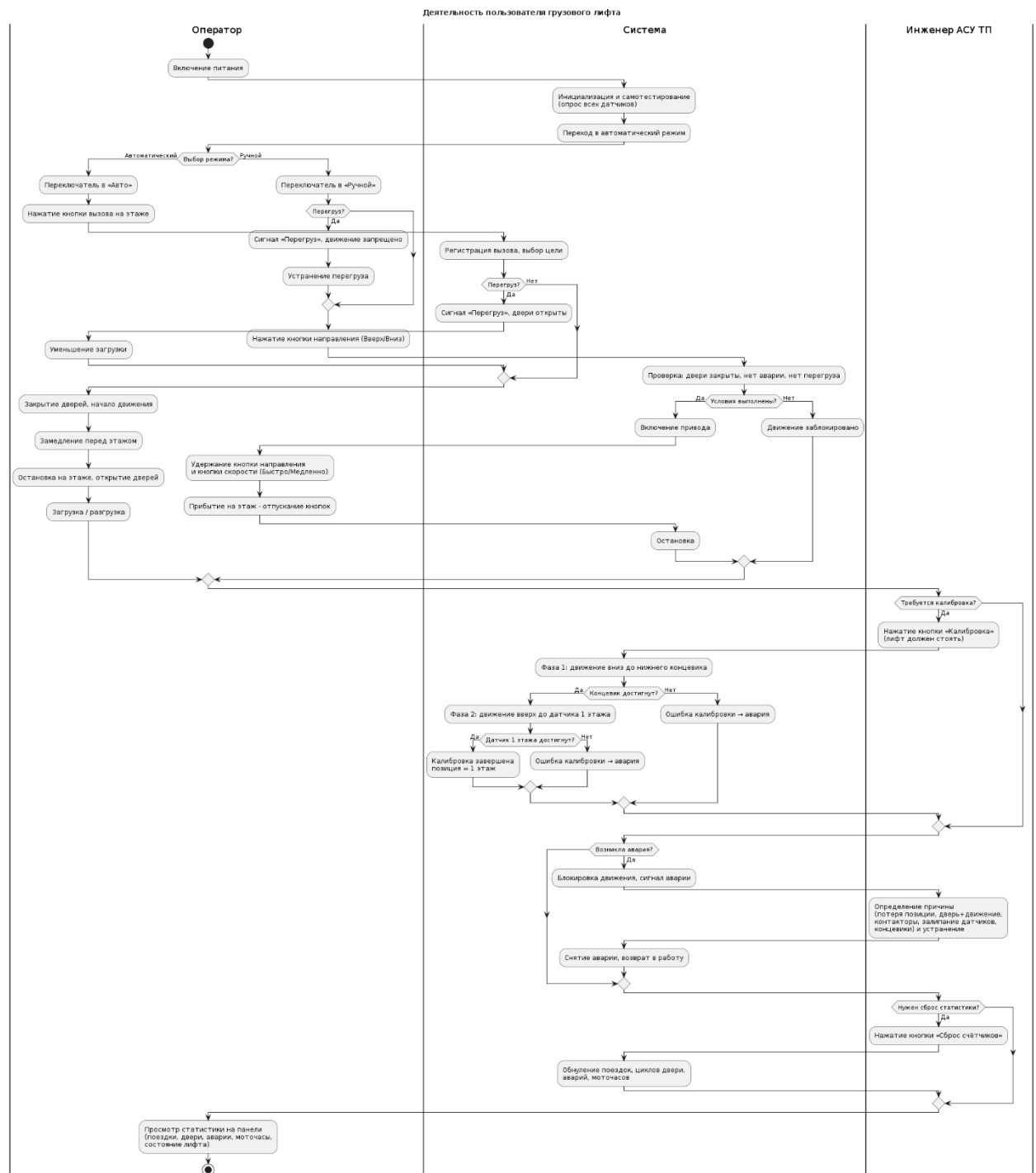


Рисунок 56 – UML-диаграмма деятельности

На рисунке 57 приведена UML-диаграмма сценариев использования, определяющая доступные оператору действия: выбор режима работы (автоматический/ручной), ручное управление движением и скоростью, запуск самокалибровки, сброс счётчиков статистики и просмотр текущего состояния лифта.



Рисунок 57 – UML-диаграмма сценариев использования

После анализа возможных сценариев работы с панелью и алгоритма взаимодействия пользователя с системой был начат процесс конфигурирования графического интерфейса панели оператора во встроенном редакторе визуализации CoDeSys 2.3.

Было создано новое окно во вкладке “Визуализация” внутри среды CoDeSys.

При создании необходимо ввести название окна, как показано на рисунке 58.



Рисунок 58 – Создание окна панели

После создания открывается рабочее поле визуализации, показанное на рисунке 59

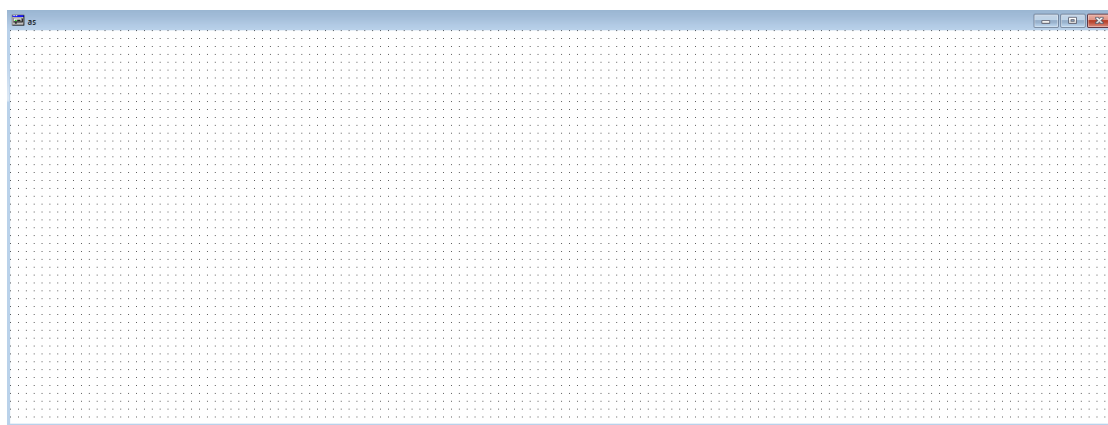


Рисунок 59 – Окно визуализации

После чего можно переносить объект из меню, для создания необходимых объектов и индикаций, а также можно установить приборы измерения стрелочные, шкалы, присутствуют графики отслеживания с настройкой под определенные параметры. Данное меню показано на рисунке 60.



Рисунок 60 – Меню объектов

Ниже приведена таблица 2, содержащая соотношение переменных ПЛК с типами элементов интерфейса панели оператора.

Таблица 2 – соотношение переменных ПЛК и элементов интерфейса

Имя переменной	Тип элемента интерфейса дубль на след
BTN_Call_1...BTN_Call_4	Кнопка управления битом (вызов)
DoorOpen	Прямоугольник (двери открыты)
DO_KM1_Up, DO_KM2_Dn	Лампа направления
DO_KM3_Fast, DO_KM4_Slow	Лампа скорости
DecelActive	Лампа (активно замедление)
AlarmGeneral	Лампа аварии (красная)
OverloadActive	Лампа перегруза
Floor1...Floor4 (флаги)	Прямоугольник этажа
DI.DTO_1...DI.DTO_4	Прямоугольник датчика DTO
DI.DZ_Up_12...DI.DZ_Dn_21	Прямоугольник датчика DZ
LiftStatus	Текстовое поле состояния

Для управления сигналом выбора этажа и состоянием лифта был использован элемент “Прямоугольник”. В его настройках заданы параметры визуализации текущего этажа. Что продемонстрировано на рисунках 61 и 62.

Для индикации текущего этажа в конфигурации элемента в пункте “Переменные”, в поле “Изм. Цвета:” была указана переменная, отвечающая за номер этажа. Дополнительно настроено отображение текста (“4 этаж”, “3 этаж” и т.д.) в пункте “Текст”. Внешний вид и цветовое выделение активного этажа заданы во вкладке “Цвета”, как показано на рисунке 63

Конфигурирование элемента (#6)

Категория

- Форма
- Текст
- Вид текста
- Ширина линии
- Цвета
- Переменные цвета
- Положение
- Деформация
- Переменные**
- Ввод
- Текст подсказки
- Безопасность
- Программируемость

Переменные

Невидимость:

Запрет ввода:

Изм. цвета:

Выв. текста:

Conversion base:

Conversion factor:

Подсказка: display:

OK

Отмена

Рисунок 61 – Окно пункта “Переменные” для этажей

Конфигурирование элемента (#6)

Категория

- Форма
- Текст
- Вид текста
- Ширина линии
- Цвета
- Переменные цвета
- Положение
- Деформация
- Переменные
- Ввод**
- Текст подсказки
- Безопасность
- Программируемость

Ввод

☒ Пер-я переключения

☐ Переменная-кнопка

☐ Нажатие FALSE

☐ Переход в виз.:

☐ Вып. программы:

☐ Ввод в переменную 'Выв. текста'

Текст Min:

Скрытый шрифт Max:

Заглавие панели:

OK

Отмена

Рисунок 62 – Окно пункта “Ввод”

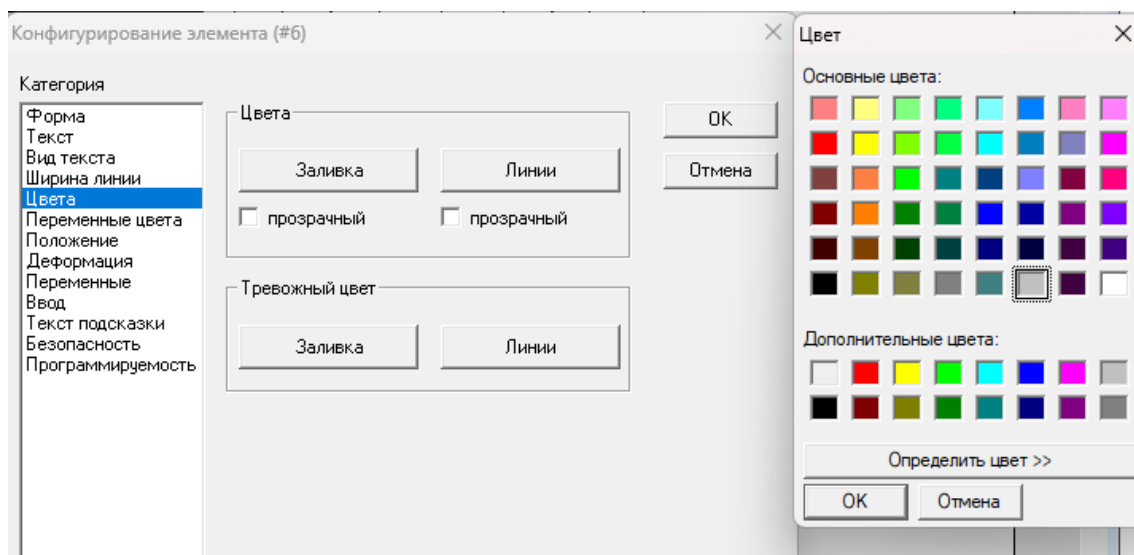


Рисунок 63 – Свойства пункта “Цвета” для активного этажа

Аналогичным образом настроен элемент “Двери открыты”, где переменная состояния дверей привязана к изменению цвета и текста. Фрагмент интерфейса с визуализацией этажей и состояния дверей представлен на рисунке 64.



Рисунок 64 – Итоговый результат отображения этажей и статуса дверей

Для индикации системного статуса (“В работе”, уровень доступа, дата и время) был добавлен элемент “Прямоугольник” с динамическими текстовыми полями. Как показано на рисунке 65, в пункте “Текст” использованы макросы:

%d – для вывода уровня доступа,
 %t %H:%M:%S – для текущего времени,
 %t %d.%m.%y – для текущей даты.

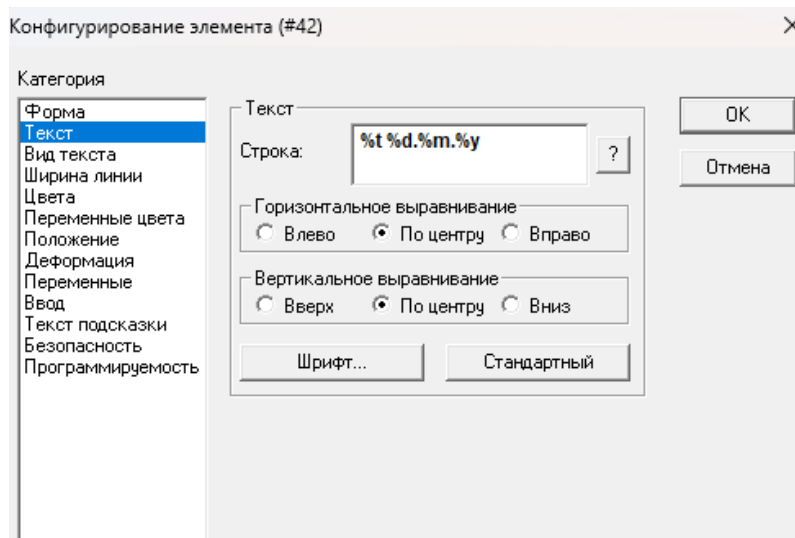


Рисунок 65 – Конфигурирование текстовых макросов для системной информации

Для отображения списка элементов управления и датчиков (ДВЭ, ДТО4, ДЗ|Н|43, ДНЭ и др.) были добавлены элементы “Прямоугольник”, что можно увидеть на рисунке 66.

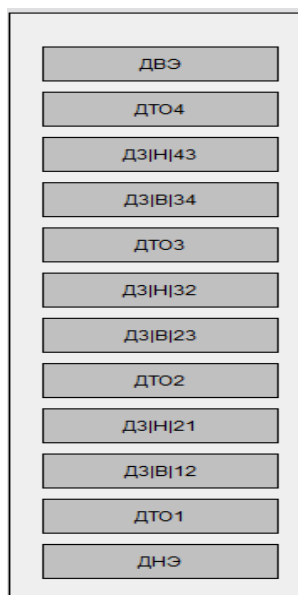


Рисунок 66 – Графические элементы, отображающие состояние датчиков лифта

В свойствах каждого такого элемента был указан соответствующий тег или переменная ПЛК для отображения состояния (например, “ДТ04” – датчик точной остановки, “ДЗ|Н|43” – датчик замедления). Пример конфигурирования элемента “ДТ04” приведён на рисунках 67 и 68.

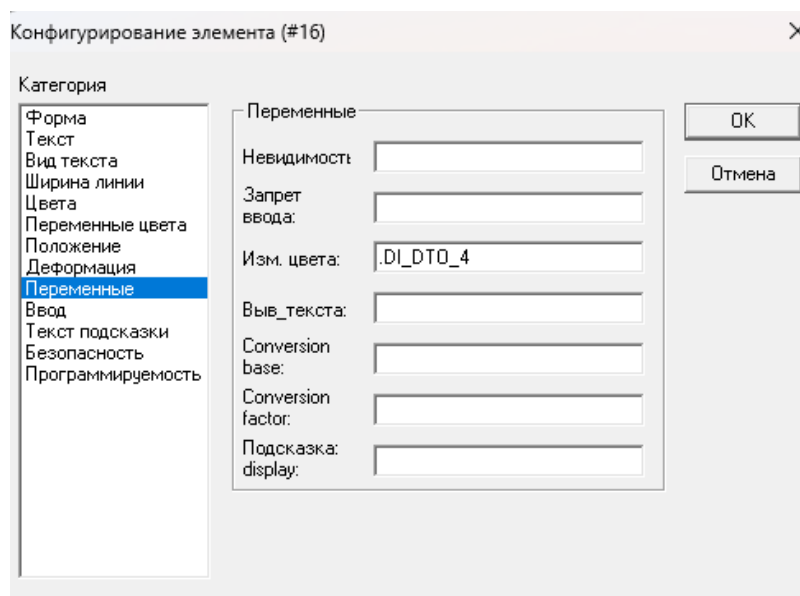


Рисунок 67 – Конфигурирование элемента “ДТ04” во вкладке “Переменные”

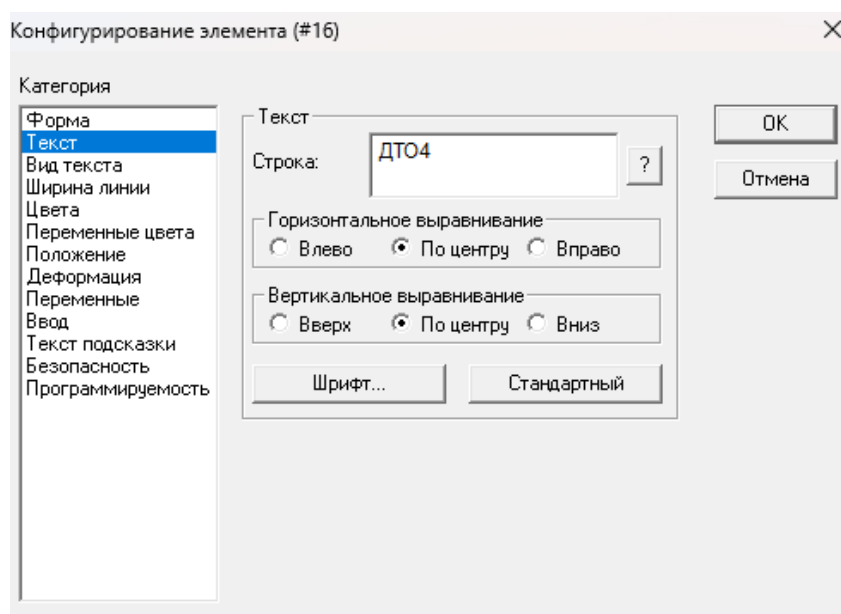


Рисунок 68 – Конфигурирование элемента “ДТ04” во вкладке “Текст”

Аналогично настроены все элементы в столбце. Получившийся фрагмент интерфейса представлен на рисунке 69.



Рисунок 69 – Итоговый вид списка датчиков

Для отображения режимов были добавлены два прямоугольника “Медленно” и “Быстро”. Конфигурирование выполнено аналогично кнопке выбора этажа. В пункте “Переменные” указана переменная DO_KM4_Slow. Внешний вид кнопок задан во вкладках “Текст” и “Цвета”, как показано на рисунке 70.

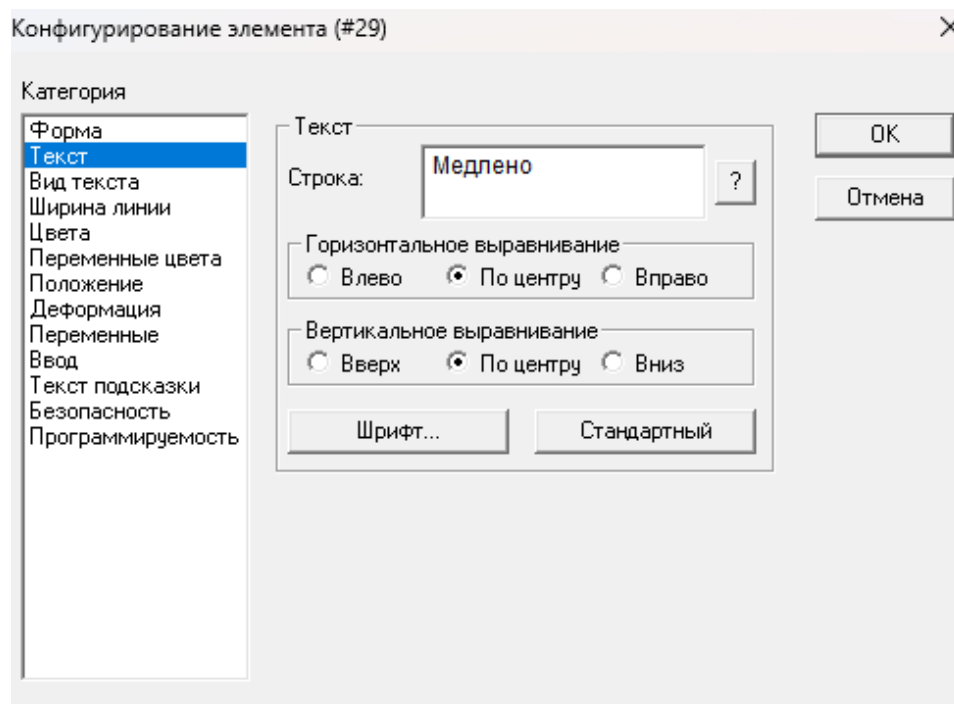


Рисунок 70 – Настройка кнопки “Медленно”

Интерфейс панели оператора также содержит подпункты: “Параметры”, “Таблица тревог”, “О системе”. Каждый из этих элементов выполнен в виде прямоугольника с привязкой к соответствующим экранам. Переход между разделами осуществляется по нажатию. Пример конфигурирования кнопки “Параметры” приведён на рисунке 71.

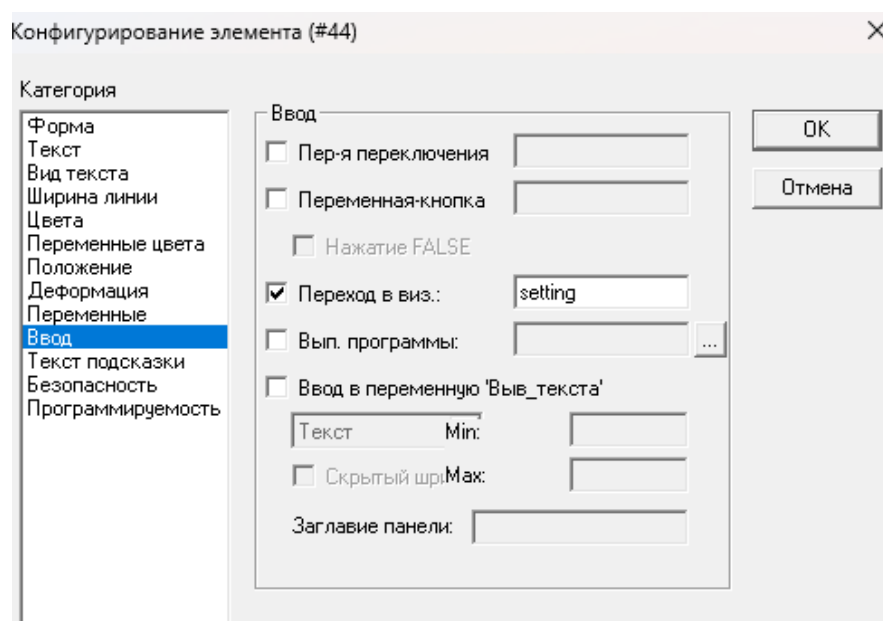


Рисунок 71 – Конфигурирование кнопки “Параметры”

Получившийся результат конфигурирования интерфейса панели оператора лифта представлен на рисунке 72.

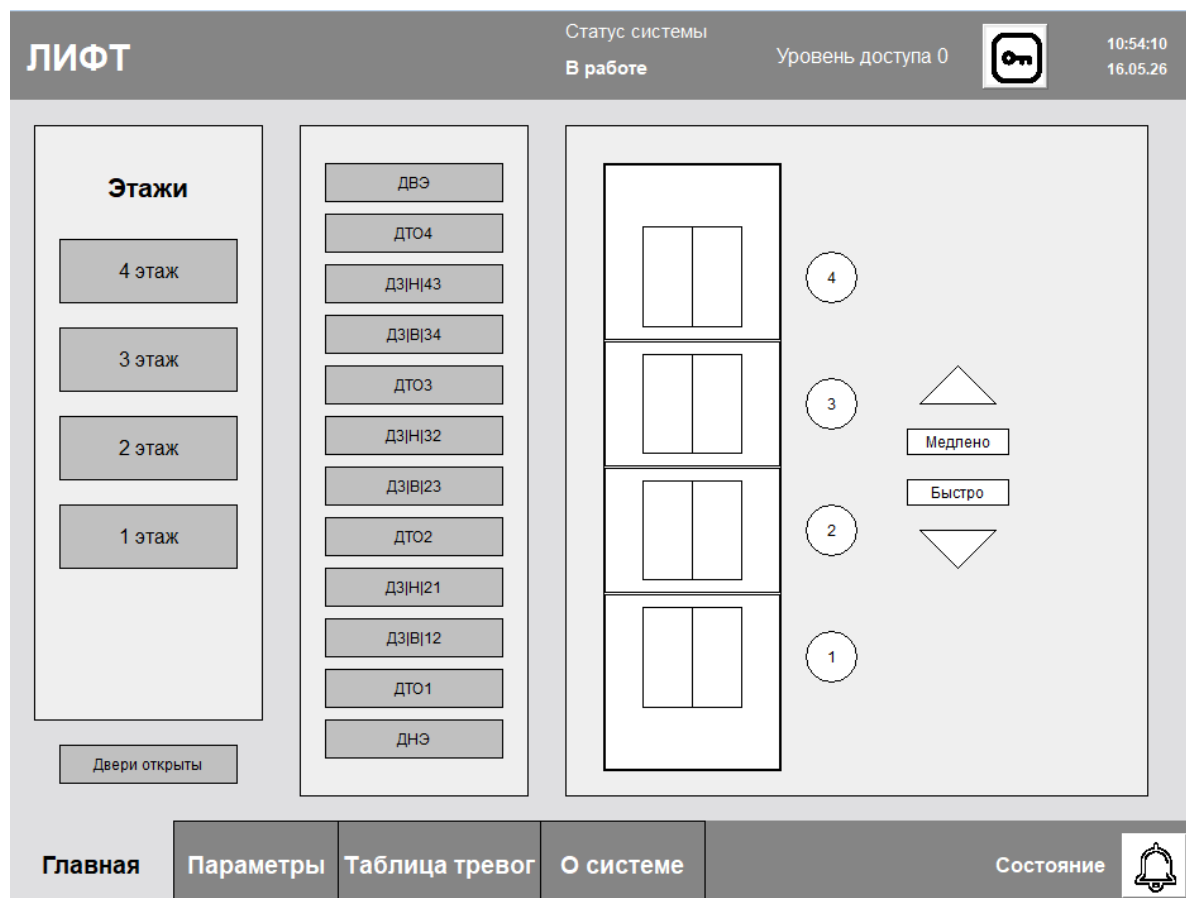


Рисунок 72 – Общий вид экрана “ЛИФТ. Этажи и статус”

1.3 Анализ результатов

1.3.1 Тестирование программы в редакторе CoDeSys

Для проверки корректности работы созданной управляющей программы в соответствии с исходным заданием с помощью режима эмуляции среды программирования CoDeSys 2.3 было проведено тестирование. Были проверены следующие режимы: регистрация и обработка вызовов, движение лифта с замедлением, реакция на аварийные ситуации, режим самокалибровки, а также сбор статистики.

На рисунке 73 представлен проект в режиме симуляции, где на вход переменной «BTN_Call_3» подана логическая единица, имитирующая нажатие кнопки вызова на третьем этаже. Сигнал поступает на вход SET SR-триггера в Сети

1, в результате чего переменная «CallReg_3» устанавливается в TRUE. В Сети 3 через каскад блоков SEL формируется переменная «TargetFloor», принимающая значение 3. В Сети 4 блоки сравнения GT и LT сравнивают «TargetFloor» и «currentFloor» (равный 1 – лифт находится на первом этаже). Поскольку целевой этаж больше текущего, переменная «Direction» принимает значение 1, что соответствует движению вверх. Переменная «IsUp» в Сети 5 принимает значение TRUE. Можно наблюдать, что программа корректно определила направление движения.

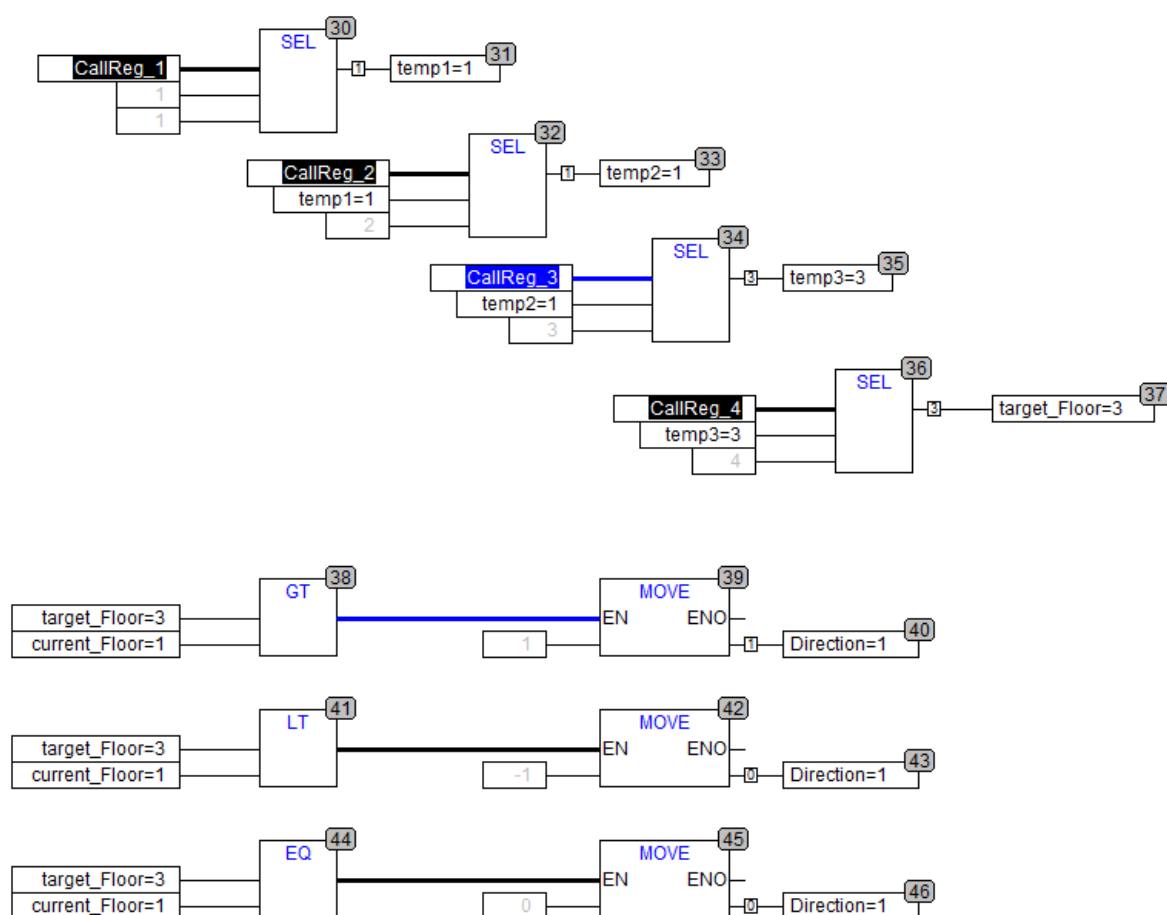


Рисунок 73 – Регистрация вызова с третьего этажа и определение направления вверх

Тестирование движения лифта и обработки датчиков замедления

На рисунке 74 представлен момент, когда лифт начал движение вверх. Переменная «DO_KM1_Up» (контактор движения вверх) активна, переменная «DO_KM3_Fast» (контактор быстрой скорости) также активна, поскольку сигнал

«DecelActive» равен FALSE – замедление ещё не началось. Переменная «currentFloor» всё ещё равна 1.

На рисунке 75 показан момент, когда лифт проходит датчик замедления «DI_DZ_Up_12». В Сети 6 блок EQ фиксирует, что «TargetFloor» равен 2, блок AND объединяет сигналы «IsUp», «Floor1» (лифт всё ещё на первом этаже с точки зрения DTO), результат сравнения с константой 2 и сигнал с датчика «DI_DZ_Up_12». На выходе блока AND формируется TRUE, который через блок OR активирует переменную «DecelActive». Это приводит к переключению скорости: в Сети 7 сигнал «DO_KM3_Fast» снимается, включается сигнал «DO_KM4_Slow» (медленная скорость). Программа корректно отрабатывает логику замедления перед подходом к целевому этажу.

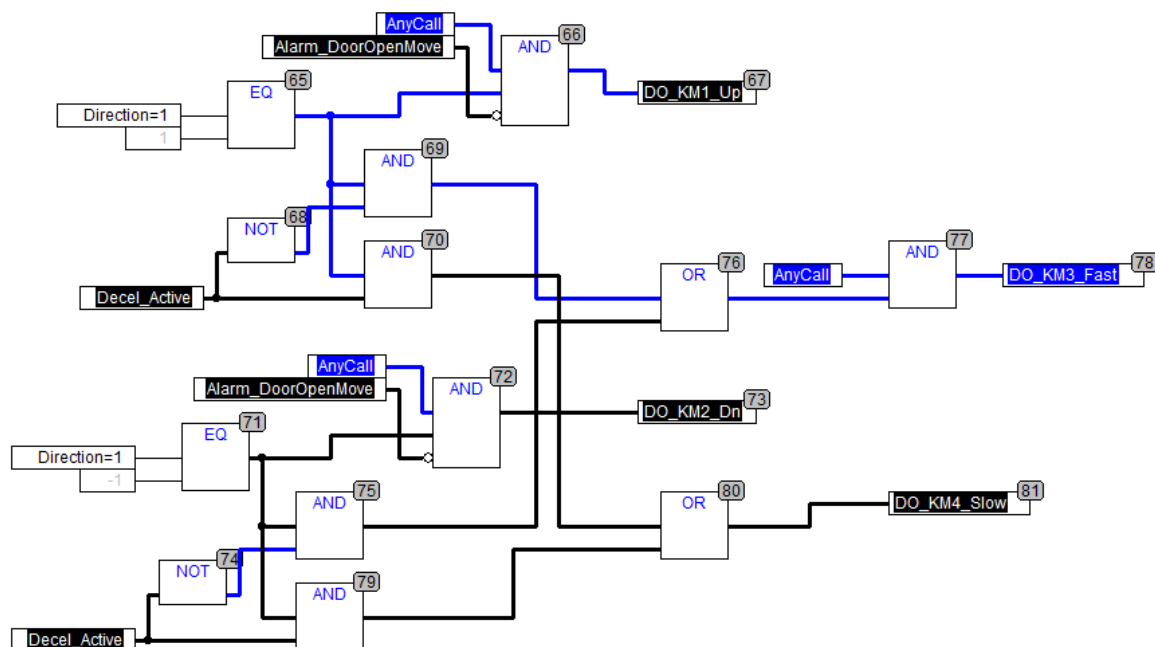


Рисунок 74 – Начало движения вверх на быстрой скорости

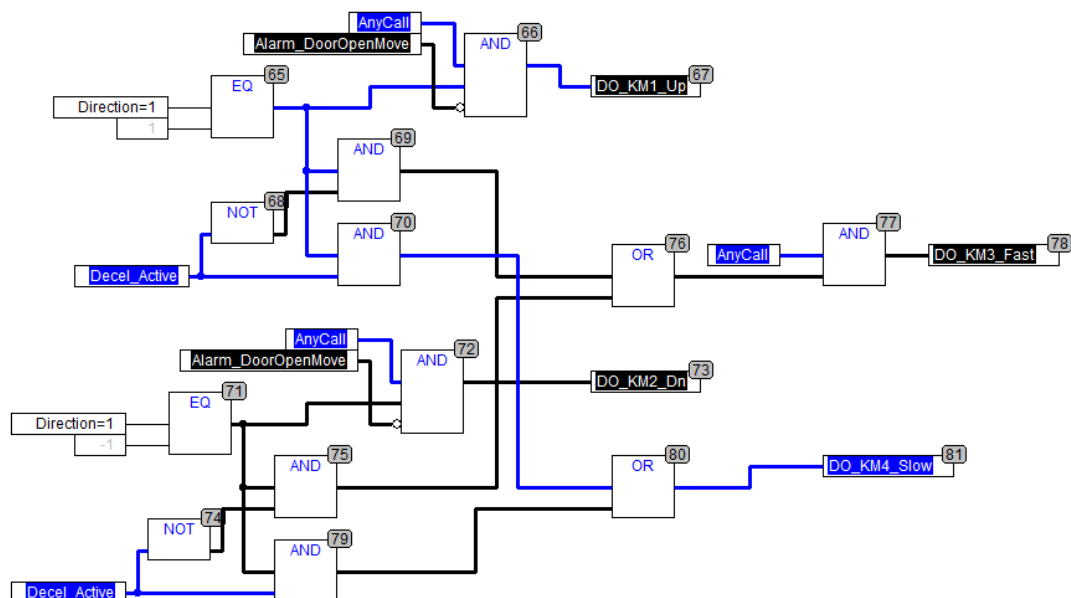


Рисунок 75 – Срабатывание датчика замедления DI_DZ_Up_12 и переключение на медленную скорость

Тестирование точной остановки и открытия дверей

На рисунке 76 представлен момент прибытия лифта на второй этаж. С датчика точной остановки «DI_DTO_2» поступает сигнал TRUE. В Сети 2 срабатывает RS-триггер RS_2, устанавливая флаг «Floor2» в TRUE и сбрасывая флаг «Floor1». Переменная «currentFloor» обновляется до значения 2. Поскольку «currentFloor» равен «TargetFloor», в Сети 4 блок EQ формирует сигнал TRUE, и переменная «Direction» принимает значение 0 – лифт останавливается. Контакторы «DO_KM1_Up» и «DO_KM4_Slow» отключаются.

На рисунке 77 показан момент открытия дверей. В Сети 8 сигнал «Direction = 0» совместно с условием «currentFloor = TargetFloor» (2 = 2) активирует переменную «DoorOpen». Одновременно с этим сигнал «DoorOpen» совместно с флагом «Floor2» через блок AND формирует сигнал «ResetCall_2», который сбрасывает SR-триггер вызова в Сети 1. Переменная «CallReg_2» обнуляется, вызов считается обслуженным. Программа корректно завершила цикл обслуживания вызова.

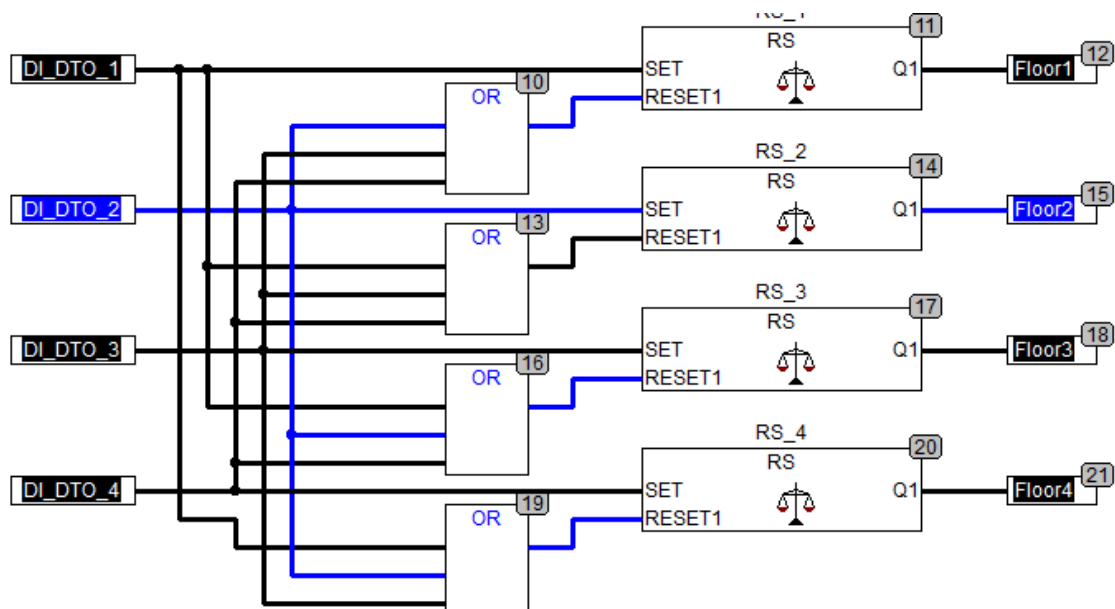


Рисунок 76 – Прибытие на второй этаж: срабатывание DI.DTO_2, остановка лифта

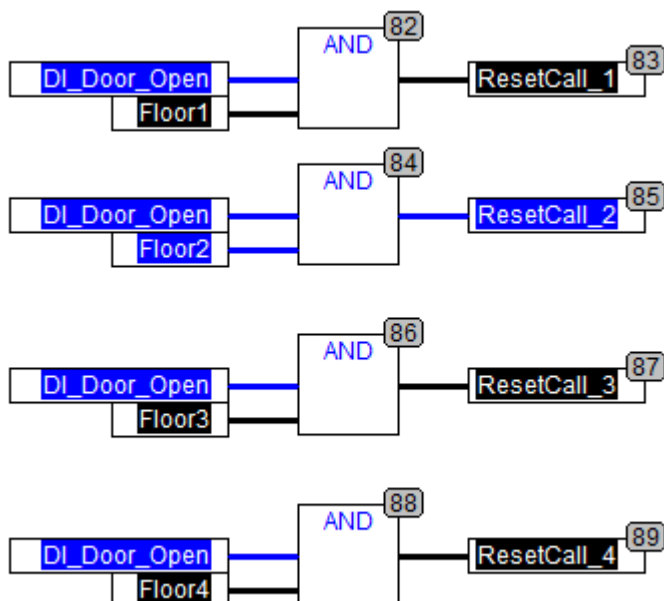


Рисунок 77 – Открытие дверей и сброс обслуженного вызова

Тестирование системы безопасности

Движение с открытой дверью

На рисунке 78 представлен результат принудительной подачи сигнала «DO_KM1_Up» при активном сигнале «DoorOpen». В Сети 10 блок AND

фиксирует одновременное наличие сигналов «DoorOpen» и «DO_KM1_Up», в результате чего формируется аварийный сигнал «AlarmDoorOpenMove». В Сети 15 этот сигнал через блок OR активирует «AlarmGeneral», который в Сети 7 через инвертированный вход блока AND снимает все сигналы с контакторов. Лифт немедленно останавливается.

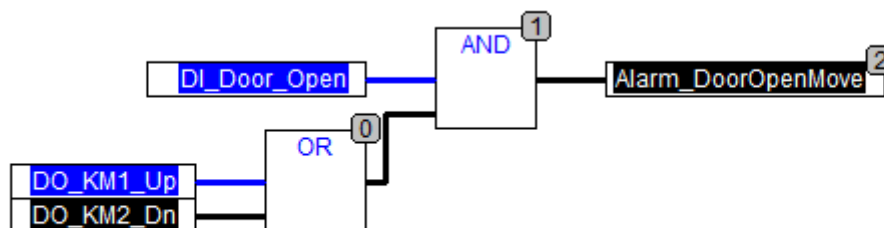


Рисунок 78 – Срабатывание защиты при движении с открытой дверью

Залипание датчика точной остановки

На рисунке 79 показан результат эмуляции залипания датчика «DI_DTO_3». На вход переменной подан постоянный сигнал TRUE. В Сети 12 запускается таймер TON с уставкой 10 секунд. По истечении заданного времени (рисунок 36) выход Q таймера переходит в TRUE, формируется сигнал «Alarm_DTO_Stuck_3», который активирует общую аварию. Движение лифта блокируется до устранения неисправности.

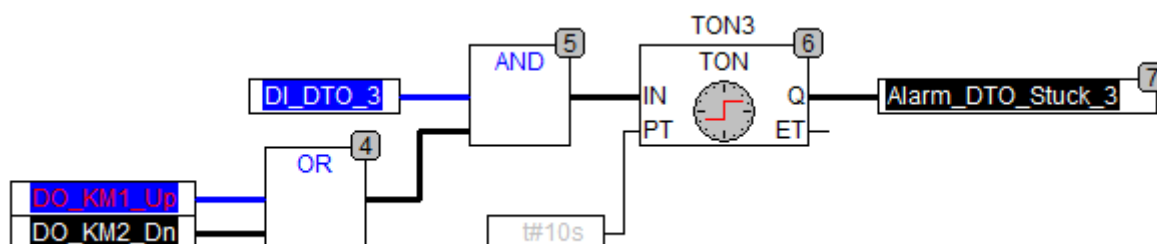


Рисунок 79 – Обнаружение залипания датчика DI_DTO_3: запуск таймера TON

Выход за пределы шахты (концевые выключатели)

На рисунке 80 показан момент срабатывания концевого выключателя «DI_DNE» (датчик нижнего этажа в прямке). Сигнал поступает в Сеть 14, где

через блок OR формируется «AlarmEndSwitch», который немедленно вызывает общую аварию. Аналогичное срабатывание происходит и при активации датчика верхнего этажа «DI_DVE». Программа корректно обрабатывает защиту от выхода кабины за пределы допустимой зоны.

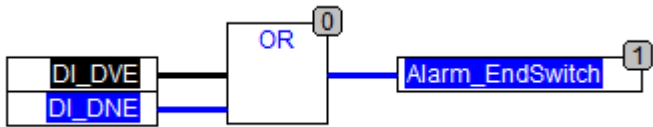


Рисунок 80 – Срабатывание концевого выключателя DI_DNE

1.3.2 Тестирование и отладка интерфейса панели оператора

После окончания конфигурирования была проведена проверка корректности работы интерфейса панели оператора, связей между элементами проекта и адекватность их размещения на экране. Проект был запущен в режиме эмуляции, что представлено на рисунках 81 и 84.

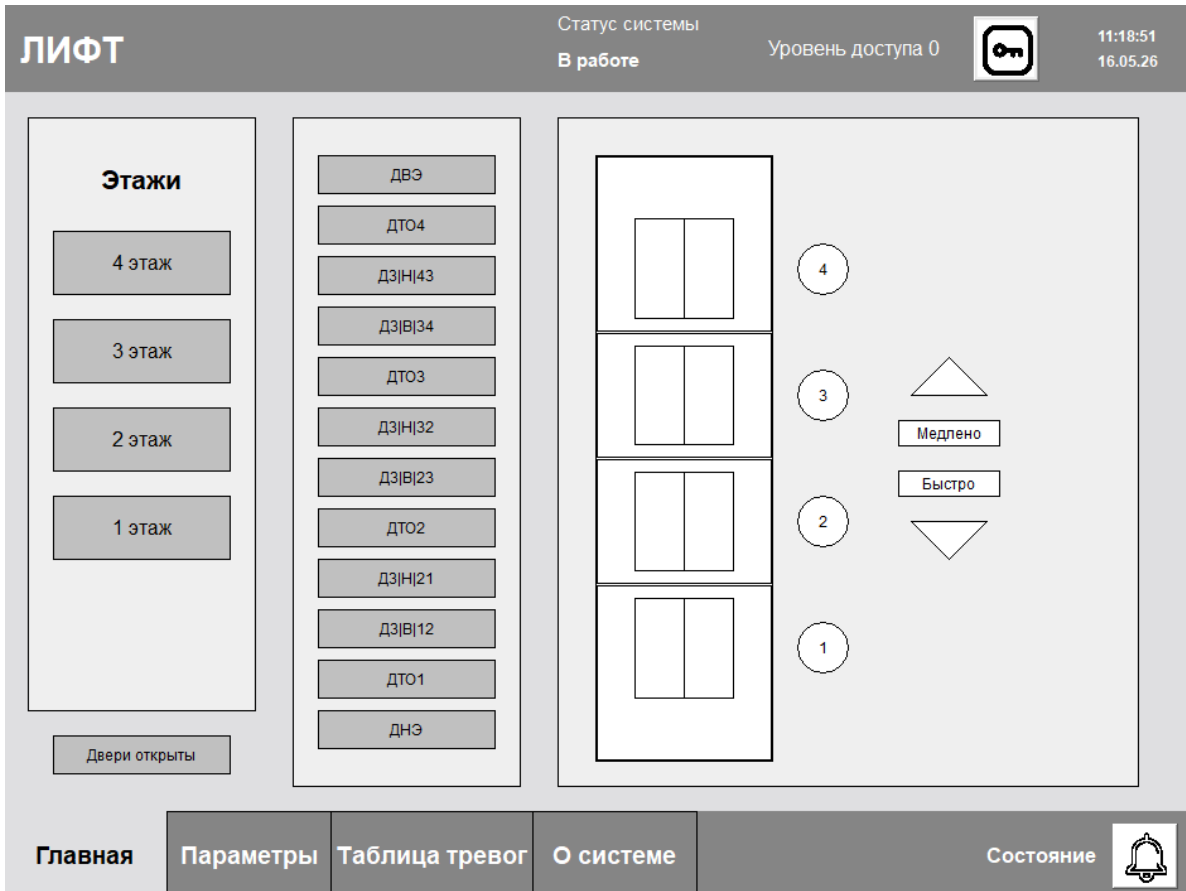


Рисунок 81 – Экран “main” в режиме эмуляции панели оператора

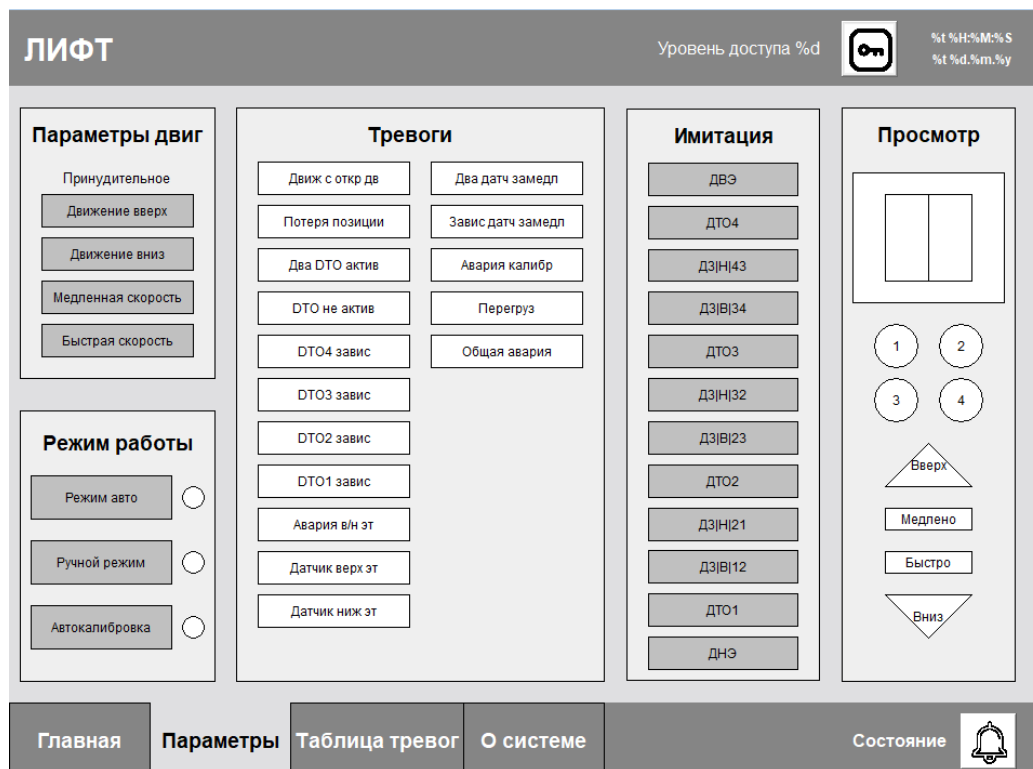


Рисунок 82 – Экран “setting” в режиме эмуляции панели оператора

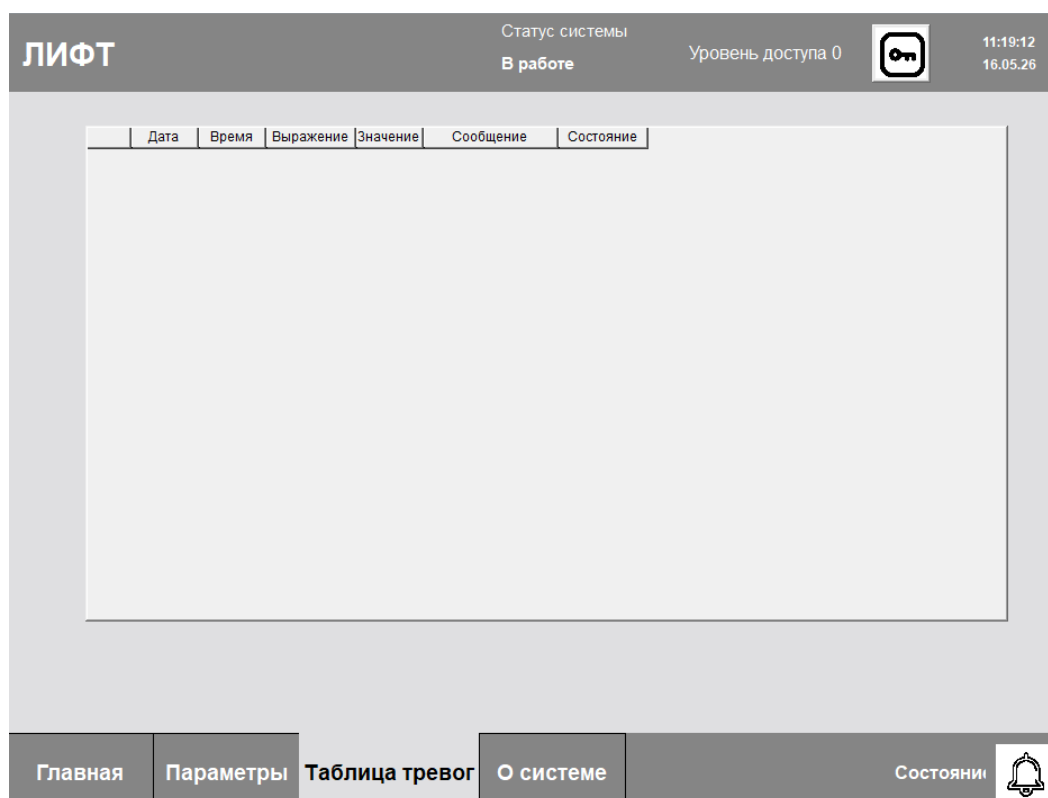


Рисунок 83 – Экран “alarmTable” в режиме эмуляции панели оператора

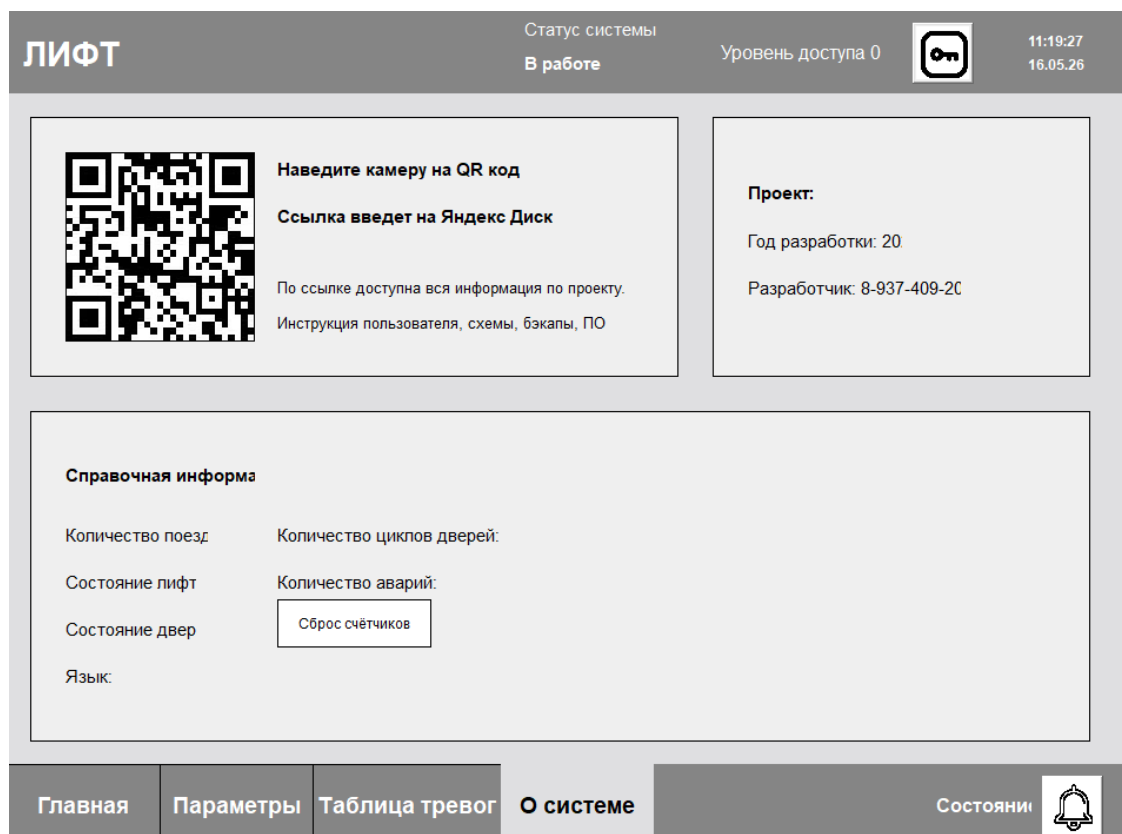


Рисунок 84 – Экран “about” в режиме эмуляции панели оператора

2 Охрана труда

Данный раздел охватывает требования к обеспечению безопасности и охраны труда пользователей ПЭВМ в процессах разработки программного обеспечения, инсталляции и эксплуатации ПЛК и панелей оператора. Дополнительно рассматриваются меры по минимизации патогенных факторов, воздействующих на здоровье.

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

Малоподвижный характер деятельности и интенсивная зрительная нагрузка при взаимодействии с вычислительной техникой оказывают неблагоприятное воздействие на физическое состояние человека. Дефицит двигательной активности, длительное статическое напряжение мышечного аппарата и перенапряжение органов зрения провоцируют падение продуктивности, хроническую усталость, повышенную раздражительность и различные соматические расстройства.

Для ослабления вредоносного влияния ПЭВМ следует придерживаться комплекса профилактических мер:

- настройте посадочное место таким образом, чтобы позвоночник сохранял естественное прямое положение, а предплечья свободно опирались на рабочую поверхность;
- располагайте монитор на линии глаз, соблюдая дистанцию, равную длине вытянутой руки;
- исключите появление световых бликов и затенённых зон, при нехватке освещения задействуйте локальный источник света;
- каждые 45–60 минут покидайте рабочее кресло, выполняйте физическую разминку и гимнастику для глаз;
- ограничивайте суммарное время пребывания перед экраном шестью–восемью часами в сутки;
- контролируйте осанку, не допускайте сгорбленного положения корпуса;

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

– не пренебрегайте нормами электробезопасности: подключайте оборудование к розеткам с заземлением, избегайте чрезмерной нагрузки на электрическую сеть;

– соблюдайте противопожарный режим: имейте в зоне досягаемости исправный огнетушитель, не оставляйте включённые электроприборы без наблюдения.

2.1.1 Оборудование рабочего места

К рабочему месту предъявляется ряд базовых требований [11]:

– дистанция от органов зрения до поверхности экрана обязана находиться в интервале 600–700 мм;

– плоскость монитора размещается ниже линии взора. Угол, образуемый горизонтальным лучом зрения и направлением на геометрический центр экрана, должен варьироваться в пределах 10–15 градусов;

– конструкция рабочего стола должна предусматривать регулировку высоты в диапазоне 680–800 мм; если механизм изменения уровня отсутствует, фиксированная высота устанавливается на отметке 725 мм;

– клавиатурный блок помещается на столешницу так, чтобы промежуток от передней кромки, обращённой к оператору, составлял 100–300 мм. Допускается его монтаж на обособленной регулируемой панели, не связанной жёстко с основной плоскостью стола;

– рабочая поверхность обязана обеспечивать подстольное пространство для нижних конечностей со следующими минимальными параметрами: высота — 600 мм, заглубление в зоне коленных суставов — 450 мм, на уровне выпрямленных ног — 650 мм [11].

На рисунке 86 изображена конфигурация рабочего места, соответствующая перечисленным предписаниям.

Позиция оператора за дисплеем должна быть эргономичной — иными словами, обеспечивать максимум удобства и исключать причинение ущерба самочувствию.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Грамотно выстроенное рабочее пространство гарантирует физиологически корректную позу пользователя персональной ЭВМ, визуализированную на рисунке 87.



Рисунок 85 – Организация рабочего места

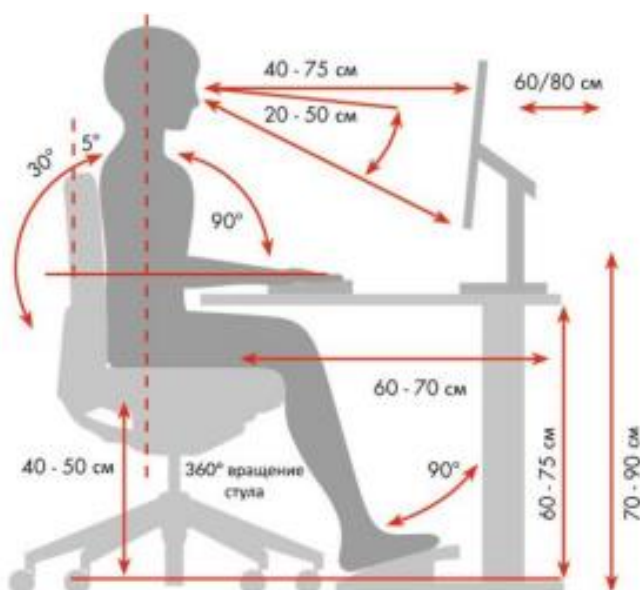


Рисунок 86 – Правильная посадка за ПК

Поза оператора обязана гарантировать соблюдение ряда физиологических требований:

- лучезапястные суставы должны сохранять нейтральное, неподогнутое положение;
- плечевой пояс пребывает в ненапряжённом, свободном состоянии;
- локти полностью опираются на рабочую плоскость, исключая свисание, и размещаются строго перпендикулярно относительно пола; угол сгиба в локтевом сочленении выдерживается в диапазоне 90–100 градусов.

2.1.2 Освещенность рабочего места

Уровень освещённости регламентируется исходя из специфики осуществляемой деятельности, локации и типа освещаемой плоскости. Для помещений, оборудованных пультами электронно-вычислительных машин и дисплейными модулями, предписывается комбинированная система освещения с показателем не ниже 400 лк, тогда как общая освещённость обязана составлять минимум 200 лк [11].

В пределах рабочей зоны требуется добиваться высокой равномерности распределения яркости, устраняя источники бликов и глянцевые поверхности. Для противодействия зрительной монотонии в поле зрения рекомендуется вводить отдельные элементы с пёстрой окраской.

В качестве осветительного оборудования преимущественно задействуют потолочные либо встраиваемые приборы, укомплектованные люминесцентными источниками света. С целью предотвращения паразитной засветки экранов прямыми лучами, корпуса светильников общего назначения монтируют сбоку от операторской позиции, ориентируя их параллельно линии взора сотрудника [11].

2.1.3 Электробезопасность

Нормативной основой электробезопасности выступает ГОСТ 12.1.019-2017 «Электробезопасность».

Персональная электронно-вычислительная машина представляет собой совокупность устройств, запитываемых от сети переменного тока с частотой 50 Гц

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

и номинальным напряжением 230 В. Подобный уровень напряжения несёт прямую угрозу жизни человека. Исходя из этого, эксплуатация ПЭВМ обязывает соблюдать ряд жёстких предписаний:

- электропитание всех компонентов должно осуществляться от единой фазы электросети;
- подключение оборудования к сети допустимо исключительно через розетки европейского стандарта, оснащённые заземляющими контактами;
- каждая розетка, задействованная для подсоединения компьютерной техники, обязана иметь маркировку с указанием величины напряжения;
- обозначение номинального напряжения сети надлежит наносить контрастной краской, крупным шрифтом (не менее 50 мм по высоте) непосредственно на стеновой или щитовой поверхности вблизи розеточного гнезда.

Любой сотрудник, взаимодействующий с ПЭВМ и сопутствующим периферийным оснащением, обязан неукоснительно придерживаться правил электробезопасности. Пренебрежение данными требованиями способно повлечь тяжёлые последствия для здоровья и создать непосредственную опасность для жизни.

Необходимо на постоянной основе контролировать исправность электропроводки, коммутационных устройств, штепсельных разъёмов, посредством которых техника подключается к сети.

При выявлении малейших неполадок следует незамедлительно снять напряжение с неисправного оборудования и известить о случившемся должностное лицо, отвечающее за электрохозяйство. Возобновление эксплуатации разрешается только после того, как все дефекты будут ликвидированы аттестованным специалистом.

2.1.4 Пожарная безопасность

В процессе использования электроустановок и персональных ЭВМ наиболее распространёнными источниками возгораний выступают:

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- короткие замыкания в электропроводке и аппаратуре;
- воспламенение легковоспламеняющихся материалов, размещённых в непосредственной близости от электрооборудования;
- значительные переходные сопротивления в зонах контактных сочленений.

Комплекс превентивных противопожарных мер реализуется в соответствии с Федеральным законом от 21.12.1994 № 69-ФЗ (в редакции от 28.09.2010) «О пожарной безопасности». Для обеспечения пожарной безопасности надлежит осуществить совокупность организационных процедур, ориентированных на защиту жизни людей, предупреждение возгораний и сдерживание их распространения. Наряду с этим формируются условия, способствующие результативному пожаротушению.

Росту противопожарной защищённости помещений способствуют следующие меры:

- эвакуационные коридоры и запасные выходы обязаны быть свободными от посторонних объектов, создающих помехи для беспрепятственного перемещения;
- к первичным средствам пожаротушения необходимо обеспечить постоянный беспрепятственный доступ;
- вентиляционная система должна оснащаться устройствами автоматического отключения при возгорании, а также огнезадерживающими клапанами;
- смонтированные системы автоматической пожарной сигнализации и установки пожаротушения надлежит поддерживать в работоспособном состоянии, руководствуясь типовыми правилами технической эксплуатации пожарной автоматики.

2.1.5 Режим труда и отдыха

Сотрудник, эксплуатирующий персональную ЭВМ, обязан неукоснительно придерживаться установленного режима труда и отдыха. Длительность и

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

периодичность регламентированных пауз определяются с учётом разновидности, категориальной принадлежности и продолжительности выполняемых работ. Соблюдение чередования периодов активности и восстановления способствует уменьшению утомления, росту продуктивности и сохранению здоровья. Недопустимо пренебрегать перерывами — следует покидать рабочее кресло, производить двигательную разминку и выполнять физические упражнения.

Трудовая деятельность, сопряжённая с использованием персонального компьютера, подразделяется на следующие группы:

- группа А — считывание данных с экрана терминала по предварительному запросу;
- группа Б — операции по вводу информации;
- группа В — работа в диалоговом режиме с ПЭВМ.

При совмещении в течение смены нескольких разновидностей компьютерных работ в качестве основной принимается та, на которую приходится не менее половины совокупного рабочего времени дня или смены.

Для каждого вида деятельности предусмотрены три категории тяжести и напряжённости трудового процесса за компьютером, устанавливаемые по следующим критериям:

- для группы А — по общему количеству знаков, считанных с экрана за рабочую смену (предельное значение — 60 000 знаков);
- для группы Б — по суммарному объёму считываемых либо вводимых знаков за смену (максимум — 40 000 знаков);
- для группы В — по интегральной продолжительности прямого взаимодействия с компьютером в течение смены (лимит — 6 часов).

Совокупная продолжительность регламентированных перерывов применительно к каждой категории и разновидности работ приведена в таблице 3.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3 – Время перерывов

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

2.2 Меры безопасности при работе с ПЛК 160 и панелью оператора

В соответствии с классификацией, установленной ГОСТ IEC 61131-2-2012, прибор по способу защиты персонала от поражения электрическим током относится ко II классу .

В процессах эксплуатации, технического обслуживания и поверки изделия надлежит руководствоваться нормами ГОСТ 12.3.019–80, а также положениями «Правил эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил охраны труда при эксплуатации электроустановок» [8].

При функционировании прибора открытые контакты клеммной колодки пребывают под напряжением, представляющим опасность для жизни. Монтаж устройства должен осуществляться исключительно в специализированных шкафах, доступ к которым разрешён лишь аттестованному персоналу [8].

Все операции по подсоединению к прибору и его техническому обслуживанию выполняются строго при обесточенном состоянии как самого прибора, так и сопряжённых с ним устройств [11].

Категорически не допускается проникновение влаги на контакты выходного разъёма и внутренние электронные компоненты. Эксплуатация прибора в

агрессивных средах, атмосфера которых содержит кислоты, щёлочи, масла и аналогичные вещества, запрещена [8].

Операторская панель функционирует с использованием постоянных напряжений, безопасных для жизни человека (величиной до 26 В). По способу обеспечения защиты от электротравм она отвечает требованиям III класса согласно ГОСТ 12.2.007.0, что подразумевает отсутствие необходимости в специализированной защите обслуживающего персонала от прикосновения к токоведущим элементам [11].

Все виды работ по коммутации и техническому обслуживанию панели проводятся исключительно после отключения питания и при гарантированном отсутствии напряжения в сигнальных линиях [4].

При осуществлении проверки панели обязательны к исполнению требования ГОСТ 12.3.019, «Правил эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» [9].

2.3 Психофизиологические нагрузки и профилактика утомления

Профессиональная деятельность разработчика сопряжена с продолжительным нахождением за компьютером, необходимостью поддержания высокой концентрации внимания и многократным повторением стереотипных операций, что в совокупности порождает существенные психофизиологические перегрузки. К числу ведущих факторов, воздействующих на организм, принадлежат: статическое напряжение мышечного аппарата, утомление органов зрения, однообразие трудового процесса и эмоциональный стресс, провоцируемый решением сложных инженерных задач либо работой в режиме дефицита времени.

Продолжительное сохранение фиксированной позы ведёт к перенапряжению мускулатуры спины, шейного отдела и плечевого пояса, следствием чего становятся болезненные ощущения и падение продуктивности. Значительная нагрузка на зрительный анализатор обусловлена непрерывной фокусировкой на экране, в особенности при взаимодействии с миниатюрными деталями интерфейса или мелким текстом. Дефицит освещения и некорректное позиционирование

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

монитора усугубляют зрительную усталость, которая выражается в сухости роговицы, затуманивании зрения и цефалгии. Однотипность выполняемых действий вкупе с запредельной длительностью сосредоточения нередко вызывают эмоциональное перенапряжение, апатию и хроническую утомляемость.

Для ослабления психофизиологической нагрузки принципиальное значение приобретает рациональная организация чередования труда и отдыха. Целесообразно устраивать кратковременные паузы с периодичностью 45–60 минут, заполняя их лёгкой двигательной разминкой и переводом фокуса зрения на удалённые объекты, разгружая тем самым глазные мышцы. Эффективным инструментом служит правило «20–20–20», согласно которому каждые 20 минут взгляд отводится на предмет, отстоящий приблизительно на 20 футов (6 метров), и удерживается на нём в течение 20 секунд. Подобные микро перерывы способствуют восстановлению зрительного восприятия и расслаблению аккомодационной мускулатуры глаз.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Экономика

3.1 Цель и задачи экономического обоснования

Экономический раздел выпускной квалификационной работы преследует цель произвести калькуляцию издержек на проектирование и ввод в эксплуатацию автоматизированной системы управления промышленным лифтом, а также выполнить расчёт прогнозируемой экономической результативности её применения.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующего круга задач:

- исчисление совокупной себестоимости создания программного продукта и наладки аппаратной составляющей;
- установление объёма капитальных вложений, необходимых для построения системы (с учётом стоимости электродвигателя);
- определение величины текущих эксплуатационных затрат;
- вычисление годового экономического эффекта, достигаемого за счёт автоматизации;
- расчёт периода окупаемости проектного решения.

3.2 Расчет затрат на разработку системы

Разработка системы включает в себя:

- разработку управляющей программы лифта на языке SFC, включающей автоматический и ручной режимы движения, обработку сигналов датчиков, систему безопасности, режим самокалибровки, сбор и отображение статистики;
- настройку дискретных входов/выходов контроллера для приема сигналов от кнопок и датчиков, а так же управления силовыми контакторами;
- создание графического интерфейса оператора (HMI) с визуализацией текущего этажа, направления движения, состояния лифта и аварийных сигналов;
- тестирование всех режимов на лабораторном стенде с двухскоростным асинхронным электродвигателем и контактной схемой управления;

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– подготовку технической документации.

3.2.1 Трудоемкость разработки

Таблица 4– Трудоемкость разработки

Вид работ	Трудоемкость, чел.-часов
Анализ требований и обзор аналогов	12
Разработка алгоритмов управления лифтом (CFC)	48
Конфигурирование ПЛК и настройка дискретных входов/выходов	20
Создание экранов визуализации (HMI, 3 экрана)	28
Тестирование, отладка, симуляция на стенде с электродвигателем	30
Документирование (реферат, инструкция)	14
Итого	152 чел.-часов

При 8-часовом рабочем дне это составляет 19 рабочих дней.

3.2.2 Расчет заработной платы разработчика

Должность: инженер-программист АСУ ТП (средний уровень).

Месячная ставка: 75 000 руб.

Среднедневная ставка: $75\,000 / 21,5 \approx 3\,488$ руб.

Часовая ставка: $3\,488 / 8 = 436$ руб.

Основная заработная плата:

$152 \text{ чел.-ч} \times 436 \text{ руб.} = 66\,272 \text{ руб.}$

Дополнительная заработная плата (премия 20%):

$66\,272 \times 0,20 = 13\,254 \text{ руб.}$

Страховые взносы (30%):

$(66\,272 + 13\,254) \times 0,30 = 23\,858 \text{ руб.}$

Итого затраты на оплату труда разработчика:

$66\,272 + 13\,254 + 23\,858 = 103\,384 \text{ руб.}$

3.2.3 Стоимость оборудования и комплектующих

Таблица 5– Стоимость оборудования и комплектующих

Оборудование	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
ПЛК ОВЕН ПЛК-160	65 500	1	65 500
Панель оператора (HMI) с поддержкой CODESYS	32 000	1	32 000
Двухскоростной асинхронный электродвигатель (лифтовой)	95 000	1	95 000
Силовые контакторы КМ1–КМ4	3 200	4	12 800
Датчики точной остановки DTO	1 800	4	7 200
Датчики замедления DZ	1 500	6	9 000
Концевые выключатели DNE, DVE	1 400	1	2 800
Устройство контроля перегруза УКП-4МС	11 500	1	11 500
Аварийная кнопка	450	1	450
Лампы сигнальные (авария, перегруз)	350	2	700
Реле промежуточные, кабели, клеммники (набор)	6 000	1	6 000
Источник питания 24В	3 500	1	3 500
Итого оборудование	245 950		

3.2.4 Прочие затраты

Таблица 6– Прочие затраты

Статья затрат	Сумма, руб.
Электроэнергия на время разработки	2 500
Амортизация ПК и приборов	3 500
Расходные материалы (кабели, маркировка, наконечники)	3 000
Использование ПО CODESYS (бесплатно)	0
Итого прочие затраты	9 000

3.2.5 Полная себестоимость разработки

Таблица 7– Полная себестоимость разработки

Статья	Сумма, руб.
Оплата труда разработчика	103 384
Оборудование и комплектующие	245 950
Прочие затраты	9 000
Итого (себестоимость)	358 334

3.3 Капитальные затраты на внедрение

Для внедрения системы на предприятие необходима закупка оборудования, его монтажа и пусконаладки.

Таблица 8– Капитальные затраты на внедрение

Показатель	Сумма, руб.
Себестоимость разработки	358 334
Монтаж и пусконаладка (12% от стоимости оборудования без учёта разработки)	26 502
Обучение одного оператора (1 день)	3 000
Капитальные затраты (КВ)	423 341

3.4 Расчет эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы включают в себя затраты на электроэнергию, обслуживание и амортизацию.

Таблица 9– Расчет эксплуатационных расходов

Показатель	Формула / значение	Сумма, руб. / год
Электронергия системы управления (ПЛК, панель, датчики)	$(0,3 \text{ кВт}) * 6 \text{ ч} * 200 \text{ дн} * 8 \text{ руб./кВт*ч}$	11 388
Электронергия электродвигателя лифта	$30 \text{ кВт} * 0,4 \text{ (средняя загрузка)} * 8 \text{ ч} * 250 \text{ дн} * 6,5 \text{ руб./кВт*ч}$	156 000
Обслуживание (2% от стоимости оборудования)	$0,02 * 245 950$	4 919

Показатель	Формула / значение	Сумма, руб. / год
Амортизация оборудования (срок службы 10 лет)	245 950 / 10	24 595
Ремонтный фонд (1,5% от оборудования)	0,015 * 245 950	3 689
Итого эксплуатационных затрат (ЭР)		200 591 руб. / год

3.5 Вывод по экономической части

Полная себестоимость разработки автоматизированной системы управления промышленным лифтом составила 358 334 руб. (включая оплату труда разработчика, стоимость оборудования и прочие затраты).

Капитальные затраты на внедрение (с учётом монтажа, пусконаладки и обучения оператора) равны 423 341 руб.

Годовые эксплуатационные расходы спроектированной системы определены в размере 200 591 руб., из которых:

- электроэнергия электродвигателя (30 кВт, средняя загрузка 0,4, работа 8 ч/день, 250 дней) – 156 000 руб./год;
- электроэнергия системы управления (ПЛК, панель, датчики) – 11 388 руб./год;
- обслуживание (2% от стоимости оборудования) – 4 919 руб./год;
- амортизация (срок службы 10 лет) – 24 595 руб./год;
- ремонтный фонд (1,5% от оборудования) – 3 689 руб./год.

Экономический эффект достигается за счёт:

- снижения простоев и увеличения коэффициента использования лифта благодаря автоматическому управлению;
- уменьшения затрат на ремонт (плавный пуск/останов, контроль перегруза, диагностика);
- повышения безопасности и снижения риска аварийных остановок.

Срок окупаемости капитальных вложений:

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

- при годовой экономии 50 000 руб.: $423\,341/50\,000 \approx 8,5$ лет;
- при более интенсивной эксплуатации (две смены, 300 дней) и экономии 80 000 руб./год: $423\,341/80\,000 \approx 5,3$ года.

Таким образом, разработанная система управления промышленным лифтом на базе ПЛК ОВЕН-160 и панели оператора является технически реализуемой, финансово обоснованной и обеспечивает улучшение эксплуатационных характеристик при приемлемом сроке окупаемости. Рекомендуется к внедрению на промышленных предприятиях, эксплуатирующих грузовые лифты.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы была спроектирована и разработана система управления промышленным лифтом на базе программируемого логического контроллера и среды программирования CODESYS. В результате был проведён глубокий анализ технологических требований к управлению лифтовым оборудованием, включая обеспечение безопасной и точной транспортировки, обработку вызовов, позиционирование кабины, контроль перегруза и комплексную аварийную защиту. Были выявлены основные недостатки существовавших ранее релейно-контакторных и жёстко-логических систем: ограниченные возможности диагностики, сложность модернизации, высокое энергопотребление и отсутствие автоматической регистрации событий. Перед началом разработки был проведён анализ предметной области, выполнен SWOT-анализ систем-аналогов и выбраны необходимые программные и аппаратные средства для создания собственной системы.

В итоге было принято решение разработать управляющую программу в среде CODESYS 2.3; логика работы реализована на графическом языке CFC как наиболее наглядном для параллельных процессов управления движением и защиты. Роль панели оператора выполняет встроенный редактор визуализации CODESYS, что позволяет контролировать состояние лифта в реальном времени без внешних SCADA-систем. В качестве целевого контроллера был выбран промышленный ПЛК ОВЕН ПЛК160[M02], обеспечивающий быстрый опрос дискретных датчиков и выдачу управляющих воздействий на силовые контакторы и двери.

На основе приведённых выше технологий удалось спроектировать, разработать и протестировать систему управления лифтом, включающую автоматический и ручной режимы работы. В автоматическом режиме реализованы приём и регистрация вызовов с этажных кнопок, определение целевого этажа и направления движения, двухступенчатое замедление перед этажом с переходом на пониженную скорость по сигналам датчиков замедления и точная остановка по датчикам позиционирования. Ручной режим позволяет оператору напрямую

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

задавать направление и скорость движения при сохранении всех блокировок безопасности. Комплексная система аварийной защиты включает девять независимых проверок: контроль потери позиции, движения с открытой дверью, одновременного включения контакторов направления, залипания датчиков точной остановки и замедления, выхода за пределы шахты, а также контроль перегруза кабины от устройства УКП-4МС с принудительным удержанием дверей в открытом состоянии. Предусмотрен режим самокалибровки для автоматического восстановления положения кабины после сбоя питания или ремонтных работ. Сбор и отображение на панели оператора статистической информации о поездках, циклах двери, авариях и моточасах обеспечивает удобство планирования технического обслуживания.

Разработанная в данной выпускной квалификационной работе система управления содержит весь необходимый базовый функционал для безопасной и эффективной эксплуатации промышленного лифта, однако может быть дополнена. Перспективными направлениями развития являются интеграция с диспетчерскими системами верхнего уровня по промышленным протоколам, реализация удалённого мониторинга и оповещения обслуживающего персонала, расширение статистической подсистемы для прогнозирования технического обслуживания, а также адаптация алгоритмов для группового управления несколькими лифтами в едином комплексе. Созданная автоматизированная система управления промышленным лифтом полностью готова к внедрению на производственных и складских объектах и обеспечивает повышение точности позиционирования, безопасности и общей эффективности эксплуатации подъёмно-транспортного оборудования.

Список использованных источников

1. Петров, И. В. Программируемые логические контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. Петров. – Москва : СОЛОН-Пресс, 2019. – 256 с. – ISBN 5-98003-079-4.
2. Парр, Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Э. Парр ; перевод с английского. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 516 с. – ISBN 978-5-94774-340-1.
3. Рыбалёв, А. Н. Программирование ПЛК в CoDeSys. Типовые системы управления : учебное пособие / А. Н. Рыбалёв. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2023. — 61 с.
4. Новиков, С. О. Программное управление технологическими комплексами / С. О. Новиков, С. А. Петренко. — СПб.: Лань, 2023. — 228 с. — ISBN 978-5-507-47042-8.
5. ГОСТ 12.2.007.0–75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности. – Введ. 1976–07–01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 11 с.
6. ГОСТ 31565–2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. – Введ. 2014–01–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.
7. ГОСТ 14254–2015 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP). – Введ. 2017–06–01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 48 с.
8. ГОСТ Р МЭК 61513–1–2018 Безопасность оборудования. Функциональная безопасность управляющих систем. – Введ. 2020–01–01. – М.: Стандартиформ, 2020. – 32 с.
9. ГОСТ 34442–2018 Лифты. Устройства управления, сигнализации и их диспетчерский контроль. Общие требования безопасности. – Введ. 2019–09–01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 28 с.
10. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 011/2011 «Безопасность лифтов»: утверждён Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 824. – Текст : электронный // Официальный сайт Евразийской

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

экономической комиссии. – URL: <https://docs.eaeunion.org/documents/253/3708/> (дата обращения: 18.03.2026).

11. Как организовать идеально рабочее место [Электронный ресурс]. URL: <https://biz.mann-ivanov-ferber.ru/2019/01/11/kak-organizovat-idealnoe-rabochee-mesto/?ysclid=mb87mwy63k43131595> (дата обращения 20.03.2026)

12. ОВЕН. Руководство пользователя по программированию в CoDeSys для контроллеров ОВЕН ПЛК : [электронный ресурс]. – Москва : ОВЕН, 2018. – 145 с. – URL: https://owen.ru/download/CoDeSys_v2.3_Rukovodstvo_polzovatelya.pdf (дата обращения: 12.02.2026).

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Приложение А

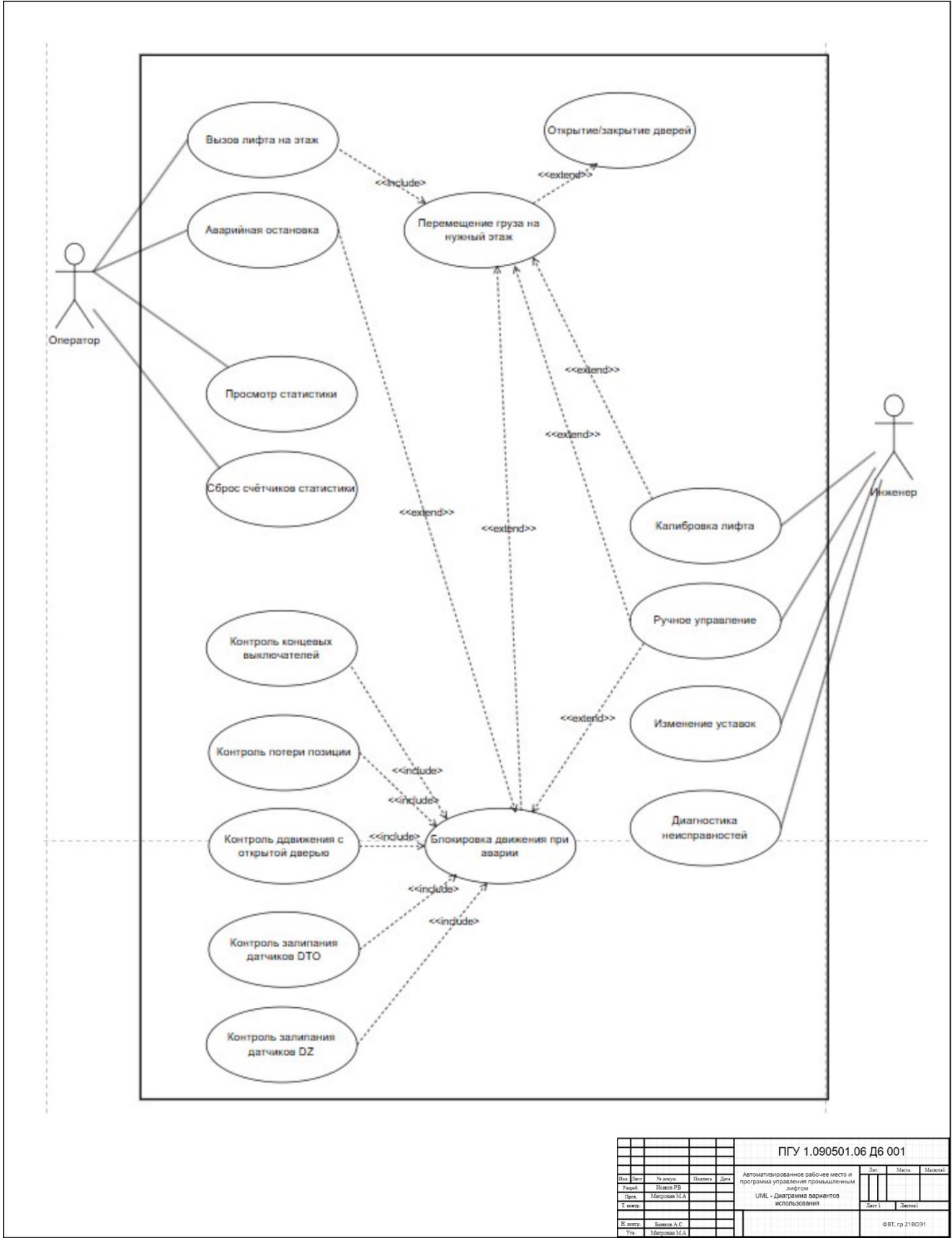
(обязательное)

Автоматизированное рабочее место и программа управления промышленным
лифтом

UML-диаграммы

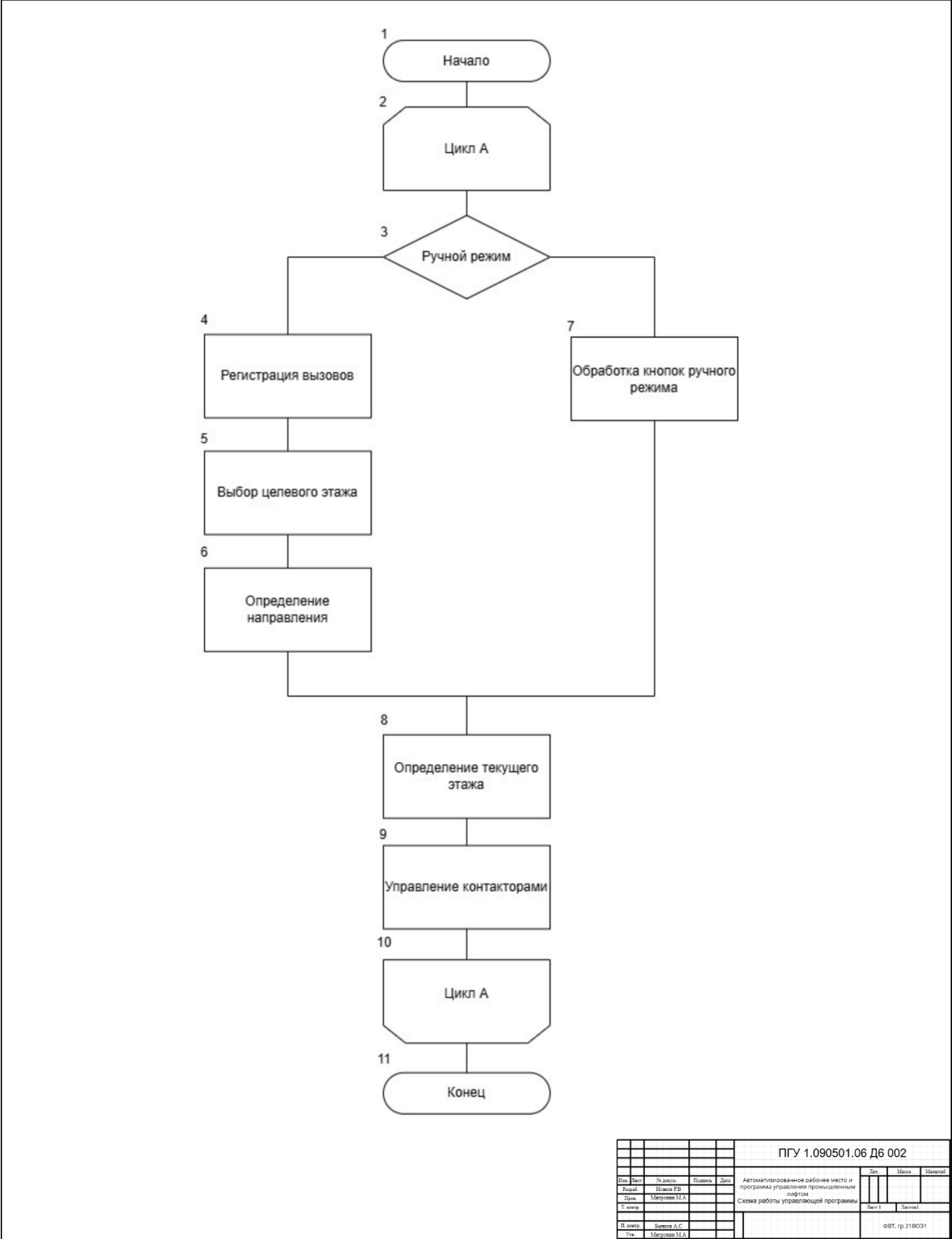
					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А.1 – UML – диаграмма вариантов использования

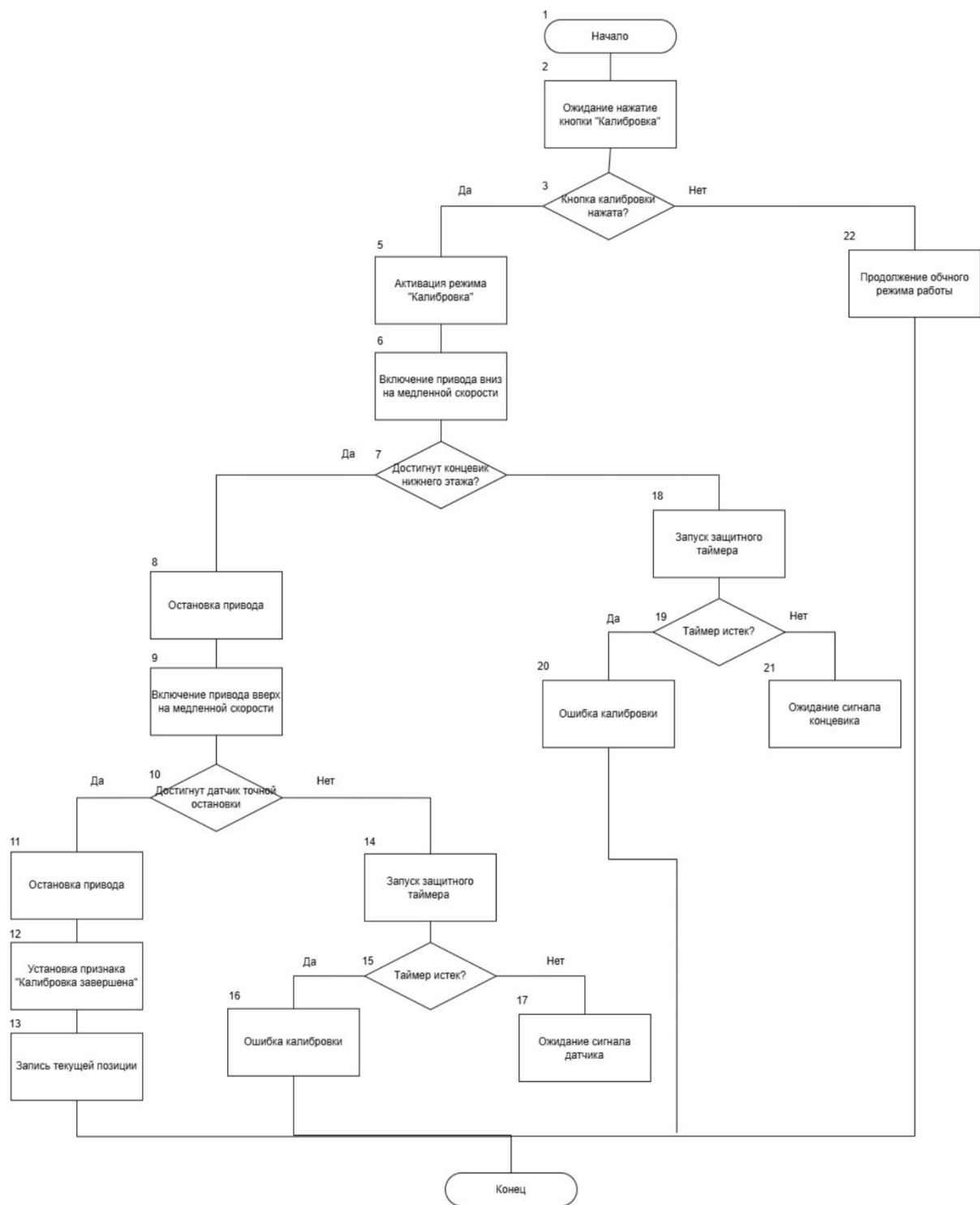


					ПГУ 1.090501.06 Д6 001							
Имя	Дет.	№ докум.	Подпись	Дата	Автоматизированное рабочее место и программа управления промышленным лифтом							
Разреш.	Полковник РВ				UML - Диаграмма вариантов использования							
Прот.	Добровольн. П.А											
С. проект												
С. проект												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												
Изм.												

Приложение А.2 – Схема работы управляющей программы



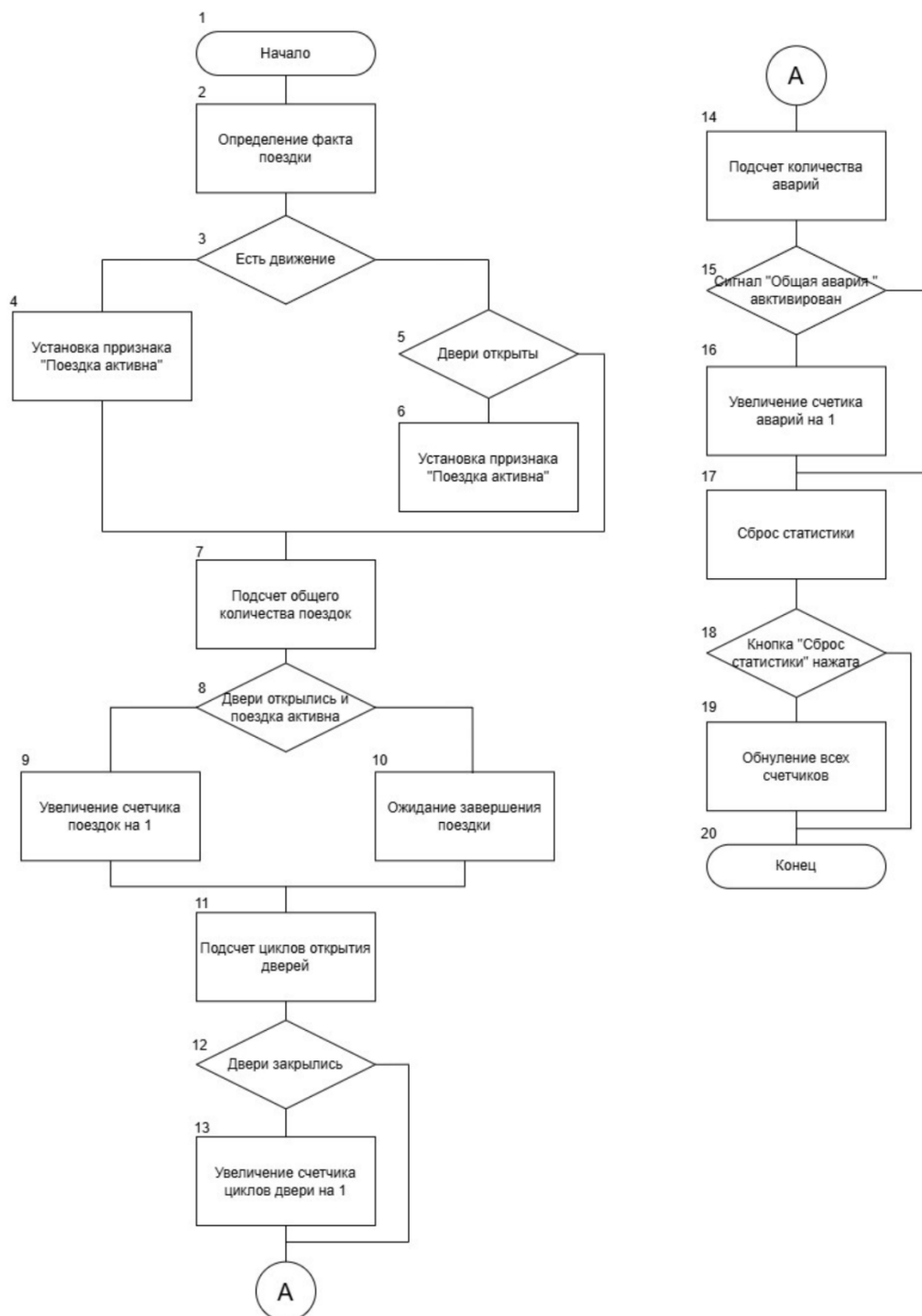
Приложение А.3 – Схема работы управляющей программы



ПГУ 1.090501.06 Д6 003									
Изм.	Внес.	№ докум.	Полном.	Догов.	Автоматизированное рабочее место и программа управления промышленным лифтом				
Разраб.	Искала РВ	Схема работы управляющей программы					Лист	Знаки	Масштаб
Дата	Завершено М.А.						Стр. 1	Знаки	
С. проект							ФБТ, гр.21/ВО3/1		
В. проект	Богданов А.С.								
Упр.	Матвеева М.А.								

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Приложение А.4 – Схема работы управляющей программы



ПГУ 1.090501.06 Д6 004									
Имя	Васильев	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов
Фамилия	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков
Имя	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков
Фамилия	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков
Имя	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков
Фамилия	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков
Имя	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков
Фамилия	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков
Имя	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков
Фамилия	Иванов	Петров	Сидоров	Тихонов	Ульянов	Федотов	Харьков	Цыганов	Чайков

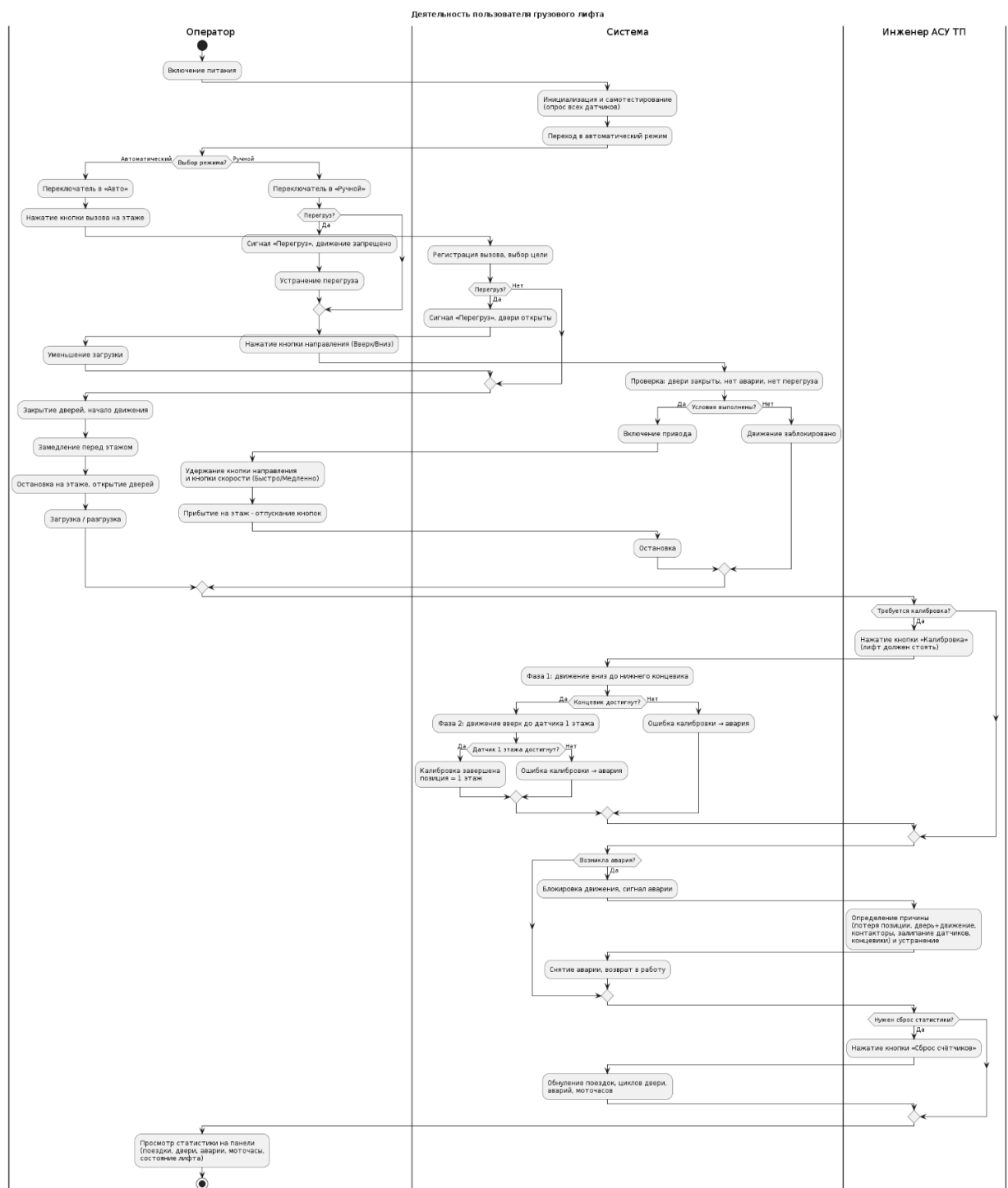
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ

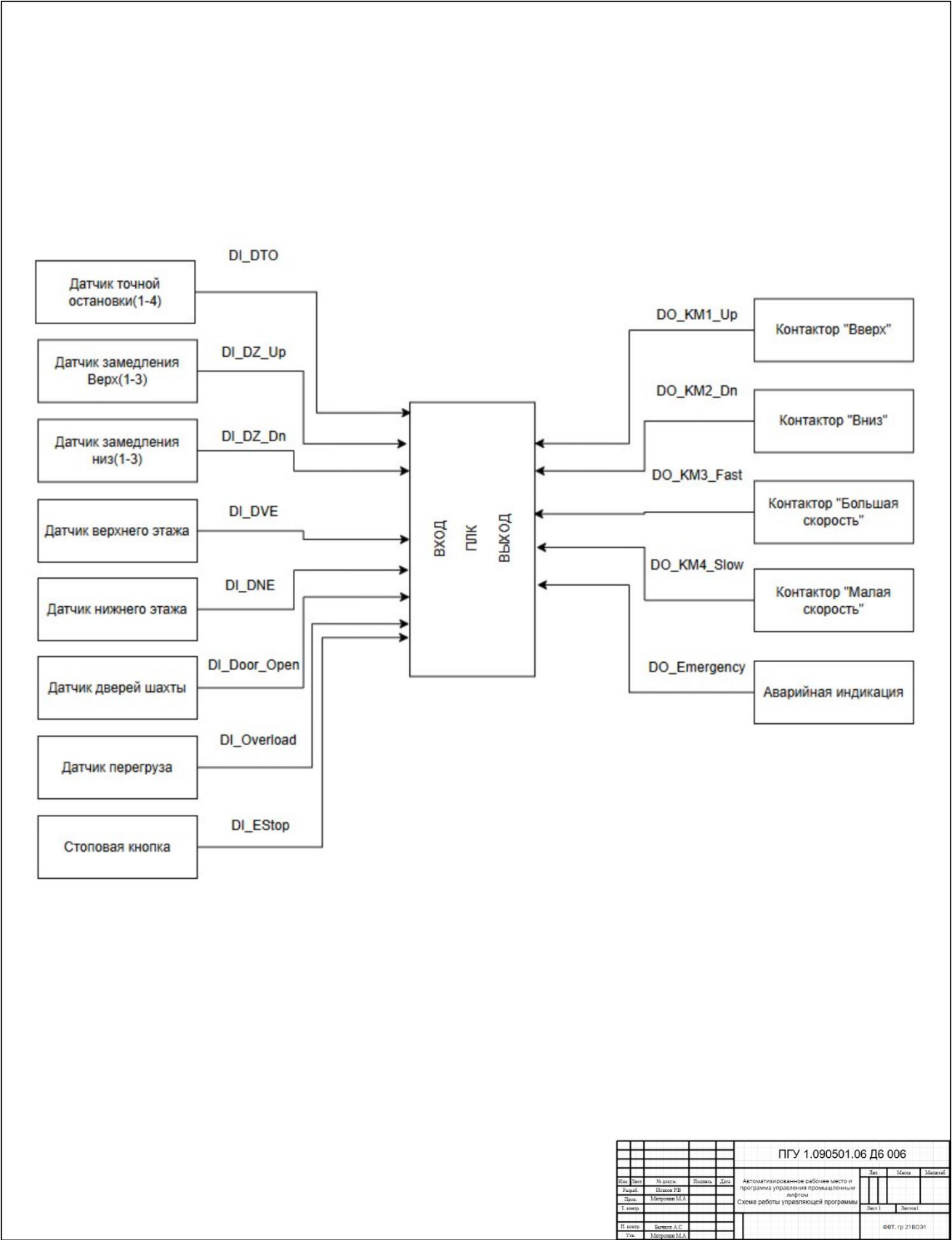
Лист

96

Приложение А.5 – UML-диаграмма деятельности



Приложение А.6 – Функциональная схема



					ПГУ 1.090501.06 Д6 006		
Имя	Вариант	№ докум.	Подпись	Дата	Автоматизированное рабочее место и программа управления промышленным лифтом	Лист	Масштаб
Проект	Монтаж	М.А.			Схема работы управляющей программы	Лист 1	Всего 1
И.И.	Степанов	А.С.				ФЭТ, гр 21/В03/1	
И.И.	Морозов	М.А.					

Приложение Б

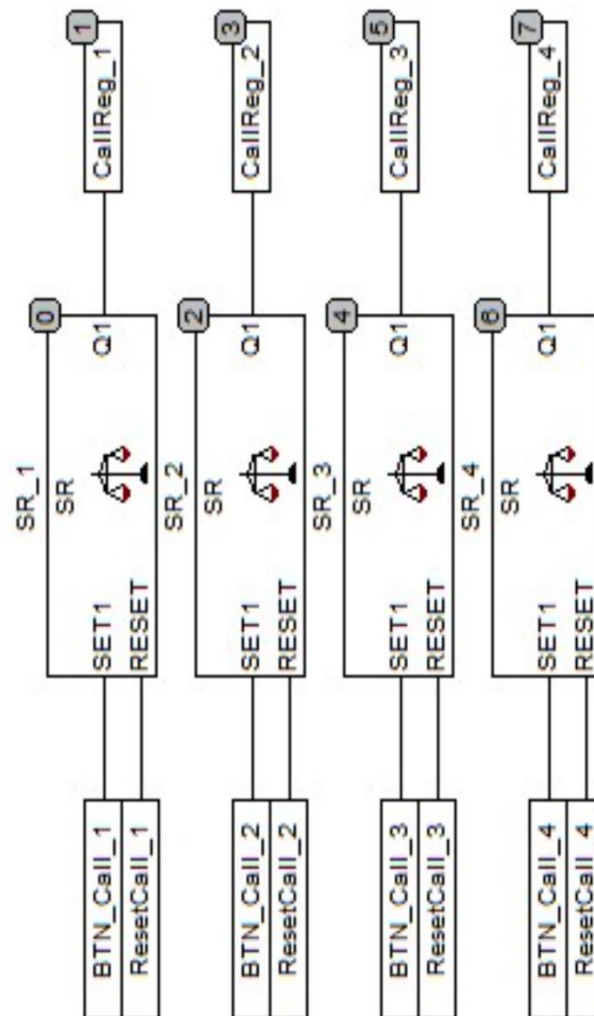
(обязательное)

Автоматизированное рабочее место и программа управления промышленным
лифтом

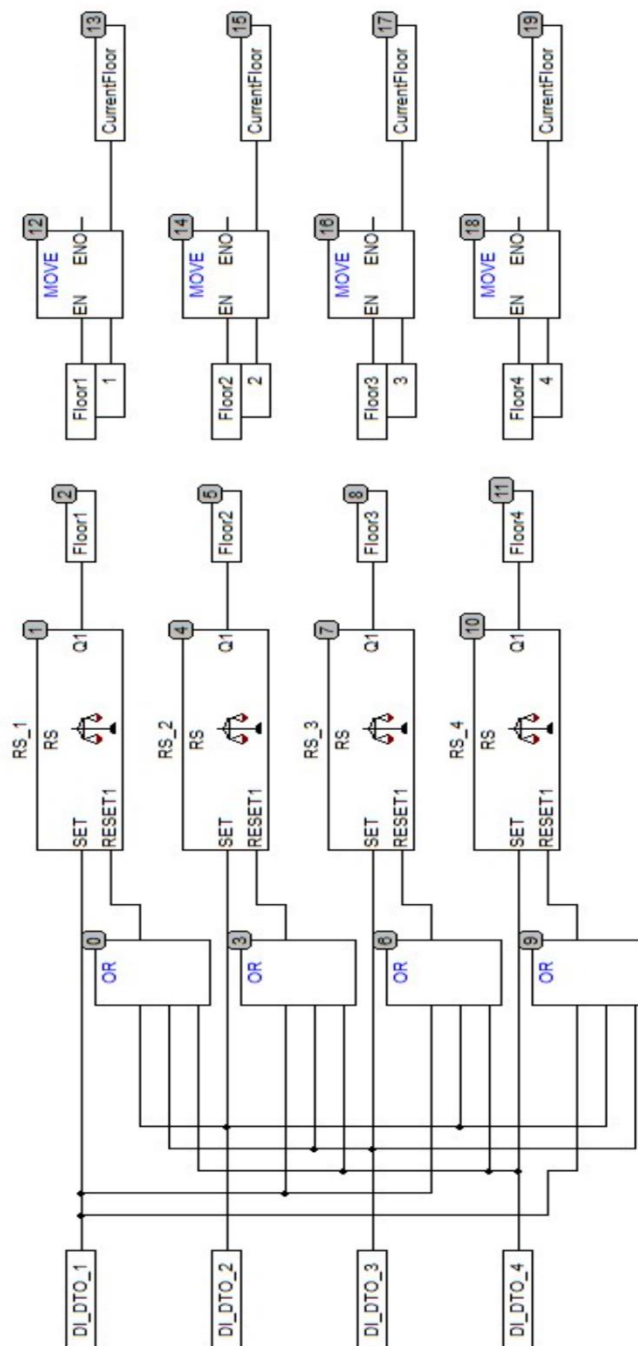
Схемы функциональных блоков программ

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

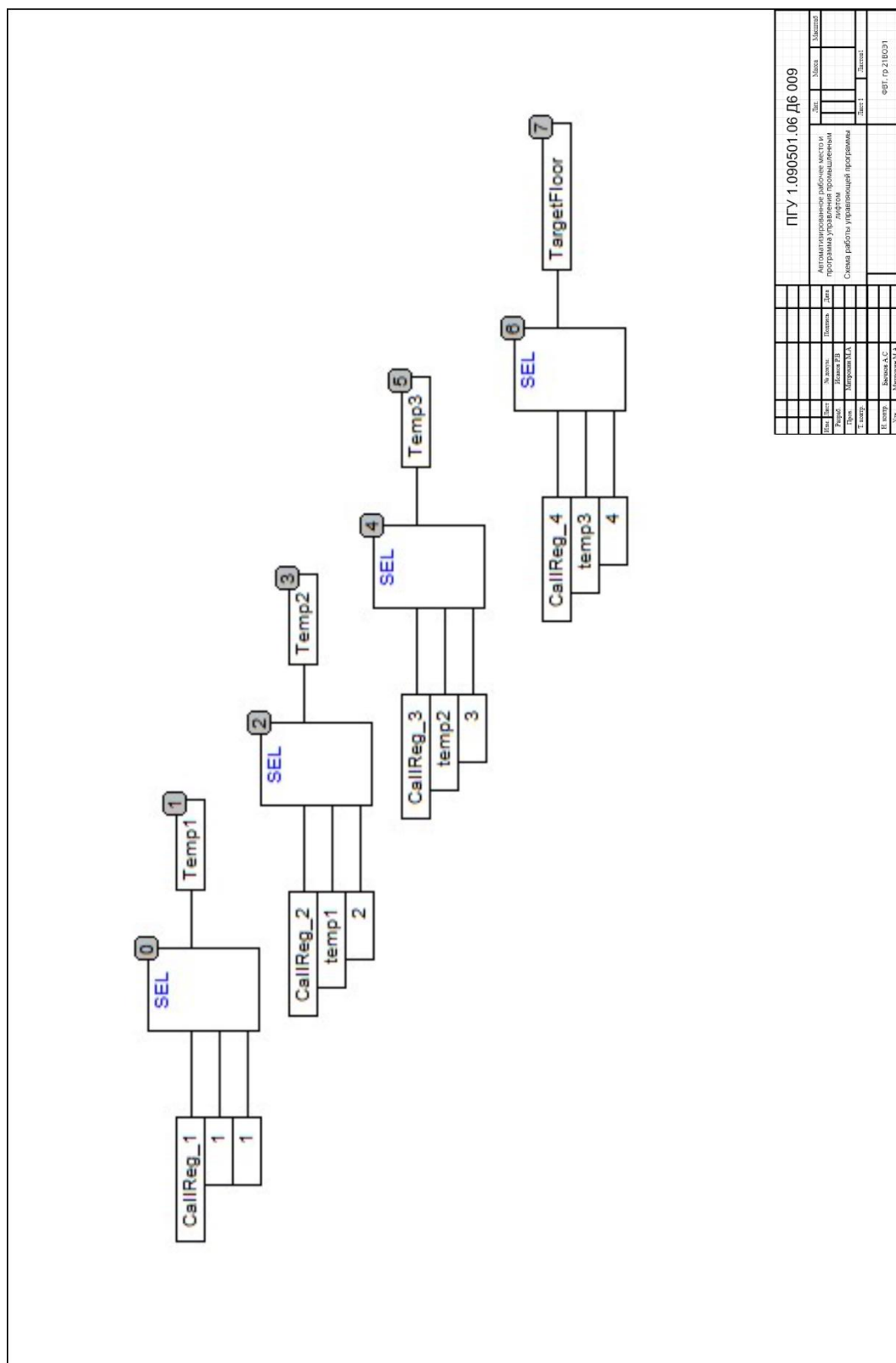
Приложение Б.1 – Схема функциональных блоков макроса «Macro_CallRegister»

[illegible]

«Macro_CurrentFloor»

[illegible]

Приложение Б.3 – Схема функциональных блоков макроса «Macro_TargetSelector»



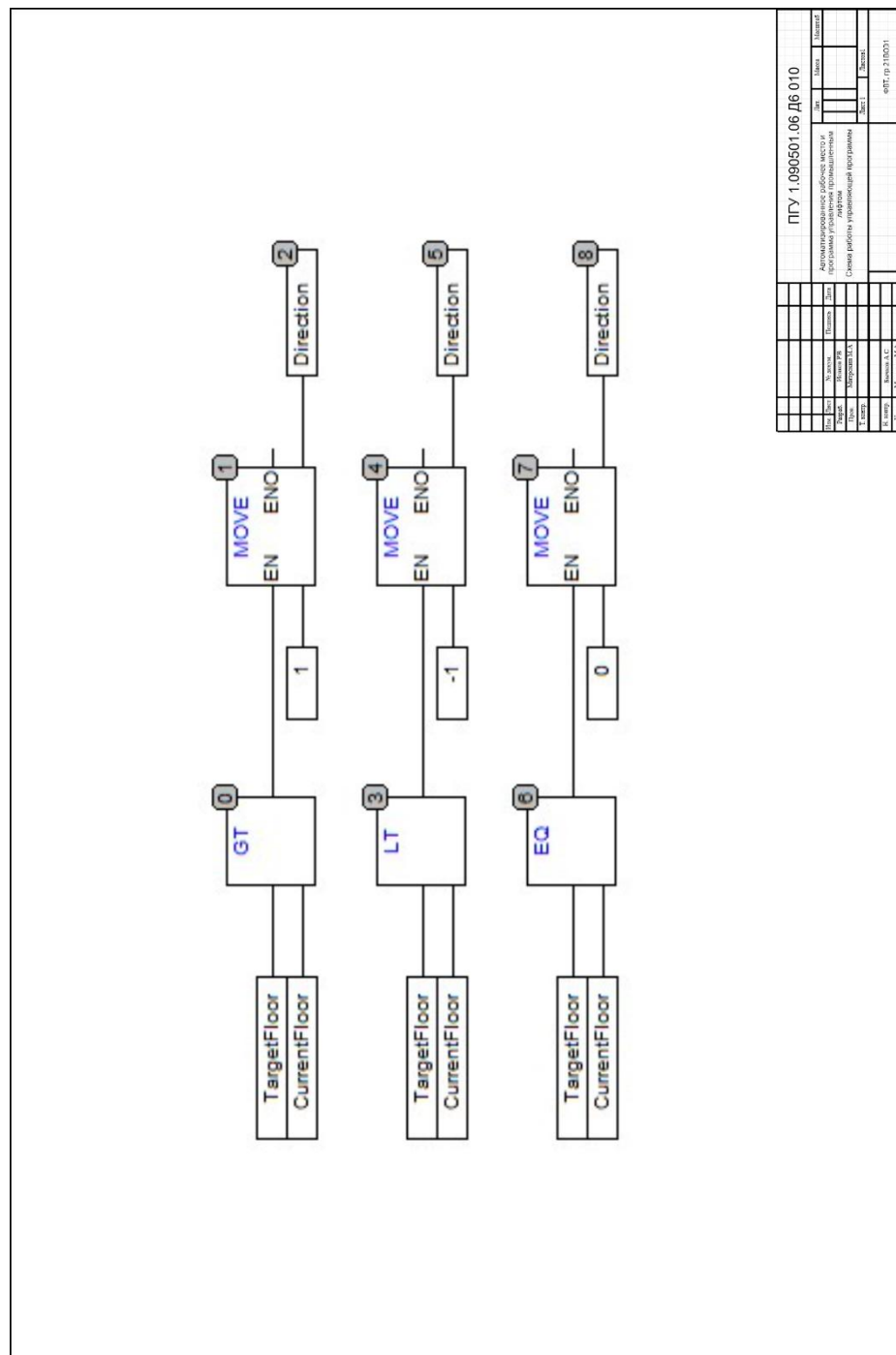
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ

Лист

102

Приложение Б.4 – Схема функциональных блоков макроса «Macro_Direction»



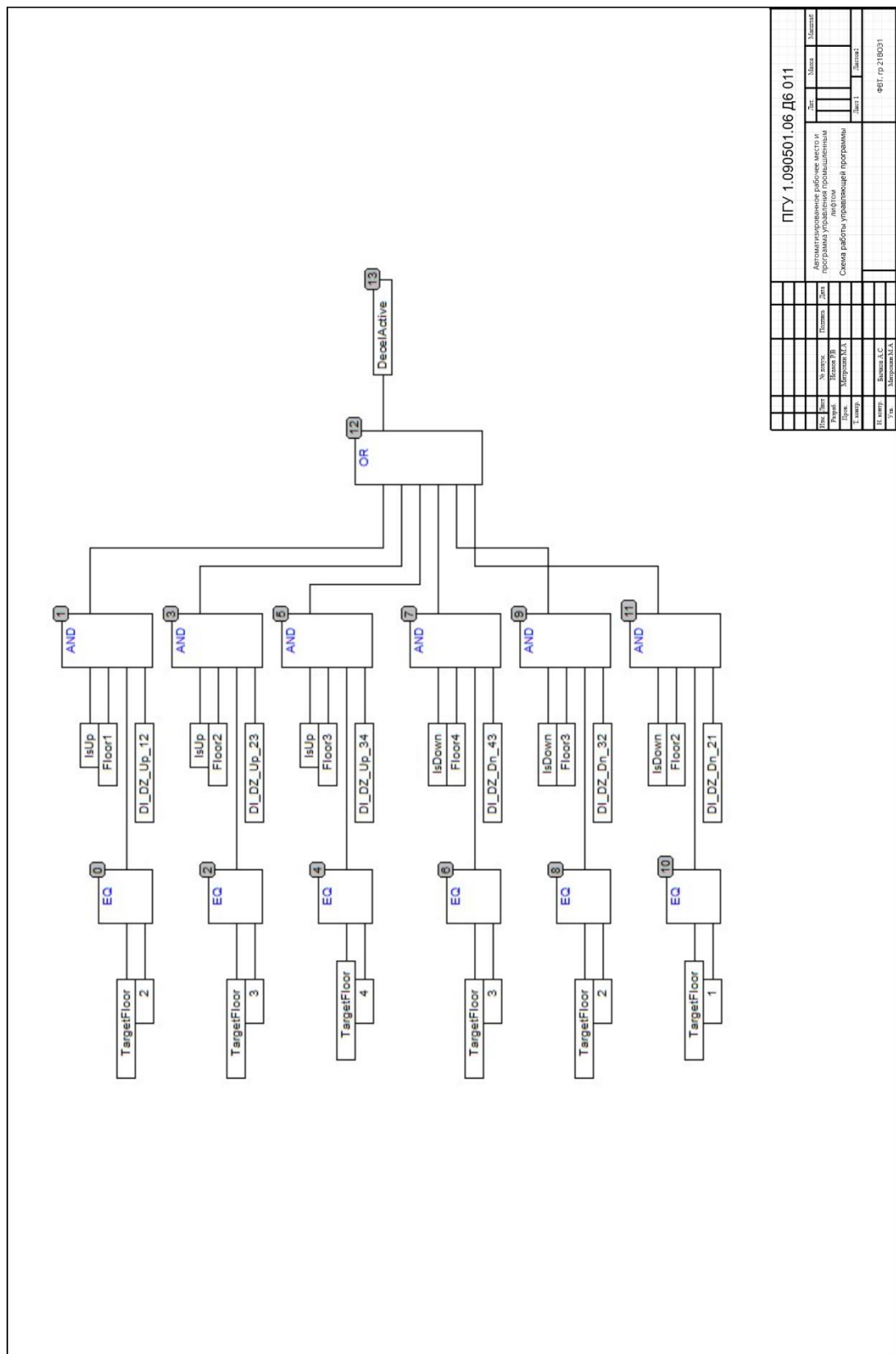
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ

Лист

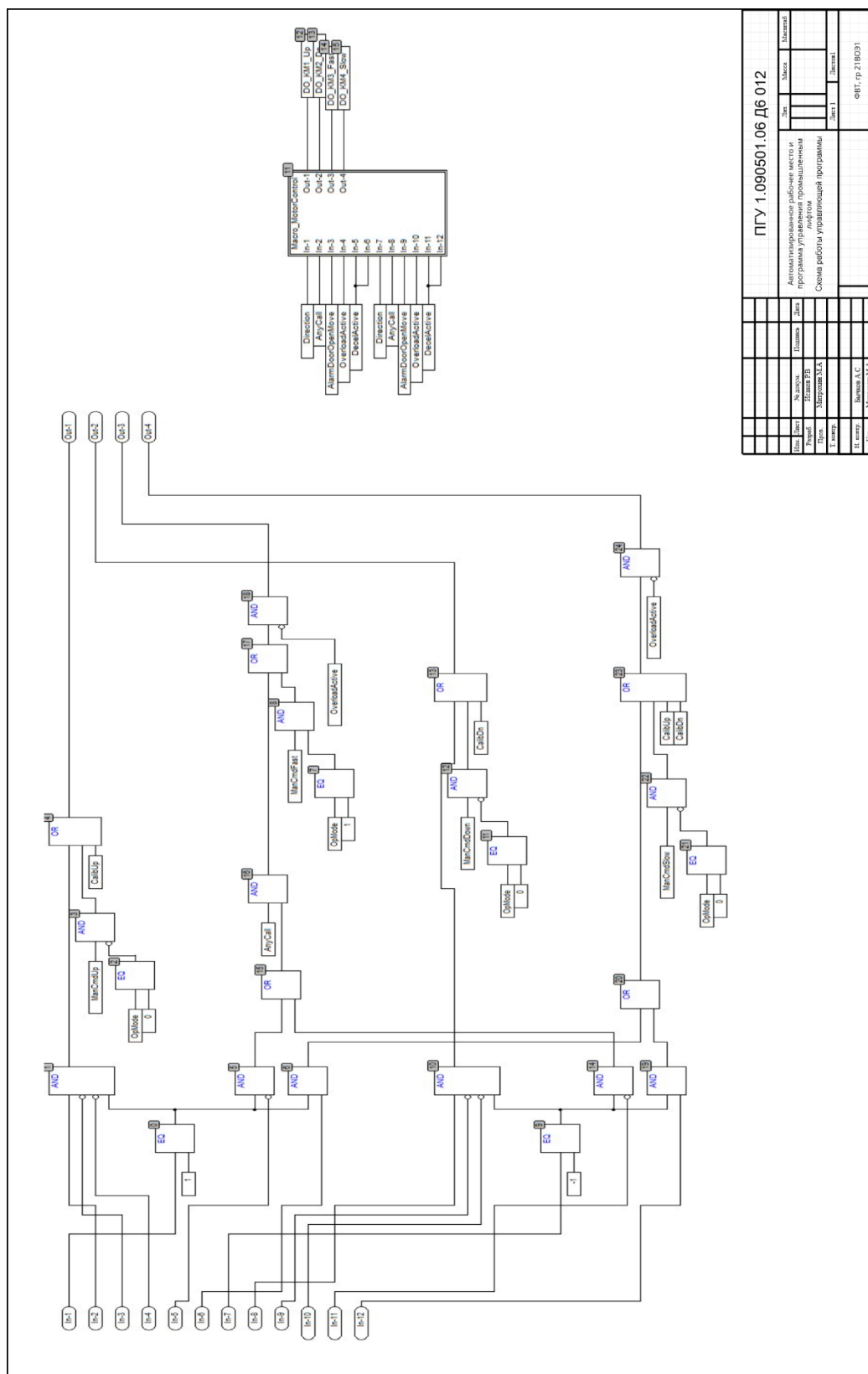
103

Приложение Б.5 – Схема функциональных блоков макроса «Macro_Deceleration»



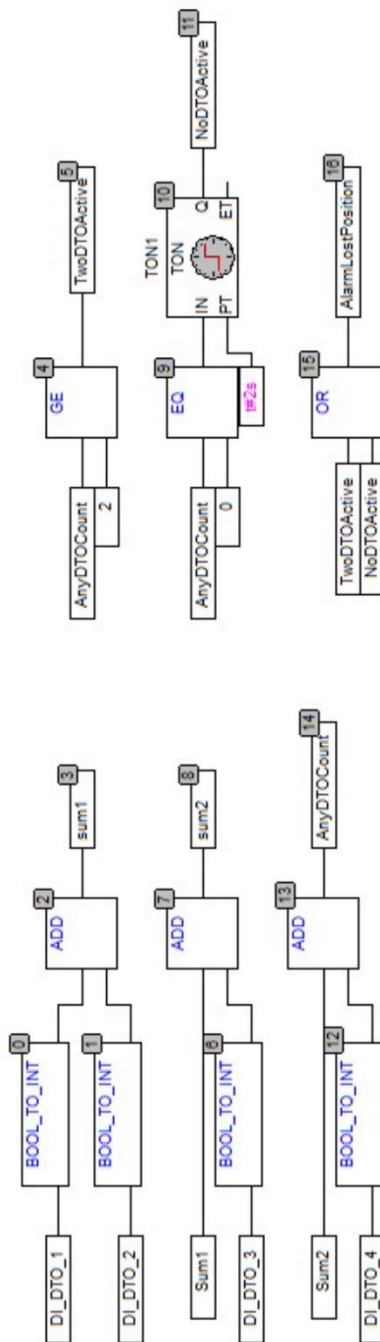
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Приложение Б.6 – Схема функциональных блоков макроса «Macro_CurrentFloor»



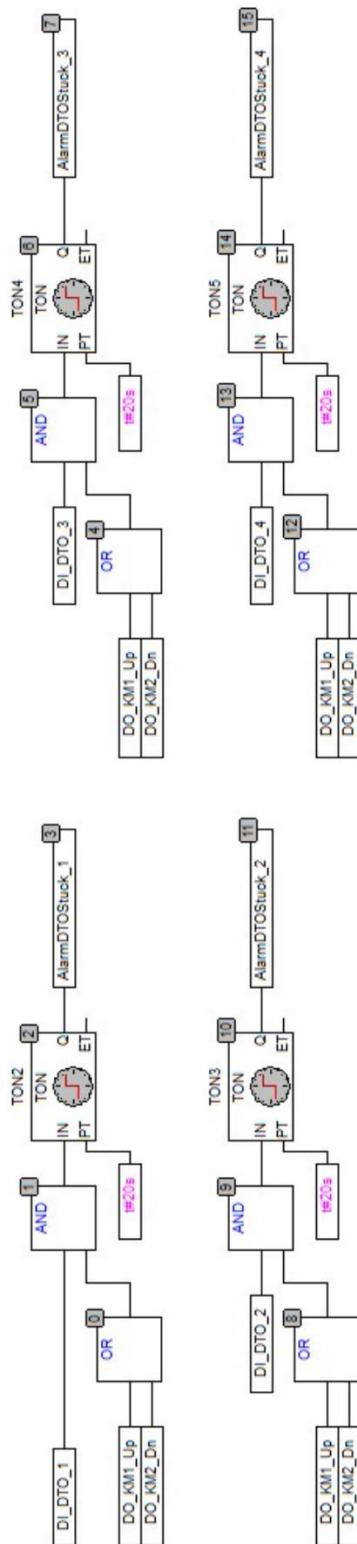
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Приложение Б.7 – Схема функциональных блоков макроса «Alarm_LostPosition»

[illegible]

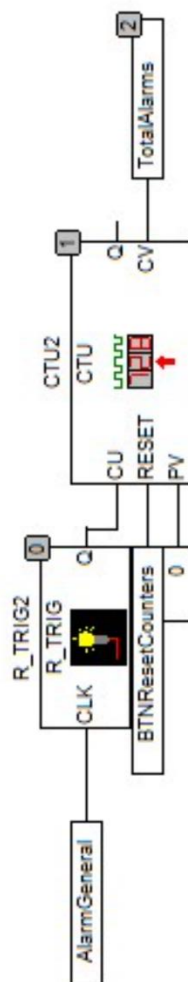
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Приложение Б.8 – Схема функциональных блоков макроса «Alarm_DTO»

[illegible]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Приложение Б.9 – Схема функциональных блоков макроса «Total_Alarms»

[illegible]

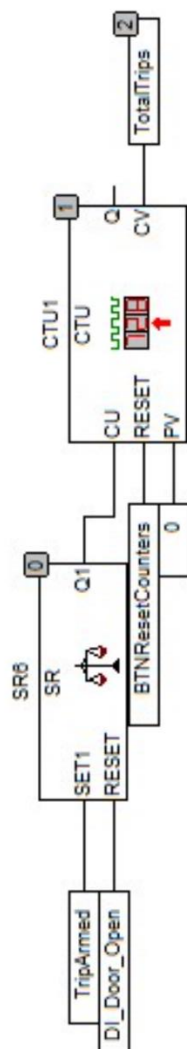
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ

Лист

108

Приложение Б.10 – Схема функциональных блоков макроса «Total_Trips»

[illegible]

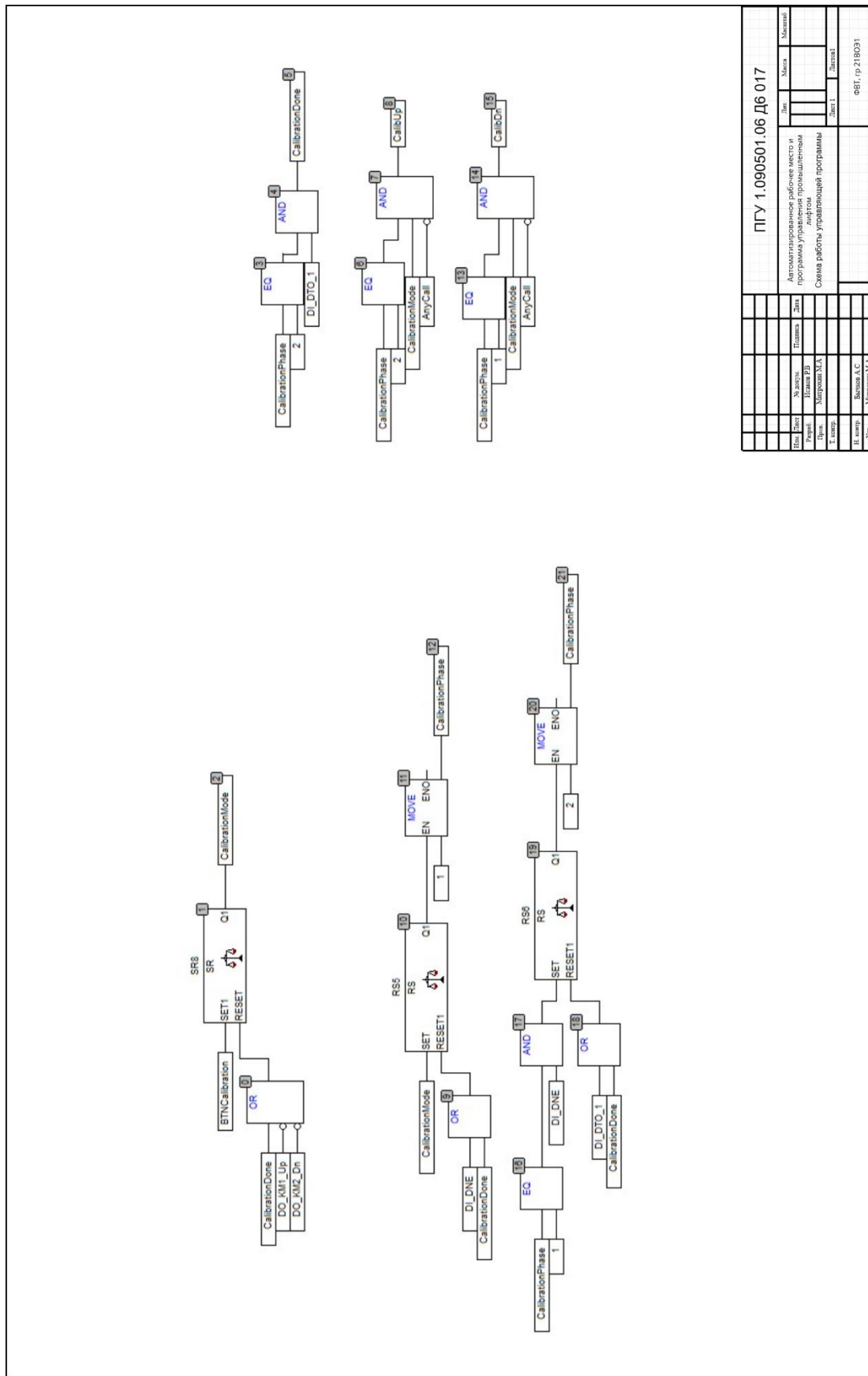
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ

Лист

109

Приложение Б.11 – Схема функциональных блоков макроса «Calibration»



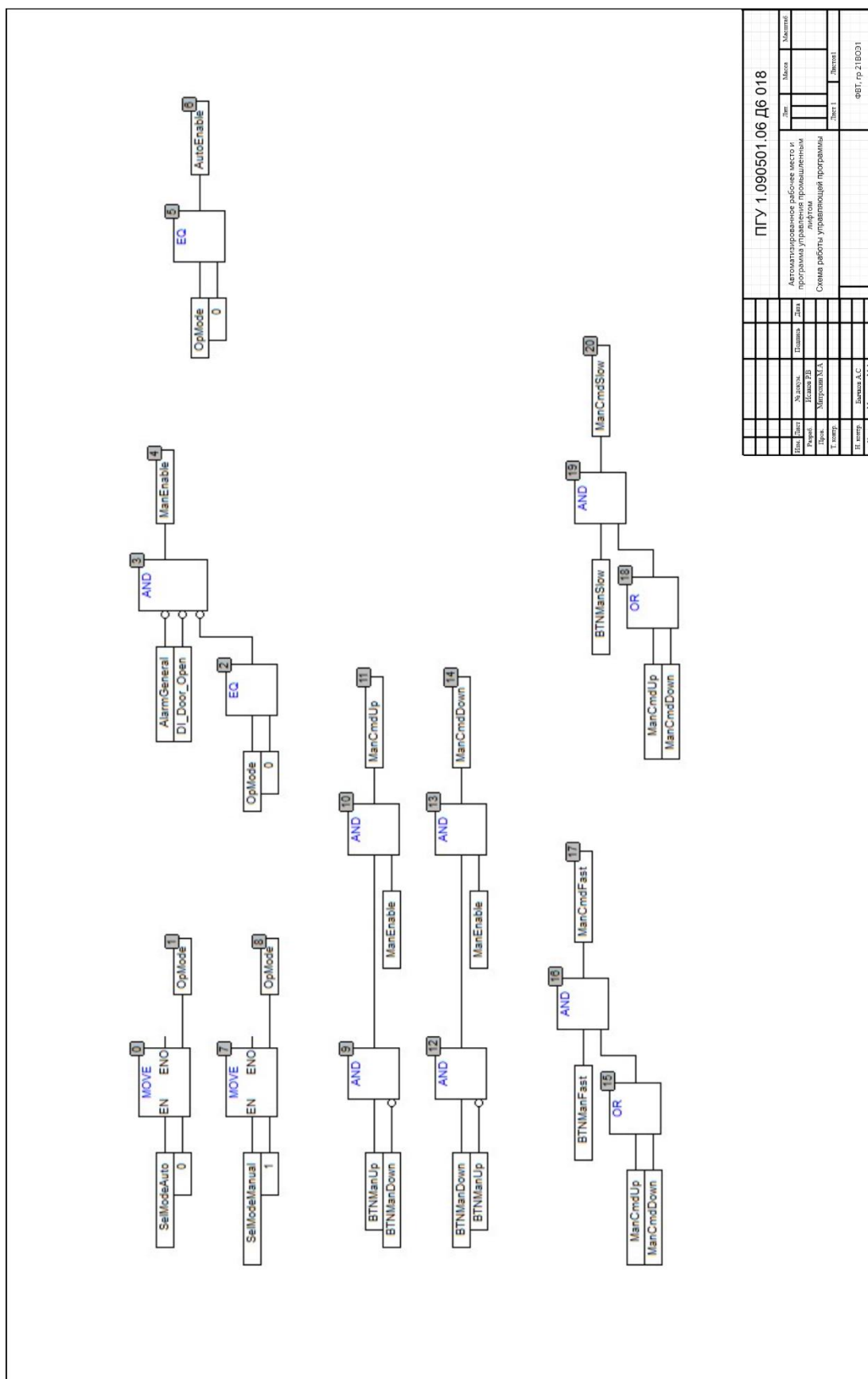
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ

Лист

110

Приложение Б.12 – Схема функциональных блоков макроса «Manual mode»

[illegible]

Приложение В

(обязательное)

Автоматизированное рабочее место и программа управления промышленным
лифтом

Презентация

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА СПЕЦИАЛИСТА «АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО И ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ЛИФТОМ»

АВТОР РАБОТЫ: СТУДЕНТ ГР.21ВОЭ1 ИСАКОВ Р.В
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: ДОЦЕНТ, К.Т.Н. ТАРАСОВ Д.А.

О программе

Проблема

Необходимость замены систем управления промышленным лифтом на современную автоматизированную систему становится критически важным фактором для обеспечения безопасности, точности позиционирования и снижения эксплуатационных затрат.



Решение

Разработать и внедрить управляющую программу на базе программируемого логического контроллера. Это позволит реализовать автоматическое и ручное управление лифтом, комплексную систему безопасности и сбор статистики, что снижает риск аварий и повышает общую эффективность работы оборудования.

Цель и задачи

Цель работы – разработать программу для автоматизации управления промышленным лифтом на базе программируемого логического контроллера.

Задачи:

- Отображение данных с дискретных датчиков(точного позиционирования, замедления, концевых выключателей);
- Управление силовыми контакторами двухскоростного электродвигателя (вверх, вниз, быстрая и медленная скорость;
- Интерфейс взаимодействия с пользователем через панель оператора;
- Вывод сообщений об авариях и нештатных ситуациях;

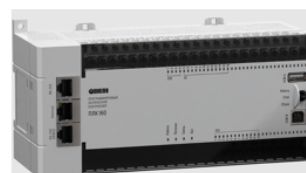
Выбор решения

- Среда разработки:

CoDeSys 2.3

- Целевая платформа:

ПЛК ОВЕН 160



Дополнительные средства разработки: ПК, Windows 10, дискретные датчики и реле (датчики точной остановки, датчики замедления, концевые выключатели, устройство контроля перегруза)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Варианты использования



Функциональная схема

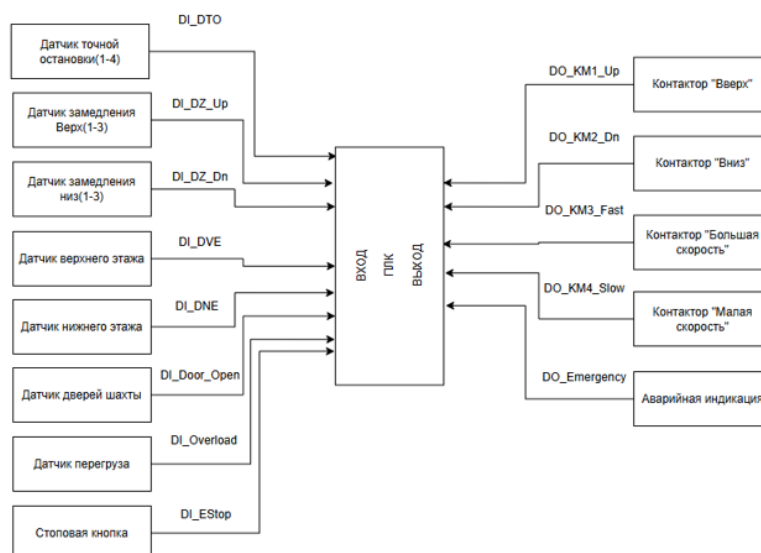


Схема управляющей программы

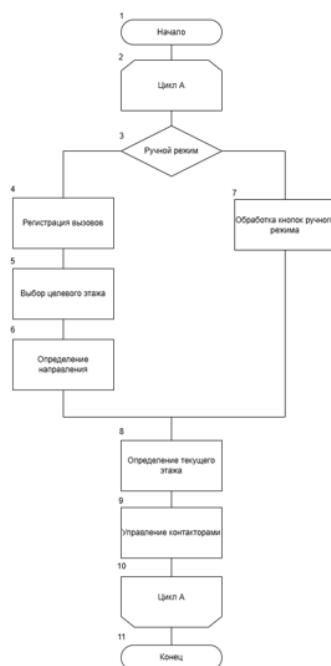


Схема управляющей программы



Схема управляющей программы

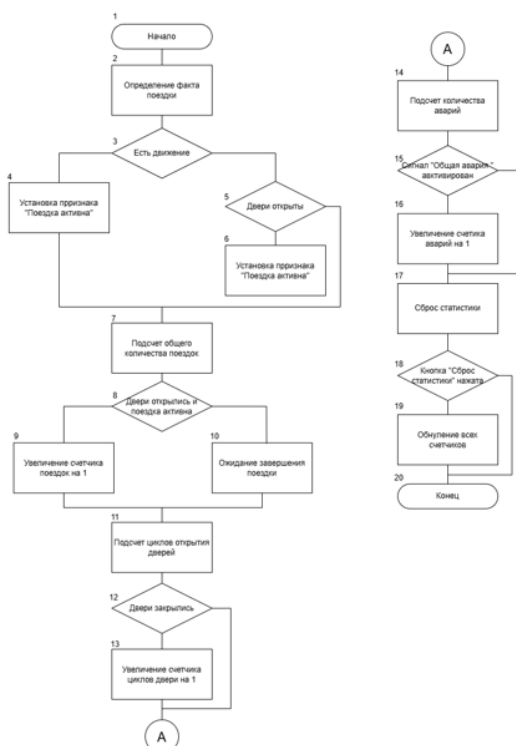
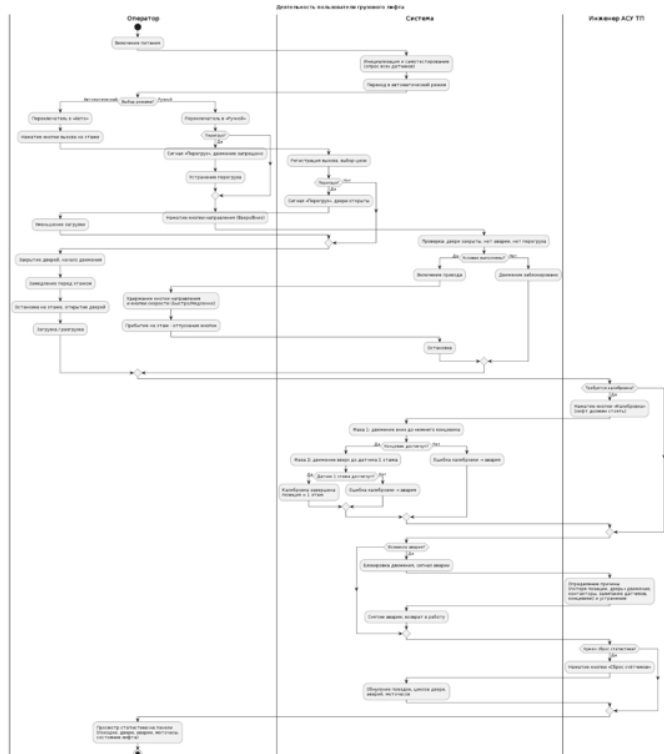
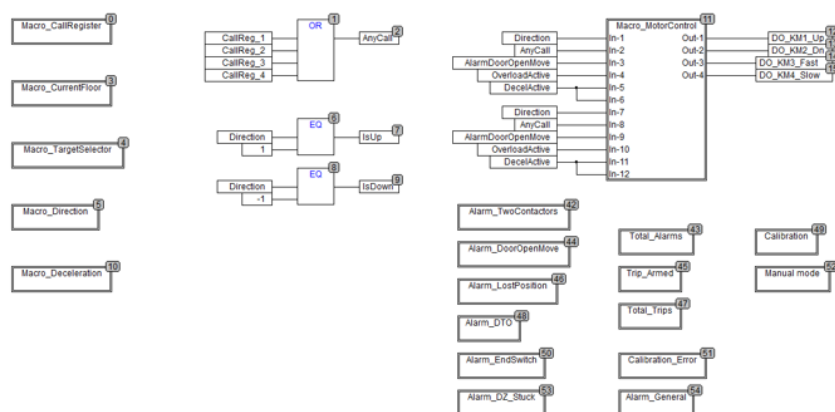


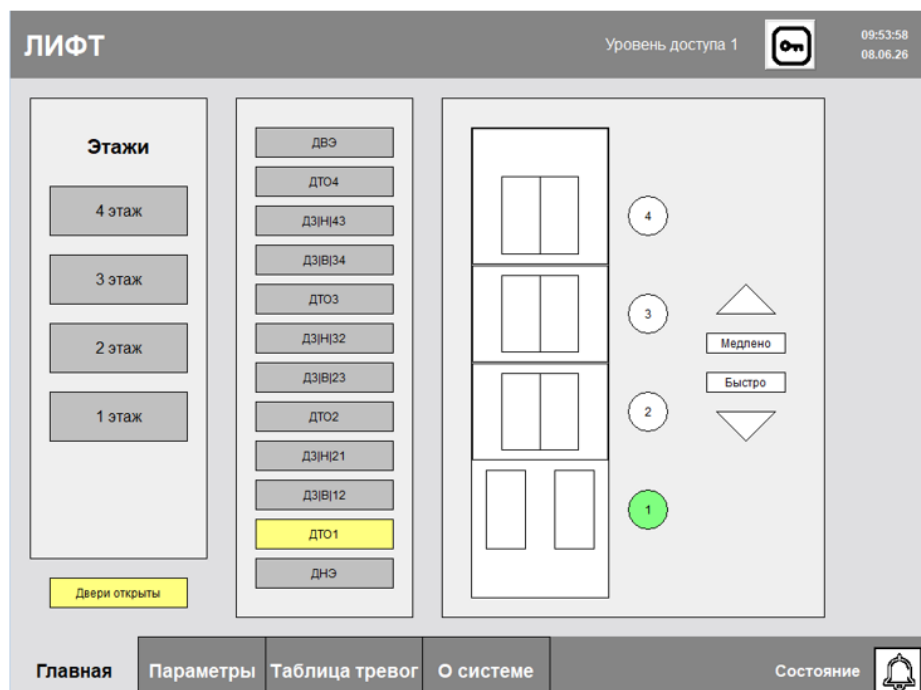
Диаграмма деятельности



Итоговая управляющая программа



Интерфейс панели управления



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ

Лист

118

ЛИФТ

Уровень доступа 1

09:55:44
08.06.26

Параметры двиг

Принудительное

Движение вверх

Движение вниз

Медленная скорость

Быстрая скорость

Режим работы

Режим авто ☒

Ручной режим ☐

Автокалибровка ☐

Тревоги

Движ с откр дв

Потеря позиции

Два DTO актив

DTO не актив

DTO4 завис

DTO3 завис

DTO2 завис

DTO1 завис

Авария влн эт

Датчик верх эт

Датчик ниж эт

Два датч замедл

Завис датч замедл

Авария калибр

Перегруз

Общая авария

Имитация

ДВЭ

ДТО4

ДЗ|Н|43

ДЗ|В|34

ДТО3

ДЗ|Н|32

ДЗ|В|23

ДТО2

ДЗ|Н|21

ДЗ|В|12

ДТО1

ДНЭ

Просмотр

1

2

3

4

Вверх

Медленно

Быстро

Вниз

Главная

Параметры

Таблица тревог

О системе

Состояние

ЛИФТ

Уровень доступа 1

09:59:22
08.06.26

	Дата	Время	Выражение	Значение	Сообщение	Состояние
0	08-06-2026	09:55:29	PRG.AlarmGe	1	Общая авария!	INTO
1	08-06-2026	09:55:32	RG.AlarmLost	0	Авария! Потеря позиции!	OUTOF
2	08-06-2026	09:55:32	PRG.NoDToA	0	Авария! Не активен ни один датчик точной остановки!	OUTOF

Сброс ошибок

Главная

Параметры

Таблица тревог

О системе

Состояние

ЛИФТ

Уровень доступа 1



10:00:50
08.06.26



Наведите камеру на QR код

Ссылка введет на Яндекс Диск

По ссылке доступна вся информация по проекту.

Инструкция пользователя, схемы, бэкапы, ПО

Проект:

Год разработки: 2026

Разработчик: 8-937-409-2001

Справочная информация:

Количество поездок:

22

Состояние лифта:

В работе

Состояние дверей:

Двери открыты

Количество аварий:

1

Сброс счётчиков

Главная

Параметры

Таблица тревог

О системе

Состояние 

Тестирование

ЛИФТ

Уровень доступа 1



11:35:57
08.06.26

Этажи

4 этаж

3 этаж

2 этаж

1 этаж

Двери открыты

ДВЭ

ДТО4

ДЗВ134

ДЗНЧ43

ДТО3

ДЗВ123

ДЗНЧ32

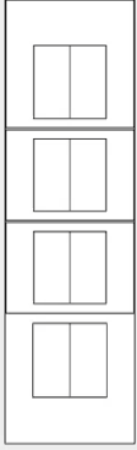
ДТО2

ДЗВ112

ДЗНЧ21

ДТО1

ДНЭ



4

3

2

1

Медленно

Быстро

Главная

Параметры

Таблица тревог

О системе

Состояние 

Заключение

В ходе выполнения данной работы были разработаны:
управляющая программа для контроля и управления
промышленным лифтом, сконфигурирован пользовательский
интерфейс панели оператора во встроенном редакторе
визуализации CoDeSys 2.3, обеспечена взаимосвязь ПЛК с
датчиками и исполнительными механизмами. В дальнейшем
проект может быть расширен путём добавления
дополнительных этажей, интеграции с диспетчерской системой
и реализации удалённого мониторинга.

					ПГУ 1.090501.06.001 ПЗ	Лист
						121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		