

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.04 Управление в технических системах
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка алгоритмического и программного обеспечения системы управления этиленопроводом и этиленхранилищем

УДК 681.51.01:004.3:004.415.2:661.716

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Житников Алексей Дмитриевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов Семен Викторович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Пушкарев Максим Иванович	К.Т.Н.		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

по направлению 27.04.04 Управление в технических системах

Код результа-тов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные и общепрофессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P2	Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой технических систем управления с использованием аналитических методов и сложных моделей.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P5	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий партнеров
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.04 Управление в технических системах
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Пушкарев М.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8AM81	Житникову Алексею Дмитриевичу

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№62-521с от 02.03.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Техническая документация на систему транспортировки и хранения этилена. Требования заказчика.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор системы транспортировки и хранения этилена.</p> <p>Обзор исполнительного оборудования для системы телемеханики.</p> <p>Обзор оборудования для системы автоматики.</p> <p>Реализация системы передачи данных в системе телемеханики.</p> <p>Разработка схемы передачи данных в системе автоматики.</p> <p>Разработка алгоритма управления исполнительными механизмами.</p>
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *.pptx на 16 слайдах</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основная часть	Доцент ОАР ИШИТР, к.т.н. Ефимов Семен Викторович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н. Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Доцент ООД ШБИП, к.т.н. Горбенко Михаил Владимирович
Английский язык	Доцент ОИЯ ШБИП, к.п.н. Сидоренко Татьяна Валерьевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Система хранения и транспортировки этилена
Описание задач и обзор оборудования в системе автоматизации
Реализация решений

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.02.2020
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов Семен Викторович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Житников Алексей Дмитриевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.04 Управление в технических системах
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2020	Основная часть	75
15.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
22.05.2020	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов Семен Викторович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Пушкарев Максим Иванович	К.Т.Н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8AM81	Житникову Алексею Дмитриевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	АиР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС, ставка дисконтирования = 0,1 (см. МУ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. Разработка устава научно-технического проекта	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения внутри существующей организации
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Диаграмма FAST 5. Матрица SWOT 6. График проведения и бюджет НТИ - <u>выполнить</u> 7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - <u>выполнить</u> 8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		24.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Житников Алексей Дмитриевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8AM81	Житникову Алексею Дмитриевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	АиР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Управление в технических системах

Тема ВКР:

Разработка алгоритмического и программного обеспечения системы управления этиленопроводом и этиленхранилищем	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Разрабатываются алгоритмы передачи данных в системе телемеханики, схема передачи данных в системе автоматики и алгоритм управления исполнительным механизмом.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Нормативные правила к организации оборудования рабочих мест с ПЭВМ регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, типовой инструкцией ТОИ Р-45-084-01, а также Приказом Минздравсоцразвития РФ №302Н.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – неправильно оборудованное рабочее место; – электромагнитные излучения на рабочем месте; – опасность поражения электрическим током; – опасность возникновения пожара; – недостаточное освещение рабочей зоны; – отклонение показателей микроклимата.
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – При выполнении работы влияние на атмосферу, литосферу и гидросферу не происходит, т.к. все работы производятся в закрытом помещении на ЭВМ.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – В рабочем помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание) регламентировано ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Житников Алексей Дмитриевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 116 с., содержит 14 рисунков, 15 таблиц, 4 приложения.

Ключевые слова: автоматизация, этиленопровод, система телемеханики, этиленхранилище, система автоматики, промышленный контроллер, система передачи данных.

Объектом исследования является система транспортировки и хранения этилена.

Цель работы — решение задач в области комплексной модернизации системы транспортировки и хранения этилена.

В работе рассмотрены системы телемеханики и автоматики, относящиеся в системе транспортировки и хранения этилена. Поставлены задачи, решающие определённые проблемы в области передачи данных, управления исполнительными механизмами. Проведен анализ и выбор оборудования, участвующего в работе систем. С учетом особенностей промышленных объектов, ограничений и требований к построению системы разработаны подсистемы передачи данных, описана их структура и алгоритмы работы. Разработан алгоритм управления и диагностики исполнительного механизма, отвечающего за транспортировку сырья по участкам трубопровода.

Результатом выполненной работы являются решенные задачи в области автоматизации, часть из которых успешно внедрена на промышленных объектах.

Актуальность работы обусловлена решением частых проблем в области построения и внедрения систем автоматизации, а также растущей тенденцией на внедрение новых технологий в промышленные объекты.

Достоинством работы является снижение затрат ресурсов в области производства этилена, уменьшение выработки вредных веществ за счет улучшения качества технологии. Решения, описанные, в данной работе являются универсальными и могут быть применены к различным промышленным объектам.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения с соответствующими расшифровками:

МЭП — Магистральный этиленопровод;

КП — Контролируемый пункт;

КИП — Контрольный измерительный прибор;

ИМ — Исполнительный механизм;

АРМ — Автоматизированное рабочее место;

ПЛК — Программируемый логический контроллер;

ПУ — Пункт управления;

РСУ — Распределённая система управления;

ПАЗ — Противоаварийная защита;

ФБ — Функциональный блок.

Оглавление

Введение	15
1 Система хранения и транспортировки этилена	17
1.1 Описание системы	17
1.2 Цели автоматизации	18
1.3 Назначение и функционал системы автоматизации	20
1.4 Заключение по первой главе	22
2 Описание задач и обзор оборудования в системе автоматизации	23
2.1 Задачи	23
2.1.1 Организация каналов передачи данных в системе телемеханики МЭП	23
2.1.2 Передача данных в системе автоматики этиленхранилища	25
2.1.3 Разработка алгоритма управления ИМ	26
2.2 Обзор и сравнительный анализ оборудования системы	27
2.2.1 Обзор контроллеров для системы хранения и обработки этилена	27
2.2.2 Обзор оборудования для системы телемеханики магистрального этиленпровода	35
2.3 Заключение по второй главе	42
3 Реализация решений	43
3.1 Передача данных в системе телемеханики магистрального этиленпровода	43
3.2 Передача данных в системе автоматики этиленхранилища	47
3.2.1 Описание синтеза итоговой структуры системы передачи данных	47
3.3 Создание алгоритмов управления ИМ	52
3.4 Заключение по третьей главе	58
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	59

4.1	Планирование и организация проектных работ.....	59
4.1.1	Структура работ в рамках проекта.....	59
4.1.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	60
4.1.3	Разработка графика проведения научного исследования	64
4.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	64
4.2.1	Расчет затрат на материалы	64
4.2.2	Расчет заработной платы	65
4.2.3	Расчет затрат на социальный налог	66
4.2.4	Расчет затрат на электроэнергию	66
4.2.5	Расчет амортизационных расходов.....	67
4.2.6	Расчет прочих расходов.....	68
4.2.7	Расчет общей себестоимости разработки	68
4.2.8	Расчет прибыли	69
4.2.9	Расчет НДС.....	69
4.2.10	Цена разработки НИР	69
4.3	Оценка экономической эффективности проекта	69
5	Социальная ответственность	71
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 72	
5.2	Производственная безопасность.....	73
5.2.1	Анализ опасных и вредных факторов	73
5.2.2	Обоснование мероприятий по снижению воздействия	73
5.2.3	Мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных факторов	83
5.3	Экологическая безопасность.....	83
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
	Заключение	86
	Список литературы.....	88

Приложение А (обязательное) Блок объявления переменных программы управления ИМ	93
Приложение Б (обязательное) Блок основной программы управления ИМ	95
Приложение В (обязательное) Временные показатели научного исследования	100
Приложение Г (справочное) Development of algorithmic and software for ethylene pipeline and ethylene storage control system.....	101

Введение

Автоматизация технологических процессов является одним из основных звеньев в системе общего функционирования и развития любого современного предприятия. Научно-обоснованное распределение функций между человеком и компьютером в процессе управления технологией, замена интеллектуального труда человека машинным приводит к более полному использованию имеющихся резервов производственной системы предприятия, обеспечению максимального уровня оперативности и гибкости, снижению затрат, повышению эффективности и качества принимаемых технологических решений, сокращению сроков их реализации, существенному ограничению численности инженерно-технического персонала и т.д. [1].

Компьютерные системы сегодня становятся основой автоматизации производства. Любая такая система собирает и передает информацию в соответствии с установленной программой. Множество аспектов при внедрении автоматизации производства становятся, таким образом, управляемыми - от работы механизмов до организации бухгалтерского учета. Другим значимым стимулирующим фактором является то, что компьютеризация этой области служит определяющей предпосылкой комплексной автоматизации производства в целом [2].

В состав любой компьютерной системы промышленной автоматизации помимо самих компьютеров входят также и промышленные контроллеры. Необходимость их использования обусловлена высоким уровнем надежности контроля и управления технологическим процессом. В отличие от компьютеров, функционал интерфейса которых нацелен на человека, контроллеры в свою очередь настроены на взаимодействие с объектом автоматизации [3]. Поэтому связка компьютерных систем с промышленными контроллерами позволяет организовать качественный канал связи между человеком и технологическим процессом, что и обеспечивает все вышеперечисленные преимущества, достигаемые автоматизацией.

Для автоматизации любой системы всегда важно учитывать специфику производства. Любой неправильный подход к организации процесса или неверно

установленные программы, функционально не оптимизированные, станут небезопасными во всех отношениях. Это обуславливает профессиональный и строго регламентированный подход к разработке, внедрению и эксплуатации систем промышленной автоматизации.

Говоря о важности задачи автоматизации, можно затронуть тему экономики страны, которая напрямую зависит от темпов производства, которые в том числе обусловлены качеством систем автоматизации на промышленных объектах [4].

Таким образом, разработка и внедрение систем комплексной автоматизации технологических процессов, сочетающих многофункциональность, открытость, способность учитывать специфику конкретной производственной (технологической) системы, доступность, простоту реализации, ориентированность на пользователя с относительно невысоким уровнем подготовки в сфере информационных технологий, а также возможность эффективной реализации на вычислительных средствах, имеющих ограничения по своим функциональным возможностям, является актуальной задачей [5].

1 Система хранения и транспортировки этилена

1.1 Описание системы

В данной работе представлена система, осуществляющая транспортировку этилена от поставщика в хранилище, где происходит обработка и хранение этилена, а также его передача для дальнейшего производства винилхлорида. В системе осуществляются следующие технологические процессы:

- транспортировка этилена по магистральному этиленопроводу;
- осушка этилена методом адсорбции с последующим снижением давления, подогревом и передачей его на производство винилхлорида;
- сжатие этилена до давления и подача его в подземное хранилище;
- хранение этилена в подземном хранилище;
- выдача этилена из подземного хранилища;
- циркуляция рассола через камеры подземных резервуаров;
- подача этилена с установки осушки и дросселирования в магистральный этиленопровод.

В состав этиленхранилища входят:

- магистральный этиленопровод;
- установка осушки и дросселирования давления этилена;
- компрессорная установка по закачке этилена в подземное хранилище;
- рассолохранилище;
- узел дегазации рассола с рассольной насосной;
- факельная установка;
- подземный резервуары;
- насосная станция оборотного водоснабжения;
- вентиляторная градирня закрытого типа и приемный резервуар оборотного водоснабжения;
- противопожарный резервуар;
- насосная станция промышленных и хозяйственно - бытовых стоков;

- приемный резервуар промышленных стоков;
- приемный резервуар хозяйственно - бытовых стоков;
- бойлерная.

Ключевыми объектами в системе является магистральный трубопровод и хранилище этилена, в состав которого входят также объекты по обработке и подготовке этилена для передачи его для дальнейшей переработки и получения винилхлорида, который в свою очередь перерабатывается в смолу ПВХ (рисунок 1).

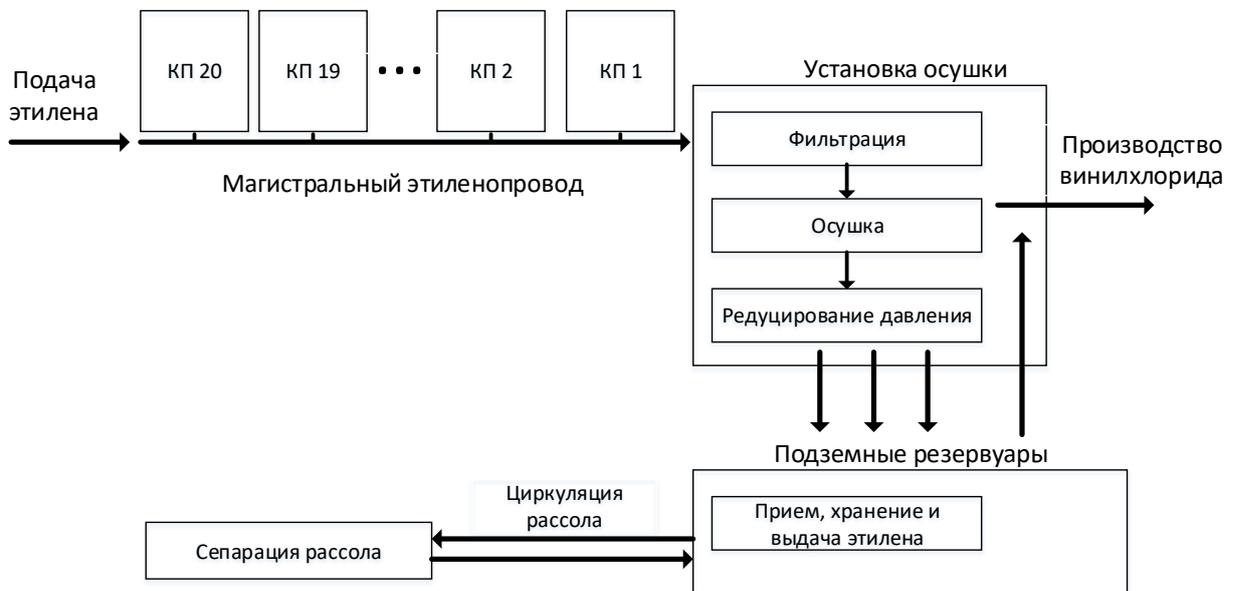


Рисунок 1 – Структурная схема системы передачи и хранения этилена

На магистральном этиленопроводе (МЭП) установлены секционные краны с электроприводом, которыми этиленопровод разбивается на 19 участков. До и после каждого крана установлены датчики давления, датчики температуры. За сбор данных с МЭП отвечает система телемеханики. Все измерения с датчиков собираются в контролируемых пунктах (КП), установленных на каждом участке, далее данные со всех КП поступают на сервера сбора данных.

1.2 Цели автоматизации

Главной целью создания системы является замена действующей системы телемеханики на МЭП и модернизация системы управления цеха с целью опера-

тивного выявления аварийных и предаварийных ситуаций, повышение эффективности работы транспортировки этилена и улучшение технико-экономических показателей за счет повышения надежности эксплуатации оборудования.

Техническое перевооружение выполняется для замены существующей системы на новую, отвечающую современным требованиям и изготовленную на современных комплектующих, повышающую надежность и удобство эксплуатации оборудования.

Целями создания системы являются:

- дистанционный контроль и управление технологическим процессом транспортировки этилена;
- дистанционный контроль и управление технологическим оборудованием этиленопровода;
- обеспечение высоких показателей эффективности работы транспортировки этилена, за счет уменьшения времени реакции системы;
- повышения эффективности работы и улучшение технико-экономических показателей этиленохранилища за счет повышения надежности эксплуатации оборудования;
- повышение надежности работы самой системы, за счет применения современных технических устройств на основе электронных и вычислительных средств и наличия самодиагностики;
- уменьшение вероятности возникновения аварийных ситуаций;
- повышение информационного обеспечения технологического и эксплуатационного персонала;
- уменьшение материальных и энергетических затрат на поддержание системы в рабочем состоянии;
- удобство обслуживания системы.

Ключевым критерием качества работы системы является стабильность управления и защита технологического объекта.

1.3 Назначение и функционал системы автоматизации

Система является функционально и территориально распределенной системой, построенной на основе использования современных информационных технологий и программно-технических средств.

Система состоит из следующих уровней:

- полевой уровень – существующий уровень КИП и ИМ;
- средний уровень – уровень управления на базе ПЛК;
- верхний уровень – уровень управления на базе человеко-машинного интерфейса.

Полевой уровень системы (существующий) реализует функции преобразования физических параметров процесса в электрические сигналы (на базе технических средств – КИП), и уровень функции преобразования электрических сигналов в механическое воздействие на технологический процесс (на базе технических средств – ИМ). Информационный обмен между оборудованием полевого и среднего уровня системы осуществляется посредством передачи электрических сигналов по физическим каналам связи (ток, сопротивление, напряжение) и/или по цифровым каналам связи (интерфейсная линия связи RS-485, протокол передачи данных ModBus RTU) [6].

Средний уровень системы выполняет следующие функции:

- сбор информации с полевых устройств (КИП и ИМ);
- анализ информации;
- выдачу команд управления на ИМ;
- обмен информацией с верхним уровнем системы.

Информационный обмен между оборудованием среднего и верхнего уровня системы осуществляется по цифровым каналам связи (технология Ethernet).

Верхний уровень системы включает промышленные сервера для накопления, хранения и представления массивов информации, АРМ оператора-техно-

лога и инженерного персонала, выполненные на базе персональных компьютеров. Верхний уровень системы выполнен как самостоятельный программно-аппаратный комплекс на базе SCADA-системы (клиент-серверная архитектура).

Система предназначена для:

- дистанционного управления технологическим процессом (в ручном и автоматическом режимах), согласно техническому регламенту;
- защиты технологического оборудования от повреждений, связанных с выходом технологического процесса за регламентированные значения контролируемых переменных;
- автоматического централизованного сбора и обработки информации, поступающей от КИП и ИМ;
- автоматического контроля состояния технологического процесса;
- предупредительной сигнализации при выходе технологических показателей за установленные границы;
- формирования и выдачи сигналов о предаварийных и аварийных ситуациях, с регистрацией даты и времени срабатывания;
- выдачи команд управления на ИМ;
- обеспечение технологического режима объекта в соответствии с технологическим регламентом;
- архивирования информации с целью последующего использования для анализа и формирования отчетной документации;
- представления технологическому и эксплуатационному персоналу информации о состоянии объекта управления в удобном для восприятия и анализа виде [7].

Система осуществляет диагностику технических и программных средств:

- диагностика состояния ПЛК с детализацией до модулей ввода/вывода;
- диагностика исправности цепей управления ИМ;

- диагностика измерительных каналов на обрыв и короткое замыкание;
- контроль наличия вводного напряжения электропитания на уровне ПЛК;
- мониторинг каналов связи между ПЛК и сервером.

Информация о неисправности технических и программных средств предоставляется оператору-технологу и инженеру на видеокадрах и в журналах отчетов.

1.4 Заключение по первой главе

В данной главе рассмотрены ключевые процессы, протекающие в системе транспортировки и обработки этилена, а также объекты из которых система состоит. Приведены цели модернизации существующей системы. Результатом внедрения современной системы является расширенный функционал системы, в сравнении с предыдущей. Модернизацию системы можно разделить на модернизацию двух отдельных подсистем транспортировки и хранения этилена. В главе два рассмотрены задачи, входящие в комплексную автоматизацию подсистем, произведен обзор контроллеров.

2 Описание задач и обзор оборудования в системе автоматизации

2.1 Задачи

Разработка и внедрение системы автоматизации для промышленного объекта является масштабным проектом, над которым работает группа людей. У каждого члена команды есть отдельные конкретные задачи, которыми он решает и за которые отвечает.

Вся система транспортировки и обработки этилена разделена на две подсистемы. Для транспортировки этилена по магистральному этиленопроводу существует система телемеханики, для хранения и обработки этилена используется система автоматики.

В магистерской работе рассмотрены решения задач, таких как:

- реализовать систему передачи данных в системе телемеханики МЭП;
- разработать схему передачи данных в системе автоматики этиленохранилища;
- разработать алгоритмы управления исполнительными механизмами (ИМ).

Далее идет подробный разбор задач с учетом особенностей и ограничений того или иного элемента системы автоматизации.

2.1.1 Организация каналов передачи данных в системе телемеханики МЭП

Телемеханическая система – комплекс технических средств для передачи на расстояние по каналам радиосвязи или проводным линиям связи команд от оператора или управляющей вычислительной машины к объектам управления, а также контрольной информации в обратном направлении. Телемеханическая система включает пункт управления (ПУ), где находится оператор (диспетчер), один или несколько контролируемых пунктов (КП), где располагаются объекты управления (контроля), и линии связи (ЛС), соединяющие ПУ с КП [8] (рисунок 2).

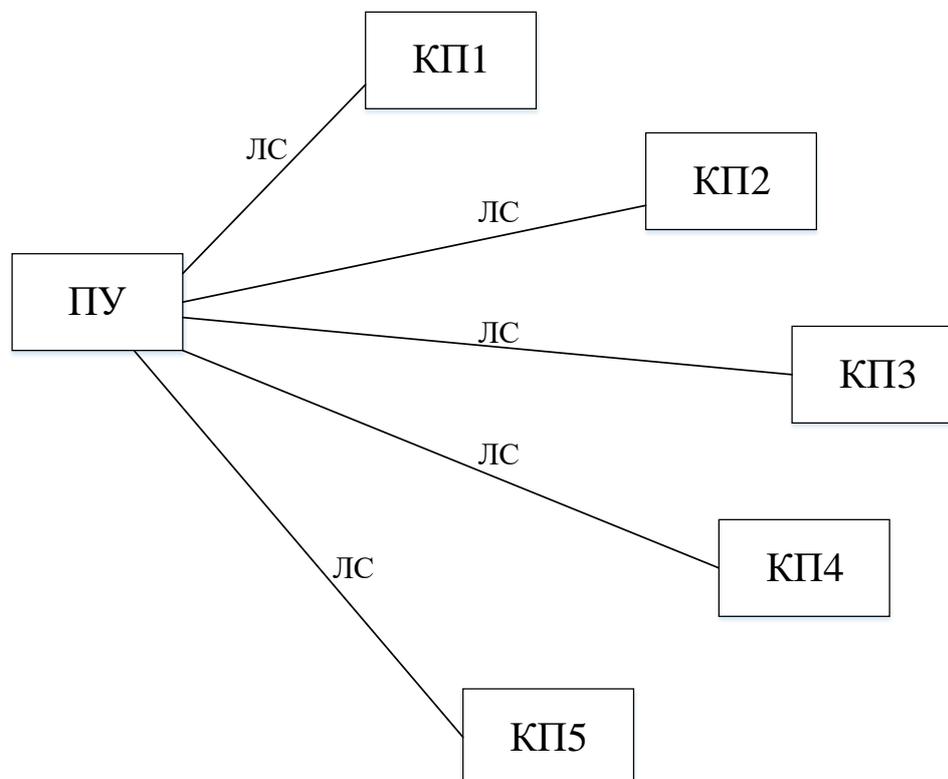


Рисунок 2 – Структурная схема системы телемеханики

Как правило, в таких системах передача данных осуществляется на большие расстояния, в процессе передачи важно, чтобы данные об изменении параметров контролируемых объектов поступали на диспетчерские пункты с минимальными задержками [9]. Контролируемые пункты собирают параметры с территориально распределенных объектов, например, газопроводов, и находятся в труднодоступных местах. КП удалены на значительные расстояния, десятки и сотни километров, выезд на их место локации влечет существенные финансовые затраты. Поэтому важно иметь надежные каналы связи КП с диспетчерским пунктом для удаленного контроля и мониторинга процессов, протекающих на объекте. Также удаленность объектов и естественные природные преграды делают прокладку кабеля под землей финансово невыгодным решением, на смену которому приходит решение об организации беспроводного канала связи.

Учитывая все вышеперечисленные условия, а также необходимость создания безопасного канала передачи данных, принято решение использовать закрытые резервированные GSM-каналы, тогда система имеет вид, представленный на рисунке 3.

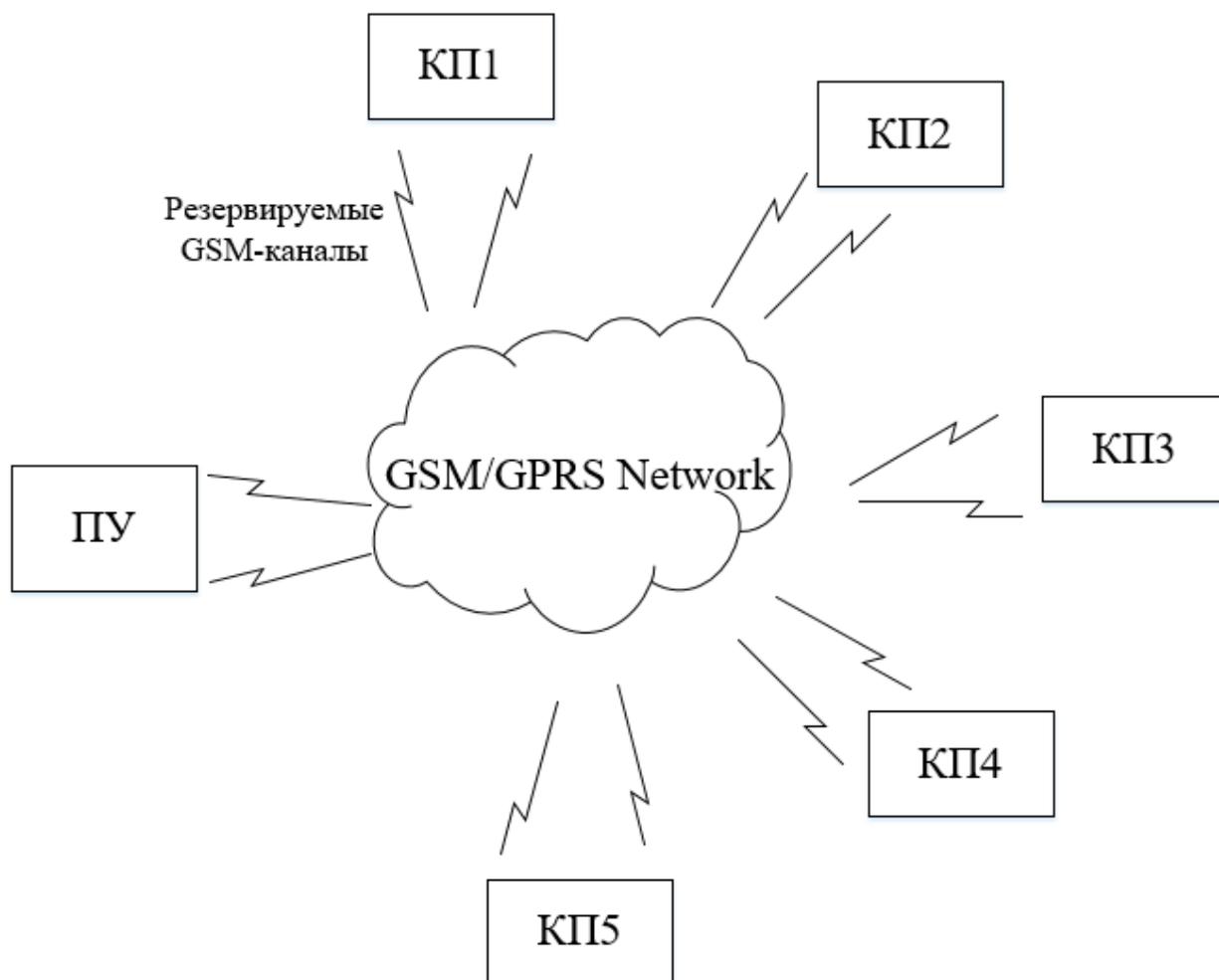


Рисунок 3 – Структурная схема телемеханической системы с GSM-каналами

2.1.2 Передача данных в системе автоматике этиленхранилища

Система автоматике в отличие от системы телемеханики обладает не большим территориальным разбросом, также в самом названии системы заложены ее основные функции автоматического управления и регулирования [10]. Данная система обработки и хранения этилена сочетает в себе элементы как автоматизированной системы, например, отправка команд оператора на исполнительные механизмы, так и автоматической, например, срабатывание контуров противоаварийной защиты при создании определенных условий технологического процесса.

Средний уровень системы автоматики разделен на две подсистемы, а именно:

- подсистема РСУ (распределенная система управления);
- подсистема ПАЗ (система противоаварийной защиты).

В зависимости от степени опасности того или иного объекта этиленхранилища, управление будет производиться разными подсистемами, для обеспечения высокой надежности всей системы в целом.

Также, для обеспечения более высокой надежности системы, контроллеры в подсистемах должны быть резервированы [11]. Общая структурная схема системы автоматики с учетом вышеизложенных требований показана на рисунке 4.

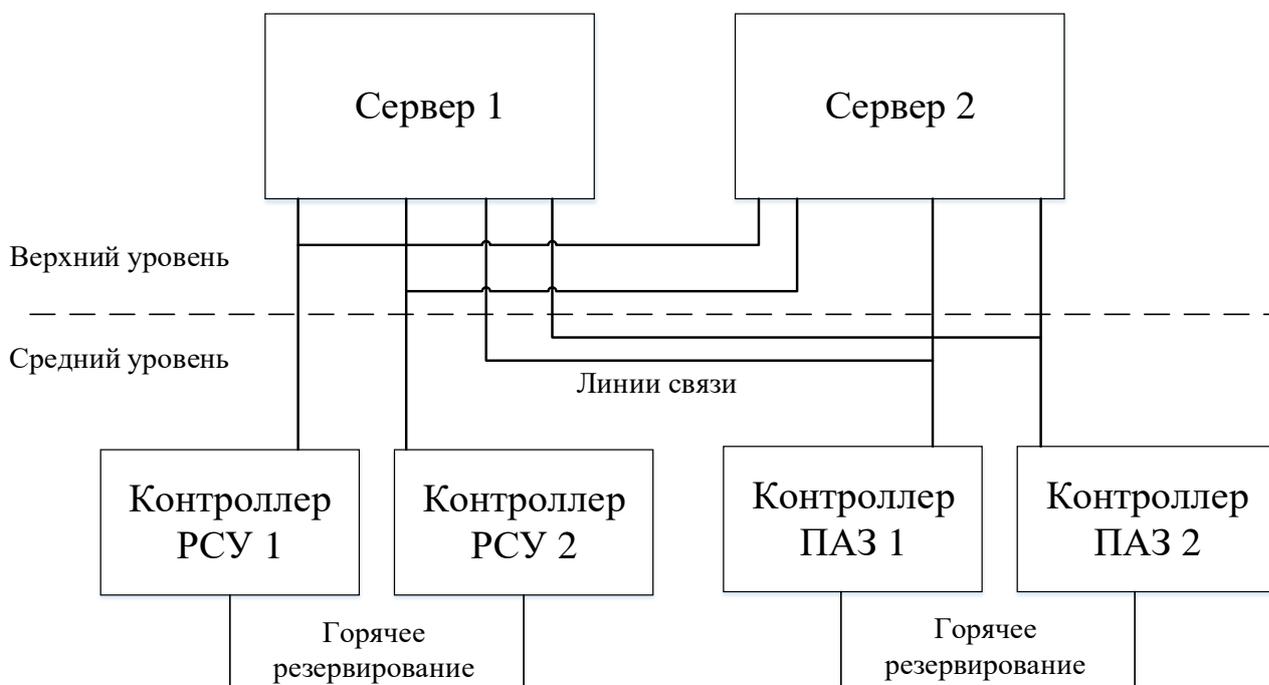


Рисунок 4 – Структурная схема системы автоматики

2.1.3 Разработка алгоритма управления ИМ

Система автоматики этиленхранилища в своем составе имеет порядка тридцати исполнительных механизмов, отвечающих за транспортировку сырья по участкам трубопровода, в их числе задвижки, отсечные клапаны, шаровые

краны. Так как все эти объекты имеют схожую схему управления, принято решение создать универсальный алгоритм, настраивающийся под все типы устройств. Элементы настройки алгоритмов должны быть вынесены на верхний уровень. Данная функция позволит конфигурировать алгоритм не нарушая работу среднего уровня системы. Таким образом, универсальность данного алгоритма решит проблему смены технологического оборудования без перепрошивки программного обеспечения контроллеров, а также упростит разработку и эксплуатацию системы.

2.2 Обзор и сравнительный анализ оборудования системы

Оборудование для систем выбрано с учетом их специфики. Контроллеры подобраны для систем телемеханики и автоматики. Требования к системам напрямую отражаются на выборе контроллеров, поэтому при их подборе следует учитывать, что архитектура контроллеров, программное обеспечение и возможности на прямую влияют на структуру полученной по итогу системы.

2.2.1 Обзор контроллеров для системы хранения и обработки этилена

Для проведения анализа управляющего оборудования использовались контроллеры таких компаний, как Siemens, ООО «Прософт-Системы», B&R, HollySys [12–15]. В качестве характеристик при оценке контроллеров используются его основные технические характеристики, наличие обучающих материалов.

В рамках проведения сравнительного анализа с учетом поставленных перед ними задач выбраны следующие модели контроллеров:

- Siemens, S7-400H;
- Prosoft-Sysytems, REGUL R500;
- B&R, X20CP1301;
- HollySys, LK220.

В таблице 1 представлена сводная информация по контроллерам и их характеристикам.

Таблица 1 – Сравнительный анализ контроллеров фирм Siemens, ООО «Прософт-Системы», B&R, HollySys

	Siemens	ООО «Прософт-Системы»	B&R	HollySys
Обязательные критерии выбора контроллера	Siemens S7-400H	REGUL R500	X20CP1301	LK220
Эксплуатационные ограничения				
Температура рабочая, С	от 0 до 70°С	от 1 до 60°С	от минус 25 до 50 °С	от 0 до 60°С
Электропитание				
Напряжение питания, В	19 – 72 В	18 – 36 В	24 В= минус 15% / 20%	20.4 – 29.8 В, CPU 5Вт, модуль 2Вт
Коммуникационные возможности				
Интерфейсы	RS 485/PROFIBUS MPI	RS-232, RS-485, Ethernet, USB	1x RS232, 1x Ethernet, 1x USB, 1x X2X Link	2xTCP/IP, 2xRS-232/RS-485
Поддержка протокола Modbus TCP/RTU	Есть	Есть	Есть	Есть
Поддержка телемеханических протоколов	-	МЭК-870-5-101/104	-	-
Быстродействие и системные требования				
Период выполнения программы, мс	-	1 мс	2 мс	Менее 100 мкс. Частота процессора 667MHz
Наличие функций самодиагностики	Часы реального времени с синхронизацией	Часы реального времени с синхронизацией GPS/ГЛОНАСС	Часы реального времени	Часы реального времени
Модули ввода/вывода				
Резервирование	Есть	Есть	Есть	Есть
Раздельное извлечение	Есть	Есть	-	-

Продолжение таблицы 1 – Сравнительный анализ контроллеров фирм Siemens, ООО «Прософт-Системы», B&R, HollySys

	Siemens	ООО «Прософт-Системы»	B&R	HollySys
Горячая замена	Есть	Есть	-	Есть
Погрешность измерительных каналов	0,1 %	0.025% – 0.1%	Макс. ошибка при 25 °С 0,18%	Максимальная ошибка 0.1%
Среда программирования и конфигурирования				
Поддержка языков разработки ПО	STEP 7 v5.5 с поддержкой 5 языков стандарта IEC 61131-3	Исполняемая среда Epsilon LD с поддержкой 5 языков стандарта IEC 61131-3 (бесплатно)	Automation Studio 4 (языки стандарта, а также C, C++ и CFC) (нужна лицензия)	PowerPRO (LD, IL, FDB, ST, SFC, CFC)
Гарантии				
Серийное производство в России	-	Есть	-	-
Доступность документации и техническая поддержка на русском языке	-	Есть	-	-
Общие сведения				
Применение в отраслях	Атомная отрасль Электроэнергетика Теплоэнергетика Нефтетранспорт Нефтепереработка Газораспределение	Атомная отрасль Электроэнергетика Теплоэнергетика Нефтетранспорт Нефтепереработка Газораспределение	Атомная отрасль Электроэнергетика Теплоэнергетика Нефтетранспорт Нефтепереработка Газораспределение	Управление высокотехнологичным оборудованием и агрегатами, комплексное управление машинами, дискретное управление производственным предприятием
Степень защиты	IP20	IP20	IP20	IP20
Память				
ПЗУ	512 МБ	Твердотельный накопитель объемом 4 Гб (опционально до 64 Гб)	-	-
ОЗУ	4МБ	-	128 МБ DDR3 SDRAM	512 МБ DDR

Опираясь на приведённый выше сравнительный анализ, делаем вывод, что контроллеры каждой фирмы могут быть использованы в создаваемой системе управления. Однако контроллеры фирм V&R, HollySys не будут рассмотрены. Из-за отсутствия обучающих материалов, на разработку и тестирование программного обеспечения может уйти намного больше времени, чем отведено на разработку проекта. Фирма Siemens имеет достаточное количество обучающего материала для программирования и создания систем. «Прософт-Системы» предлагают понятную документацию для введения в программирование контроллеров, также их программное обеспечение основано на среде CoDeSys, которая также располагает понятным обучающим материалом.

В таблице 2 проведен расчет стоимости системы на базе контроллеров фирм «Прософт-Системы» и Siemens с учетом необходимого количества сигналов:

- входные аналогии – 288;
- выходные аналогии – 65;
- входные дискретности – 530;
- выходные дискретности – 248;
- сигналы с интерфейсных устройств по RS232/485 – 2.

Таблица 2 – Расчет стоимости системы управления

	REGUL500	Siemens S7-400H
Корзина		
Название	R500 DN 100 (2201508/1000)	6ES7400-2JA10-0AA0
Описание	DIN-рейка L=1000мм	SIMATIC S7-400H, UR2-H, УНИВЕРС. МОНТ. СТОЙКА ДЛЯ БАЗОВЫХ БЛОКОВ ИЛИ СТОЕК РАСШИРЕНИЯ РЕЗЕРВИРОВАННЫХ СИСТЕМ
Цена	2000	84774
Требуемое количество	1	1
Итоговая цена	2000	84774
Доп. Информация	Не требуется, монтируется на DIN рейку	
Блок питания		
Название	R500 PP 00 021-02	6ES7405-0KR02-0AA0

Продолжение таблицы 2 – Расчет стоимости системы управления

	REGUL500	Siemens S7-400H
Описание	Модуль источника питания =24 В, 75 Вт с гальваноизоляцией внутренней сети питания от внешней, в комплекте с шасси с поддержкой резервирования	SIMATIC S7-400, БЛОК ПИТАНИЯ PS405, 20А, ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ, , ДЛЯ РЕЗЕРВИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
Цена	96 480,00	58504
Требуемое количество	1	2
Итоговая цена	96480	117008
Процессорный модуль		
Название	R500 CU 00 061-02	6ES7414-5HM06-0AB0
Описание	Модуль центрального процессора Intel Atom, в комплекте с шасси с поддержкой резервирования	SIMATIC S7-400H, CPU 414-5H, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ S7-400H
Цена	315 340,00	471795
Требуемое количество	2	2
Итоговая цена	630680	943590
Коммуникационные контроллеры		
Название	R500 CP 04 011-02	6ES7341-1CH02-0AE0
Описание	Модуль коммуникационного процессора RS-485 4 порта, в комплекте с шасси с поддержкой резервирования	SIMATIC S7-300, КОММУНИКАЦИОННЫЙ ПРОЦЕССОР CP341C ИНТЕРФЕЙСОМ RS422/485,
Цена	90 360,00	64397
Требуемое количество	1	2
Итоговая цена	90360	128794
Модули AI		
Название	R500 AI 16 011-02	6ES7331-7NF00-0AB0
Описание	Модуль AI, 0/4...20 мА, 16 каналов, общая гальваническая изоляция, погрешность 0,1%, в комплекте с шасси с поддержкой резервирования	SIMATIC S7-300, SM 331, МОДУЛЬ ВВОДА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ
Цена,руб	58 490,00	42103
Требуемое количество	18	36
Итоговая цена,руб	1052820	1515708
Модули DI		
Название	R500 DI 32 011-02	6ES7321-1BL00-0AA0

Продолжение таблицы 2 – Расчет стоимости системы управления

	REGUL500	Siemens S7-400H
Описание	Модуль DI, =24 В, 32 канала (4 группы по 8 каналов), групповая гальваническая изоляция, в комплекте с шасси с поддержкой резервирования	SIMATIC S7-300, SM 321, МОДУЛЬ ВВОДА ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ: ОПТОЭЛЕКТРОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ЦЕПЕЙ, 32 ВХОДА =24В (1 X 32 ВХОДА).
Цена	42 880,00	23501
Требуемое количество	17	17
Итоговая цена	728960	399517
Модули DO		
Название	R500 DO 32 011-02	6ES7322-1BL00-0AA0
Описание	Модуль DO, =24 В, 0,5 А, 32 канала (4 группы по 8 каналов), в комплекте с шасси с поддержкой резервирования	SIMATIC S7-300, SM 322, МОДУЛЬ ВЫВОДА ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ
Цена	46 480,00	32447
Требуемое количество	8	8
Итоговая цена	371840	259576
Модули АО		
Название	R500 АО 08 011-02	6ES7332-5HF00-0AB0
Описание	Модуль АО, 0/4...20 мА, 8 каналов, в комплекте с шасси с поддержкой резервирования	SIMATIC S7-300, SM 332, МОДУЛЬ ВЫВОДА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ
Цена	62 280,00	69793
Требуемое количество	9	9
Итоговая цена	560520	628137
Дополнительные модули		
Название	R500 ST 00 001	6ES7960-1AA06-0XA0
Описание	Оконечный модуль без поддержки функции расширения шины	SIMATIC S7-400H, МОДУЛЬ СИНХРОНИЗАЦИИ (ВЕРСИЯ V6) ДЛЯ КАБЕЛЕЙ ДЛИНОЙ ДО 10 М
Цена	1500	24140
Требуемое количество	2	4
Итоговая цена	3000	96560
Доп. Информация		Требуется для синхронизации контроллеров
Дополнительные модули		
Название		6ES7952-1KM00-0AA0

Продолжение таблицы 2 – Расчет стоимости системы управления

	REGUL500	Siemens S7-400H
Описание		SIMATIC S7, КАРТА ПАМЯТИ ДЛЯ S7-400, ДЛИННОЕ ИСПОЛНЕНИЕ, Flash EEPROM 4 МБАЙТ
Цена		45298
Требуемое количество		2
Итоговая цена		90596
Доп. Информация		Карта памяти для контролеров
Дополнительные модули		
Название		6ES7960-1AA04-5AA0
Описание		SIMATIC S7-400H, ОПТОВОЛОКОННЫЙ КАБЕЛЬ ДЛИНОЙ 1М ДЛЯ СУБМОДУЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ
Цена		5183
Требуемое количество		2
Итоговая цена		10366
Доп. Информация		Кабель для синхромодулей
Дополнительные модули		
Название		6ES7153-2AR04-0XA0
Описание		SIMATIC DP, ET200M-РЕЗЕРВИРОВАННАЯ СБОРКА IM153-2HF (-2BA02) С ШИННЫМ МОДУЛЕМ IM/IM 6ES7195-7HD10-0XA2
Цена		58646
Требуемое количество		2
Итоговая цена		117292
Доп. Информация		Набор удаленной периферии
Дополнительные модули		
Название		6ES7307-1EA01-0AA0
Описание		SIMATIC S7-300, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ PS307 ВХОД: ~120/230 В, ВЫХОД: =24 В/5 А
Цена		10437
Требуемое количество		2
Итоговая цена		20874

Продолжение таблицы 2 – Расчет стоимости системы управления

	REGUL500	Siemens S7-400H
Доп. Информация		БП для удаленной периферии
Дополнительные модули		
Название		6ES7870-1AA01-0YA1
Описание		SIMATIC S7, MODBUS MASTER V3.1: АППАРАТНЫЙ КЛЮЧ ДЛЯ CP 341/ CP 441-2, БЕЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ДОКУМЕНТАЦИИ
Цена		17395
Требуемое количество		2
Итоговая цена		34790
Доп. Информация		Драйвер Modbus
Конечная цена	3536660	4447582

Расчет стоимости показал, что система, реализованная на базе контроллера Regul R500 компании «Прософт-Системы» будет дешевле на 910 922 руб. Помимо финансовой стороны вопроса, использование контроллера REGUL 500 в системе более привлекательно тем, что компания Prosoft-Systems располагает и производит контроллеры в России, а, следовательно, имеет русскоязычную техническую поддержку и документацию. Также компания, занимающаяся проектом этиленхранилища тесно сотрудничает с компанией Prosoft-Systems, поэтому использование контроллеров этой фирмы является выгодным решением для обеих сторон.

Исходя из вышеперечисленных аргументов, в системе автоматике принято использовать контроллер REGUL R500 компании Prosoft-Systems.

2.2.2 Обзор оборудования для системы телемеханики магистрального этиленпровода

В сравнительном анализе контроллеров телемеханики участвовали контроллеры отечественной разработки, так как это было обязательным требованием заказчика.

В анализ включены контроллеры фирм ООО «Доломант», ЗАО «Текон-Груп», ООО «ДЭП», АО «Нефтеавтоматика» [16-19]. В качестве критериев оценки выбраны эксплуатационные ограничения, коммуникационные возможности, быстродействие, работа с модулями ввода\вывода, наличие резервирования, возможности среды разработки и наличие сертификатов соответствия. Вся информация представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики телемеханических контроллеров

Компания, модель/Критерий	ООО «Доломант», Fastwel I/O CPM 71X	ЗАО «ТеконГруп», МФК1500	ООО «ДЭП», Деконт А9	АО «Нефтеавтоматика», МКLogic-500
Эксплуатационные ограничения				
Температура рабочая, С	минус 40 – 85	минус 40 – 60	минус 40 – 70	минус 40 – 85
Электропитание				
Напряжение питания, В	10 – 36	24	9 – 30	18 – 30
Коммуникационные возможности				
Интерфейсы	RS-232 RS-485 Ethernet CAN	2 шт. RS-232C 3 шт. RS-485 2 шт. Eth 10/100	RS-232 RS-485 Eth 10/100	<u>МК-502-142</u> : 2 шт. RS-485, 2 шт. Eth 100/1000 Base-T <u>МК-502-142</u> : 2 шт. RS-485 4 шт. Eth 100/1000 Base-T 1 шт. Eth 10/100 Base-FX
Поддержка протокола Modbus TCP/RTU	Есть	Есть	Есть	Есть
Поддержка телемеханических протоколов	MODBUS RTU,MODBUS TCP, DNP3, OPC,PROFIBUS DP-V1,CANopen	МЭК 60870-101,104 Инициативный ввод сигналов и инициативные сообщения от модулей	SyBus, МЭК-870-5-101/104/103	МЭК 60870-5-104.

Продолжение таблицы 3 – Характеристики телемеханических контроллеров

Компания, модель/Критерий	ООО «Доломант», Fastwel I/O CPM 71X	ЗАО «ТеконГруп», МФК1500	ООО «ДЭП», Деконт А9	АО «Нефтеавтоматика», МКLogic-500
Обмен с верхним уровнем	<p>MODBUS RTU/ASCII, MODBUS TCP, DNP3 L2 Outstation, CANopen</p> <p>1) CAN OPC Server 2) MODBUS OPC Server 3) UNIVERSAL OPC Server 4) OPC сервера сторонних производителей</p>	TeconOPC Server	<p>SCADA "SyTrack":</p> <p>1) "Конфигуратор" 2) "WinDecont" (эмулятор Деконт 182) 3) Работа с архивами 4) ПО "Разработчик" 5) ПО для настройки модулей В/В</p>	OPC UA
Быстродействие и системные требования				
Период выполнения программы, мс	от 1 до 1000 (устанавливается в приложении CoDeSys 2.3)	20	-	-
ОС реального времени	Windows CE 5.0 Core	TeNIX включающее ядро многозадачной ОС Linux	Linux	LinuxRT
Наличие функций самодиагностики	<p>1) Разряд батарей 2) Режим исполнения 3) Диагностика I/O: КЗ, обрыв цепи, перегрузка, перегрев</p>	<p>1) Аппаратный Watchdog 2) Отказ шины CAN 3) Обрыв интерфейсов Ethernet 4) Разрушение разделов на SRAM 5) Снижение уровней напряжения питания 24В</p>	<p>1) Часы реального времени 2) Сторожевой таймер 3) Управления питанием</p>	нагрузка ЦПУ, объём свободного ОЗУ, коммуникационные шины, диагностика аналоговых каналов (КЗ, обрыв, выход за диапазон)
Модули ввода/вывода				
Резервирование	Нет данных	Полное	Полное	Полное
Раздельное извлечение	Есть	Есть	Есть	Есть

Продолжение таблицы 3 – Характеристики телемеханических контроллеров

Компания, модель/Критерий	ООО «Доломант», Fastwel I/O CPM 71X	ЗАО «ТеконГрупп», МФК1500	ООО «ДЭП», Деконт А9	АО «Нефтеавтоматика», МКLogic-500
Горячая замена	Нет (модули соединены по внутренней шине FBUS)	Есть	Есть	Есть
Погрешность измерительных каналов	±0.05%	0.10 %- 0.15%	0.1%	0.05, 0.1
Среда программирования и конфигурирования				
Поддержка языков разработки ПО	Среда разработки CodeSys 2.3, МЭК61131-13, только Windows CE	для программирования контроллеров среду ISaGRAF v.5, а также инструментальные средства, входящие в состав SCADA ТЕКОН, драйвера писать используя встроенные ФБ	Основные компоненты инструментальной части WDeConfig WDeveloper WinDecont - базовое ПО для работы в среде Windows Конфигурирование типовых систем Разработка алгоритмов локальной автоматики	IEC 61131-3 (ST, LAD, FDB, FDB), IEC 61499, SAMA, функции пользователя на ANSI C
Возможность разработки модулей (шаблонов)	да	Исполнение пользовательских программ обработки данных	С программы в виде FBD блоков	Нет
Гарантии				
Серийное производство в России (сколько лет производят)	Есть (с 2011 года)	Есть	Есть	Есть

Продолжение таблицы 3 – Характеристики телемеханических контроллеров

Компания, модель/Критерий	ООО «Доломант», Fastwel I/O CPM 71X	ЗАО «ТеконГруп», МФК1500	ООО «ДЭП», Деконт А9	АО «Нефтеавтоматика», MKLogic-500
Доступность документации и техническая поддержка на русском языке	Есть	Есть	Есть	Есть
Сертификаты				
Сертификат соответствия	Есть	Есть	Есть	Есть
Сертификат утверждения типа средства измерения	Есть	Есть	Есть	Есть
Общие сведения				
Применение в отраслях	Электроэнергетика Судостроение Нефтегазовая отрасль Металлургия Коммунальное хозяйство Железнодорожная отрасль Добывающая промышленность	Теплоэнергетика Гидроэнергетика Электроэнергетика (распределительные сети)	Электроэнергетика Управление городским освещением Шахтная автоматика	Энергетические, химические, нефте- и газодобывающие и перерабатывающие, машиностроительные, сельскохозяйственные, пищевые производства.
Наработка на отказ, часов	80000	нет инф.	140000	нет инф.

В качестве контроллера для системы транспортировки этилена выбран контроллер Деконт-А9 компании «ДЕП». Основными требованиями при выборе контроллера были:

- отечественное производство;
- резервирование модулей центрального процессора;
- резервирование каналов беспроводной связи;
- наличие сертификатов соответствия (обязательное требование заказчика);
- возможность внедрения собственных функциональных блоков;
- наличие телемеханических протоколов связи.

Контроллер Деконт-А9 удовлетворяет всем перечисленным выше требованиям и имеет ряд немаловажных возможностей.

Принимая во внимание тот факт, что большинство КП находятся в труднопроходимых местах, очень удобно иметь возможность менять программное обеспечение контроллеров удаленно. Такая возможность есть у контроллеров Деконт-А9. Программное обеспечение контроллеров позволяет производить онлайн диагностику состояния контроллера и базы данных его параметров. Мониторинг происходит по тем же каналам передачи данных и не останавливает передачу данных на верхний уровень. Данная система также позволяет обновлять программное обеспечение контроллера в случае необходимости [20].

В каждой системе, в зависимости от типа, расположения промышленного объекта, есть свои особенности, например, система телемеханики помимо передачи телесигнализации и телеизмерений имеет также автоматические контуры. На каждом контролируемом пункте есть алгоритм, который управляет работой обогревателя в зависимости от текущей температуры и температуры уставки. Для управления достаточно простейшего функционального блока с минимальным набором входных и выходных данных, такая программа заметно облегчит работу оператора. Так как Деконт-А9 является телемеханическим контроллером с упором на целостную и безопасную передачу данных, написание собственных

программ и функциональных блоков ограничено, но, в условиях частых потребностей в таких программах для специфических объектов, компания «ДЕП» в отношении клиента ориентирована на гибкий подход и предоставляет возможности и знания для создания таких программ, используя средства самих разработчиков компании «ДЕП», что является отличным конкурентным преимуществом при создании системы телемеханики со стороны компании-подрядчика.

Еще одно преимущество контроллера, в сравнении с другими контроллерами - это распределенная периферия. В отличие от сборки модулей и центральных процессоров по типу «крейта» и «корзины», центральные процессоры компании «ДЕП» связаны с модулями, как правило, по двухпроводной линии, что позволяет распределять модули в разных частях шкафов управления или даже размещать их в разных шкафах.

Также, оценивая надежность и востребованность компании, следует обратить внимание, что «ДЕП» поставляет контроллеры на российский рынок с 2005 года. И позиционирует себя во многих сферах промышленности, таких как:

- электроэнергетика;
- городская инфраструктура;
- металлургическая и горнодобывающая промышленность;
- добыча и переработка нефти и газа;
- автоматизация инженерных систем зданий.

2.3 Заключение по второй главе

В второй главе рассмотрены особенности конкретных задач, выполняемых в ходе разработки системы. Выявлены ограничения и результат, удовлетворяющий требованиям заказчика. На основе этих требований произведен обзор и выбор оборудования для организации среднего уровня систем телемеханики и автоматизации. В следующей главе рассмотрена реализация решений на основе выбранного оборудования.

3 Реализация решений

3.1 Передача данных в системе телемеханики магистрального этиленпровода

Из описания задачи в п. 2.1.1, в условиях труднопроходимых участков, а также с учетом необходимости скоростной передачи данных между КП и диспетчерским пунктом предлагается использовать мобильную сеть [21]. Данное решение позволяет сэкономить средства на прокладку и обслуживание проводных каналов связи. Одним из важных факторов промышленной связи является безопасность каналов передачи данных. Для этого в проекте предусмотрено использовать VPN-туннель (Virtual Private Network) – виртуальную частную сеть, у которой нет доступа в открытый интернет [22].

С целью повышения надежности передачи данных применяется резервирование оборудования связи, а также самих каналов связи. На каждом КП установлен модем, имеющий две SIM-карты различных провайдеров. Наличие двух SIM-карт различных провайдеров позволяет повысить общую надежность системы, так как за счет разных локаций КП, SIM-карты могут иметь различный уровень входящего/исходящего сигнала, также это предотвращает потерю связи при возможных перебоях в работе провайдера. Единообразно КП может передавать данные только по одной из SIM-карт, выбирает SIM-карту алгоритм контроллера, который анализирует качество сигнала и проверяет связь с диспетчерским пунктом. В диспетчерский пункт сигналы с КП поступают через маршрутизаторы. В системе задействованы два маршрутизатора, каждый из которых, также, как и КП, имеет две SIM-карты разных провайдеров. В отличие от КП, у которых передача данных может идти только по одной из двух SIM-карт, SIM-карты маршрутизаторов активны одновременно. Это обусловлено тем, что на разных КП могут быть выбраны разные провайдеры. Работа маршрутизаторов организована через горячее резервирование, они составляют кластер. В системе один из маршрутизаторов – главный, он перенаправляет данные через общий шлюз в локальную сеть и далее на диспетчерский пункт. В свою очередь диспетчерский пункт также резервируется на двух серверах. С учетом всех вариаций,

данные могут приходить на верхний уровень по восьми маршрутам. Схема связи представлена на рисунке 5.

Операторная

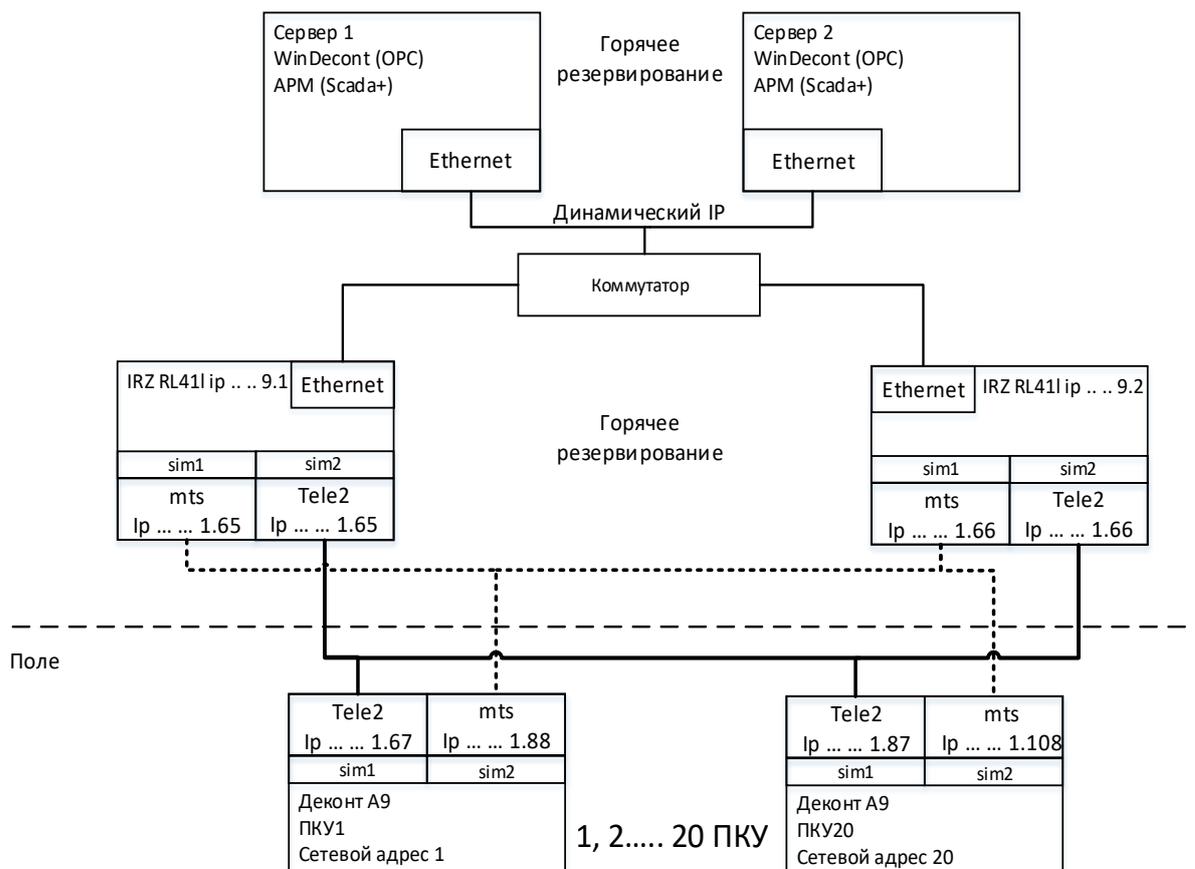


Рисунок 5 – Схема связи

Помимо передачи информации между КП и диспетчерской станцией в работе решается задача оптимизации трафика в сети. Для сокращения расходов, связанных с использованием мобильной сети, предусмотрены алгоритмы, блокирующие передачу данных по определенным маршрутам, исключение составляет служебная информация, позволяющая следить за изменением состояния главного маршрутизатора. Алгоритм выбора маршрута передачи данных контроллером Деконт-А9 представлен на рисунках 6, 7.

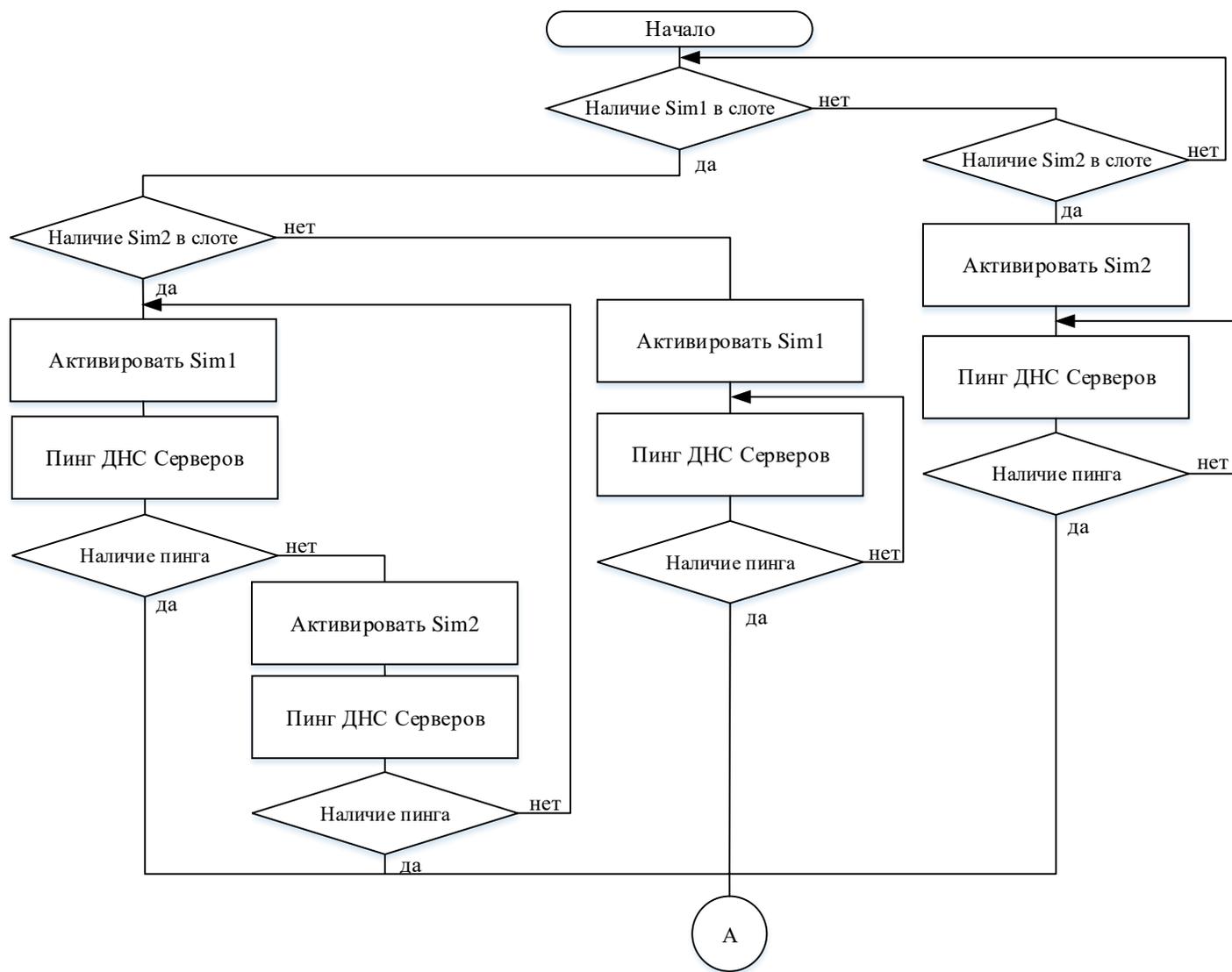


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма выбора потока данных

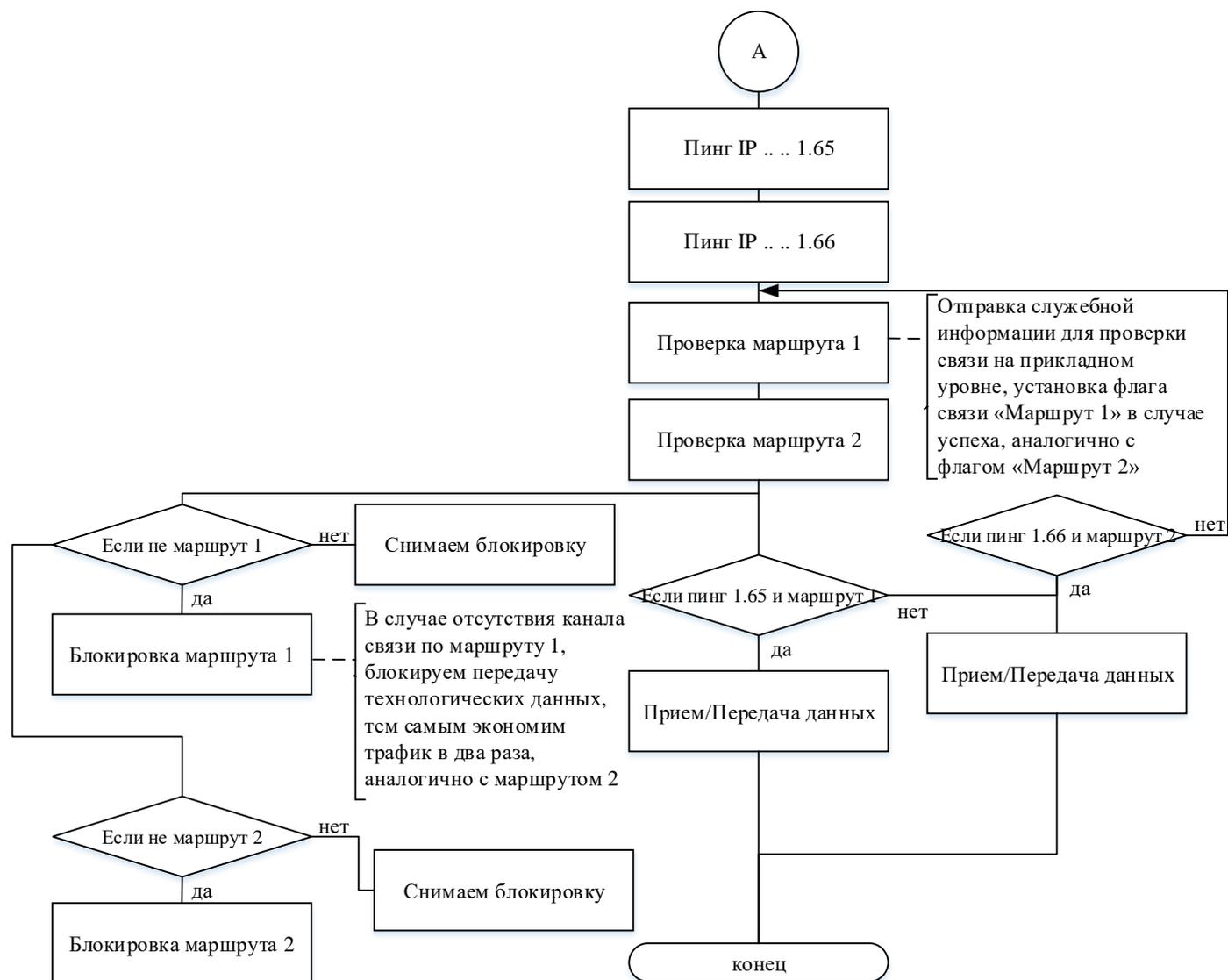


Рисунок 7 – Продолжение блок-схемы алгоритма выбора потока данных

Таким образом, в разрабатываемой системе, на каждом уровне приема/передачи информации созданы алгоритмы, которые, анализируя состояние компонентов системы и уровни сигналов мобильных сетей, выбирают маршруты потоков данных, тем самым повышают надёжность системы, делают её более адаптивной к различным изменениям.

Описанная выше система передачи данных имеет универсальную структуру и может применяться в любых системах автоматизации производства, исключение могут составлять объекты, не входящие в зону покрытия мобильной сети.

В настоящее время разработанная система находится в промышленной эксплуатации.

3.2 Передача данных в системе автоматике этиленхранилища

Общая структурная схема системы автоматике, описанная в 2.1.2, создана с учетом требований заказчика, которые были предъявлены на раннем этапе проектирования системы. Оборудование, предусмотренное в схеме, удовлетворяет поставленным требованиям. Однако на дальнейшем этапе разработки проекта появились дополнительные требования, которые привели к трансформации структуры системы и внедрению дополнительного оборудования.

3.2.1 Описание синтеза итоговой структуры системы передачи данных

В текущей системе связь контроллеров РСУ и ПАЗ осуществляется через сервера сбора/передачи данных. По технологической схеме контроллеры РСУ берут информацию с сенсоров, входящих в контуры ПАЗ и, с помощью данной информации выполняют расчеты для регулирования состояний объектов системы. В случае потери связи с серверами происходит сбой передачи информации из системы ПАЗ в РСУ, что приводит к неработоспособности системы. Для устранения данной проблемы принято использовать прямые каналы передачи

данных между РСУ и ПАЗ. В уже созданной системе все Ethernet порты задействованы, порты интерфейсов RS-232 и RS-485, которые также имеют контроллеры, так как задействованы в проекте для считывания информации с интерфейсных датчиков. Также данные интерфейсы не позволяют передавать данные на скорости протоколов TCP/IP. С учетом требований и ограничений разработано два решения. В первом решении принято добавить к каждому контроллеру коммуникационный процессор с двумя Ethernet портами. Данное решение позволяет каждому из четырех контроллеров видеть друг друга вне зависимости от работоспособности серверов данных. На стадии разработки проекта цена одного коммуникационного процессора CP 02 021 компании Prosoft-Systems [23], включающего в себя два Ethernet порта составляет 130 т. р., соответственно, решение добавления четырех коммуникационных процессоров составит 520 т.р. Структурная схема системы с таким решением представлена на рисунке 8.

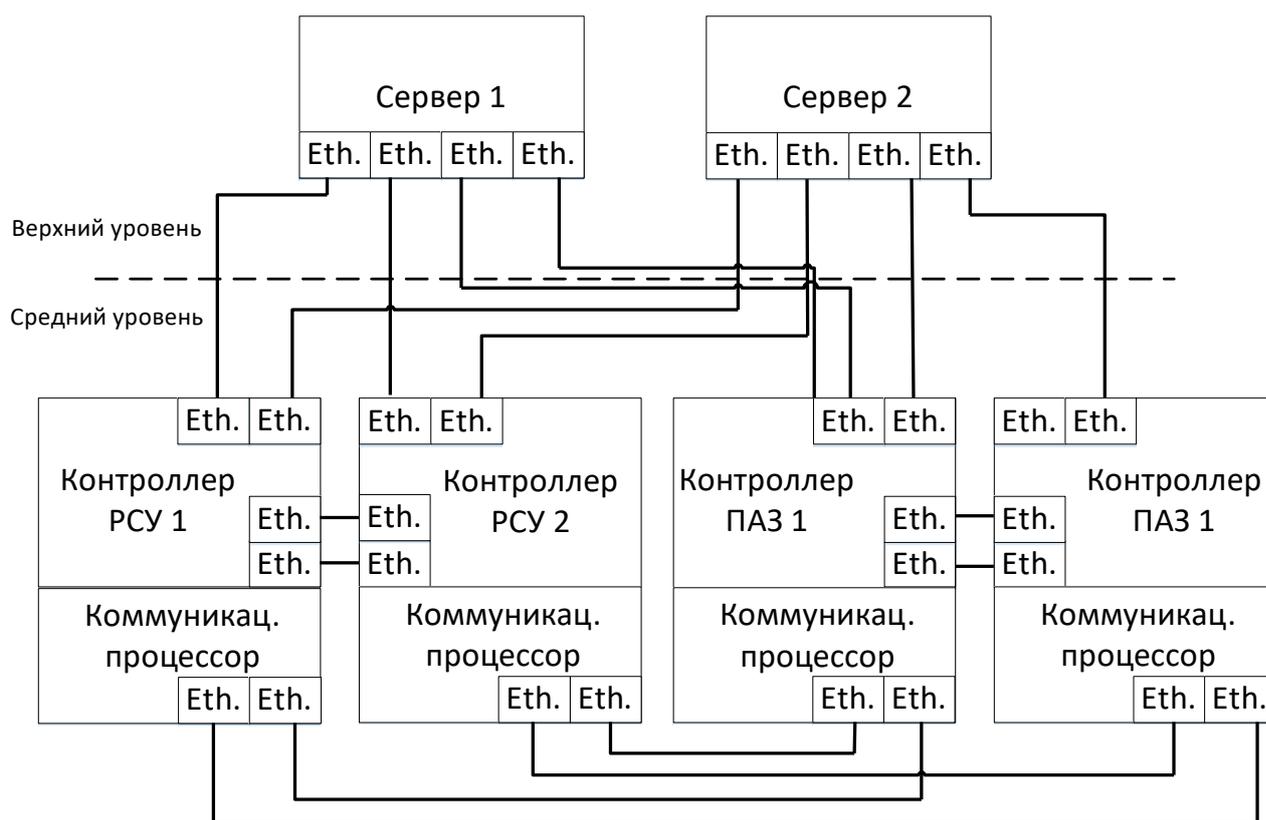


Рисунок 8 – Структурная схема системы с прямыми каналами связи между ПАЗ и РСУ

Второе решение основано на внедрении дополнительных восьми портовых коммутаторов. Но в таком решении создается дополнительный слой между серверами сбора данных и контроллерами. В решении используются коммутаторы SIMATIC SCALANCE X-200 [24], цена за шт. 862.92 € = 60.138 т.р., соответственно два коммутатора будут стоить 120.277 т. р. Данное решение имеет два плюса в сравнении с первым:

- дешевизна;
- свободные пары Ethernet портов на серверах данных, что позволяет подключать к ним отдельные машины с клиентами.

Недостатком решения является понижение ее надежности за счет внедрения дополнительного оборудования [25]. Структурная схема такой системы представлена на рисунке 9.

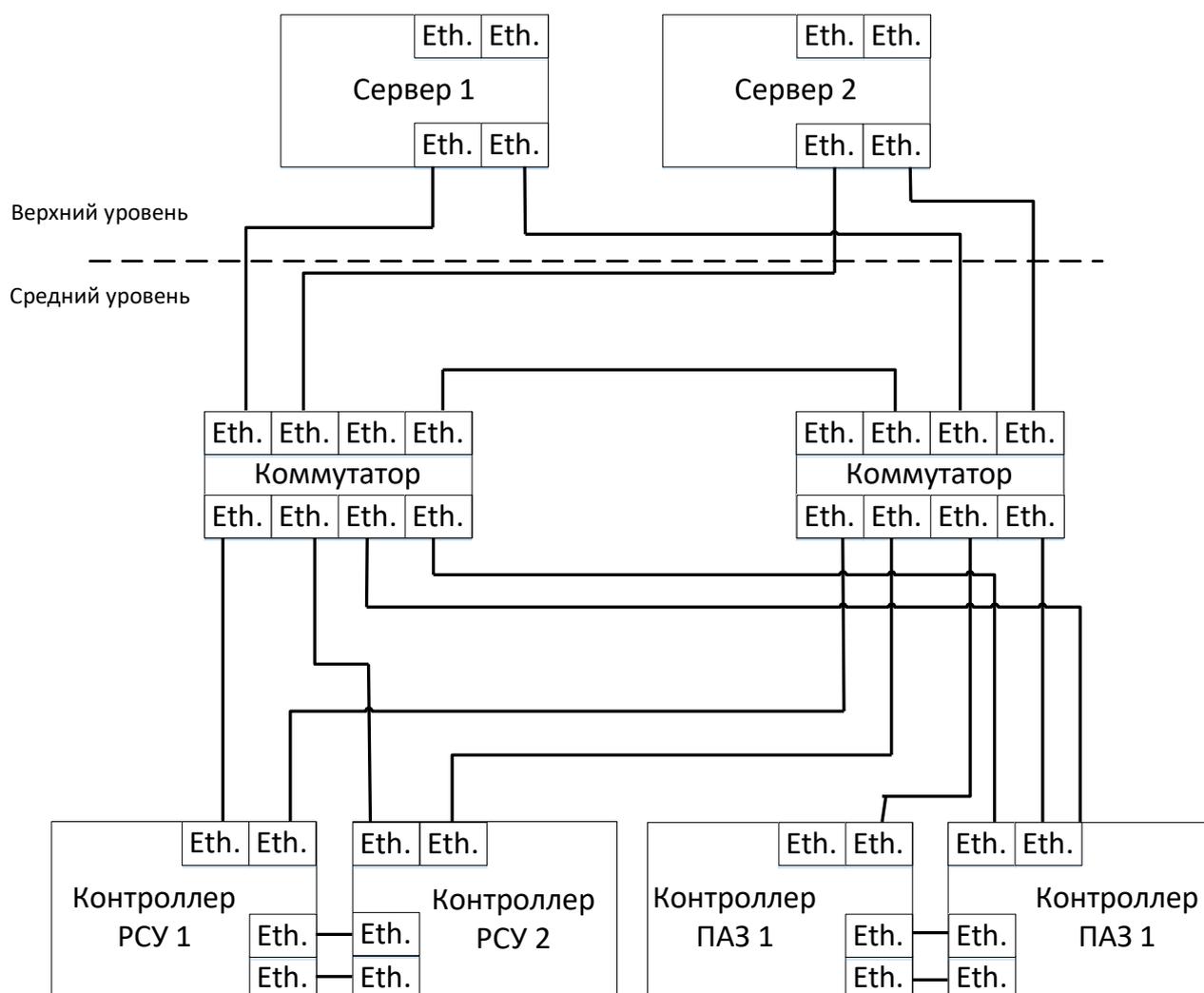


Рисунок 9 – Структурная схема системы с коммутаторами

Каждое из двух решений имеет различия в соотношении цены/надежности.

Плюсы и минусы данных решений сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Достоинства и недостатки решений

Решение \ Плюсы и минусы	Достоинства	Недостатки
Коммуникационные процессоры CP 02 021	<ol style="list-style-type: none"> 1. Надежность (входят в линейку оборудования управления технологическим процессом). 2. Питание от источников питания контроллеров (исключает дополнительные источники питания). 3. Прямой канал связи. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цена. 2. Отсутствие свободных портов для подключения клиентов.
Коммутаторы SIMATIC SCALANCE X-200	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цена. 2. Дополнительные свободные порты. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снижение надежности (дополнительные источники питания).

В ходе обсуждения решений с заказчиком, были затронуты аспекты обслуживания системы во время эксплуатации. Для отладки и обслуживания «среднего уровня» системы инженеру удобно подключаться к контроллерам напрямую, в обход серверов данных, что также не мешает работе операторов. Так как все коммуникационные порты контроллеров заняты, то использование дополнительных коммутаторов вместе с коммуникационными процессорами контроллеров дает системе надежный и самодостаточный «средний уровень» и дополнительные порты для подключения в систему автоматизированного рабочего места инженера и других специализированных клиентов, повышающих удобство работы со «средним уровнем» и полевыми устройствами.

Также было принято не комбинировать функции серверов с функциями АРМов и подключить в качестве АРМом отдельные машины. В итоге имеем

комбинируемое решение, отвечающее всем требованиям заказчика. Структурная схема решения представлена на рисунке 10.

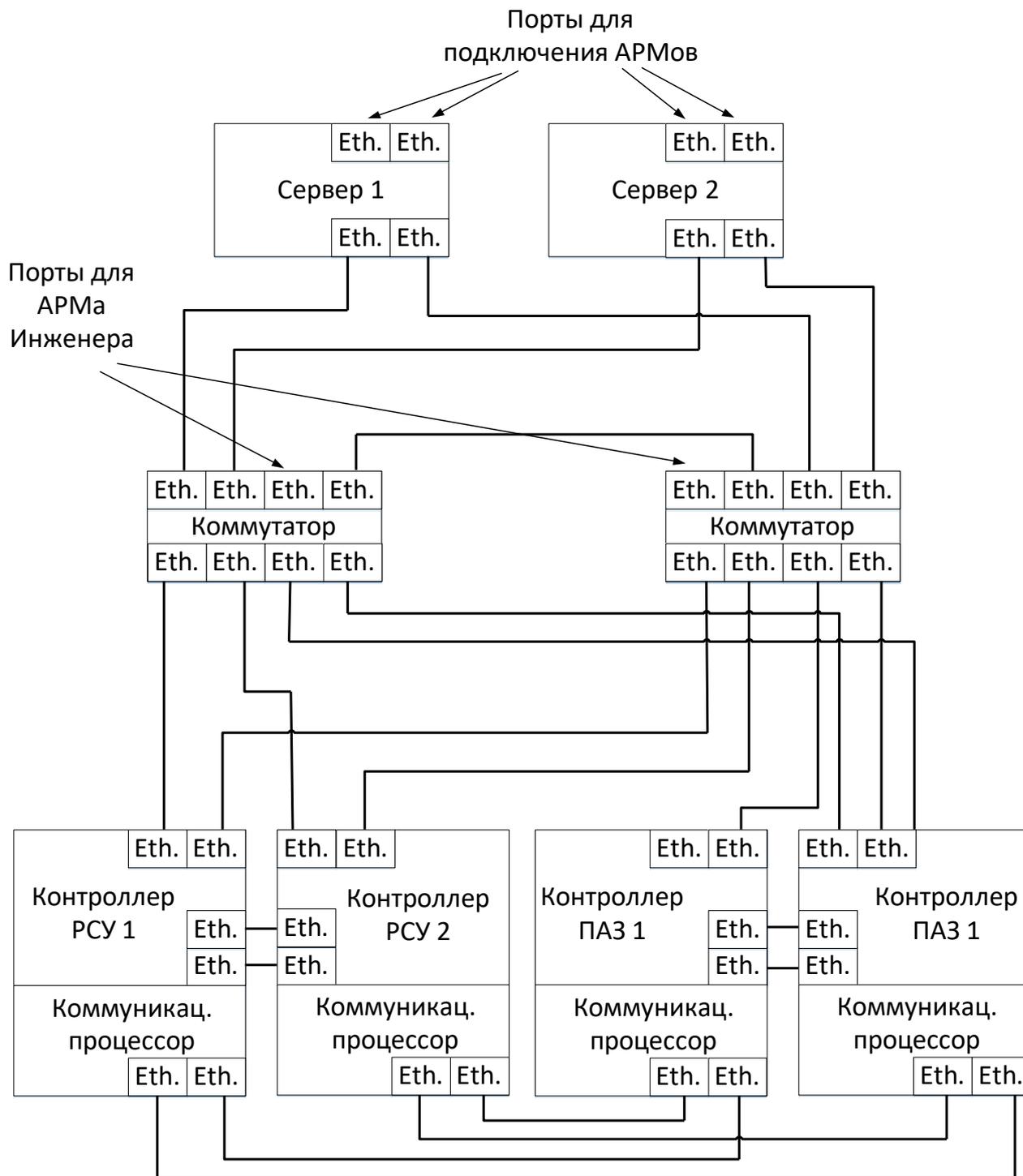


Рисунок 10 – Итоговая структурная схема системы передачи данных

3.3 Создание алгоритмов управления ИМ

Программное обеспечение для контроллера REGUL R500 разрабатывается в специализируемой интегрируемой среде EPSILON LD, которая в свою очередь базируется на среде CoDeSys 3.5, поэтому программирование в данной среде идентично с программированием в CoDeSys 3.5. Epsilon LD позволяет работать в редакторах стандарта МЭК 61131-3 [26]:

- IL (Instruction List) — список инструкций,
- ST (Structured Text) — структурированный текст,
- LD (Ladder Diagram) — релейно-контактная логика,
- FBD (Function Block Diagram) — функциональные блочные диаграммы,
- SFC (Sequential Function Chart) — последовательные функциональные диаграммы.

Разработку проекта принято вести на языке ST.

В п. 2.1.3 принято разработать универсальный алгоритм, для разработки структуры алгоритма функционального блока (ФБ) рассмотрены структуры ФБ в других проектах компании, данные ФБ написаны под конкретные типы задвижек с учетом особенностей работы каждой из них. Данное решение является удобным для разработчика, но не совсем удобно с точки зрения эксплуатации и сопровождения системы. Например, смена задвижки одного типа на другой приведет к изменению в ПО среднего уровня, а перепрограммирование контроллеров может привести к останову производства. Поэтому принято решение создать универсальный алгоритм, который подойдет для всех типов задвижек, а также шаровых кранов и клапанов на промышленном объекте. Для этого рассмотрены контурные схемы данных исполнительных механизмов (ИМ).

В ходе исследования было выявлено, что основные отличия ИМ в количестве сигналов индикации состояния (рисунок 11), а также в диаграммах работы концевых выключателей задвижек (таблица 5).

<table border="1"> <tr><td>Тип</td><td>СК (НО ~220 В)</td></tr> <tr><td>Код</td><td>3D013</td></tr> <tr><td>Слот</td><td>*</td></tr> <tr><td>8</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>6</td></tr> <tr><td>9</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>7</td></tr> </table>		Тип	СК (НО ~220 В)	Код	3D013	Слот	*	8	КАНАЛ		6	9	КАНАЛ		7	<p>Управление XCV-2039</p> <p>открыть</p> <p>закрыть</p>	<table border="1"> <tr><td>Тип</td><td>СК (НО ~220 В)</td></tr> <tr><td>Код</td><td>1D031</td></tr> <tr><td>Слот</td><td>*</td></tr> <tr><td>2</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>2</td></tr> <tr><td>4</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>3</td></tr> </table>		Тип	СК (НО ~220 В)	Код	1D031	Слот	*	2	КАНАЛ		1	3	КАНАЛ		2	4	КАНАЛ		3	<p>Управление XCV-2139</p> <p>открыть</p> <p>закрыть</p> <p>стоп</p>												
Тип	СК (НО ~220 В)																																																
Код	3D013																																																
Слот	*																																																
8	КАНАЛ																																																
	6																																																
9	КАНАЛ																																																
	7																																																
Тип	СК (НО ~220 В)																																																
Код	1D031																																																
Слот	*																																																
2	КАНАЛ																																																
	1																																																
3	КАНАЛ																																																
	2																																																
4	КАНАЛ																																																
	3																																																
<table border="1"> <tr><td>Тип</td><td>СК (НО ~220 В)</td></tr> <tr><td>Код</td><td>3D18</td></tr> <tr><td>Слот</td><td>*</td></tr> <tr><td>6</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>7</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>4</td></tr> </table>		Тип	СК (НО ~220 В)	Код	3D18	Слот	*	6	КАНАЛ		3	7	КАНАЛ		4	<p>Индикация XCV-2039</p> <p>открыт</p> <p>закрыт</p>	<table border="1"> <tr><td>Тип</td><td>СК (НО ~220 В)</td></tr> <tr><td>Код</td><td>1D126</td></tr> <tr><td>Слот</td><td>*</td></tr> <tr><td>21</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>19</td></tr> <tr><td>22</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>20</td></tr> <tr><td>23</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>21</td></tr> <tr><td>24</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>22</td></tr> <tr><td>25</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>23</td></tr> <tr><td>26</td><td>КАНАЛ</td></tr> <tr><td></td><td>24</td></tr> </table>		Тип	СК (НО ~220 В)	Код	1D126	Слот	*	21	КАНАЛ		19	22	КАНАЛ		20	23	КАНАЛ		21	24	КАНАЛ		22	25	КАНАЛ		23	26	КАНАЛ		24	<p>Индикация XCV-2139</p> <p>открыт</p> <p>закрыт</p> <p>МУ</p> <p>ДУ</p> <p>готов</p> <p>неисправность</p>
Тип	СК (НО ~220 В)																																																
Код	3D18																																																
Слот	*																																																
6	КАНАЛ																																																
	3																																																
7	КАНАЛ																																																
	4																																																
Тип	СК (НО ~220 В)																																																
Код	1D126																																																
Слот	*																																																
21	КАНАЛ																																																
	19																																																
22	КАНАЛ																																																
	20																																																
23	КАНАЛ																																																
	21																																																
24	КАНАЛ																																																
	22																																																
25	КАНАЛ																																																
	23																																																
26	КАНАЛ																																																
	24																																																

Рисунок 11 – Наборы сигналов для разных ИМ

Таблица 5 – Диаграммы работы концевых выключателей

Диаграмма 1			
Контакт	Открыт	Промежуточное	Закрыт
SQ1			
SQ2			
Диаграмма 2			
Контакт	Открыт	Промежуточное	Закрыт
SQ1			
SQ2			

Данные отличия влияют на диагностику самопроизвольного схождения задвижки с концевого выключателя, неисправности конечных выключателей, а также промежуточного положения хода задвижки.

Чтобы алгоритм мог различать типы диаграмм, в алгоритме есть переменная типа `BOOL`, значение которой определяет тип задвижки, который может изменяться с верхнего уровня. По умолчанию значение равно `FALSE`, что соответствует первой диаграмме работы конечных выключателей. Для реализации выбора алгоритмов диагностики используется оператор ветвления.

Еще одним отличием ИМ является ширина импульса команды управления, так как разные ИМ имеют разные схемы подключения. В одних схемах в качестве управляющего воздействия достаточно импульсного сигнала, в других нужен продолжительный по времени сигнал. В разработанном функциональном блоке величина импульса является регулируемой, поэтому данную величину можно настроить с верхнего уровня под каждый ИМ.

Для того, чтобы компенсировать различия типов ИМ по количеству сигналов индикации принято использовать в ФБ максимальное количество сигналов индикации для ИМ. В случае, когда ИМ имеет количество сигналов индикации меньше, они просто остаются в ФБ без привязки к сигналам с модулей ввода.

Помимо отличий в сигналах индикации, у некоторых ИМ добавлена команда «СТОП». Данная команда используется для прерывания закрытия или открытия задвижки. Также, как и с сигналами индикации, отсутствие сигнала стоп на ИМ не приведет к неработоспособности ФБ.

На этапе внедрения функционала остановки ИМ возникла необходимость отключать таймеры, отвечающие за диагностику таймаутов хода задвижки, запущенные предыдущей командой. В проекте использовались таймеры стандартной библиотеки `CoDeSyS «Standard»` – TP [27]. Таймер является библиотечным функциональным блоком. Графическое изображение блока представлено на рисунке 12. Описание входов и выходов представлено в таблице 6.



Рисунок 12 – Графический вид функционального блока «TP»

Таблица 6 – Описание входов/выходов функционального блока «TP»

Название	Тип	Описание
IN	BOOL	При возникновении переднего фронта начинается отсчет ET
PT	TIME	Верхняя граница времени
Q	BOOL	TRUE, пока идет отсчет времени в ET
ET	TIME	Текущее значение времени

Временная диаграмма работы данного блока представлена на рисунке 13.

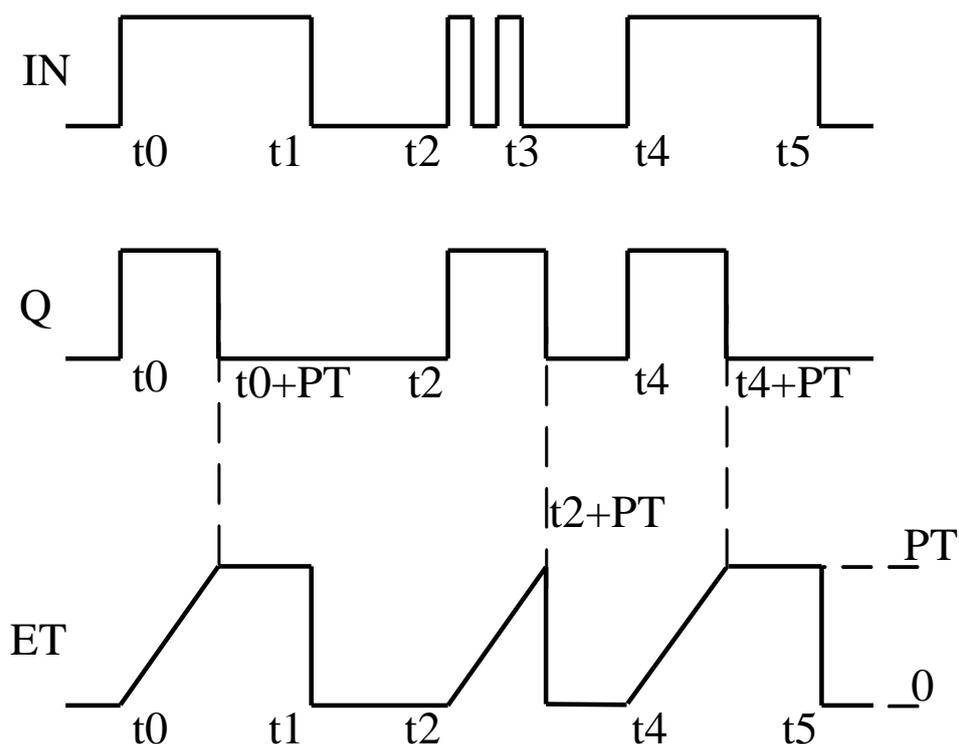


Рисунок 13 – временная диаграмма работы таймера

Из диаграммы видно, что запускается таймер с помощью входного сигнала IN. Для того, чтобы запустить таймер заново нужно присвоить сигналу IN логический ноль и в следующем такте присвоить ему логическую единицу.

При этом запуск таймера произойдет только при условии, что время РТ с предыдущей попытки уже истекло, то есть сигнал IN не может работать в качестве сброса таймера и обнулять значение ЕТ пока оно не станет равным РТ.

Для реализации команды «STOP» необходим такой функционал. Чтобы сбросить таймер, было принято решение в момент подачи команды «STOP» присваивать входу РТ значение ноль. Тогда таймер заканчивает отсчет времени, но при этом сразу выдает на выход Q логический ноль. Чтобы избежать срабатывания таймаутов хода задвижки, в условии срабатывания таймаута помимо триггера по подающему фронту выхода таймера добавлена проверка значения РТ. Если оно равно нулю, то данное событие не обрабатывается. Таким образом происходит прерывание работы таймера и соблюдение условий для корректного срабатывания команды «СТОП». Блок объявления переменных функционального блока представлен в приложении А. Блок программы функционального блока представлен в приложении Б.

Функциональный блок управления задвижкой представлен на рисунке 14.

Valve_01

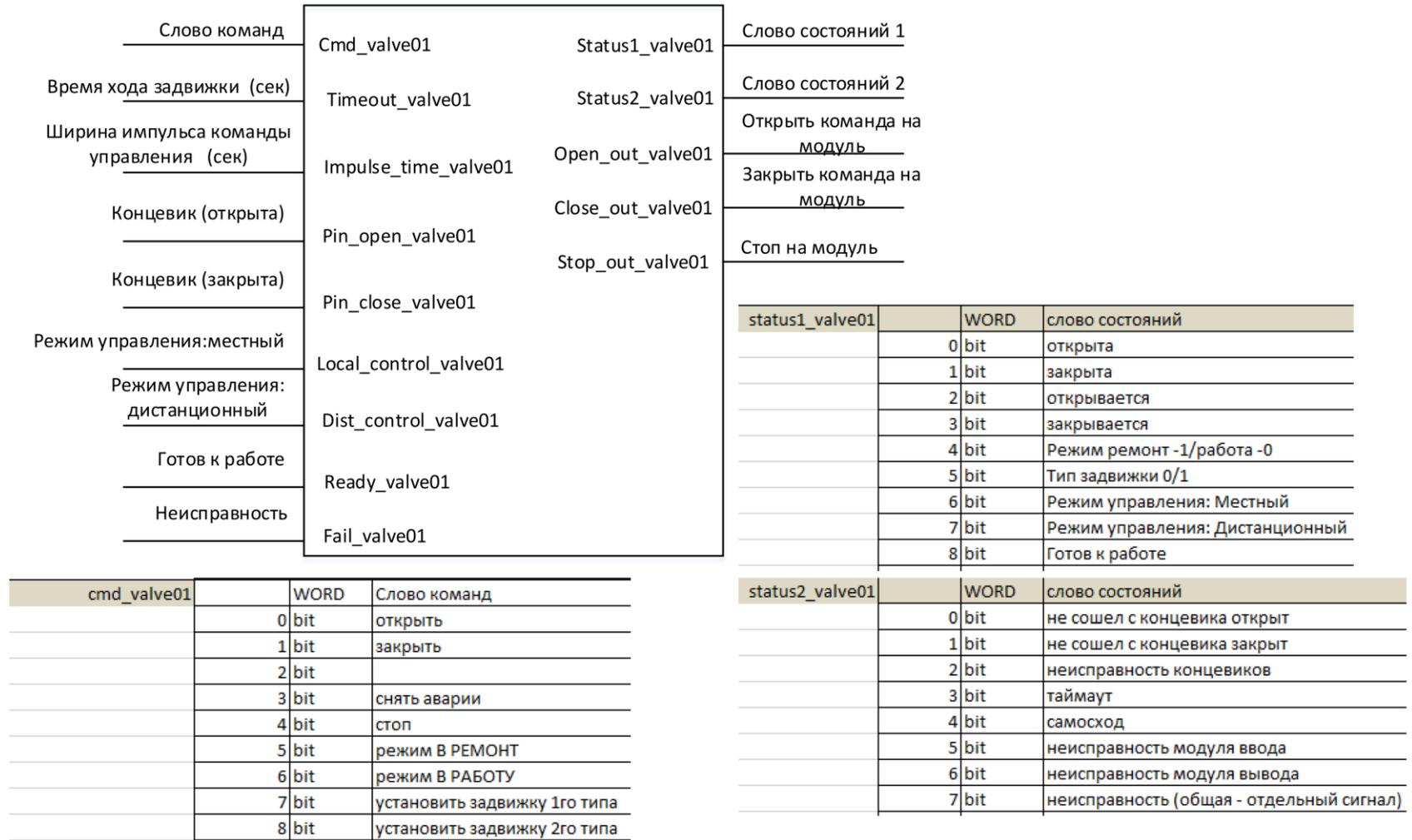


Рисунок 14 – ФБ задвижка

При настройке ФБ под конкретный ИМ параметры настройки нужно сохранять в энергонезависимую область памяти. Однако переменные в области RETAIN сохраняют свои значения только при отключении контроллера от питания. В ситуации, когда разработчику необходимо видоизменить код в контроллере, переменные не сохраняют свои значения. Во избежание потери данных при загрузке нового кода, такие переменные помещены в область VAR PERSISTENT, значения переменных в данной области могут быть затерты только в случае заводского сброса.

3.4 Заключение по третьей главе

В третьей главе представлены решения задач модернизации системы автоматизации. Приведено описание реализации, структурная схема и блок-схемы алгоритмов работы резервирования каналов подсистемы приема/передачи данных в системы транспортировки этилена. Показаны этапы создания подсистемы приема/передачи данных в системе хранения и обработки этилена. Приведено описание алгоритма управления исполнительным механизмом, отвечающим за транспортировку сырья по участкам трубопровода.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время оценка коммерческой разработки является важным условием для поиска источников финансирования. Нужно уметь оценить свои силы на рынке конкурентов, увидеть недостатки в их продукции и минимизировать их в своем проекте, оценить преимущества и индивидуальность своего проекта для поиска источников финансирования. Коммерциализация результатов проекта необходима разработчикам, так как способствует дальнейшему обеспечению развития проекта и его доведению до конечного продукта.

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы.

4.1 Планирование и организация проектных работ

4.1.1 Структура работ в рамках проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществлено в следующем порядке:

- определение структуры работ проекта;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектной работы.

Для выполнения технического задания была сформирована рабочая группа. По каждому виду запланированных работ установлена соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ проекта, а также, в таблице 7 произведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Составление и утверждение технического задания	НР, И	НР – 100% И – 100%
Календарное планирование работ	НР, И	НР – 100% И – 100%

Продолжение таблицы 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Ознакомление со структурой проекта, техническим регламентом	И	И – 100%
Обсуждение требований заказчика, проработка условий и ограничений	И	И – 100%
Выбор контроллера для системы телемеханики, проработка решения	И	И – 100%
Выбор контроллера для системы автоматизации, проработка структуры системы	И	И – 100%
Изучение среды, конфигурирование контроллера и загрузка пустого проекта	И	И – 100%
Создание и тестирование беспроводного канала связи между контроллером и сервером	И	И – 100%
Реализация системы передачи данных	И	И – 100%
Изучение среды программирования	И	И – 100%
Создание типового алгоритма управления задвижкой	И	И – 100%
Масштабирование алгоритма, внедрение дополнительных подпрограмм для универсальности алгоритма	И	И – 100%
Создание отчета по проектной работе	НР, И	НР – 100% И – 100%

4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проекта.

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{\min} – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;

t_{\max} – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле: Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} * K_{Д}, \quad (2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дни;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле 4;

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4)$$

где $T_{КАЛ}$ – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году.

В 2020 году количество календарных дней составляет 366 дней, а сумма выходных и праздничных дней равна 119 дням. Из этого следует, что коэффициент календарности для 2020 года равен $k_{кал} = 1,482$.

Для построения календарного плана-графика необходимо рассчитать временные показатели проведения научного исследования. Все расчеты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}	Трд		Ткд	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление и утверждение технического задания	НР, И	2	5	3	3	3	4	4
Календарное планирование работ	НР, И	1	2	1	1	1	1	1
Ознакомление со структурой проекта, техническим регламентом	И	2	3	2	2	-	3	-
Обсуждение требований заказчика, проработка условий и ограничений	И	5	7	5	5	-	6	-
Выбор контроллера для системы телемеханики, проработка решения	И	7	16	11	11	-	18	-
Выбор контроллера для системы автоматизации, проработка структуры системы	И	7	16	11	11	-	13	-
Изучение среды, конфигурирование контроллера и загрузка пустого проекта	И	10	26	10	10	-	12	-
Создание и тестирование беспроводного канала связи между контроллером и сервером	И	1	3	2	2	-	3	-
Реализация системы передачи данных	И	5	15	10	10	-	15	-
Изучение среды программирования	И	10	27	10	10	-	15	-
Создание типового алгоритма управления задвижкой	И	7	15	10	10	-	13	-
Масштабирование алгоритма, внедрение дополнительных подпрограмм для универсальности алгоритма	И	8	20	12	12	-	18	-
Создание отчета по проектной работе	НР, И	4	6	5	5	5	7	7
Итого				92	92	9	128	12

4.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для наглядного представления распределения работ участников проекта и затраченного времени была построена диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Построенная диаграмма Ганта представлена в приложении В.

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

4.2.1 Расчет затрат на материалы

Данная статья включает стоимость всех материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам и приведена в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты на оборудование и материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Бумага для принтера А4	170	1 шт.	170
Контроллер REGUL R500 (процессорный модуль)	315340	1	315340
Контроллер Decont – А9	54035	1	54035
Маршрутизатор IRZ RL41	26500	2	26500
Патч-корд Dехр	150	6	900
Итого:			396945

Таким образом, расходы на материалы составляют 396945 руб.

4.2.2 Расчет заработной платы

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице . При расчете учитывалось, что в 2020 году 247 рабочих дней. Основная заработная плата (ЗП) сотрудника от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p, \quad (5)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная ЗП одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником (раб. дн.);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная ЗП (руб.)

Среднедневная ЗП рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M * M}{F_d}, \quad (6)$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (247 рабочих дней в 2020 году).

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{\text{ок}} * k_p, \quad (7)$$

где $Z_{\text{ок}}$ – оклад (руб.); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 10 – расчёт основной ЗП

Исполнитель	$Z_{\text{ок}}$, руб.	k_p	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
НР	33664	1,3	1526,46	12	18317,58
И	15470	1,3	701,47	128	89788,63
Итого:					108106,21

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е:

$$C_{\text{соц}} = Z_{\text{осн}} * 0,3, \quad (8)$$

$$C_{\text{соц}} = 108106,21 * 0,3 = 32431,86 \text{ руб.}$$

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} * t_{\text{об}} * \text{ЦЭ}, \quad (9)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

ЦЭ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ ЦЭ = 6,59 руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = \text{ТРД} * K_t, \quad (10)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} * K_C, \quad (11)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об}$, руб.
Персональный компьютер	736*0,6	0,3	873,04
Струйный принтер	5	0,1	3,295
Итого:			876,34

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

Для расчета амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта используется формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{ОБ} * t_{ра} * n}{F_D}, \quad (12)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

$t_{ра}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Стоимость ПК 45000 руб., время использования 442 часа, $F_d = 1024$ час.; $N_A = 0,5$; тогда для него $C_{AM} = (0,4*45000*442*1)/2408 = 3300$ руб. Стоимость принтера 12000 руб., его $F_d = 500$ час.; $N_A = 0,5$; время использования, $trф = 5$ час., тогда его $C_{AM} = (0,5*12000*5*1)/500 = 60$ руб. Итого начислено амортизации 3360 руб.

4.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов.

$$C_{\text{проч}} = C_{\text{мат}} * C_{\text{зп}} * C_{\text{соц}} * C_{\text{эл.об}} * C_{\text{ам}}, \quad (13)$$

Тогда величина прочих расходов: $C_{\text{проч}} = (396945 + 108106,21 + 32431,86 + 876,34 + 3360) * 0,1 = 54171,94$ руб.

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Расчеты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	396945
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	108106,21
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	32431,86
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об}}$	876,34
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3360
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	54171,94
Итого:		595891,35

Таким образом, затраты на разработку составили 595891,35 руб.

4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Для упрощения расчетов, примем прибыль в размере 20% от полной себестоимости проекта, тогда прибыль будет $595891,35 * 0,2 = 119178$ руб.

4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(595891,35 + 119178) * 0,2 = 143013,9$ руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае $Ц_{НИР(КР)} = 595891,35 + 119178 + 143013,9 = 858083,3$ руб.

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

Результатом внедрения проекта на объект и запуска его в промышленную эксплуатацию будет являться частичная замена интеллектуального труда человека машинным, более полное использование имеющихся резервов производственной системы предприятия, обеспечение максимального уровня оперативности и гибкости, снижение затрат, повышение эффективности и качества принимаемых технологических решений, сокращение сроков их реализации, существенное ограничение численности инженерно-технического персонала.

Обновление системы предполагает улучшение контроля за технологическим процессом, сокращение ресурсов и энергии на выполнение основных функций системы, а также увеличению ее надежности и безопасности. Следовательно, сама модернизация системы напрямую отразится на улучшении экологии окружающей среды и планеты в целом. Оценка величины предполагаемого

экономического эффекта в рамках данной ВКР невозможна, т.к. предполагает проведение специального трудоемкого исследования.

5 Социальная ответственность

Современное общество характеризуется высоким уровнем использования технических средств, предназначенных для удовлетворения жизненных потребностей человека. Современные технические средства становятся все более энергонасыщенными и автоматизированными. Однако по-прежнему ключевым элементом на производстве остается человек, призванный обслуживать, управлять, контролировать технические системы и технологические процессы.

Целью выпускной квалификационной работы является решение ряда задач в рамках проекта по модернизации системы автоматизации этиленпровода и этиленхранилища а именно:

- реализовать систему передачи данных в системе телемеханики МЭП;
- разработать схему передачи данных в системе автоматики этиленхранилища;
- разработать алгоритмы управления исполнительными механизмами (ИМ).

Для разработки и реализации решений произведён анализ условий, ограничений и требований заказчика, в рамках которых могут быть реализованы решения. Далее произведён обзор и выбор исполнительного оборудования. На основе выбранного оборудования разработаны подсистемы передачи данных, а также алгоритмы управления исполнительными механизмами. Данные схемы и структуры могут быть применены не только для текущей системы, но и для других промышленных систем телемеханики и автоматики, имеющие сходные требования и ограничения.

Работы выполняются с использованием персонального компьютера, маршрутизаторов и промышленных контроллеров REGUL R500 и Decont – A9. Помещением для работ является комната площадью 48 м². Помещение оборудовано пятью окнами, системой кондиционирования и 12 светильниками Avroга 32 4000К IP54 Prisma.

Исходя из условий труда и специфики оборудования, для правильной и безопасной работы должен быть составлен режим работ за персональным компьютером, включающий в себя перерывы и проветривания. А также должны быть приняты меры по обеспечению электробезопасности.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При выполнении выпускной работы основной деятельностью являлась работа за персональным компьютером, а также работа с контроллерами.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия на человека вредных факторов, сопровождающих работу с видео дисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами, разработан ряд санитарно-гигиенические требований.

По нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 [28] на протяжении рабочего дня должны быть регламентированы перерывы для качественной работы. Время перерывов в течение рабочей смены устанавливается с учетом её длительности, вида и категории трудовой деятельности.

Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 [29] и СанПиН 2.2.4.584–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [30].

Согласно с СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Стандарт 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [31] распространяется на технологическое оборудование, машины и другие источники шума, которые создают в воздушной среде все виды шумов.

Органы, регулирующие соблюдение федерального законодательства и нормативных правовых актов: Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по 83 экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России) Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России)).

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ опасных и вредных факторов

Работа пользователей (программистов, операторов, технических работников) при решении производственных задач сопровождается активизацией внимания и других психологических функций; подвергается воздействию вредных и опасных факторов производственной среды, таких как:

- неправильно оборудованное рабочее место;
- электромагнитные излучения на рабочем месте;
- опасность поражения электрическим током;
- опасность возникновения пожара;
- недостаточное освещение рабочей зоны;
- отклонение показателей микроклимата.

Для предотвращения возникновения опасных факторов и сведения к минимуму вредных предусмотрен ряд процедур, регламентируемых документами, перечисленными в п. 5.1. Далее следует более детальный обзор необходимых мер.

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

5.2.2.1 Организация рабочего места

Организация рабочего места для пользователя предполагает соблюдение определенных эргономических и технических требований, обеспечивающих

максимальную комфортность условий работы за компьютером, способствующих сохранению работоспособности и хорошего самочувствия в течение дня.

Конструкция рабочего стола обеспечивает оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей характера работы.

Идеальное рабочее место пользователя ПК требует соответствия ряду условий:

- правильные поза сидения и угол наклона туловища;
- возможность переводить взгляд на дальний предмет;
- правильное положение рук на клавиатуре;
- оптимальное расстояние от глаз до экрана монитора и оптимальный наклон линии взора;
- достаточная освещенность рабочих документов и отсутствие бликов на поверхности экрана.

Регулируемый стол для компьютера позволяет изменять высоту положения клавиатуры и иметь следующие характеристики:

- высота рабочей поверхности стола в зависимости от роста пользователя в пределах 68-80см;
- пространство для ног должно иметь:
 - высоту не менее 60 см;
 - ширину не менее 50 см;
 - глубину на уровне колен не менее 45 см;
 - глубину на уровне вытянутых ног не менее 65 см. необходимо предусмотреть наличие выдвижных горизонтальных панелей для клавиатуры и манипулятора «мышь» на уровне 5-10 см ниже поверхности стола.

Стул (кресло) является устойчивой конструкцией. Его размеры, форма, наклон сиденья и спинки позволяют сидеть, выпрямившись, поддерживая тяжесть верхней части туловища не напряжением мышц спины, а путем опоры на спинку. Лучшей является квадратная форма сиденья со сторонами равными 400мм, и с выемкой, соответствующей форме бедра.

Тип рабочего стула (кресла) выбирается в зависимости от характера и продолжительности работы с ПЭВМ с учетом роста пользователя.

Сиденье имеет некоторый наклон назад (на 5-6 градусов), обеспечивающий устойчивость позы, высота сиденья кресла от пола 400-450мм. Спинка кресла имеет вогнутую форму.

Рекомендуемая ширина спинки 300мм. Угол наклона спинки выбирается в зависимости от назначения кресла. При длительной работе диспетчера (более 6 часов), имеется возможность менять угол наклона спинки стула, но не более чем на 45 градусов.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) - полумягкая, с нескользким, неэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Устройства документирования, ввода-вывода информации располагаются справа от диспетчера в зоне максимальной досягаемости. Шумящие устройства выносятся за пределы рабочей зоны.

Для исключения засветки экрана монитора прямыми световыми потоками светильники общего освещения располагают сбоку от рабочего места, параллельно линии зрения секретаря и стене с окнами.

Также размещение светильников позволяет производить их последовательное включение в зависимости от величины естественной освещенности и исключает раздражение глаз чередующимися полосами света и тени, возникающее при поперечном расположении светильников.

Рабочее место снабжается подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Подставка имеет рифленую поверхность и по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Экран видеомонитора располагается от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

По высоте экран устанавливается на столе или подставке так, так, чтобы угол между нормалью к центру экрана и горизонтальной линией взора составлял 20 градусов.

Зрительный комфорт в основном определяется следующими факторами:

- размерами знаков;
- расстоянием между знаками по горизонтали: 0,25 высоты знака;
- расстоянием между строками: 0,5-1,0 высоты знака;
- количеством знаков в строке: 4-80;
- максимально допустимым количеством строк для цветного изображения: не более 25.

Угол наблюдения экрана, а также других средств отображения в горизонтальной плоскости (угол разворота монитора относительно оператора) в общем случае не превышает 60 градусов.

Клавиатура размещается на столе или подставке так, чтобы высота по отношению к полу составляла 650-720мм. При размещении клавиатуры на стандартном столе высотой 750мм используется кресло с регулируемой высотой сиденья и подставку под ноги. Она размещается прямо перед оператором или левее, если предполагается работа с документами и ведение записей.

Документ ввода данных располагаются на расстоянии 450-500мм от глаз, преимущественно слева, при этом угол между экраном монитора и документом в горизонтальной плоскости не превышает 30-40 градусов.

Манипулятор типа «мышь» устанавливают в оптимальной зоне, т.е. в части пространства рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом. Эта зона составляет не более 300-400мм от точки опоры локтя оператора.

5.2.2.2 Электромагнитные излучения на рабочем месте

Основным источником электромагнитных излучений на рабочем месте является монитор компьютера, а точнее его высокочастотный трансформатор

строчной развертки. Он расположен в задней части дисплейного элемента и поэтому распространение излучения направлено назад от монитора. Электропроводка, люминесцентные лампы и другие электроприборы являются источниками электромагнитных излучений. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. по электрической составляющей в диапазоне частот 5Гц-2кГц поддерживается на уровне не более 25 В/м, в диапазоне частот 2-400 кГц – 2,5 В/м. Плотность магнитного потока в диапазоне частот 5Гц-2кГц составляет 250 нТл, в диапазоне частот 2-400 кГц – 25 нТл. Поверхностный электростатический потенциал имеет уровень не более 500 В.

Для достижения безопасных условий труда используются мониторы с небольшим уровнем излучения, жидкокристаллические или плазменные дисплеи в соответствии с сертификацией и госстандартом. Санитарно-гигиенический надзор и контроль за электромагнитными (ЭМИ) и другими видами излучения осуществляется как на стадии выпуска ПК, так и в процессе их эксплуатации. При установке на рабочем месте ПК подключается к электропитанию с соблюдением всех норм и надежно заземлен. Для обеспечения предельно-допустимых уровней электромагнитных излучений осуществляется рациональное размещение рабочих мест, оснащенных ПЭВМ (ПК). Их месторасположение от стены помещения составляет не менее 1 метра, что контролируется аттестацией рабочего места.

В качестве защиты от превышения предельно-допустимых уровней напряженности статических электрических полей, создаваемых видеотерминалами на рабочих местах пользователей ЭВМ, применяется защитное заземление оборудования. Для устранения воздействия на сотрудников электростатического разряда используются нейтрализаторы и увлажнители. Для внутренней отделки интерьера помещения используются антистатические средства и материалы, а работникам не рекомендуется ношение одежды из синтетической ткани.

5.2.2.3 Опасность поражения электрическим током

Корпуса оборудования изготовлены из изоляционных материалов и оснащены системами блокировки вскрытия при работающих устройствах. Запрещается производить ремонт и наладку оборудования при включенном электропитании.

Персональные компьютеры являются источниками высокого напряжения (до 1000 В), смертельно опасного для человека. Помещения оборудуют контуром защитного заземления или зануления во избежание поражения оператора электрическим током. Все подлежащие заземлению объекты присоединяются к контуру-шине отдельным заземляющим проводником. Еще одним средством защиты является недоступность токоведущих частей. Все токоведущие части ВДТ и ПК закрыты корпусом. Снимать корпус при включенном оборудовании строго запрещается.

5.2.2.4 Опасность возникновения пожара

Помещения с ЭВМ по взрыво-пожароопасности относятся к категории В – пожароопасные с наличием твердых горючих материалов, поэтому их возведение осуществляется по 1 или 2 степени огнестойкости. Источником возникновения пожара могут быть проводники и детали, находящиеся под напряжением. Высокая концентрация токопроводящих элементов создает опасность их нагрева с нарушением изоляции, часто изготовленной из горючих материалов, и воспламенения в результате короткого замыкания. Под действием электрических искр изоляция проводов может загореться. При ремонтных работах применяют электроаппаратуру, паяльники и сварочные агрегаты. Появляются дополнительные источники зажигания, что создает повышенную опасность возникновения пожара. Поэтому при таких работах строго соблюдаются правила пожарной безопасности.

Для предотвращения возникновения пожара используют негорючие изоляционные материалы и различные средства оповещения огня. Курение в помещениях строго запрещено. В компьютерных классах имеются

углекислотные огнетушители ОУ-5. Углекислый газ обладает диэлектрическими свойствами и обеспечивает сохранность электрооборудования при пожаротушении.

Оператор оборудования обладает навыками применения средств борьбы с огнем. В случае возникновения пожара обесточивают помещение, оповестить пожарную охрану и руководство, принять меры по тушению огня. Не дожидаясь прибытия пожарного подразделения, приступают к ликвидации пожара имеющимися в наличии средствами тушения пожара. Если очаг пожара находится под напряжением, применяются углекислотные огнетушители. В любом случае оборудование отключают от электропитания.

Учитывая высокую стоимость современных видеотерминальных устройств и компьютеров, горючесть материалов, помещения, в которых должны располагаться ПЭВМ проектируют I или II степени огнестойкости.

5.2.2.5 Недостаточное освещение рабочей зоны

Рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза. Работа за компьютером относится к IV разряду зрительной работы средней точности СП 52.13330.2016 [32]. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 – 1 мм. По нормам СП 52.13330.2016 рекомендуемая освещенность помещения для данного разряда 400 лк (таблица 13).

Таблица 13 – Нормы освещенности по СП 52.13330.2016

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных персональным компьютером, показаны в таблице 14 в соответствии с нормами СП 52.13330.2016.

Таблица 14 – Требования к освещению на рабочих местах по СП 52.13330.2016

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	Не выше 300 лк
Блики на экране	Не выше 40кд/м ²
Прямая блесккость источника света	200кд/м ²
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости:	
- между рабочими поверхностями	3:1 – 5:1
- между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5%

Для помещения, в котором производились работы, определим необходимое количество светильников. В помещении используются светильники Avroga 32 4000K IP54 Prisma. Расчет необходимого количества светильников произведен согласно формуле 14 [33].

$$N = \frac{100 \cdot E \cdot S \cdot K_3}{U \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}}, \quad (14)$$

где N – минимально необходимое количество светильников;

E – освещенность помещения. Согласно таблице 14 примем освещенность на рабочем столе равной 500 лк;

S – площадь помещения;

K₃ – коэффициент запаса (для помещений с малым выделением пыли – 1.5) [34];

U – коэффициент использования установки;

n – количество ламп в светильнике;

Φ_л – световой поток одной лампы. В характеристиках Avroga 32 4000K IP54 Prisma указан световой поток для одного светильника – 3984 лм, значит $n \cdot \Phi_{\text{л}}$ примем равным 3984 лм [35].

Определим коэффициент использования установки, для этого рассчитаем индекс помещения согласно формуле 15.

$$i = \frac{S}{(h - h_1)(a + b)}, \quad (15)$$

где S – площадь помещения (48 м^2);

h – высота помещения (3 м);

h_1 – высота уровня стола (0.8 м);

a – длина помещения (12 м);

b – ширина помещения (4 м).

$$i = \frac{16}{(3 - 0,8)(4 + 12)} = 1,36$$

В таблице коэффициентов отражения примем коэффициенты для пола – 30 (ламинат светлый), для стен – 80 (гипсокартон белый), для потолка – 70 (плитка подвесного потолка белая).

Исходя из значений коэффициентов отражения и индекса помещения в таблице коэффициентов использования установки найдем подходящее значение U , оно будет равно 80.

Тогда, согласно формуле 14, необходимое количество светильников будет равно:

$$N = \frac{100 \cdot 500 \cdot 48 \cdot 1,5}{80 \cdot 3984} = 11,2$$

Из расчетов видно, что для достаточного уровня освещения в помещении требуется 12 светильников. Значит использование 12 светильников Avroга 32 4000К IP54 Prisma в помещении площадью 48 м^2 соответствует нормам.

5.2.2.6 Отклонение показателей микроклимата

Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 и СанПиН 2.2.4.584–96 и приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата

Период года	Температура, С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха
Холодный и переходный	23 – 25	40 – 60	0,1
Теплый	23, 25	40	0,1

По степени физической тяжести работа инженера-программиста относится к категории лёгких работ. Параметры микроклимата в помещении, где находится рабочее место, регулируются системой центрального отопления и приточно-вытяжной вентиляцией, и имеют следующие значения: влажность 40%, скорость движения воздуха 0,1 м/с, температура летом 20 – 25° С, зимой 15 – 18°С. К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещении ВЦ должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция. В аудитории отсутствует принудительная вентиляция. Имеется лишь естественная, т.е. воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Естественная вентиляция допускается при условии, что на одного работающего приходится более 40 м³ объема воздуха в помещении. Поскольку в помещении не выполняется требование к объёму воздуха на одного работающего, то наличие принудительной вентиляции просто необходимо.

В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. В рассматриваемой аудитории используется водяное отопление со встроенными нагревательными элементами и стояками.

5.2.3 Мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных факторов

5.3 Экологическая безопасность

Экологический контроль является важным звеном организационно-правового механизма охраны окружающей среды. Экологический контроль – система мероприятий, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды. Общественный экологический контроль проводится профсоюзными и общественными организациями и объединениями.

Решения, описанные в магистерской работе, являются частью большого проекта по модернизации системы по транспортировке и хранению этилена. Обновление системы предполагает улучшение контроля за технологическим процессом, сокращение ресурсов и энергии на выполнение основных функций системы, а также увеличению ее надежности и безопасности. Следовательно, сама модернизация системы напрямую отразится на улучшении экологии окружающей среды и планеты в целом.

В ходе самой разработки и реализации решений задач загрязнение атмосферы и гидросферы не происходило ввиду отсутствия вредных для экологии факторов в данном виде работ.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При разработке программного обеспечения наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией может являться возникновение пожара. Разработка происходит в помещении с большим количеством ПК и контроллеров, поэтому согласно НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» [36] помещение можно отнести к классу В (пожароопасные).

- Основные причины возникновения возгораний:
 - игнорирование основных правил пожарной безопасности;
 - неисправность электрической проводки;

- возгорание электроприборов – неисправных, самодельных или оставленных без присмотра;
- нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- перегрузка электрических сетей.

Для предупреждения возгораний в помещении необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов.

В помещении необходимо проводить следующие пожарнопрофилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.

В помещении должен быть установлен углекислотный огнетушитель типа ОУ-5 для тушения пожаров. При возникновении пожара здание необходимо покидать в соответствии с планом эвакуации, которые размещены на каждом этаже.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе решен ряд задач, входящих в рамки проекта по модернизации системы транспортировки и хранения этилена:

- реализована система передачи данных в системе телемеханики МЭП;
- разработана схема передачи данных в системе автоматики этилен-хранилища;
- разработан алгоритм управления исполнительным механизмом (ИМ).

Разработка и реализация решений происходила в несколько этапов:

- подбор оборудования с учетом специфики системы и расположения промышленного объекта;
- разработка решений на основе выбранного оборудования с учетом особенностей архитектуры оборудования и требований заказчика;
- реализация решений.

Решение задачи передачи данных в системе телемеханики базируется на контроллерах компании «ДЕП» - Деконт А9. Особенность решения в наличии закрытого мобильного VPN-тоннеля, а также резервирования всех компонентов системы, включая сотовых операторов. Такое построение системы позволяет попадать данным с полевого уровня на верхний по восьми различным маршрутам. При разработке основные трудности возникли в алгоритмах построения маршрутов передачи данных, а именно, идеи выбора маршрутов нужно было адаптировать под архитектуру контроллеров. Дополнительную сложность создавала задача экономии трафика мобильной сети, которая не позволяла вести трансляцию данных по всем каналам сразу.

Для системы хранения и обработки этилена выбран контроллер компании «Prosoft-Systems» Regul R500. Разработка структуры системы происходила с учетом требований заказчика, основным из которых являлась надежность. Поэтому все элементы системы являются резервируемыми. Особенность архитектуры спроектированной системы в возможности полной автономной работы среднего

уровня, вне зависимости от связи с верхним уровнем. Так контроллер РСУ может продолжать вычисления и регулирование, а контроллер ПАЗ выполнит безопасный отказ в случае выхода технологических параметров за рамки.

В ходе решения третьей задачи было принято создать универсальный алгоритм, включающий в себя все ИМ, отвечающие за транспортировку сырья по участкам трубопровода. Для этого были проанализированы особенности ИМ, участвующих в проекте и выявлены отличия. При разработке алгоритма основную трудность составило создание архитектуры, при которой разные части кода, используемые в одних ИМ и не используемые в других, не мешают корректной работе функционального блока. За счет универсальности алгоритма друг друга планируется достичь удобства в ходе эксплуатации и обслуживания объекта.

Список литературы

1. Туромша, Е. П. Производственные технологии: учебно-методический комплекс / Е. П. Туромша ; ГИУСТ БГУ. – Минск: ГИУСТ БГУ, 2014. – 342 с. : ил. – Библиогр.: с. 338–340.
2. Компьютер в системах автоматизации [Электронный ресурс]/ Энциклопедия АСУ ТП: https://bookasutp.ru/Chapter6_2.aspx, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.
3. Автоматизация управления в производственных системах [Электронный ресурс]: <http://window.edu.ru/resource/167/77167/files/Автоматизация%20управления.pdf>, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.
4. Перспективы Индустрии 4.0 и цифровизации промышленности в России и мире [Электронный ресурс]/JSON.TV: https://json.tv/ict_telecom_analytics_view/perspektivy-industrii-40-i-tsifrovizatsii-promyshlennosti-v-rossii-i-mire-20180312123158, свободный. Яз. Рус. дата обращения: 18.05.2020.
5. Картамышева, Е. С. Промышленная автоматизация в России: проблемы и их решения [Электронный ресурс]/ Молодой ученый: <https://moluch.ru/archive/132/36743/>, свободный. Яз. Рус. дата обращения: 18.05.2020.
6. Структура распределённой АСУ ТП [Электронный ресурс]/THE-LIB.RU: <http://www.teh-lib.ru/atpip/struktura-raspredelejnonnoj-asu-tp/Vsestranitsy.html>, свободный. Яз. Рус. дата обращения: 18.05.2020.
7. Системы и средства автоматизации технологических процессов АСУ ТП [Электронный ресурс]/Консом Групп: <https://www.konsom.ru/solutions/dispatcherskij-kontrol-i-upravlenie/sistemy-avtomatizatsii-tehnologicheskikh-protseссов-asu-tp/>, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.
8. Телемеханическая система [Электронный ресурс]: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/109/591.htm>, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

9. Системы автоматизации и телемеханики [Электронный ресурс]/ Учебно-образовательный портал «Все лекции»: <http://vse-lectii.ru/zheleznodorozhnyj-transport/ats/sistemy-avtomatiki-i-telemehaniki>, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

10. Основные понятия и определения средств систем автоматизации [Электронный ресурс]/ Ремонт Строительство Интерьер : <http://industrial-wood.ru/avtomatizaciya/5451-osnovnye-ponyatiya-i-opredeleniya-sredstv-sistem-avtomatiki.html>, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

11. Оценка надежности систем телемеханики [Электронный ресурс]/ Современные наукоемкие технологии: <https://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36134>, свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

12. Официальный сайт компании Siemens [Электронный ресурс]: <https://www.siemens.com/ru/ru/home.html>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

13. Официальный сайт компании «Прософт-Системы» [Электронный ресурс]: <http://www.prosoftsystems.ru>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

14. Официальный сайт компании В&R [Электронный ресурс]: <https://www.br-automation.com/ru/>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

15. Официальный сайт компании HollySys [Электронный ресурс]: <http://hollsys.com.sg/ru/home-russian/>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

16. Официальный сайт компании ООО «Доломант» [Электронный ресурс]: <http://www.dolomant.ru/>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

17. Официальный сайт компании ЗАО «ТеконГрупп» [Электронный ресурс]:

http://www.tecon.ru/o_gruppe/sostav_gruppy/tecongroup/?PHPSESSID=d8omqeosmlv69gsfruhvs5s886, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

18. Официальный сайт компании ООО «ДЭП» [Электронный ресурс]: <http://dep.ru/>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

19. Официальный сайт компании АО «Нефтеавтоматика» [Электронный ресурс]: <https://www.nefteavtomatika.ru/>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

20. Официальный сайт компании ООО «ДЭП» [Электронный ресурс]/ Описание программы Win Decont: <http://dep.ru/support/dokumentatsiya/programmnoe-obespechenie/>, с

21. Мобильная связь [Электронный ресурс]/ Энциклопедия Кругосвет: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/MO_BILNAYA_SVYAZ.html, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

22. Е. Осколков. Что такое VPN и зачем это нужно? [Электронный ресурс]/ Лаборатория Касперского: <https://www.kaspersky.ru/blog/vpn-explained/10635/>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

23. Официальный сайт компании «Прософт-Системы» [Электронный ресурс]/Системное руководство REGUL R500: <https://prosoftsystems.ru/catalog/show/programmiruemyj-logicheskij-kontroller-regul-r500?tab=docs>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

24. Сайт ООО Промэнерго Автоматика, авторизованного дистрибьютора Siemens в России [Электронный ресурс]: <https://www.siemens-pro.ru/>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

25. Надежность систем управления: учебное пособие / В. Н. Шкляр; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 126 с.

26. Официальный сайт компании «Прософт-Системы» [Электронный ресурс]/Программное обеспечение Epsilon LD:

<https://prosoftsystems.ru/catalog/show/programmnoe-obespechenie-epsilon-id?tab=docs>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

27. Таймеры и триггеры CODESYS [Электронный ресурс]/Хабр: <https://habr.com/ru/post/402315/>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

28. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

29. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

30. СанПиН 2.2.4.584–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

31. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

32. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

33. Проектирование освещения [Электронный ресурс] TechnoLux: <https://technoluxtm.ru/support/proektirovanie-osveshheniya>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

34. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 101 с

35. Характеристики светильника Avroга 32 4000K IP54 Prisma [Электронный ресурс] Интера Лайтинг: <https://interalighting.ru/catalog/avroga-32-3000k-ip54-prisma?limit=1000>, доступ свободный. Яз. Рус. Дата обращения: 18.05.2020.

36. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, утв. Приказом ГУ ГПС МВД РФ от 31.10.95 № 32.

37. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, утв. Приказом ГУ ГПС МВД РФ от 31.10.95 № 32.

Приложение А

(обязательное)

Блок объявления переменных программы управления ИМ

```
FUNCTION_BLOCK VL
VAR PERSISTENT
    impulse_time: INT; // время импульса управления
    timeout_value: INT; // величина таймаута в секундах
END_VAR

VAR PERSISTENT
    mode: BOOL; // режим работы: в работе/ в ремонте
    type_valve: BOOL; // тип задвижки (разные диаграммы работы концевиков)
END_VAR

VAR_INPUT
    cmd: WORD; // слово команд
    pin_opened: BOOL; // открыта с модуля
    pin_closed: BOOL; // закрыта с модуля
    local_control: BOOL; // режим управления местный
    dist_control: BOOL; // режим управления дистанционный
    ready: BOOL; // готов к работе
    fail: BOOL; // неисправность
    paz_open: BOOL; // паз. принудительное открытие
    paz_close: BOOL; // паз. принудительное закрытие
    fail_module_in: BOOL; // неисправность модулей ввода
    fail_module_out: BOOL; // неисправность модулей вывода
END_VAR

VAR_OUTPUT
    status1: WORD; // первое слово состояния задвижки
    status2: WORD; // второе слово состояния задвижки
    open_out: BOOL; // открыть на модуль
    close_out: BOOL; // закрыть на модуль
    stop_out: BOOL; // стоп на модуль
END_VAR

VAR

    pin_opened_gone_off:BOOL;
    timeout_alm:BOOL;
    self_move:BOOL;
    pin_closed_gone_off: BOOL;
    pin_fail: BOOL;
    closing: BOOL;
    opening: BOOL;

    R_TRIG1: R_TRIG;
    R_TRIG2: R_TRIG;
    R_TRIG5: R_TRIG; // команда паз. принудительное открытие
    R_TRIG6: R_TRIG; // команда паз. принудительное закрытие
    F_TRIG11: F_TRIG;
```

```
F_TRIG12: F_TRIG;  
F_TRIG13: F_TRIG;  
F_TRIG2: F_TRIG;  
F_TRIG3: F_TRIG;  
F_TRIG4: F_TRIG;  
F_TRIG5: F_TRIG;
```

```
TP11: TP; // таймер импульса стоп  
TP12: TP; // таймер импульса закрытия  
TP13: TP; // таймер импульса открытия  
TP2: TP; // таймер таймаута закрытия  
TP3: TP; // таймер таймаута открытия
```

```
time_value_TP11: TIME;  
time_value_TP12: TIME;  
time_value_TP13: TIME;  
time_value_TP2: TIME;  
time_value_TP3: TIME;  
time_start_TP11: BOOL;  
time_start_TP12: BOOL;  
time_start_TP13: BOOL;  
time_start_TP2: BOOL;  
time_start_TP3: BOOL;
```

```
END_VAR
```

Приложение Б

(обязательное)

Блок основной программы управления ИМ

```
// назначаем слово статуса
status1.0:=pin_opened;
status1.1:=pin_closed;
status1.2:=opening;
status1.3:=closing;
status1.4:=mode;
status1.5:=type_valve;
status1.6:=local_control;
status1.7:=dist_control;
status1.8:=ready;
status1.9:=fail;

status2.0:=pin_opened_gone_off;
status2.1:=pin_closed_gone_off;
status2.2:=pin_fail;
status2.3:=timeout_alm;
status2.4:=self_move;
status2.5:=fail_module_in; //неисправность модуля ввода
status2.6:=fail_module_out; // неисправность модуля вывода
status2.7:=paz_open; // паз. принудительное открытие
status2.8:=paz_close; // паз. принудительное закрытие

// вызов блоков
r_trig1(CLK:=pin_opened); // для диагностики схода с концевика
r_trig2(CLK:=pin_closed); // для диагностики схода с концевика
f_trig4 (clk:=pin_opened); // для диагностики схода с концевика
f_trig5 (clk:=pin_closed);// для диагностики схода с концевика

tp11 (pt:=time_value_TP11, in:=time_start_TP11);
tp12 (pt:=time_value_TP12, in:=time_start_TP12);
tp13 (pt:=time_value_TP13, in:=time_start_TP13);
tp2 (pt:=time_value_TP2, in:=time_start_TP2);
tp3 (pt:=time_value_TP3, in:=time_start_TP3);

r_trig5 (clk:=paz_open);
r_trig6 (clk:=paz_close);
f_trig11 (CLK:=tp11.Q);// сработка тригера по окончанию импульса команды
стоп
f_trig12 (CLK:=tp12.Q);// сработка тригера по окончанию импульса команды
закреть
f_trig13 (CLK:=tp13.Q);// сработка тригера по окончанию импульса команды
открыть
f_trig2 (CLK:=tp2.Q);// сработка тригера по окончанию времени хода за-
движки
f_trig3 (CLK:=tp3.Q);// сработка тригера по окончанию времени хода за-
движки
```

```

// источник ПАЗ
IF r_trig5.Q
  THEN
    opening:=1; // открывается
    time_value_TP3:=1000*INT_TO_TIME(timeout_value);
    time_start_TP3:=1;

    time_value_TP2:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отработать
быструю смену команд
    time_start_TP2:=0;
  END_IF

  IF r_trig6.Q
    THEN
      closing:=1;

      time_value_TP2:=1000*INT_TO_TIME(timeout_value);
      time_start_TP2:=1;

      time_value_TP3:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отработать
быструю смену команд
      time_start_TP3:=0;
    END_IF

// режим работы
IF cmd.5 THEN
  mode:=1;
ELSIF cmd.6 THEN
  mode:=0;
END_IF

// устанавливаем тип задвижки
IF cmd.7 THEN
  type_valve:=0;
ELSIF cmd.8 THEN
  type_valve:=1;
END_IF

// снять аварии
IF cmd.3
  THEN
    timeout_alm:=0; self_move:=0; pin_fail:=0;
    pin_closed_gone_off:=0; pin_opened_gone_off:=0;
    time_value_TP2:=T#0S; time_value_TP3:=T#0S;
    time_start_TP2:=0; time_start_TP3:=0;

  END_IF

IF NOT mode THEN // в режиме ремонт весь функционал отключен

// обрабатываем аварии в зависимости от типа задвижки
IF NOT type_valve THEN
  // type1 (and)
  // самосход
  IF NOT local_control THEN
    IF r_trig1.Q AND NOT tp3.IN

```

```

        THEN self_move:=1;
        END_IF
        IF r_trig2.Q AND NOT tp2.IN
            THEN self_move:=1;
        END_IF
    END_IF

    // неисправность концевиков
    IF NOT pin_opened AND NOT pin_closed
        THEN
            pin_fail:=1;
        END_IF
ELSIF type_valve THEN
    // type2 (or)
    // самосход
    IF NOT local_control THEN
        IF f_trig4.Q AND NOT tp3.IN
            THEN self_move:=1;
        END_IF
        IF f_trig5.Q AND NOT tp2.IN
            THEN self_move:=1;
        END_IF
    END_IF

    // неисправность концевиков
    IF pin_opened AND pin_closed
        THEN
            pin_fail:=1;
        END_IF
    END_IF

    // стоп
    IF cmd.4 AND INT_TO_BOOL(impulse_time)<>0
        THEN
            time_value_TP12:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно обрабо-
            тать быструю смену команд
            time_start_TP12:=0;
            time_value_TP13:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно обрабо-
            тать быструю смену команд
            time_start_TP13:=0;
            time_value_TP11:=1000*INT_TO_TIME(impulse_time);
            time_start_TP11:=1;

            stop_out:=1;
            open_out:=0;
            close_out:=0;

            time_value_TP2:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отработать
            быструю смену команд
            time_start_TP2:=0;
            time_value_TP3:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отработать
            быструю смену команд
            time_start_TP3:=0;

            opening:=0;
            closing:=0;

```

```

        END_IF

        // открыть
        IF cmd.0 AND NOT timeout_alm AND NOT self_move AND INT_TO_BOOL(im-
pulse_time)<>0
            THEN
                time_value_TP12:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отрабо-
тать быструю смену команд
                time_start_TP12:=0;
                time_value_TP11:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отрабо-
тать быструю смену команд
                time_start_TP11:=0;
                time_value_TP13:=1000*INT_TO_TIME(impulse_time);
                time_start_TP13:=1;

                open_out:=1;
                opening:=1; // открывается
                closing:=0;
                close_out:=0;
                stop_out:=0;

                time_value_TP3:=1000*INT_TO_TIME(timeout_value);
                time_start_TP3:=1;

                time_value_TP2:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отработать
быструю смену команд
                time_start_TP2:=0;
            END_IF

            IF ((pin_opened AND NOT pin_closed AND opening) OR f_trig3.Q AND
TIME_TO_BOOL(tp3.PT)<>0 )
                THEN
                    opening:=0; // снимаем статус открывается
                END_IF
            // закрыть
            IF cmd.1 AND NOT timeout_alm AND NOT self_move AND INT_TO_BOOL(im-
pulse_time)<>0
                THEN

                    time_value_TP11:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отрабо-
тать быструю смену команд
                    time_start_TP11:=0;
                    time_value_TP13:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отрабо-
тать быструю смену команд
                    time_start_TP13:=0;
                    time_value_TP12:=1000*INT_TO_TIME(impulse_time);
                    time_start_TP12:=1;

                    close_out:=1;
                    closing:=1;
                    opening:=0;
                    open_out:=0;
                    stop_out:=0;

                    time_value_TP2:=1000*INT_TO_TIME(timeout_value);

```

```

        time_start_TP2:=1;

        time_value_TP3:=T#0S; // блок нужен, чтобы корректно отработать
быструю смену команд
        time_start_TP3:=0;
    END_IF

    IF (( NOT pin_opened AND pin_closed AND closing) OR  f_trig2.Q AND
TIME_TO_BOOL(tp2.PT)<>0 )
        THEN
            closing:=0; // снимаем статус закрывается
    END_IF

    // обнуляем таймер и каналы DO
    IF F_TRIG11.Q AND TIME_TO_BOOL(tp11.PT)<>0
        THEN time_start_TP11:=0;stop_out:=0;
    ELSIF F_TRIG12.Q AND TIME_TO_BOOL(tp12.PT)<>0
        THEN time_start_TP12:=0;close_out:=0;
    ELSIF F_TRIG13.Q AND TIME_TO_BOOL(tp13.PT)<>0
        THEN time_start_TP13:=0; open_out:=0;
    END_IF

    // сработка таймаута
    IF f_trig2.Q AND TIME_TO_BOOL(tp2.PT)<>0 // когда истек таймер на
закрытие
        THEN
            IF pin_closed AND NOT pin_opened
                THEN time_start_TP2:=0;
                ELSE time_start_TP2:=0; timeout_alm:=1;
            END_IF
            IF NOT pin_closed AND pin_opened
                THEN pin_opened_gone_off:=1; // не сошел с концевика
            END_IF
        END_IF
    IF f_trig3.Q AND TIME_TO_BOOL(tp3.PT)<>0 // когда истек таймер на
открытие
        THEN
            IF NOT pin_closed AND pin_opened
                THEN time_start_TP3:=0;
                ELSE time_start_TP3:=0; timeout_alm:=1;
            END_IF
            IF pin_closed AND NOT pin_opened
                THEN pin_closed_gone_off:=1; // не сошел с концевика от-
крыт
            END_IF
        END_IF
    END_IF
    END_IF
    //
    cmd:=0;

```

Приложение В

(обязательное)

Временные показатели научного исследования

№ работ	Название работы	Исполнители	Т _к , дни	Продолжительность выполнения работ															
				Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	2	4			■													
2	Календарное планирование работ	2	1			■													
3	Ознакомление со структурой проекта, техническим регламентом	1	3			■													
4	Обсуждение требований заказчика, проработка условий и ограничений	1	6			■													
5	Выбор контроллера для системы телемеханики, проработка решения	1	18				■	■	■										
6	Выбор контроллера для системы автоматки, проработка структуры системы	1	13					■	■	■									
7	Изучение среды, конфигурирование контроллера и загрузка пустого проекта	1	12							■	■	■							
8	Создание и тестирование беспроводного канала связи между контроллером и сервером	1	3								■								
9	Реализация системы передачи данных	1	15									■	■	■					
10	Изучение среды программирования	1	15										■	■	■				
11	Создание типового алгоритма управления задвижкой	1	13											■	■	■			
12	Масштабирование алгоритма, внедрение дополнительных подпрограмм для универсальности алгоритма	1	18													■	■	■	
13	Создание отчета по проектной работе	2	7																■

■ — Студент ■ — Руководитель

Приложение Г

(справочное)

Development of algorithmic and software for ethylene pipeline and ethylene storage control system

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM81	Житников Алексей Дмитриевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов Семен Викторович	К. Т. Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Сидоренко Татьяна Валерьевна	К. Т. Н.		

Ethylene storage and transportation system

System description

In this work, we present a system for transporting ethylene from a supplier to a storage facility where ethylene is processed and stored, as well as for its transfer to further production of vinyl chloride. The following technological processes are carried out in the system:

- transportation of ethylene through the main ethylene pipeline;
- drying of ethylene by adsorption followed by a decrease in pressure, heating and transferring it to the production of vinyl chloride;
- compression of ethylene to pressure and its supply to the underground storage;
- issue of ethylene from underground storage;
- brine circulation through chambers of underground tanks;
- ethylene supply from the dehumidification and throttling plant to the main ethylene pipeline.

The composition of ethylene storage includes:

- trunk ethylene pipeline;
- installation of drying and throttling of ethylene pressure;
- compressor installation for the injection of ethylene into the underground storage;
- brine storage;
- brine degassing unit with brine pumping unit;
- flare installation;
- underground tanks;
- pumping station for reverse water supply;
- closed-type fan cooling tower and reverse water supply receiving tank;
- flare facility;
- pumping station for industrial and household equipment;
- receiving tank for industrial effluents;
- receiving tank for household and domestic wastewater;
- boiler room.

The key objects in the system are the main pipeline and ethylene storage, which also includes facilities for the processing and preparation of ethylene for its further processing and production of vinyl chloride, which in turn is processed into PVC resin.

On the main ethylene pipeline (MEP), secant electric cranes are installed, with which the ethylene pipeline is divided into 19 sections. Before and after each tap, pressure sensors and temperature sensors are installed. The telemechanic system is responsible for collecting data from the MEP. All measurements from sensors are collected in controlled points (CP) installed on each site, then data from all CPs are sent to the data collection server.

Automation goals

The main goal of creating the system is to replace the existing telemechanics system with MEP and to modernize the workshop control system in order to quickly identify emergency and pre-emergency situations, increase the efficiency of ethylene transportation and improve technical and economic indicators by improving the reliability of equipment operation.

Technical re-equipment is carried out to replace the existing system with a new one that meets modern requirements and is manufactured using modern components, which increases the reliability and convenience of equipment operation.

The objectives of the system are:

- remote monitoring and control of the process of ethylene transportation;
- remote monitoring and control of technological equipment of ethylene wire;
- ensuring high performance indicators for the transportation of ethylene;
- improving work efficiency and improving the technical and economic indicators of ethylene storage by improving the reliability of equipment operation;
- increasing the reliability of the system itself, through the use of modern technical devices based on electronic and computing tools and the availability of self-diagnostics;
- reducing the likelihood of emergency situations;
- increasing the information support of technological and operational personnel;

- reduction of material and energy costs for maintaining the system in working condition;
- convenience of system maintenance.

A key criterion for the quality of the system is the stability of control and the protection of the technological object.

Purpose and functionality of the automation system

The system is a functionally and territorially distributed system built on the basis of the use of modern information technologies and software and hardware.

The system consists of the following levels:

- field level - the current level of instrumentation and EM (executive mechanism);
- middle level - PLC-based management level;
- upper level - a management level based on a human-machine interface.

The field level of the System (existing) implements the functions of converting the physical parameters of the process into electrical signals (on the basis of technical means - instrumentation), and the level of the function of converting electrical signals into mechanical impact on the technological process (on the basis of technical means - EM). The information exchange between the field and mid-level equipment of the System is carried out by transmitting electrical signals via physical communication channels (current, resistance, voltage) and / or digital communication channels (RS-485 interface communication line, ModBus data transfer protocol RTU) [6].

The middle level of the System performs the following functions:

- collection of information from field devices (instrumentation and EM);
- analysis of information;
- issuing control commands to the EM;
- exchange of information with the second level of the System.

Information exchange between the equipment of the middle and upper level of the System is carried out via digital communication channels (Ethernet technology).

The upper level of the System includes industrial servers for the accumulation, storage and presentation of arrays of information, workstations of the operator-technologist and engineering personnel, made on the basis of personal computers. The upper level of the System is designed as an independent hardware-software complex based on the SCADA-system "SCADA +" (client-server architecture).

The system is intended for:

- remote process control (in manual and
- automatic modes), according to technical regulations;
- protection of technological equipment from damage associated with the output of the technological process beyond the regulated values of controlled variables;
- automatic centralized collection and processing of information,
- coming from instrumentation and EM;
- automatic control of the state of the process,
- warning signaling when technological indicators go beyond established boundaries;
- formation and issuing of signals about pre-emergency and emergency situations, with registration of the date and time of operation;
- issuing control commands on the EM;
- ensuring the technological regime of the facility in accordance with the technological regulations;
- archiving information for the purpose of subsequent use for analysis and preparation of reporting documentation;
- presenting to the technological and operational personnel information on the state of the control object in a form convenient for perception and analysis [7].

The system carries out diagnostics of hardware and software:

- diagnostics of the state of the PLC with details to the modules
- diagnostics of serviceability of EM control circuits;
- diagnostics of measuring channels for open circuit and short circuit;
- monitoring the presence of input power voltage at the PLC level;
- monitoring of communication channels between the PLC and the server.

Information about the malfunction of hardware and software is provided to the operator-technologist and engineer on video frames and in report magazines.

Chapter One Conclusion

This chapter discusses the key processes that occur in the system for transportation and processing of ethylene, as well as the objects of which the system consists. The goals of modernization of the existing system are given. The result of the introduction of a modern system is the expanded functionality of the system, in comparison with the previous one. The modernization of the system can be divided into the modernization of two separate subsystems of transportation and storage of ethylene. Chapter two discusses specific tasks that are part of the integrated automation of subsystems, and reviews the controllers.

Description of tasks and review of hardware in the automation system

Tasks

The development and implementation of an automation system for an industrial facility is a large-scale project, on which a group of people is working. Each team member has individual specific tasks that he solves and is responsible for.

The entire system for transporting and processing ethylene is divided into two subsystems. There is a telemechanic system for transporting ethylene along the main ethylene wire, and an automation system is used to store and process ethylene.

In the master's work, solutions to specific problems, such as:

- implement a data transmission system in the telemetry system of the MEP;
- develop a data transfer scheme in the automation system of the ethylene storage;
- develop control algorithms for executive mechanisms.

The following is a detailed analysis of the tasks, taking into account the features and limitations of one or another element of the automation system.

2.1.1. Organization of data transmission channels in the MEP telemechanic system

Telemechanical system — a set of technical means for transmitting over a distance via radio channels or wire lines of command communication from an operator or control computer to control objects, as well as control information in the opposite direction. The telemechanical system includes a control point, where the operator (dispatcher) is located, one or more controlled points (CP), where control objects are located, and communication lines connecting the control point with the CP [8].

As general, in such systems, data transmission is carried out over long distances; in the process of transmission, it is important that data on changes in the parameters of controlled objects arrive at control centers with minimal delays [9]. Controlled points collect parameters from geographically distributed objects, for example, gas pipelines, and are located in remote places. CP removed at considerable distances, tens and hundreds of kilometers, leaving their location at their place entails significant financial costs. Therefore, it is important to have reliable communication channels between the

control unit and the control center for remote control and monitoring of processes occurring at the facility. Also, the remoteness of objects and natural barriers make laying a cable underground financially unprofitable solution, which is replaced by the decision to organize a wireless communication channel.

Given all of the above conditions, as well as the need to create a secure data channel, it was decided to use closed redundant GSM channels.

Data transfer in the automation system of ethylene storage

The automation system, in contrast to the telemechanics system, does not have a large territorial spread, also in the name of the system its main functions of automatic control and regulation are laid [10]. This ethylene processing and storage system combines elements of both an automated system, for example, sending operator commands to actuators, and automatic, for example, triggering emergency protection loops when certain process conditions are created.

The average level of the automation system is divided into two subsystems, namely:

- DCS subsystem (distributed control system);
- IPS subsystem (instrumented protected system).

Depending on the degree of danger of an ethylene storage facility, management will be performed by different subsystems to ensure high reliability of the entire system as a whole.

Also, to ensure higher reliability of the system, the controllers in the subsystems should be redundant [11].

Development of a control algorithm for EM

The automation system of the ethylene storage incorporates about thirty actuators responsible for transporting raw materials through the pipeline sections, including valves, shut-off valves, ball valves. Since all these objects have a similar control scheme, it was decided to create a universal algorithm that can be configured for all types of devices. Algorithm settings should be moved to the upper level. This function allows you to configure the algorithm without disrupting the operation of the middle level of the system. Thus, the versatility of this algorithm will solve the problem of

changing technological equipment without flashing controller software, as well as simplify the development and operation of the system.

Overview and comparative analysis of system equipment

Equipment for the systems was selected taking into account their specifics. Controllers are selected for telemechanic and automation systems. The requirements for systems directly affect the choice of controllers, so when choosing them, it should be borne in mind that the architecture of the controllers, software, and capabilities directly affect the structure of the resulting system.

Overview of controllers for ethylene storage and processing

To analyze the control equipment, we used the controllers of such companies as Siemens, Prosoft-Systems LLC, B&R, HollySys [12–15]. As characteristics when evaluating controllers, its main technical characteristics and the availability of training materials are used.

In the framework of a comparative analysis, taking into account the tasks assigned to them, the following controller models were selected:

- Siemens S7-400H
- Prosoft-Sysytems REGUL R500
- B&R X20CP1301
- HollySys LK220

The controller DEPONT-A9 was selected as the controller for the ethylene transportation system. The main requirements for the selection of the controller were:

- domestic production;
- redundancy of CPU modules;
- reservation of wireless channels;
- availability of certificates of conformity (mandatory requirement of the customer);
- the ability to implement their own functional blocks;
- the presence of telemechanical communication protocols.

The Dekont-A9 controller meets all the requirements listed above and has a number of important features.

Taking into account the fact that most CP are located in difficult places, it is very convenient to be able to change the software of the controllers remotely. This is a possibility for the Dekont-A9 controllers. The software of the controllers allows online diagnostics of the status of the controller and a database of its parameters. Monitoring takes place on the same data transmission channels and does not stop data transfer to the upper level. This system also allows you to update the controller software if necessary [20].

Each system, depending on the type and location of the industrial facility, has its own characteristics, for example, a telemechanics system, in addition to transmitting tele-signaling and telemetry, also has automatic circuits. At each controlled point there is an algorithm that controls the operation of the heater depending on the current temperature and the setpoint temperature. To control a fairly simple functional block with a minimum set of input and output data, such a program will significantly facilitate the work of the operator. Since Dekont-A9 is a telemechanical controller with an emphasis on holistic and secure data transfer, writing your own programs and functional blocks is limited, but, in the face of frequent needs for such programs for specific objects, the DEP company in relation to the client It is designed for a flexible approach and provides opportunities and knowledge for building such programs using the tools of the DEP developers themselves, which is an excellent competitive advantage when creating a telemechanics system with a hundred the contractor's company.

Another advantage of the controller. Compared to other controllers, this is a distributed peripheral. In contrast to the assembly of modules and central processors of the "crate" and "basket" type, the central processors of the "DEP" company are connected to the modules, as a rule, via a two-wire line, which allows you to distribute the modules in different parts of the control cabinets or even place them in different cabinets.

Also, evaluating the reliability and relevance of the company, it should be noted that DEP has been supplying controllers to the Russian market since 2005. And it positions itself in many areas of industry, such as:

- electric power industry;

- urban infrastructure;
- metallurgy and mining;
- production and processing of oil and gas;
- automation of building engineering systems.

Chapter Two Conclusion

The second chapter discusses the features of specific tasks performed during the development of the system. Limitations and a result satisfying customer requirements have been identified. Based on these requirements, a review and selection of equipment for the organization of an average level of telemechanic and automation systems was carried out. The next chapter discusses the implementation of solutions based on selected equipment.

Implementation of decisions

Data transmission in the telemechanic system of the main ethylene pipeline

It is proposed to use a mobile network from the description of the task in clause 2.1.1, in conditions of difficult terrain, and also taking into account the need for high-speed data transfer between the control unit and the control center [21]. This solution allows you to save money on the installation and maintenance of wired communication channels. One of the important factors of industrial communication is the security of data transmission channels. For this, the project provides for the use of a VPN tunnel (Virtual Private Network) - a virtual private network that does not have access to the open Internet [22].

In order to increase the reliability of data transmission, reservation of communication equipment, as well as the communication channels themselves, is used. Each CP has a modem installed, which has two SIM cards of various providers. The presence of two SIM cards of different providers allows you to increase the overall reliability of the system, since due to different locations of the CP, SIM cards can have a different level of incoming / outgoing signal, and this also prevents communication loss in case of possible interruptions in the provider. At the same time, the CP can transmit data only on one of the SIM cards, selects the SIM card controller algorithm, which analyzes the signal quality and checks the connection with the control center. Signals from the

control unit arrive at the control room via routers. The system involves two routers, each of which, like the CP, has two SIM cards of different providers. Unlike CPs, in which data can be transmitted through only one of two SIM cards, the router's SIM cards are active at a time. This is due to the fact that different providers can be selected on different CP. The operation of routers is organized through hot standby, they form a cluster. In the system, one of the march routers is the main one; it redirects data through a common gateway to the local network and then to the control center. In turn, the control room is also reserved on two servers. Taking into account all the variations, data can come to the upper level along eight routes.

In addition to the transfer of information between the CP and the control station, the task of optimizing traffic in the network is also being solved. To reduce the costs associated with the use of a mobile network, algorithms are provided that block the transmission of data on certain routes, the only exception is service information that allows you to monitor the state of the main router.

Thus, in the developed system, at each level of information reception / transmission, algorithms are created that, analyzing the state of system components and signal levels of mobile networks, select data flow routes, thereby increasing the reliability of the system, making it more adaptive to various changes.

The data transmission system described above has a universal structure and can be used in any production automation systems, with the exception of objects that are not included in the coverage area of the mobile network.

Currently, the developed system is in commercial operation.

Data transfer in the automation system of ethylene storage

The general structural diagram of the automation system described in 2.1.2 was created taking into account customer requirements that were presented at an early stage of system design. The equipment provided in the circuit meets the requirements. However, at a further stage of the project development, additional requirements appeared that led to the transformation of the system structure and the introduction of additional equipment.

Description of the synthesis of the final structure of the data transmission system

In the current system, communication between DCS and IPS controllers is done through a data acquisition / transmission server. According to the technological scheme, DCS controllers take information from sensors included in the IPS circuits and, using this information, perform calculations to regulate the state of system objects. In the event of loss of communication with the servers, the transmission of information from the IPS system to the DCS fails, which leads to system inoperability. To eliminate this problem, it is customary to use direct data transmission channels between the DCS and the IPS. In the already created system, all Ethernet ports are involved, RS-232 and RS-485 interface ports, which also have controllers, as they are involved in the project for reading information from interface sensors. Also, these interfaces do not allow data transfer at the speed of TCP / IP protocols. Based on requirements and limitations, two solutions have been developed. In the first decision, it was decided to add a communication processor with two Ethernet ports to each controller. This solution allows each of the four controllers to see each other, regardless of the health of data servers.

The second solution is based on the introduction of an additional eight port switches. But in this solution, an additional layer is created between the data collection servers and the controllers. This solution has two advantages in comparison with the first:

- cheapness;
- free pairs of Ethernet ports on data servers, which allows you to connect a separate machine with clients to them.

The disadvantage of this solution is to reduce its reliability due to the introduction of additional equipment [25]. During the discussion of solutions with the customer, aspects of system maintenance during operation were touched upon. For debugging and maintenance of the "average level" of the system, it is convenient for an engineer to connect to the controllers directly, bypassing the data servers, which also does not interfere with the work of operators. Since all the communication ports of the controllers are busy, the use of additional switches together with the communication processors of the controllers gives the system a reliable and self-sufficient "average level" and additional ports for connecting the engineer's workstation and other specialized

clients to the system to increase convenience work with an “average level” and field devices.

It was also decided not to combine server functions with AWP functions and to connect separate machines as AWP. As a result, we have a combined solution that meets all the requirements of the customer.

Creation of EM control algorithms

The software for the REGUL R500 controller is developed in the specialized integrated environment EPSILON LD, which in turn is based on the CoDeSys 3.5 environment, therefore programming in this environment is identical to programming in CoDeSys 3.5. Epsilon LD allows you to work in editors of the IEC 61131-3 standard [26]:

- IL (Instruction List) - a list of instructions,
- ST (Structured Text) - structured text,
- LD (Ladder Diagram) - relay contact logic,
- FBD (Function Block Diagram) - functional block diagrams,
- SFC (Sequential Function Chart) - sequential function charts.

The development of the entire project takes place in the ST language.

In paragraph 2.1.3, it is customary to develop a universal algorithm, to develop the structure of the functional block (FB) algorithm, the FB structures in other projects of the company are considered, the FB data is written for specific types of valves, taking into account the specifics of each of them. This solution is convenient for the developer, but not very convenient from the point of view of operation and maintenance of the system. For example, changing one type of valve to another will result in a change in mid-level software, and reprogramming the controllers can lead to production shutdown. Therefore, it was decided to create a universal algorithm that is suitable for all types of valves, as well as ball valves and valves at an industrial facility. For this, contour diagrams of these actuators are considered.

These differences affect the diagnosis of spontaneous convergence of the valve from the limit switch, failure of the limit switches, as well as the intermediate position of the valve stroke.

So that the algorithm can distinguish between types of diagrams, the algorithm has a variable of type BOOL, the value of which determines the type of valve, which can be changed from the top level. By default, the value is FALSE, which corresponds to the first diagram of the operation of the limit switches. To implement the choice of diagnostic algorithms, a branch operator is used.

Another difference between the EMs is the pulse width of the control command, since different EMs have different connection schemes. In some schemes, a pulsed signal is sufficient as a control action, in others, a signal that is long in time is needed. In the developed functional unit, the pulse value is adjustable, therefore, this value can be adjusted from the upper level to each EM.

In order to compensate for the differences in the types of EM in the number of indication signals, it is customary to use the maximum number of indication signals for EM in the FB. In the case when the MI has a smaller number of indication signals, they simply remain in the FB without reference to the signals from the input modules.

