

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 – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП

УДК 004.896-047.84:005.92:378.662(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ71	Тюлькин Евгений Викторович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник отдела АСУТП ОАО «ТомскНИПИнефть»	Зебзеев Алексей Григорьевич	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Исаева Елизавета Сергеевна	–		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н.		
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации автоматизированных систем, включая подсистемы управления и их программное обеспечение.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации автоматизированных систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР(пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных автоматизированных систем и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий машинного обучения, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации автоматизированных систем, устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации систем управления технологическим процессом и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в автоматизированных системах и знать области их применения, в том числе в составе безлюдного производства.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Универсальные</i>		
Р7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3,), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
Р10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

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 – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования – магистратура

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – весенний семестр 2018/2019 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:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.05.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
20.05.19	Социальная ответственность	20
28.05.19	Основная часть	60

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник отдела АСУТП ОАО «ТомскНИПИнефть»	Зебзеев Алексей Григорьевич	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н.		

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назначение программных модулей системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП; 2. Описание программного обеспечения; 3. Формирование исходных данных системы; 4. Анализ методов сортировки; 5. Теоретическое сравнение сортировок методом простых вставок и методом пузырька; 6. Разработка и программирование алгоритма сортировки методом простых вставок и алгоритма сортировки методом пузырька; 7. Экспериментальное сравнение разработанных алгоритмов сортировки; 8. Разработка программных модулей системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Исаева Елизавета Сергеевна, старший преподаватель ООД ШБИП
Раздел на иностранном языке	Пичугова Инна Леонидовна, старший преподаватель ОИЯ ШБИП

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

Введение
1.1 Анализ методов сортировки
1.2 Назначение программных модулей системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП
1.3 Описание программного обеспечения
1.4 Формирование исходных данных системы 1.4.1 Разработка табличной формы Excel 1.4.2 Передача исходных данных из таблицы Excel на вход программных модулей 1.4.3 Подготовка внутренних данных
1.5 Анализ методов сортировки
1.6 Теоретическое сравнение сортировок методом простых вставок и методом пузырька

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник отдела АСУТП ОАО «ТомскНИПИнефть»	Зебзеев Алексей Григорьевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ71	Тюлькин Евгений Викторович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ71	Тюлькин Евгений Викторович

Школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных источниках, стандартах, разработка и тестирование системы с помощью ЭВМ и оценка эффективности исследуемой и разрабатываемой системы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение предпроектного анализа и определение возможных альтернатив проведения НТИ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Проект выполняется в рамках магистерской диссертации, устав не требуется
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Запланировано управление научно-техническим проектом; выделены контрольные события проекта; рассчитан бюджет исследования
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Анализ финансовой эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Сегментирование рынка 2. Оценка конкурентоспособности технических решений 3. Диаграмма Исикава 4. Матрица SWOT 5. График проведения и бюджет НТИ 6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ71	Тюлькин Евгений Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ71	Тюлькин Евгений Викторович

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистрант	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

«Разработка системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим местом является кабинет проектировщика АСУ ТП. В кабинете рабочей зоной является место за персональным компьютером. Рабочий процесс представляет собой разработку документации по проектам с использованием системы автоматизированного проектирования.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства 1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 1.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности	1. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ; 2. Закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии от 30.03.1999 № 52-ФЗ; 3. ППБ 01-93; 4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. СП. 5.13130.2009
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов	Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения: – микроклимат; – шум; – освещение; электромагнитной и электростатическое излучение.
3. Экологическая безопасность:	Влияние на экологическую безопасность небольшое. Предметами воздействия на окружающую среду могут выступить бытовые отходы (части электронных устройств и т.д.), которые воздействуют на литосферу и атмосферу (при неправильной переработке).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Исаева Елизавета Сергеевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ71	Тюлькин Евгений Викторович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа имеет 180 страниц, 32 таблицы, 12 рисунков, 1 список использованных источников из 23 наименований, 10 приложений.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, автоматизированная система управления, язык программирования C#, класс, Autodesk AutoCAD, интерфейс.

Объектом исследования является система автоматизированного проектирования документации АСУ ТП.

Целью работы является разработка программных модулей системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП, таких как: модуль построения функциональных схем автоматизации, модуль построения схем соединения внешних проводок и модуль построения кабельного журнала.

В процессе исследования был проведен анализ алгоритмов сортировки и выбран наилучший для решения некоторых проблем, возникших при разработке программных модулей.

Степень внедрения: система используется и проходит тестирования в ОАО «ТомскНИПИнефть».

Результатом работы являются разработанные программные модули для автоматического построения чертежей функциональных схем автоматизации, схем соединений внешних проводок и кабельных журналов. Разработка программных модулей производилась в среде программирования Microsoft Visual Studio на языке программирования C# на основе системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

Фактором экономического эффекта, реализуемым в предложенной работе, является снижение трудозатрат на разработку документации по проектам и, как следствие, снижение финансовых затрат.

Содержание

Определения, обозначения и сокращения	16
Введение.....	18
1 Основная часть	20
1.1 Анализ методов сортировки	20
1.1.1 Обзор методов сортировки.....	20
1.1.1.1 Сортировка массива простым выбором.....	21
1.1.1.2 Сортировка массива простыми включениями.....	22
1.1.1.3 Сортировка массива простым обменом («Метод пузырька»)	22
1.1.1.4 Сортировка массива сложным выбором (с помощью двоичного дерева).....	23
1.1.1.5 Сортировка Шелла	24
1.1.1.6 Сложная сортировка обменом (сортировка Хоора).....	24
1.1.2 Общий анализ приведенных сортировок	25
1.1.3 Теоретическое сравнение сортировки методом простых вставок и сортировки методом пузырька.....	26
1.1.4 Разработка и программирование алгоритма сортировки методом простых вставок.....	29
1.1.5 Разработка и программирование алгоритма сортировки методом пузырька	30
1.1.6 Экспериментальное сравнение разработанных алгоритмов сортировки.....	31
1.2 Назначение программных модулей системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП.....	32
1.3 Описание программного обеспечения.....	32
1.4 Формирование исходных данных системы.....	34
1.4.1 Разработка табличной формы Excel	34
1.4.1.1 Формирование исходных данных для построения функциональных схем автоматизации	35
1.4.1.1.1 Лист «Схемы автоматизации (основные параметры)»	35

1.4.1.1.2 Лист «Схемы автоматизации (измерение, сигнализация)»	39
1.4.1.1.3 Лист «Схемы автоматизации (управление)»	41
1.4.1.1.4 Лист «Схемы автоматизации (дополнительные параметры)»	44
1.4.1.2 Формирование исходных данных для построения схем соединения внешних проводок и кабельных журналов	44
1.4.1.2.1 Лист «Внешние проводки (датчики)»	45
1.4.1.2.2 Лист «Внешние проводки (исполнительные механизмы)»....	47
1.4.1.2.3 Лист «Внешние проводки (прокладка)».....	51
1.4.1.2.4 Лист «Внешние проводки (материалы)».....	52
1.4.1.2.5 Лист «Внешние проводки (перечень сигналов для ИМ)»	53
1.4.1.3 Лист «Штамп».....	55
1.4.2 Передача исходных данных из таблицы Excel на вход программных модулей.....	55
1.4.3 Подготовка внутренних данных	57
1.4.3.1 Выбор чертежей для построения	57
1.4.3.2 Динамические блоки	58
1.4.3.3 Типы линий	59
1.4.3.4 Чертежный шрифт	60
1.4.3.5 Чертежный слой.....	60
1.5 Разработка программных модулей системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП.....	60
1.5.1 Разработка программного модуля для построения схем автоматизации.....	60
1.5.1.1 Алгоритм построения подвала функциональной схемы автоматизации	63
1.5.2 Разработка программного модуля для построения схем соединения внешних проводок	68
1.5.2.1 Формирование перечня схем внешних проводок для датчиков..	73
1.5.2.2 Разделение датчиков по объектам	73

1.5.2.3	Разделение датчиков в рамках каждого объекта на чертежные листы	74
1.5.2.4	Рисование датчиков	77
1.5.2.5	Формирование перечня схем внешних проводок для исполнительных механизмов	78
1.5.2.6	Разделение исполнительных механизмов по типам сигнала	78
1.5.2.7	Разделение исполнительных механизмов для каждого типа сигнала на чертежные листы	78
1.5.2.8	Рисование исполнительных механизмов	82
1.5.3	Разработка программного модуля для построения кабельных журналов	82
	Выводы по основной части	94
2	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	95
2.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	95
2.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	95
2.1.2	Анализ конкурентных технических решений	96
2.1.3	Диаграмма Исикава	97
2.1.4	SWOT-анализ	98
2.2	Планирование научно-исследовательских работ	104
2.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	104
2.2.2	Разработка графика проведения научного исследования	105
2.2.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	113
2.2.4	Расчет материальных затрат НТИ	114
2.2.5	Основная заработная плата исполнителей темы	115
2.2.6	Дополнительная заработная плата	117
2.2.7	Отчисления на социальные нужды	117
2.2.8	Научные и производственные командировки	118
2.2.9	Накладные расходы	119

2.2.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	120
2.3 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования	122
2.4 Оценка абсолютной эффективности исследования.....	125
2.4.1 Расчет чистой текущей стоимости	125
2.4.2 Дисконтированный срок окупаемости.....	127
2.4.3 Внутренняя ставка доходности (IRR)	127
2.4.4 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций.....	129
3 Социальная ответственность	131
Введение.....	131
3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	131
3.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	131
3.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	132
3.1.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	133
3.1.3.1 Эргономические требования к рабочему месту	133
3.1.3.2 Окраска и коэффициенты отражения	134
3.2 Профессиональная социальная безопасность.....	135
3.2.1 Анализ вредных и опасных факторов	135
3.2.2 Анализ вредных факторов	135
3.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата	135
3.2.2.2 Отсутствие или недостаток естественного света	137
3.2.2.3 Превышение уровня шума.....	139
3.2.2.4 Электромагнитные и электрические поля	140
3.2.3 Анализ опасных факторов	141
3.2.3.1 Электробезопасность	141
3.2.3.2 Экологическая безопасность	142
3.2.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	144
3.2.4.1 Пожарная безопасность	144
Вывод по разделу «Социальная ответственность».....	145

Заключение	147
Список публикаций.....	149
Список использованных источников	150
Приложение А. Development of computer-aided design system for documentation automated process control systems.....	152
Приложение Б. Алгоритм сортировки методом простых вставок.....	168
Приложение В. Алгоритм сортировки методом пузырька.....	169
Приложение Г. Пример сформированных подвалов функциональной схемы автоматизации.....	170
Приложение Д. Пример сформированных листов чертежей схемы соединения внешних проводок (датчики).....	172
Приложение Е. Пример сформированных листов чертежей схемы соединения внешних проводок (исполнительные механизмы).....	174
Приложение Ж. Пример сформированного листа с перечнем материалов схем соединения внешних проводок.....	176
Приложение З. Пример сформированных листов кабельного журнала.....	177
Приложение И. Пример заполнения листов исходной таблицы данных....	179

Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения:

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ГП – генеральный план;

ЖКИ – жидкокристаллический индикатор;

ИМ – исполнительный механизм;

КИП – контрольно-измерительный прибор;

НГД – нефтегазодобыча;

ОС – операционная система;

ПО – программное обеспечение;

ПАЗ – противоаварийная защита;

РД – рабочая документация;

РСУ – распределенная система управления;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ТО – техническое обеспечение.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Интерфейс: Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

Протокол: набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в соединение программируемыми устройствами.

Система автоматизированного проектирования: Автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса

проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

Автоматизированная система управления технологическим процессом: Комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно законченный продукт.

Введение

Эффективная эксплуатация большинства технологических объектов, действующих на предприятиях нефтегазодобычи (НГД), невозможна без применения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Важнейшим этапом жизненного цикла разработки и эксплуатации АСУТП, в значительной степени влияющим на качественные показатели управления процессами добычи, транспорта, подготовки нефти и газа, является этап проектирования. Для сокращения значительных трудозатрат целесообразно использовать специализированную систему автоматизированного проектирования (САПР) [1]. Применение САПР позволит исключить дублирование ввода и обработки одной и той же информации разными специалистами при разработке различных форм документов, а также при проведении необходимых расчетов.

Анализ присутствующих на рынке программного обеспечения (ПО) САПР, в числе которых были рассмотрены программы ZukenE3 Series, BentleyPromis-e, EplanElectricalP8, показал, что они обладают рядом недостатков. К таким недостаткам относятся:

- необходимость разработки дополнительных макросов, реализующих специализированные расчетные задачи;
- отсутствие функционала автоматической разработки чертежей технического обеспечения (ТО) АСУТП в соответствии с требованиями [2];
- необходимость в адаптации ПО в соответствии с требованиями заказчиков по оформлению чертежей, а также выпуску проектной документации;
- высокая стоимость программ и заказной доработки, дополнительные затраты на их поддержку и на обучение сотрудников;
- избыточность, т.к. большинство функций не требуются проектировщикам и, в свою очередь, усложняют работу с программой.

Стоит отметить, что в большинстве проектных институтов, в том числе в ОАО «ТомскНИПИнефть», широко используются графическая среда разработки чертежей AutoCAD и офисное приложение для работы с таблицами MS Excel. В указанные приложения интегрируются другие программные продукты. Поэтому более оптимальным программным решением являлось ПО, позволяющее работать совместно со средой проектирования AutoCAD и приложением MS Excel. В связи с вышеперечисленными фактами было принято решение о собственной разработке ПО для AutoCAD и MS Excel.

В качестве литературы по проектированию автоматизированных систем управления использовались источники [4], [5], приведенные в списке использованных источников. В данной литературе приведены основные подходы к проектированию АСУ ТП по части схем автоматизации и схем соединения внешних проводов, данные подходы использовались при разработке системы.

В качестве литературы по программированию использовались источники [6], [7], [8], [9], приведенные в списке использованных источников. В данной литературе приведено описание различных функций, подходов в объектно-ориентированном программировании на языке программирования C#. При разработке системы применялись данные подходы.

1 Основная часть

1.1 Анализ методов сортировки

При разработке проектной и рабочей документации по проектам АСУ ТП центральной задачей является выбор необходимых компонентов для будущей системы. При разработке чертежей различные графические примитивы в совокупности представляют собой такие компоненты. Например, чертеж датчика температуры на схеме соединения внешних проводок, линия от датчика давления в подвале схемы автоматизации и т.д. При выборе таких компонентов важно учитывать их расположение относительно друг друга на чертежах. Для выбора правильного расположения компонентов используются различные алгоритмы сортировки и упорядочивания элементов.

При работе с данной системой такими ситуациями являются следующие:

- Порядок расположения приборов и исполнительных механизмов в подвале схемы автоматизации;
- Порядок расположения датчиков и исполнительных механизмов на листах схем внешних проводок.

В данных ситуациях, помимо правильности расстановки элементов, также необходимо учитывать, за какое время было произведено данное действие.

В связи с этим был проведен обзор существующих алгоритмов сортировки, проведен анализ эффективности данных алгоритмов и выбран наилучший вариант.

1.1.1 Обзор методов сортировки

Сортировка – это процесс перестановки объектов данного множества в определённом порядке. Цель сортировки – облегчить последующий поиск элементов в отсортированном множестве.

Рассмотрим следующие методы сортировки:

- сортировка простым выбором;
- сортировка простыми включениями;
- сортировка простым обменом;
- сортировка сложным выбором (с помощью двоичного дерева);
- сортировка Шелла;
- сложная сортировка обменом (сортировка Хоора).

1.1.1.1 Сортировка массива простым выбором

Метод основан на следующем правиле: выбирается элемент с наибольшим значением ключа. Он меняется местами с последним элементом массива. Затем эти операции повторяются с оставшимися первыми $(s-1)$ элементами, затем - с $(s-2)$ первыми элементами и так далее до тех пор, пока не останется только первый элемент – наименьший.

Число сравнений ключей не зависит от начального порядка ключей. Операция сравнения выполняется в теле цикла с управляющей переменной I и средним числом повторений $size/2$. Этот цикл, в свою очередь, находится в теле цикла с управляющей переменной j и числом повторений $size - 1$. Таким образом, число сравнений рассчитывается по формуле (1):

$$C = (size - 1) * size - 1/2 , \quad (1)$$

где C – число сравнений;

$size$ – размер массива.

Число пересылок зависит от начального порядка ключей. Если принять, что операция сравнения в теле цикла по i дает результат «истина» в половине случаев, то среднее число пересылок в этом цикле равно $size/4$. Цикл по j выполняется $size - 1$ раз и в теле цикла выполняется три пересылки и цикл по I . С учетом этого число пересылок рассчитывается по формуле (2):

$$M = \left(3 + \frac{size}{4}\right) * (size - 1) , \quad (2)$$

где M – число пересылок;

size – размер массива.

Следовательно, при сортировке простым выбором число сравнений и число пересылок пропорционально $size^2$.

1.1.1.2 Сортировка массива простыми включениями

Метод простых включений предполагает разделение всего массива элементов на упорядоченную часть, которая вначале содержит лишь один элемент, и на неупорядоченную часть. Очередной элемент из неупорядоченной части вставляется в определенное место упорядоченной части, проходя сравнение с ее элементами. При поиске подходящего места удобно чередовать сравнения и пересылки, то есть сравнивать выбранный элемент с очередным элементом массива и либо вставляя, либо пересылая этот элемент направо и продвигаясь налево. Данное действие может закончиться при двух различных условиях: найден элемент массива с ключом меньшим, чем ключ x или достигнут левый конец готовой последовательности.

При этом упорядоченная часть удлиняется на один элемент. Сортировка заканчивается при окончании неупорядоченной части.

При данной сортировке общее число сравнений приблизительно равно $C \equiv \frac{N^2}{4}$, $C \equiv N * \log_2 N$

При этом требуется количество проходов по данным P равное $P \equiv \log_2 N$.

1.1.1.3 Сортировка массива простым обменом («Метод пузырька»)

Данный алгоритм основан на принципе сравнения и обмена пары соседних элементов до тех пор, пока не будут отсортированы все элементы массива.

В наихудшем случае, когда минимальное значение ключа элемента имеется у самого правого элемента, число просмотров равно $size - 1$.

За один проход среднее число сравнений равно $C = size/2$. При этом среднее число возможных пересылок $M = 1.5 * C$ (в предположении, что проверяемое условие выполняется в половине случаев). Минимальное количество проходов равно 1, максимальное – $size - 1$, а среднее – $size/2$.

Следовательно, число сравнений и пересылок рассчитываются по формулам (3) и (4) соответственно:

$$C = \frac{size^2}{4}, \quad (3)$$

$$M = 1.5 * \frac{size^2}{4}. \quad (4)$$

1.1.1.4 Сортировка массива сложным выбором (с помощью двоичного дерева)

Данный метод сортировки основан на повторном выборе наименьшего ключа среди n элементов, затем среди $(n-1)$ элементов и т.д. Поиск наименьшего ключа из n элементов требует $(n-1)$ сравнений, а поиск его среди $(n-1)$ элементов $(n-2)$ сравнений. Улучшение сортировки выбором возможно в том случае, если получать от каждого прохода больше информации, чем просто указание на один, наименьший элемент. Например, с помощью $n/2$ сравнений определяется наименьший ключ из каждой пары, при помощи следующих $n/4$ сравнений выбирается наименьший из каждой пары таких наименьших ключей и т.д. Наконец при помощи всего $(n-1)$ сравнений имеется возможность построить дерево выбора и определить корень, как наименьший ключ. На втором шаге происходит спуск по пути, указанном наименьшим ключом, и он исключается, последовательно заменяясь либо на ключ бесконечность, либо на элемент, находящийся на противоположной ветви промежуточного узла. Элемент оказывается в корне дерева, вновь имеет наименьший ключ среди оставшихся и исключается. После n таких шагов дерево становится пустым (т.е. состоит из ключей бесконечностей), и процесс сортировки закончен.

1.1.1.5 Сортировка Шелла

На первом проходе отдельно группируются и сортируются все элементы, отстоящие друг от друга на четыре позиции. Этот процесс называется 4-сортировкой. После этого элементы вновь объединяются в группы с элементами, отстоящими друг от друга на две позиции, и сортируются заново. Этот процесс называется 2-сортировкой. Наконец на третьем проходе все элементы сортируются обычной 1-сортировкой включением.

На каждом шаге в сортировке участвует либо сравнительно мало элементов, либо они уже довольно хорошо упорядочены и требуют относительно мало перестановок. Очевидно, что этот метод дает упорядоченный массив, и также очевидно, что каждый проход будет использовать результаты предыдущего прохода, поскольку каждая i -сортировка объединяет две группы, рассортированные предыдущей $2i$ -сортировкой. Приемлема любая последовательность приращений, главное, чтобы последнее было равно 1, так как в худшем случае вся работа будет выполняться на последнем проходе. Метод убывающего приращения дает лучшие результаты, когда приращения не являются степенями двойки.

1.1.1.6 Сложная сортировка обменом (сортировка Хоора)

Сортировка Хоора основана на том факте, что для достижения наибольшей эффективности желательно производить обмены элементов на больших расстояниях. Реализуется она на основе следующего алгоритма: выбирается любой произвольный элемент массива, называемый медианой далее массив просматривается слева направо до тех пор, пока не будет найден элемент больший выбранного; а затем массив просматривается справа налево, пока не будет найден элемент меньший выбранного. Найденные элементы меняются местами. Затем продолжается процесс «просмотра с обменом», пока два просмотра не встретятся где-то в середине

массива. В результате массив разделится на две части: левую - с ключами меньшими выбранного элемента; и правую - с большими ключами.

Ожидаемое число обменов равно приблизительно $n/6$. Быстрая сортировка имеет свои недостатки. При небольших значениях n ее эффективность невелика, как и у всех усовершенствованных методов. Ее преимущество по сравнению с другими усовершенствованными методами заключается в том, что для сортировки уже разделенных небольших подмассивов легко можно применить какой-либо простой метод.

1.1.2 Общий анализ приведенных сортировок

Выводы по простым методам сортировки:

- Время сортировки пропорционально квадрату размерности массива;
- Более точные оценки производительности простых методов сортировки показывают, что наиболее быстрой является сортировка вставками, а наиболее медленной – сортировка обменом.
- Несмотря на плохое быстродействие, простые алгоритмы сортировки следует применять при малой размерности сортируемого массива.

Наряду с простыми методами сортировки существуют более сложные, обеспечивающие время сортировки пропорциональное $size * \log_2(size)$.

При больших размерностях массива они обеспечивают существенный выигрыш.

Было проведено сравнение простых и сложных методов сортировки по производительности, которое представлено в таблице 1:

Таблица 1 – Сравнительные показатели производительности различных методов сортировки массивов

Метод сортировки	Время сортировки для размера 256, миллисекунд	Время сортировки для размера 512, миллисекунд	Соотношение методов по производительности (относительное время сортировки)
Простые методы сортировки			
Вставками (метод простых вставок)	356	1444	1
Выбором	509	1956	1.3
Обменом (пузырек)	1026	4054	3
Сложные методы сортировки			
Обменом (Хоора)	60	116	1
Выбором (с помощью двоичного дерева)	110	241	1.7
Вставками (Шелла)	127	349	2.1

Из приведенных в таблице данных следует, в частности, для относительно небольшого массива в 512 элементов:

- Худшая по производительности из простых сортировок (сортировка обменом) работает в 35 раз медленнее быстрой сортировки Хоора.

- Самая быстрая из простых сортировок (простая сортировка вставками) работает медленнее в 4.2 раза чем худшая по производительности из сложных сортировок (сортировка Шелла).

При увеличении размера массива указанные выше эффекты проявляются в большей степени.

1.1.3 Теоретическое сравнение сортировки методом простых вставок и сортировки методом пузырька

Было проведено теоретическое сравнение алгоритмов сортировок, рассматриваемых в данном разделе. Основным критерием сравнения

сортировок является их эффективность, то есть число сравнений и число пересылок. Данные показатели также влияют на время сортировки. Основные формулы, используемые для вычисления эффективности данных сортировок [12]:

C_i – число сравнений ключей элементов при i -ом сравнении;

C_{min} – минимальное число сравнений ключей;

C_{max} – максимальное число сравнений ключей;

C_{mid} – среднее число сравнений ключей;

M_i – число пересылок (присваиваний) элементов при i -ом сравнении;

M_{min} – минимальное число пересылок;

M_{max} – максимальное число пересылок;

M_{mid} – среднее число пересылок;

$size$ – размер массива.

Для сортировки методом простых вставок были получены следующие формулы (5) – (10):

$$C_{min} = 1 * (size - 2) , \quad (5)$$

$$C_{max} = (size - 2) * \frac{size+1}{2} , \quad (6)$$

$$C_{mid} = \frac{C_{min} + C_{max}}{2} , \quad (7)$$

$$M_{min} = 3 * (size - 2) , \quad (8)$$

$$M_{max} = \frac{(size+5)*(size-2)}{2} , \quad (9)$$

$$M_{mid} = \frac{M_{min} + M_{max}}{2} . \quad (10)$$

Для сортировки методом пузырька были получены следующие формулы (11) – (12):

$$C_{mid} = \frac{size^2}{4} , \quad (11)$$

$$M_{mid} = \frac{1.5*size^2}{4} . \quad (12)$$

На основе данных методических формул была составлена сравнительная таблица 2 для сортировок методом простых вставок и методом пузырька:

Таблица 2 – Сравнительный анализ сортировок методом простых вставок и методом пузырька

Размер массива	Метод простых вставок		Метод пузырька	
	Число сравнений ключей (среднее значение)	Число пересылок (среднее значение)	Число сравнений ключей (среднее значение)	Число пересылок (среднее значение)
32	263	329	256	384
64	1039	1163	1024	1536
128	4127	4379	4096	6144
256	16447	16953	16384	24576
512	65663	131835	65536	98304
1024	262399	264443	262144	393216

На основе полученных результатов можно сказать, что число сравнений ключей в сортировке методом пузырька больше, чем в сортировке методом вставок. Следовательно по данному критерию эффективность сортировки методом простых вставок выше, чем методом пузырька.

При малых значениях размерности массива число пересылок для обоих методов примерно одинаково. При относительно больших размерах массива (от 512 и более) число пересылок в методе пузырька возрастает быстрее, чем в методе простых вставок. Следовательно, эффективность метода вставок выше по данной характеристике.

Ссылаясь на таблицу 1 можно также отметить, что сортировка методом пузырька требует больше времени, чем сортировка методом вставок.

Следовательно, в целом сортировка методом простых вставок эффективнее сортировки методом пузырька.

1.1.4 Разработка и программирование алгоритма сортировки методом простых вставок

Для того, чтобы запрограммировать данный алгоритм сортировки, он был представлен в виде блок-схемы для более наглядного отображения его функционирования (приложение Б) [13].

На первом шаге алгоритма объявляются переменные счетчики i и j , используемые в циклах, а также переменная t , в которой будет запоминаться очередной элемент из неупорядоченной части массива для вставки в упорядоченную часть.

На втором шаге начинается цикл с параметром, в котором осуществляется перебор всех элементов массива с первого по последний. Нулевой элемент массива, фактически являющийся первым, на данном этапе является единственным элементом упорядоченной части массива, относительно которого будут вставляться все последующие элементы из неупорядоченной части массива.

Соответствующий итерации элемент из неупорядоченной части запоминается в переменной t , после чего в теле цикла задается еще один цикл с параметром, в котором осуществляется поиск места для подстановки элемента в упорядоченную часть. Осуществляется перебор элементов начиная с нулевого в упорядоченной части, так как массив упорядочивается по возрастанию, проверяется условие меньше ли выбранный элемент других элементов из упорядоченной части. Так как подобный перебор должен каждый раз начинаться с нулевого элемента упорядоченной части, то выполняется декремент счетчика j . Если найдено место для подстановки, удовлетворяющее условиям, то осуществляется вставка и сдвиг элементов упорядоченной части.

На основе данной блок-схемы можно разработать функцию, выполняющую сортировку массива методом простых вставок на языке программирования C# (рисунок 1):

```

1. public void Sort_Insert(int[] a, int n)
2.     {
3.         int i, j, t; //объявление переменных
4.         for (i = 1; i < n; i++)
5.             {
6.                 t = a[i]; // запоминание элемента для вставки
7.                 for (j = i - 1; j >= 0 && t < a[j]; j--) // поиск места для
                вставки
8.                     a[j + 1] = a[j]; // сдвиг на одну позицию
9.                     a[j + 1] = t;
10.            }
11.    }

```

Рисунок 1 – Листинг функции сортировки методом простых вставок

1.1.5 Разработка и программирование алгоритма сортировки методом пузырька

Для того, чтобы запрограммировать данный алгоритм сортировки, он был представлен в виде блок-схемы для более наглядного отображения его функционирования (приложение В).

Первый шаг алгоритма такой же как и в методе простых вставок – объявляются переменные счетчики i , j и переменная t , в которой запоминается элемент при перестановке. На втором шаге начинается цикл с параметром в котором осуществляется перебор всех элементов массива с нулевого по предпоследнего, так как последний элемент ни с чем не сравнивается. В теле цикла задается еще один цикл с параметром, содержащий условие, в котором сравниваются пара соседних элементов. Если условие выполняется, то осуществляется перестановка элементов, если не выполняется – начинается следующая итерация первого цикла с параметром.

На основе данной блок-схемы была запрограммирована функция, выполняющая сортировку массива методом пузырька (рисунок 2):

```

1. public void Sort_Bubble(int[] a, int n)
2.     {
3.         int i, j, t; // объявление переменных
4.         for (i = 0; i <= n - 1; i++)
5.             {
6.                 for (j = 0; j <= n - 2 - i; j++)
7.                     {
8.                         if (a[j] > a[j + 1]) // сравнение пары соседних
элементов
9.                             {
10.                                t = a[j]; // перестановка их местами, если это
требуется
11.                                a[j] = a[j + 1];
12.                                a[j + 1] = t;
13.                            }
14.                        }
15.                    }
16.            }

```

Рисунок 2 – Листинг функции сортировки методом пузырька

1.1.6 Экспериментальное сравнение разработанных алгоритмов сортировки

Для экспериментального сравнения эффективности работы методов сортировок было определено время сортировки – в данном случае оно является главным показателем эффективности. В таблице 3 указано время сортировки соответствующее определенному количеству элементов массива, определенное экспериментально для каждого метода сортировки.

Таблица 3 – Сравнение времени сортировки

Количество элементов массива	Время сортировки для метода простых вставок, мс	Время сортировки для метода пузырька, мс
5	237	245
10	248	267
15	253	272
20	259	294
30	277	311
40	279	320
64	346	368
128	659	702
256	876	912
512	910	975
1024	953	1034

Опираясь на полученные результаты можно сделать вывод о том, что общее время сортировки для метода простых вставок меньше, чем для метода

пузырька. Следовательно, сортировка методом простых вставок является более эффективной, чем сортировка методом пузырька.

1.2 Назначение программных модулей системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП

Программные модули системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП предназначены для:

- экономии времени инженера-проектировщика;
- уменьшения вероятности случайных ошибок при разработке РД (в том числе несоответствий принятых решений в разных частях проекта);
- снижении доли «ручного труда»;
- обеспечения интуитивно понятного и простого интерфейса между пользователем и программой автоматической разработки документации.

Разработанный программный комплекс предназначен для автоматизированной разработки следующих частей проекта:

- общие данные;
- функциональные схемы автоматизации с перечнем элементов;
- схемы соединений внешних проводок с перечнем элементов;
- кабельный журнал.

1.3 Описание программного обеспечения

В качестве среды разработки была выбрана среда программирования Microsoft Visual Studio. Microsoft Visual Studio - это программная среда по разработке приложений для ОС Windows, как консольных, так и с графическим интерфейсом.

В комплект входят следующие основные компоненты:

1. Visual Basic.NET - для разработки приложений на Visual Basic;
2. Visual C++ - на традиционном языке C++;
3. Visual C# - на языке C# (Microsoft);

4. Visual F# - на F# (Microsoft Developer Division).

Функциональная структура среды включает в себя:

- редактор исходного кода, который включает множество дополнительных функций, как автодополнение IntelliSense, рефакторинг кода и т. д.;
- отладчик кода;
- редактор форм, предназначенный для упрощённого конструирования графических интерфейсов;
- веб-редактор;
- дизайнер классов;
- дизайнер схем баз данных.

Visual Studio также позволяет создавать и подключать сторонние дополнения (плагины) для расширения функциональности практически на каждом уровне, включая добавление поддержки систем контроля версий исходного кода (Subversion и VisualSourceSafe), добавление новых наборов инструментов (для редактирования и визуального проектирования кода на предметно-ориентированных языках программирования или инструментов для прочих аспектов процесса разработки программного обеспечения).

Разработка системы осуществлялась на языке программирования C#.

В качестве среды проектирования выступает система автоматизированного проектирования Autodesk AutoCAD 2014. В области двумерного проектирования AutoCAD позволяет использовать элементарные графические примитивы для получения более сложных объектов. Кроме того, программа предоставляет весьма обширные возможности работы со слоями и аннотативными объектами (размерами, текстом, обозначениями). Использование динамических блоков расширяют возможности автоматизации 2D-проектирования обычным пользователем без использования программирования.

AutoCAD имеет развитые средства разработки и адаптации, которые позволяют настроить систему под нужды конкретных пользователей и значительно расширить функциональность базовой системы. Большой набор инструментальных средств для разработки приложений делает базовую версию AutoCAD универсальной платформой для разработки приложений.

Взаимодействие среды программирования Visual Studio и среды проектирования AutoCAD осуществляется при помощи ObjectARX SDK и .NET [3].

ObjectARX SDK – дополнение к среде разработки Microsoft Visual Studio и содержит специальные библиотеки, заголовочные файлы, примеры и вспомогательные инструменты, предназначенные для создания программ, функционирующих исключительно в среде AutoCAD. ARX-приложения могут напрямую обращаться к базе данных рисунка и геометрическому ядру. Можно создавать собственные команды, аналогичные стандартным командам AutoCAD. Обозначение версий ObjectARX совпадает с обозначениями версий AutoCAD, для которых предназначен данный пакет. Программы, созданные для одной конкретной версии AutoCAD, несовместимы с другими версиями. Проблема совместимости, как правило, решается перекомпиляцией программы в соответствующей версии ObjectARX.

Благодаря поддержке Microsoft .NET Framework существует возможность создания приложений для AutoCAD в любой среде разработки приложений, поддерживающих данную технологию.

1.4 Формирование исходных данных системы

1.4.1 Разработка табличной формы Excel

В качестве основных исходных данных для системы выступает специально разработанная таблица Excel. Для удобства работы с исходной таблицей реализовано разбиение таблицы на отдельные листы в соответствии с функционалом. На каждом листе вносится необходимая информация для

построения определенных схема. Ниже представлено описание каждого листа. В приложении И представлен пример заполнения нескольких листов исходной таблицы данных.

1.4.1.1 Формирование исходных данных для построения функциональных схем автоматизации

В данном разделе представлено описание листов исходной таблицы Excel, информация с которых используется для формирования исходных данных для построения функциональных схем автоматизации. Используются следующие листы:

- Лист «Схемы автоматизации (основные параметры)»;
- Лист «Схемы автоматизации (измерение, сигнализация)»;
- Лист «Схемы автоматизации (управление)»;
- Лист «Схемы автоматизации (дополнительные параметры)».

1.4.1.1.1 Лист «Схемы автоматизации (основные параметры)»

На данном листе указывается основная информация, необходимая для построения функциональных схем автоматизации.

Пользователь системы вносит следующую информацию:

- Порядковый номер прибора в таблице исходных данных (№ п/п);
- Количество приборов;
- Объект управления;
- Подобъект управления;
- Наименование параметра;
- Уточнение параметра;
- Обозначение прибора;
- Позиционное обозначение прибора;
- Место установки прибора;
- Тип цепи;

- Принадлежность к подвалу;
- Шкаф управления (основной);
- Шкаф управления (дополнительный).

В столбце «№ п/п» данного листа исходной таблицы автоматически (с помощью формул) указывается порядковый номер прибора (исполнительного механизма, далее – ИМ) в электронной таблице.

В столбце «Количество приборов» данного листа исходной таблицы указывается количество приборов (ИМ). Порядковый номер в столбце № п/п автоматически заполняется после указания количества приборов (ИМ) в данном столбце.

В столбце «Объект управления» данного листа исходной таблицы указывается объект управления, на котором расположен данный прибор (ИМ) (например, *Емкость дренажная Е-11*).

В столбце «Подобъект управления» данного листа исходной таблицы указывается подобъект, к которому относится данный прибор (ИМ) в пределах указанного объекта управления (например, *Емкость дренажная Е-11*).

В столбце «Наименование параметра» данного листа исходной таблицы указывается измеряемый параметр прибора. В таблице приведен следующий перечень параметров:

- Температура;
- Давление;
- Перепад давления;
- Уровень;
- Расход;
- Загазованность;
- Обводненность;
- Вибрация;
- Сигнализация прохождения очистного устройства;

- Снятие защитного кожуха;
- Световая сигнализация;
- Светозвуковая сигнализация;
- Положение ПСМ;
- Пожар;
- Состояние (указывается для исполнительных механизмов);
- Контроль утечек торцевого уплотнения;
- Тревога (обозначение прибора не назначено);
- Неисправность (обозначение прибора не назначено);
- Несанкционированный доступ (обозначение прибора не назначено);
- Осевой сдвиг вала;
- Тех. учет активной и реактивной мощности.

Данные параметры выбираются нажатием на иконку стрелки справа от ячейки (рисунок 3):

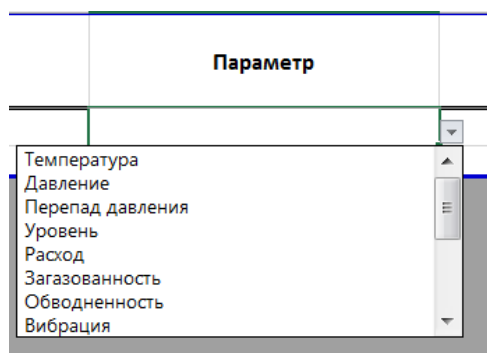


Рисунок 3 – Наименование параметра

В столбце «Уточнение параметра» данного листа исходной таблицы указывается уточнение параметра (например, *Температура на выкидной линии*).

Столбец «Обозначение прибора» данного листа исходной таблицы с обозначением прибора (например, *ТТ, РТ, РДТ* и т.д.) формируется автоматически при заполнении необходимых ячеек.

В столбце «Позиционное обозначение прибора» данного листа исходной таблицы указывается позиционное обозначение прибора на схеме (например, 011). Если количество приборов больше одного, то позиционные обозначения приборов перечисляются через запятую без пробела (например, 011,012). Для исполнительных механизмов позиционное обозначение не указывается.

В столбце «Место установки прибора» данного листа исходной таблицы указывается место установки прибора (местное или на щите). Данный параметр выбирается нажатием на иконку стрелки справа от ячейки.

В столбце «Тип цепи» исходной таблицы данных указывается тип цепи прибора:

- Аналоговый сигнал 4-20 мА;
- Искробезопасный аналоговый сигнал 4-20 мА i;
- Дискретный сигнал 24 В;
- Сигнал 24 В, 4-20 мА (для датчиков загазованности);
- Сигнал Namur;
- Интерфейсный сигнал RS-485.

В столбце «Принадлежность к подвалу» данного листа исходной таблицы указывается принадлежность данного прибора к определенному подвалу. В столбце указывается идентификатор (любое число или строка), относящийся к определенному подвалу, к которому принадлежит данный прибор. Для всех приборов, принадлежащих одному и тому же подвалу, необходимо указать одинаковый идентификатор.

В столбце «Шкаф управления (основной)» данного листа исходной таблицы указывается основной шкаф управления, в который подключается данный прибор. В данном столбце необходимо указывать такие шкафы управления, как шкаф ТМ, шкаф РСУ и т.д. Шкаф ПАЗ в данном столбце не указывается, даже в случаях, когда шкаф ПАЗ является основным (единственным) в конкретном подвале.

В столбце «Шкаф управления (дополнительный)» данного листа исходной таблицы указывается дополнительный шкаф управления (при наличии), в который подключается данный прибор. В данном столбце могут быть указаны такие типы шкафов, как шкаф ТМ, шкаф РСУ, а также шкаф ПА3. Шкаф ПА3 указывается только в данном столбце.

На рисунке 4 приведен пример, в котором указано, какой шкаф считается основным, а какой дополнительным.

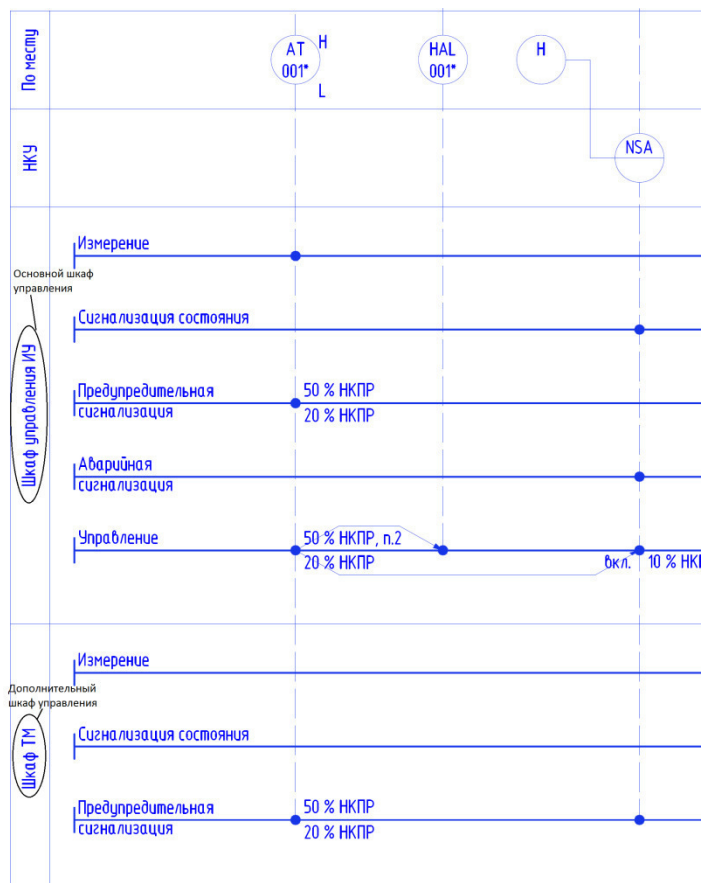


Рисунок 4 – Основной и дополнительный шкафы управления

1.4.1.1.2 Лист «Схемы автоматизации (измерение, сигнализация)»

На данном листе указывается информация о наличии у прибора функций измерения, предупредительной сигнализации, аварийной сигнализации.

Пользователь системы вносит следующую информацию:

- Диапазон измерения;
- Единицы измерения;

- Наличие функции измерения;
- Наличие функции сигнализации состояния;
- Нижняя уставка предупредительной сигнализации (при наличии);
- Верхняя уставка предупредительной сигнализации (при наличии);
- Нижняя уставка аварийной сигнализации (при наличии);
- Верхняя уставка аварийной сигнализации (при наличии).

В столбце «Диапазон измерения» данного листа исходной таблицы указывается диапазон измерения данного прибора (например, для датчика температуры: -3...7). Для дискретных датчиков и исполнительных механизмов данный параметр не указывается.

В столбце «Единицы измерения» данного листа исходной таблицы указываются единицы измерения параметра прибора (например, для датчиков давления: МПа). Для исполнительных механизмов и сигнализаторов данный параметр не указывается.

В столбце «Измерение» данного листа исходной таблицы указывается наличие у прибора функции измерения. Если прибор имеет функцию измерения, то в ячейке ставится «+». Данный параметр выбирается нажатием на иконку стрелки справа от ячейки.

Если функция измерения отсутствует, ячейку необходимо оставить пустой.

В столбце «Сигнализация состояния» данного листа исходной таблицы указывается наличие у прибора (исполнительного механизма) функции сигнализации состояния. Если прибор (исполнительный механизм) имеет функцию сигнализации состояния, то в ячейке ставится «+». Данный параметр выбирается нажатием на иконку стрелки справа от ячейки.

Если функция сигнализации состояния отсутствует, ячейку необходимо оставить пустой.

В столбце «Нижняя уставка предупредительной сигнализации» и в столбце «Верхняя уставка предупредительной сигнализации» данного листа исходной таблицы указываются нижняя и верхняя уставки предупредительной сигнализации. Если прибор имеет функцию предупредительной сигнализации, то необходимо указать хотя бы одну уставку. При отсутствии данной функции ячейки необходимо оставить пустыми.

В столбце «Нижняя уставка аварийной сигнализации» и в столбце «Верхняя уставка аварийной сигнализации» данного листа исходной таблицы указываются нижняя и верхняя уставки аварийной сигнализации. Если прибор имеет функцию аварийной сигнализации, то необходимо указать хотя бы одну уставку. При отсутствии данной функции ячейки необходимо оставить пустыми.

Если для прибора (исполнительного механизма) не указаны уставки предупредительной и аварийной сигнализации, но есть необходимость наличия этой функции у данного прибора в подвале схемы автоматизации, необходимо в соответствующую ячейку поставить знак пробела: « ». Ячейки, в которых присутствует знак пробела, выделены красным цветом.

В последующих столбцах данного листа указывается аналогичная информация о приборах (ИМ), подключаемых в дополнительный шкаф управления.

1.4.1.1.3 Лист «Схемы автоматизации (управление)»

На данном листе указывается информация о наличии у прибора функций регулирования, управления и блокировки.

Пользователь системы вносит следующую информацию:

- Уставка (диапазон) регулирования;
- Субъект регулирования;
- Нижняя уставка управления;
- Верхняя уставка управления;

- Действие по нижней уставке управления;
- Действие по верхней уставке управления;
- Субъект управления;
- Нижняя уставка блокировки;
- Верхняя уставка блокировки;
- Действие по нижней уставке блокировки;
- Действие по верхней уставке блокировки;
- Субъект блокировки.

В столбце «Уставка (диапазон регулирования)» данного листа исходной таблицы указывается уставка (диапазон регулирования) параметра прибора. При наличии функции регулирования в данной ячейке указывается уставка регулирования. При отсутствии данной функции необходимо оставить ячейку пустой.

В столбце «Субъект регулирования» данного листа исходной таблицы указывается субъект регулирования. В данном столбце для исполнительных механизмов необходимо указать порядковый номер прибора в электронной таблице, параметр которого регулирует данный исполнительный механизм. В данной ячейке также можно вводить несколько порядковых номеров через запятую (например, 3,9).

В столбце «Нижняя уставка управления» и в столбце «Верхняя уставка управления» данного листа исходной таблицы указываются нижняя и верхняя уставки управления. Данные параметры указываются для ведущих приборов (приборов, которые управляют другими приборами (исполнительными механизмами)). Если прибор является ведомым, то данные ячейки необходимо оставить пустыми.

В столбце «Действие по нижней уставке управления» и в столбце «Действие по верхней уставке управления» данного листа исходной таблицы указываются действия по нижней и верхней уставке управления. Данные параметры указываются для ведомых приборов (исполнительных

механизмов). Если прибор является ведущим, то данные ячейки необходимо оставить пустыми.

В столбце «Субъект управления» данного листа исходной таблицы указывается субъект управления. В данном столбце для ведомых приборов необходимо указать порядковый номер ведущего прибора в электронной таблице, который управляет данным ведомым прибором. В данной ячейке также можно вводить несколько порядковых номеров через запятую без пробела (например, 3,9).

В столбце «Нижняя уставка блокировки» и в столбце «Верхняя уставка блокировки» данного листа исходной таблицы указываются нижняя и верхняя уставки блокировки. Данные параметры указываются для ведущих приборов (приборов, которые осуществляют блокировку исполнительных механизмов). Для ведомых приборов и исполнительных механизмов данные ячейки необходимо оставить пустыми.

В столбце «Действие по нижней уставке блокировки» и в столбце «Действие по верхней уставке блокировки» данного листа исходной таблицы указываются действия по нижней и верхней уставке блокировки. Данные параметры указываются для ведомых приборов и исполнительных механизмов. Для ведущих приборов данные ячейки необходимо оставить пустыми.

В столбце «Субъект блокировки» данного листа исходной таблицы указывается субъект блокировки. В данном столбце для исполнительных механизмов необходимо указать порядковый номер ведущего прибора в электронной таблице, который блокирует данный исполнительный механизм. В данной ячейке также можно вводить несколько порядковых номеров через запятую (например, 3,9).

В последующих столбцах данного листа указывается информация, относящаяся к приборам (исполнительным механизмам), подключаемым в дополнительный шкаф управления. Информация указывается аналогичным образом, как для приборов, подключаемых в основной шкаф управления (для

приборов, подключаемых в дополнительный шкаф управления, указывается информация только об управлении).

1.4.1.1.4 Лист «Схемы автоматизации (дополнительные параметры)»

На данном листе указывается дополнительная информация о приборах.

Пользователь системы вносит следующую информацию:

- Наличие ЖКИ;
- Наличие ручного управления.

В столбце «Наличие ЖКИ» данного листа исходной таблицы указывается наличие у прибора жидкокристаллического дисплея (ЖКИ). При наличии ЖКИ в данных ячейках необходимо указывать символ «+». Данный параметр выбирается нажатием на иконку стрелки справа от ячейки.

При отсутствии ЖКИ данные ячейки необходимо оставить пустыми.

В столбце «Наличие ручного управления» данного листа исходной таблицы указывается наличие ручного управления у прибора. Для всех исполнительных механизмов в данном столбце автоматически проставляются символы «+». Если у исполнительного механизма отсутствует ручное управление, то данный символ необходимо удалить вручную.

1.4.1.2 Формирование исходных данных для построения схем соединения внешних проводок и кабельных журналов

В данном разделе представлено описание листов исходной таблицы Excel, информация с которых используется для формирования исходных данных для построения схем соединения внешних проводок. Используются следующие листы:

- Лист «Внешние проводки (датчики)»;
- Лист «Внешние проводки (исполнительные механизмы)»;
- Лист «Внешние проводки (прокладка)»;

- Лист «Внешние проводки (материалы)»;
- Лист «Внешние проводки (перечень сигналов для ИМ)».

1.4.1.2.1 Лист «Внешние проводки (датчики)»

На данном листе указывается основная информация для датчиков, необходимая для построения схем соединения внешних проводов.

Пользователь вносит следующую информацию:

- Порядковый номер прибора в таблице исходных данных (№ п/п);
- Объект управления;
- Подобъект управления;
- Позиция объекта по ГП;
- Наименование параметра;
- Обозначение прибора;
- Позиционное обозначение;
- Количество проводов;
- Наличие термочехла;
- Объединение в клеммную коробку;
- Длина кабеля от датчика до клеммной коробки (при наличии);
- Длина кабеля до шкафа;
- Тип цепи;
- Блок управления;
- Позиция блока управления по ГП;
- Шкаф в блоке управления.

В столбце «№ п/п» данного листа исходной таблицы автоматически указывается порядковый номер датчика в электронной таблице.

В столбце «Объект управления» данного листа исходной таблицы указывается объект управления, на котором расположен данный датчик (например, *Емкости дренажные*).

В столбце «Подобъект управления» данного листа исходной таблицы указывается подобъект управления в рамках текущего объекта управления (например, *ЕД-1*).

В столбце «Позиция объекта по ГП» данного листа исходной таблицы указывается позиционное обозначение объекта управления по генеральному плану.

В столбце «Наименование параметра» данного листа исходной таблицы указывается наименование параметра датчика (например, давление линейное).

В столбце «Обозначение прибора» данного листа исходной таблицы с обозначением прибора (например, *ТТ*, *РТ*, *РДТ* и т.д.) формируется автоматически при заполнении необходимых ячеек.

В столбце «Позиционное обозначение» данного листа исходной таблицы указывается позиционное обозначение прибора.

В столбце «Количество проводов» данного листа исходной таблицы указывается информация о количестве проводов у датчика (например, если датчик имеет двухпроводную схему, необходимо указать цифру 2).

В столбце «Термочехол» данного листа исходной таблицы указывается информация о наличии термочехла у датчика. При наличии термочехла в данную ячейку необходимо поставить символ «+». Данный параметр выбирается нажатием на иконку стрелки справа от ячейки.

При отсутствии термочехла у прибора данную ячейку необходимо оставить пустой.

В столбце «Объединение в клеммную коробку» данного листа исходной таблицы указывается принадлежность данного датчика к клеммной коробке. В данном столбце указывается номер клеммной коробки (идентификатор), относящийся к определенной клеммной коробке, в которую подключается данный датчик. Для всех датчиков, подключающихся в одну и ту же клеммную коробку, необходимо указать одинаковый идентификатор.

Если данный датчик не подключается в клеммную коробку, данную ячейку необходимо оставить пустой.

В столбце «Длина кабеля от датчика до клеммной коробки (при наличии)» данного листа исходной таблицы указывается длина кабеля в метрах от датчика до клеммной коробки (при её наличии). Если данный датчик не подключается в клеммную коробку, то данную ячейку необходимо оставить пустой.

В столбце «Длина кабеля до шкафа» данного листа исходной таблицы указывается длина кабеля в метрах от клеммной коробки до шкафа управления в случае, если данный датчик подключается в клеммную коробку, либо от датчика до шкафа управления, если датчик не подключается в клеммную коробку.

В столбце «Тип цепи» данного листа исходной таблицы указывается тип цепи данного датчика (аналогично столбцу «Тип цепи» на листе «Схемы автоматизации (основные параметры)»).

В столбце «Блок управления» данного листа исходной таблицы указывается наименование блока, в котором расположен шкаф управления (например, блок автоматики).

В столбце «Позиция блока управления по ГП» данного листа исходной таблицы указывается позиционное обозначение по генеральному плану блока, в котором расположен шкаф управления.

В столбце «Шкаф в блоке управления» данного листа исходной таблицы указывается шкаф управления, в который подключается данный датчик.

1.4.1.2.2 Лист «Внешние проводки (исполнительные механизмы)»

На данном листе указывается основная информация для исполнительных механизмов, необходимая для построения схем соединения внешних проводок.

Пользователь вносит следующую информацию:

- Порядковый номер исполнительного механизма в таблице исходных данных (№ п/п);
- Объект управления;
- Подобъект управления;
- Позиция объекта по ГП;
- Наименование исполнительного механизма;
- Тип цепи;
- Объединение (для интерфейсных задвижек);
- Объединение в клеммную коробку;
- Длина кабеля от исполнительного механизма до клеммной коробки (при наличии);
- Длина кабеля до шкафа или от коробки до коробки (в случае объединения);
- Блок управления;
- Позиция блока управления по ГП;
- Шкаф в блоке управления;
- Наличие общего провода.

В столбце «№ п/п» данного листа исходной таблицы автоматически указывается порядковый номер исполнительного механизма в электронной таблице.

В столбце «Объект управления» данного листа исходной таблицы указывается объект управления, на котором расположен данный исполнительный механизм (например, *Емкости дренажные*).

В столбце «Подобъект управления» данного листа исходной таблицы указывается подобъект управления в рамках текущего объекта управления (например, *ЕД-1*).

В столбце «Позиция объекта по ГП» данного листа исходной таблицы указывается позиционное обозначение объекта управления по генеральному плану.

В столбце «Наименование исполнительного механизма» данного листа исходной таблицы указывается наименование исполнительного механизма (например, *Задвижка 14э*).

В столбце «Тип цепи» данного листа исходной таблицы указывается тип сигнала исполнительного механизма:

- Аналоговый сигнал 4-20 mA;
- Искробезопасный аналоговый сигнал 4-20 mA_i;
- Дискретный сигнал 24 В;
- Дискретный сигнал 24 В для ПАЗ;
- Интерфейсный сигнал RS-485.

В столбце «Объединение (для интерфейсных задвижек)» данного листа исходной таблицы для задвижек, подключаемых по интерфейсному сигналу RS-485, указывается идентификатор (любое число или строка) объединения задвижек в одну линию. Для всех задвижек, объединенных в одну линию, указывается одинаковый идентификатор. Для ИМ, имеющих иной тип управляющего сигнала (отличный от RS-485), данную ячейку необходимо оставить пустой.

В столбце «Объединение в клеммную коробку» данного листа исходной таблицы указывается принадлежность данного исполнительного механизма к клеммной коробке. В данном столбце указывается номер клеммной коробки (идентификатор), относящийся к определенной клеммной коробке, в которую подключается данный исполнительный механизм. Для всех исполнительных механизмов, подключающихся в одну и ту же клеммную коробку, необходимо указать одинаковый идентификатор (кроме интерфейсных задвижек). В случае интерфейсных задвижек в данном столбце для каждой задвижки в объединении указывается свой номер клеммной коробки. Для последней задвижки в объединении необходимо оставить данную ячейку пустой. Если данный исполнительный механизм не подключается в клеммную коробку, данную ячейку необходимо также оставить пустой.

В столбце «Длина кабеля от исполнительного механизма до клеммной коробки (при наличии)» данного листа исходной таблицы указывается длина кабеля в метрах от исполнительного механизма до клеммной коробки (при её наличии). Если данный исполнительный механизм не подключается в клеммную коробку, то данную ячейку необходимо оставить пустой.

В столбце «Длина кабеля до шкафа или от коробки до коробки (в случае объединения)» данного листа исходной таблицы указывается длина кабеля в метрах от клеммной коробки до шкафа управления в случае, если данный датчик подключается в клеммную коробку, либо от датчика до шкафа управления, если датчик не подключается в клеммную коробку.

В столбце «Длина кабеля до шкафа или от коробки до коробки (в случае объединения)» данного листа исходной таблицы указывается длина кабеля в метрах от клеммной коробки до шкафа управления в случае, если данный исполнительный механизм подключается в клеммную коробку. В случае с задвижками, подключаемыми по интерфейсному сигналу RS-485, необходимо указывать длину кабеля от одной задвижки до другой в рамках текущего объединения. Для первой задвижки в объединении указывается длина кабеля от задвижки до шкафа. Во всех остальных случаях в данном столбце указывается длина кабеля от ИМ до шкафа.

В столбце «Блок управления» данного листа исходной таблицы указывается наименование блока, в котором расположен шкаф управления (например, блок автоматики).

В столбце «Позиция блока управления по ГП» данного листа исходной таблицы указывается позиционное обозначение по генеральному плану блока, в котором расположен шкаф управления.

В столбце «Шкаф в блоке управления» данного листа исходной таблицы указывается шкаф управления, в который подключается данный исполнительный механизм.

В столбце «Наличие общего провода» данного листа исходной таблицы указывается наличие общего провода для дискретных задвижек. В

случае наличия общего провода в данной ячейке необходимо ставить символ «+». Если общий провод отсутствует, то данную ячейку необходимо оставить пустой. Данный параметр выбирается нажатием на иконку стрелки справа от ячейки.

1.4.1.2.3 Лист «Внешние проводки (прокладка)»

На данном листе указывается информация о прокладке кабелей от датчиков и исполнительных механизмов до шкафа управления, либо до клеммной коробки (при наличии) и от клеммной коробки до шкафа управления.

Пользователь вносит следующую информацию:

- Диаметр рукава;
- Длина рукава;
- Диаметр трубы;
- Длина трубы;
- Количество переходников металлорукав-короб;
- Количество переходников металлорукав-труба.

В столбце «Диаметр рукава» данного листа исходной таблицы указывается диаметр рукава. Данный параметр выбирается нажатием на иконку стрелки справа от ячейки. Предусмотрены следующие диаметры рукавов:

- DN15;
- DN22;
- DN25;
- DN32;
- DN40;
- DN50.

В столбце «Длина рукава» данного листа исходной таблицы указывается длина рукава в метрах.

В столбце «Диаметр трубы» данного листа исходной таблицы указывается диаметр трубы. Данный параметр выбирается нажатием на иконку стрелки справа от ячейки.

Предусмотрены следующие диаметры труб:

- Ду15х2,8;
- Ду15х3,2;
- Ду20х2,8;
- Ду20х3,2;
- Ду25х3,2;
- Ду25х4,0;
- Ду32х3,2;
- Ду32х4,0;
- Ду40х3,5;
- Ду40х4,0;
- Ду50х3,5;
- Ду50х4,5.

В столбце «Длина трубы» данного листа исходной таблицы указывается длина трубы в метрах.

В столбце «Количество переходников металлорукав-короб» данного листа исходной таблицы указывается количество данных переходников в шт.

В столбце «Количество переходников металлорукав-труба» данного листа исходной таблицы указывается количество данных переходников в шт.

1.4.1.2.4 Лист «Внешние проводки (материалы)»

На данном листе указывается информация о материалах, используемых при построении схем соединения внешних проводок.

Пользователь вносит следующую информацию:

- Позиционное обозначение материала;
- Наименование материала;

- Тип материала.

В столбце «Позиционное обозначение материала» данного листа исходной таблицы указывается позиционное обозначение материала на схеме внешних проводок. Для большинства материалов данный столбец является фиксированным, возможно изменять только позиционные обозначения рукавов, труб и соответствующих переходников.

В столбце «Наименование материала» данного листа исходной таблицы указывается наименование материала (например, *бобышка прямая*).

В столбце «Тип материала» данного листа исходной таблицы указывается тип материала (например, *3К 4-223-89. Резьба М27х1,5. Высота 50 мм*).

1.4.1.2.5 Лист «Внешние проводки (перечень сигналов для ИМ)»

На данном листе указывается информация о типовых сигналах задвижек и насосом в рамках данной системы.

Пользователь вносит следующую информацию:

- Типы сигналов дискретных задвижек;
- Сигналы дискретных задвижек;
- Сигналы арматуры в ПАЗ;
- Типы сигналов клапанов;
- Сигналы клапанов;
- Типы сигналов насосов;
- Сигналы насосов.

В столбце «Типы сигналов дискретных задвижек» данного листа исходной таблицы указываются типы сигналов дискретных задвижек. Если задвижка имеет дискретный входной или выходной сигнал, в ячейке ставится «DI» или «DO» соответственно. Если в системе отсутствуют дискретные задвижки, то данный столбец необходимо оставить пустым.

В столбце «Сигналы дискретных задвижек» данного листа исходной таблицы указываются типовые сигналы для дискретных задвижек (например, Открыть; Закрыть). Если в системе отсутствуют дискретные задвижки, то данный столбец необходимо оставить пустым.

В столбце «Сигналы арматуры в ПАЗ» данного листа исходной таблицы указываются типовые сигналы системы ПАЗ для дискретных задвижек (например, Закрыть). Если в системе отсутствуют сигналы системы ПАЗ для дискретных задвижек, то данный столбец необходимо оставить пустым.

В столбце «Типы сигналов клапанов» данного листа исходной таблицы указываются типы сигналов клапанов. Если клапан имеет аналоговый входной тип сигнала, в ячейке ставится «AI». Если клапан имеет аналоговый выходной тип сигнала, в ячейке ставится «AO». Если клапан также имеет дискретный входной или выходной сигнал, в ячейке ставится «DI» или «DO». Если в системе отсутствуют клапана, то данный столбец необходимо оставить пустым.

В столбце «Сигналы клапанов» данного листа исходной таблицы указываются типовые сигналы клапанов (например, Открыть; Закрыть). Если в системе отсутствуют клапана, то данный столбец необходимо оставить пустым.

В столбце «Типы сигналов насосов» данного листа исходной таблицы указываются типы сигналов дискретных насосов. Если насос имеет дискретный входной или выходной сигнал, в ячейке ставится «DI» или «DO» соответственно. Если в системе отсутствуют дискретные насосы, то данный столбец необходимо оставить пустым.

В столбце «Сигналы насосов» данного листа исходной таблицы указываются типовые сигналы дискретных насосов (например, Пуск; Останов). Если в системе отсутствуют дискретные насосы, то данный столбец необходимо оставить пустым.

1.4.1.3 Лист «Штамп»

На данном листе представлен шаблон штампа чертежной рамки.

В ячейках С6-С11 вносятся ФИО соответствующих исполнителей (разработчик, проверяющий, главный специалист, начальник отдела, нормоконтроль, ГИП).

В ячейках F6-F11 вносятся соответствующие даты.

В ячейку G1 вносится шифр проекта.

В ячейку G3 вносится наименование проекта.

В ячейку G6 вносится наименование основного объекта.

В ячейку H7 вносится стадия проекта (П, Р).

В ячейку H9 вносится наименование организации, разрабатывающей данный проект.

В ячейку I12 вносится инвентарный номер комплекта документации.

В ячейку L1 вносится ревизия документации проекта.

Остальные ячейки заполняются системой автоматически в процессе построения схем.

1.4.2 Передача исходных данных из таблицы Excel на вход программных модулей

Для взаимодействия программного обеспечения Microsoft Excel с Visual Studio используется технология COM. Компонентная модель объектов или технология COM (Component Object Model) предоставляет возможность одной программе (клиенту) работать с объектом другой программы (сервером). Технология COM упрощает создание программ, обеспечивая их совместимость в разных версиях платформы Windows и относительную независимость от языка программирования (компоненты COM могут создаваться на разных языках и далее внедряться в приложения путем использования стандартного интерфейса).

COM приложение может содержать от одного до нескольких внедренных объектов, а каждый объект может содержать один или несколько

интерфейсов, каждый из которых содержит методы объекта. Внешняя программа, используя методы объекта, выполняет необходимые действия по обмену данными с сервером, не беспокоясь об особенностях внутренней реализации. Сервером может быть либо исполняемый файл, либо библиотека.

Данные, полученные на этапе формирования таблицы Excel, при помощи технологии COM передаются на вход программных модулей. В программных модулях исходные данные хранятся в виде классов, в которых созданы поля. На этапе считывания данных формируются списки (List) с типами определенных классов.

Для построения схем автоматизации создан класс *FSA*, полями данного класса являются параметры с соответствующих листов исходных таблицы Excel.

Для построения схем соединения внешних проводок созданы два отдельных класса *DA* и *IM*. Полям класса *DA* присваиваются значения параметров листа «Внешние проводки (датчики)» таблицы исходных данных. Полям класса *IM* присваиваются значения параметров листа «Внешние проводки (исполнительные механизмы)» таблицы исходных данных. Также создан отдельный класс *Gasket*, полями которого являются параметры с листа «Внешние проводки (прокладка)». Одним из полей классов *DA* и *IM* является экземпляр класса *Gasket*.

Для построения кабельных журналов также заведен отдельный класс *Cabel_List*, полями которого являются параметры со всех листов таблицы исходных данных, отвечающих за построение схем соединения внешних проводок.

Для формирования чертежной рамки и штампа также заведен отдельный класс *Stamp*, полями данного класса являются параметры с листа «Штамп».

Чертежи формируются с использованием примитивов среды AutoCAD, таких как линия, полилиния, окружность, прямоугольник, текст,

мультитекст. Также осуществляется добавление динамических блоков в нужные места чертежа. Для рисования каждого примитива и динамического блока реализованы собственные функции. Данные функции вызываются в необходимом порядке согласно алгоритмам рисования.

1.4.3 Подготовка внутренних данных

1.4.3.1 Выбор чертежей для построения

После осуществления считывания данных с таблицы исходных данных Excel производится выбор чертежей, которые необходимо построить. Для этого реализована следующая форма (рисунок 5):

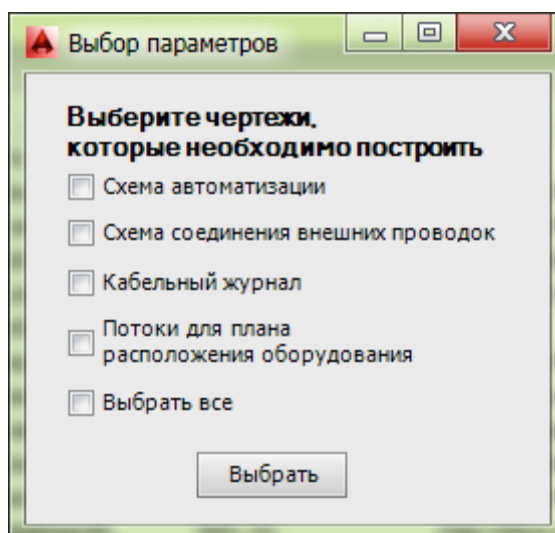


Рисунок 5 – Форма выбора чертежей для построения

Чертеж выбирается путем установления флажка напротив соответствующего наименования чертежа. Также имеется возможность выбрать сразу все чертежи для построения.

При выборе чертежа «Схема соединения внешних проводок» отображается следующая форма выбора максимального формата чертежей (рисунок 6):

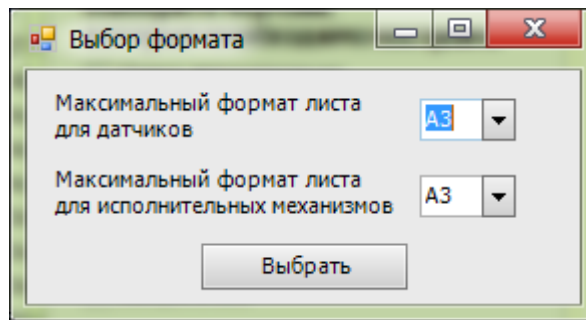


Рисунок 6 – Выбор максимального формата чертежей для схем соединения внешних проводок

На данной форме осуществляется выбор максимального формата листов схем соединения внешних проводок отдельно для датчиков и исполнительных механизмов.

1.4.3.2 Динамические блоки

В данной системе используются различные динамические блоки AutoCAD для осуществления задачи построения чертежей. Используются следующие динамические блоки:

- Блок чертежной рамки. Атрибутами данного блока являются архивный номер чертежа и формат чертежа. В зависимости от формата чертежа блок меняет свой размер.

- Блок штампа. Атрибутами данного блока являются шифр документа, фамилии исполнителей, проверяющих, стадия разработки проекта, номер листа, количество листов, архивный номер чертежа, имя файла чертежа, ревизия документа и организация. Информация для данного блока поступает из таблицы исходных данных Excel.

- Блок таблицы подсчета материалов и спецификации оборудования. В данном блоке выбирается тип таблицы, а также количество строк таблицы. В зависимости от количества строк таблицы блок изменяет свои размеры.

- Блок таблицы кабельного журнала. В данном блоке выбирается количество строк таблицы и в зависимости от этого изменяется размер блока.

– Блок ведомости потребности кабелей для кабельного журнала. В данном блоке выбирается число строк и столбцов таблицы блока и в зависимости от этих параметров изменяется его размер.

– Блок КИП в РСУ для схем автоматизации. Атрибутами данного блока являются тип датчика, позиционное обозначения, единицы измерения датчика, диапазон измерения датчика, количество датчиков, минимальная и максимальная сигнализации.

– Блок КИП в ПАЗ для схем автоматизации. Атрибуты аналогичны блоку КИП в РСУ.

– Блок кабеля для схем соединения внешних проводок. Атрибутами данного блока являются маркировка кабеля и тип цепи.

– Блок материалов для схем соединения внешних проводок. Атрибутами данного блока являются наименование материала, тип материала, позиционное обозначение материала, длина. Информация для данного блока берется с листа «Внешние проводки (материалы)» таблицы исходных данных Excel.

1.4.3.3 Типы линий

В данной системе используются следующие типы линий для построения чертежей:



– искробезопасная электрическая линия. Используется для обозначения искробезопасных аналоговых сигналов.



– неискробезопасная электрическая линия. Используется для обозначения неискробезопасных аналоговых сигналов, а также для обозначения дискретных сигналов.



– интерфейсная линия. Используется для обозначения интерфейсного сигнала RS-485.

Данные типы линий взяты из ГОСТ 2.303–68 [11].

1.4.3.4 Чертежный шрифт

В данной системе для построения чертежей используется чертежный шрифт СПДС согласно ГОСТ 21.1101-2013 [10].

1.4.3.5 Чертежный слой

Все чертежи в данной системе строятся в отдельном слое КІР. Использование отдельного слоя позволяет одновременно изменять параметры всех чертежей в данном слое, например цвет линий чертежа. По умолчанию линии нарисованы синим цветом (0, 0, 5 по RGB).

1.5 Разработка программных модулей системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП

1.5.1 Разработка программного модуля для построения схем автоматизации

В данном модуле осуществляется формирование подвала схем автоматизации.

Разработка данного модуля начиналась с определения, какими исходными данными будет оперировать данный модуль.

Был создан класс *FSA*, в котором хранится информация, необходимая для построения подвала схем автоматизации.

Полями класса *FSA* являются следующие параметры:

- Порядковый номер датчика (ИМ) на схеме автоматизации – поле *num* (тип *string*);
- Количество датчиков (ИМ) данного типа – поле *count* (тип *string*);
- Объект управления, на котором расположен данный прибор (ИМ) – поле *OU* (тип *string*);
- Подобъект управления – поле *Sub_OU* (тип *string*);

- Наименование параметра – поле *param* (тип *string*);
- Обозначение прибора (ИМ) – поле *pribor* (тип *string*);
- Позиционное обозначение прибора (ИМ) – поле *poz* (тип *string*);
- Место расположения прибора (ИМ) – поле *place* (тип *string*);
- Тип цепи прибора (ИМ) – поле *tcep* (тип *string*);
- Номер подвала – поле *attach* (тип *int*);
- Основной шкаф управления, в который подключается текущий прибор (ИМ) – поле *shkav* (тип *string*);
- Дополнительный шкаф управления – поле *shkav_Z* (тип *string*);
- Диапазон измерения прибора – поле *DIZ* (тип *string*);
- Единицы измерения прибора – поле *edizm* (тип *string*);
- Наличие функции измерения (основной шкаф управления) – поле *IZ* (тип *bool*);
- Наличие функции сигнализации состояния (основной шкаф управления) – поле *SS* (тип *bool*);
- Нижняя уставка предупредительной сигнализации (основной шкаф управления) – поле *NUPS* (тип *string*);
- Верхняя уставка предупредительной сигнализации (основной шкаф управления) – поле *VUPS* (тип *string*);
- Нижняя уставка аварийной сигнализации (основной шкаф управления) – поле *NUAS* (тип *string*);
- Верхняя уставка аварийной сигнализации (основной шкаф управления) – поле *VUAS* (тип *string*);
- Наличие функции измерения (дополнительный шкаф управления) – поле *IZ_Z* (тип *bool*);
- Наличие функции сигнализации состояния (дополнительный шкаф управления) – поле *SS_Z* (тип *bool*);
- Нижняя уставка предупредительной сигнализации (дополнительный шкаф управления) – поле *NUPS_Z* (тип *string*);

- Верхняя уставка предупредительной сигнализации (дополнительный шкаф управления) – поле *VUPS_Z* (тип *string*);
- Нижняя уставка аварийной сигнализации (дополнительный шкаф управления) – поле *NUAS_Z* (тип *string*);
- Верхняя уставка аварийной сигнализации (дополнительный шкаф управления) – поле *VUAS_Z* (тип *string*);
- Уставка регулирования – поле *URE* (тип *string*);
- Субъект регулирования – поле *SR* (тип *string*);
- Нижняя уставка управления (основной шкаф управления) – поле *NUUP* (тип *string*);
- Верхняя уставка управления (основной шкаф управления) – поле *VUUP* (тип *string*);
- Действие по нижней уставке управления (основной шкаф управления) – поле *DNUUP* (тип *string*);
- Действие по верхней уставке управления (основной шкаф управления) – поле *DVUUP* (тип *string*);
- Субъект управления (основной шкаф управления) – поле *SU* (тип *string*);
- Нижняя уставка блокировки – поле *NUBL* (тип *string*);
- Верхняя уставка блокировки – поле *VUBL* (тип *string*);
- Действие по нижней уставке блокировки – поле *DNUBL* (тип *string*);
- Действие по верхней уставке блокировки – поле *DVUBL* (тип *string*);
- Субъект блокировки – поле *SB* (тип *string*);
- Нижняя уставка управления (дополнительный шкаф управления) – поле *NUUP_Z* (тип *string*);
- Верхняя уставка управления (дополнительный шкаф управления) – поле *VUUP_Z* (тип *string*);

- Действие по нижней уставке управления (дополнительный шкаф управления) – поле *DNUUP_Z* (тип *string*);
- Действие по верхней уставке управления (дополнительный шкаф управления) – поле *DVUUP_Z* (тип *string*);
- Субъект управления (дополнительный шкаф управления) – поле *SU_Z* (тип *string*);
- Наличие ручного управления у прибора (ИМ) – поле *h* (тип *string*).

1.5.1.1 Алгоритм построения подвала функциональной схемы автоматизации

Построение подвала схемы автоматизации осуществляется по следующему алгоритму:

1. В зависимости от принадлежности приборов к определенному подвалу, осуществляется выбор текущего подвала (поле *attach* класса *FSA*).

1.1. В рамках текущего подвала определяется число основных шкафов управления, в которые подключаются приборы, принадлежащие текущему подвалу.

1.2. Выбирается текущий основной шкаф управления (поле *shkav* класса *FSA*).

1.2.1. Осуществляется сортировка элементов системы с учетом оптимальной расстановкой управляющих воздействий. Субъект управления и объект управления должны располагаться как можно ближе друг к другу. С учетом этого производится сортировка элементов.

1.2.2. Осуществляется расчет расстояний между линиями для тех случаев, когда имеются рядом стоящие элементы с имеющимися текстами, которые могут пересечься.

1.2.2.1. Производится проверка на наличие рядом стоящих текстов.

Если таковые имеются, то производится вычисление оптимального расстояния, при котором тексты не будут пересекаться. Рассчитывается

количество символов в каждом тексте, умножается на 2 и к полученному результату прибавляется 5. Полученное значение делится на 10, округляется в большую сторону и вновь умножается на 10. Тем самым получается оптимальное расстояние между элементами.

1.2.3. Производится расстановка элементов (датчиков и ИМ) в зависимости от расположения (местное, дистанционное) и наличия ручного управления (поле *h* класса *FSA*).

1.2.3.1. Если элемент расположен по месту и не имеет ручного управления, вырисовывается окружность диаметром 10 мм на месте, отведенном в «подвале» под местное расположение. Внутри в верхней части окружности добавляется обозначение прибора (поле *pribor* класса *FSA*). В нижней части окружности добавляется позиционное обозначение прибора (поле *poz* класса *FSA*).

1.2.3.2. Если элемент расположен на щите и не имеет ручного управления, вырисовывается окружность диаметром 10 мм на месте, отведенном в «подвале» под расположение на щите (ниже уровня местного расположения). От левого края до правого края через центр окружности вырисовывается линия. Внутри в верхней части окружности добавляется обозначение прибора. В нижней части окружности добавляется позиционное обозначение прибора.

1.2.3.3. Если элемент распложен по месту и имеет ручное управление, в начале вырисовывается окружность диаметром 10 мм с обозначением «Н» внутри в верхней части окружности. Далее проводится горизонтальная линия, длина которой определяется в зависимости от расстояния, вычисленного в п. 1.2.2. данного алгоритма. Далее вырисовывается окружность диаметром 10 мм. Внутри в верхней части окружности добавляется обозначение прибора. В нижней части окружности добавляется позиционное обозначение прибора.

1.2.3.4. Если элемент распложен на щите и имеет ручное управление, в начале вырисовывается окружность диаметром 10 мм с обозначением "Н"

внутри в верхней части окружности. Далее проводится ломанная линия, длина которой определяется в зависимости от расстояния, вычисленного в п. 3 данного алгоритма. Далее вырисовывается окружность диаметром 10 мм. От левого края до правого края через центр окружности вырисовывается линия. Внутри в верхней части окружности добавляется обозначение прибора. В нижней части окружности добавляется позиционное обозначение прибора.

1.2.4. После расположения всех окружностей по нужным координатам из верхнего края каждой окружности производится рисование вертикальных линий с выбранным типом линии в зависимости от типа цепи (поле *tcep* класса *FSA*). На конце линии пишется номер элемента на схеме. Также, если количество данного элемента на схеме больше, чем 1, то ниже номера на схеме вырисовывается горизонтальная линия небольшой длины и под ней пишется количество элементов в шт.

1.2.5. Вдоль слева от каждой вертикальной линии пишется наименование контролируемого параметра.

1.2.6. Производится рисование линий в основном шкафу подвала, относящихся к выполняемым операциям в системе. Если имеется хотя бы один элемент, относящийся данной к операции, вырисовывается горизонтальная линия. Обрабатываются следующие операции: измерение (поле *IZ* класса *FSA*), сигнализация состояния (поле *SS* класса *FSA*), предупредительная сигнализация (поля *NUPS* и *VUPS* класса *FSA*), аварийная сигнализация (поля *NUAS* и *VUAS* класса *FSA*), управление (поля *NUUP*, *VUUP*, *DNUUP*, *DVUUP* и *SU* класса *FSA*), регулирование (поля *URE* класса *FSA*), блокировка (поля *NUBL*, *VUBL*, *DNUBL*, *DVUBL* и *SU* класса *FSA*).

1.2.6.1. Над данной горизонтальной линией слева пишется наименование данной операции.

1.2.6.2. Если для данного элемента выполняется данная операция, то над горизонтальной линией под местом, где расположен данный элемент, вырисовывается закрашенная окружность.

1.2.6.3. Для таких операций, как предупредительная сигнализация, аварийная сигнализация, управление, регулирование, блокировка производится добавление верхней (нижней) уставки над (под) горизонтальной линией, если таковые уставки имеются. Также для операции управления производится добавление действия по верхней (нижней) уставки над (под) горизонтальной линией, если таковые действия имеются.

1.2.7. Из нижней части окружности элемента проводится вертикальная линия до самой нижней операции для этого элемента.

1.2.8. Справа от элементов, выполняющих операции предупредительной или аварийной сигнализации, пишутся соответствующие обозначения.

1.2.8.1. Если имеется верхняя уставка предупредительной сигнализации, вверху справа от окружности пишется буква Н. Если имеется нижняя уставка предупредительной сигнализации, внизу справа от окружности пишется буква L.

1.2.8.2. Если имеется верхняя уставка аварийной сигнализации, вверху справа от окружности пишутся буквы НН. Если имеется нижняя уставка аварийной сигнализации, внизу справа от окружности пишутся буквы LL.

1.2.8.3. Если имеется верхняя уставка и аварийной и предупредительной сигнализации, вверху справа от окружности пишутся буквы ННН. Если имеется нижняя уставка и аварийной и предупредительной сигнализации, внизу справа от окружности пишутся буквы LLL.

1.2.9. Осуществляется вырисовывание управляющих воздействий («дуг»).

1.2.10. Над всем «подвалом» дублируются элементы для расстановки их на ФСА.

1.2.11. Осуществляется добавление элементов, относящихся к текущему шкафу, в матрицу A_{new} для дальнейшей работы с ней.

1.2.12. Если текущий основной шкаф является последним в рамках текущего подвала, то переход на шаг 1.3, иначе переход на шаг 1.2.

1.3. Выбирается дополнительный шкаф управления.

1.3.1. Осуществляется работа с матрицей A_{new} , в которой приведены все элементы, относящиеся к текущему подвалу.

1.3.1.1. Производится вырисовывание линий в дополнительном шкафу подвала, относящихся к выполняемым операциям в системе. Если имеется хотя бы один элемент, относящийся к данной операции, вырисовывается горизонтальная линия. Обработываются следующие операции: измерение, сигнализация состояния, предупредительная сигнализация, аварийная сигнализация, управление.

1.3.1.2. Над данной горизонтальной линией слева пишется данная операция.

1.3.1.3. Если для данного элемента выполняется данная операция, то на горизонтальной линией под местом, где расположен данный элемент, вырисовывается закрашенная окружность.

1.3.1.4. Для таких операций, как предупредительная сигнализация, аварийная сигнализация, управление производится добавление верхней (нижней) уставки над (под) горизонтальной линией, если таковые уставки имеются. Также для управления производится добавление действия по верхней (нижней) уставки над (под) горизонтальной линией, если таковые действия имеются.

1.4. Определяется количество элементов, относящихся только к дополнительному шкафу управления и добавление их в матрицу A_Z .

1.4.1. Данные элементы добавляются в конец «подвала». К данным элементам применяются аналогичные действия, приведенные в п. 1.2. данного алгоритма, за исключением п. 1.2.1.

1.5. Все элементы заключаются в прямоугольник в зависимости от расположения элементов.

1.5.1. Если имеется хотя бы один элемент, которые расположен по месту, то начиная от самого левого элемента вырисовывается прямоугольник до самого правого элемента. В прямоугольник включаются только те элементы, которые расположены по месту.

1.5.2. Если имеется хотя бы один элемент, которые расположен на щите, то начиная от самого левого элемента вырисовывается прямоугольник до самого правого элемента. В прямоугольник включаются только те элементы, которые расположены на щите.

1.6. Производится рисование прямоугольников, относящихся к основным и дополнительному шкафам управления.

1.7. Над элементами, относящимися к одному объекту управления, вырисовывается горизонтальная линия. Над линией пишется наименование объекта управления.

1.8. Осуществляется подсчет всех элементов в рамках текущего подвала и вывод их в таблицу в правой верхней части схемы.

1.9. Если текущий подвал является последним в системе, то закончить алгоритм, иначе переход к шагу 1.

Пример нескольких сформированных чертежей подвалов функциональной схемы автоматизации с перечнем элементов приведен в приложении Г.

1.5.2 Разработка программного модуля для построения схем соединения внешних проводок

В данном модуле осуществляется формирование схем соединения внешних проводок отдельно по датчикам и исполнительным механизмам.

Разработка данного модуля начиналась с определения, какими исходными данными будет оперировать данный модуль.

Были созданы два отдельных класса *DA* и *IM*, в которых хранится информация, необходимая для построения соответствующих схем.

Полями класса *DA* являются следующие параметры:

- Порядковый номер датчика – поле *num* (тип **string**);
- Наименование объекта управления, на котором расположен датчик – поле *obj* (тип **string**);
- Наименование подобъекта управления, на котором расположен датчик – поле *Sub_obj* (тип **string**);
- Позиционное обозначение объекта управления на ГП – поле *obj_GP* (тип **string**);
- Наименование параметра – поле *param* (тип **string**);
- Обозначение прибора – поле *pribor* (тип **string**);
- Позиционное обозначение прибора – поле *poz* (тип **string**);
- Количество проводов у датчика – поле *countprov* (тип **int**);
- Наличие термочехла у датчика – поле *termchek* (тип **bool**);
- Номер клеммной коробки, в которую заходит датчик – поле *klemm_korob* (тип **int**);
- Длина кабеля в метрах от датчика до клеммной коробки – поле *length_cabel_dbk* (тип **double**);
- Длина кабеля в метрах от клеммной коробки до шкафа (либо от датчика до шкафа) – поле *length_cabel_dbsh* (тип **double**);
- Тип цепи датчика – поле *tcep* (тип **string**);
- Наименование блока управления, в котором расположен шкаф управления – поле *block* (тип **string**);
- Позиционное обозначения блока управления по ГП – поле *block_GP* (тип **string**);
- Наименование шкафа управления, в который подключается датчик – поле *shkav* (тип **string**);

– Полное наименование объекта (объект управления + подобъект управления + позиционное обозначение объекта управления по ГП) – поле ***Full_Name_Obj*** (тип **string**);

– Тип прокладки кабеля от датчика – поле ***Gasket*** (тип ***Gasket*** – пользовательский класс);

– Начальная координата рисования датчика по оси X – поле ***X_Start*** (тип **double**);

– Конечная координата рисования датчика по оси X – поле ***X_End*** (тип **double**);

– Минимальная координата рисования датчика по оси Y – поле ***Y_Min*** (тип **double**);

– Тип линии кабеля от датчика – поле ***Type_Line*** (тип **string**).

Полями класса ***IM*** являются следующие параметры:

– Порядковый номер исполнительного механизма – поле ***num*** (тип **string**);

– Наименование объекта управления, на котором расположен исполнительный механизм – поле ***obj*** (тип **string**);

– Наименование подобъекта управления, на котором расположен исполнительный механизм – поле ***Sub_obj*** (тип **string**);

– Позиционное обозначение объекта управления на ГП – поле ***obj_GP*** (тип **string**);

– Наименование исполнительного механизма – поле ***param*** (тип **string**);

– Тип цепи исполнительного механизма – поле ***tcep*** (тип **string**);

– Номер объединения исполнительных механизмов с интерфейсным типом сигнала – поле ***Unity_Interface*** (тип **int**);

– Номер клеммной коробки, в которую заходит исполнительный механизм – поле ***klemm_korob*** (тип **int**);

- Длина кабеля в метрах от исполнительного механизма до клеммной коробки – поле *length_cabel_dbk* (тип **double**);
- Длина кабеля в метрах от клеммной коробки до шкафа (либо от исполнительного механизма до шкафа) – поле *length_cabel_dbsh* (тип **double**);
- Наименование блока управления, в котором расположен шкаф управления – поле *block* (тип **string**);
- Позиционное обозначения блока управления по ГП – поле *block_GP* (тип **string**);
- Наименование шкафа управления, в который подключается прибор – поле *shkav* (тип **string**);
- Полное наименование объекта (объект управления + подобъект управления + позиционное обозначение объекта управления по ГП) – поле *Full_Name_Obj* (тип **string**);
- Перечень сигналов исполнительного механизма – поле *Signal* (тип *List<Signal>*);
- Тип прокладки кабеля от исполнительного механизма – поле *Gasket* (тип **Gasket**);
- Начальная координата рисования исполнительного механизма по оси X – поле *X_Start* (тип **double**);
- Конечная координата рисования исполнительного механизма по оси X – поле *X_End* (тип **double**);
- Минимальная координата рисования исполнительного механизма по оси Y – поле *Y_Min* (тип **double**);
- Тип линии кабеля от исполнительного механизма – поле *Type_Line* (тип **string**).

Для хранения информации о прокладке кабеля от датчиков и исполнительных создан класс **Gasket**.

Полями класса **Gasket** являются следующие параметры:

1. Кабель от датчика/ИМ до клеммной коробки (при наличии) или до шкафа управления:

- Тип рукава – поле ***Ruk*** (тип ***string***);
- Длина рукава – поле ***Length_Ruk*** (тип ***double***);
- Тип трубы – поле ***Pipe*** (тип ***string***);
- Длина трубы – поле ***Length_Pipe*** (тип ***double***);
- Количество переходников металлорукав-короб – поле ***Count_m_k*** (тип ***int***);
- Количество переходников металлорукав-труба – поле ***Count_m_t*** (тип ***int***);
- Количество дополнительных гаек – поле ***Gaika*** (тип ***int***).

2. Кабель от клеммной коробки (при наличии) до шкафа управления:

- Тип рукава – поле ***Ruk_Korob*** (тип ***string***);
- Длина рукава – поле ***Length_Ruk_Korob*** (тип ***double***);
- Тип трубы – поле ***Pipe_Korob*** (тип ***string***);
- Длина трубы – поле ***Length_Pipe_Korob*** (тип ***double***);
- Количество переходников металлорукав-короб – поле ***Count_m_k_Korob*** (тип ***int***);
- Количество переходников металлорукав-труба – поле ***Count_m_t_Korob*** (тип ***int***);
- Количество дополнительных гаек – поле ***Gaika_Korob*** (тип ***int***).

Для хранения информации о перечне сигналов у исполнительных механизмов создан класс ***Signal***.

Полями класса ***Signal*** являются следующие параметры:

- Наименование сигнала – поле ***name_signal*** (тип ***string***);
- Тип сигнала – поле ***type_signal*** (тип ***string***).

Для формирования разбиения по листам созданы классы ***DA_List*** (для датчиков) и ***IM_List*** (для исполнительных механизмов).

Полями данных классов являются следующие параметры:

- Формат листа – поле *format_list* (тип *string*);
- Ширина листа – поле *Width_list* (тип *double*);
- Начальная координата рисования листа по оси X (тип *double*);
- Начальная координата рисования листа по оси Y (тип *double*);
- Минимальная координата рисования на листе по оси Y (тип *double*);
- Массив данных по датчикам и исполнительным механизмам на листе – поля *Mas_DA* (тип *List<DA>*) и *Mas_IM* (тип *List<IM>*) соответственно.

После считывания данных из таблицы исходных данных Excel производится выполнение основных алгоритмов данного модуля.

1.5.2.1 Формирование перечня схем внешних проводок для датчиков

Для формирования перечня схем внешних проводок для датчиков используются следующие алгоритмы:

- Разделение датчиков по объектам;
- Разделение датчиков в рамках каждого объекта на чертежные листы;
- Формирование массива данных с разделенными на объекты и чертежные листы датчиками;
- Рисование датчиков.

1.5.2.2 Разделение датчиков по объектам

1. Работа данного алгоритма начинается с поиска всех объектов в системе и запись их в отдельный массив *obj*.

2. Далее в работе алгоритма применяется язык запросов **LINQ**. Язык **LINQ** – это язык структурированных запросов, интегрированный в контекст

циклов, условных операторов и процедур. Для разделения на объекты используется операция **GroupBy** языка LINQ. Данная операция относится к операции группирования, которые помогают объединять вместе элементы последовательности по общему ключу. Данная операция используется для группирования элементов входной последовательности.

3. Производится группировка элементов массива *obj*. Далее производится подсчет количества различных объектов и запись данного значения в переменную *countAllObjDA*.

4. После этого формируется два массива *allObjDA* и *allObjCountDA*. В первом массиве хранится информация о наименовании всех имеющихся объектов в текущем проекте. Во втором массиве хранится количество приборов, относящихся к определенному объекту в массиве *allObjDA* соответственно.

1.5.2.3 Разделение датчиков в рамках каждого объекта на чертежные листы

1. Осуществляется перебор полученного массива *allObjDA*. В данном цикле производятся следующие действия:

1.1. Осуществляется перебор массива исходных данных по датчикам (массив *Init_Data_SVP_DA*), которые не подключаются в клеммную коробку, и поиск текущего объекта массива *allObjDA* среди всех. После нахождения нужного элемента производится добавление его в список *DA_Temp*. Данный список имеет тип данных *List<DA>*.

1.2. После формирования списка *DA_Temp* осуществляется перебор его элементов. В данном цикле осуществляются следующие действия:

1.2.1. Осуществляется вычисление текущей координаты по оси X и минимальной координата по оси Y для текущего датчика:

1.2.1.1. В зависимости от типа прибора определяется смещение координаты (переменная *delta*).

1.2.1.2. Производится добавление полученного смещения *delta* к текущей координате по оси X. Осуществляется проверка на то, находится ли текущий прибор за пределами листа максимального формата. Максимальный формат задается при загрузке модуля (рисунок 3). В случае, если текущий прибор выходит за границы листа, переменной *over* (тип *bool*) присваивается значение *true*.

1.2.2. Если значение переменной *over* равно *false* (датчик не выходит за границы листа), осуществляется следующее:

1.2.2.1. Происходит добавление информации по текущему датчику в список *Temp_DA* (тип *List<DA>*).

1.2.2.2. Для текущего датчика определяются стартовая координата X (поле *X_Start* класса *DA*), конечная координата по оси X (поле *X_End* класса *DA*), минимальная координата по оси Y (поле *Y_Min* класса *DA*) и тип линии кабеля (поле *Type_Line* класса *DA*).

1.2.3. Если значение переменной *over* равно *true* (датчик выходит за границы листа), осуществляется следующее:

1.2.3.1 Формируется экземпляр *new_pribor* класса *DA_List*.

1.2.3.2. Полю *Mas_DA* присваивается значения списка *Temp_DA*. Далее происходит определение формата текущего листа и ширины листа данного формата. Полученные данные заносятся в поля *format_list* и *Width_list* экземпляра *new_pribor* соответственно.

1.2.3.3. Происходит запись начальной координаты листа по оси X и Y (поля *X_Start* и *Y_Start* соответственно). Также определяется минимальная координата по оси Y (поле *Y_Min*).

1.2.3.4. Производится добавление полученного листа в общий список листов по данному объекту (список *DA_Obj* (тип *List<DA_List>*)).

1.2.3.5. Осуществляется смещение начальной координаты рисования следующего листа на ширину текущего листа.

1.2.4. В случае, если перебор датчиков закончился и значение переменной *over* равно *false* (все отобранные датчики помещаются на лист максимального формата), повторно выполняются шаги 1.2.3.1 – 1.2.3.5.

1.3. Осуществляется перебор массива исходных данных по датчикам (массив *Init_Data_SVP_DA*), которые подключаются в клеммную коробку, и поиск текущего объекта массива *allObjDA* среди всех. После нахождения нужного элемента производится добавление его в список *DA_Temp*.

1.4. После формирования списка *DA_Temp* осуществляется перебор его элементов. В данном цикле осуществляются следующие действия:

1.4.1. Осуществляется определение числа клеммных коробок в рамках данного объекта, разделение датчиков на клеммные коробки, в которые они подключаются. Разделение производится аналогичным образом, как разделение датчиков по объектам.

1.4.2. Осуществляется перебор каждой клеммной коробки в рамках текущего объекта. В данном цикле производятся следующие действия:

1.4.2.1. Производится перебор датчиков в рамках текущей клеммной коробки. В данном цикле производятся следующие действия:

1.4.2.1.1. Осуществляется вычисление текущей координаты по оси X и минимальная координата по оси Y для текущего датчика (шаги 1.2.1.1 – 1.2.1.2 данного алгоритма).

1.4.2.1.2. Если значение переменной *over* равно *true* и число клеммных коробок на данном листе не равно одному, значит текущая клеммная коробка не помещается в текущий лист, производится выход из цикла. Иначе переход на шаг 1.4.2.1.3.

1.4.2.1.3 Происходит добавление информации по текущему датчику в список *Temp_DA_2* (тип *List<DA>*). Данный список необходим для определения датчиков, подключаемых в клеммные коробки, которые точно уместятся на текущем листе.

1.4.2.1.4 Для текущего датчика определяются стартовая координата X (поле *X_Start* класса *DA*), конечная координата по оси X (поле *X_End* класса

DA), минимальная координата по оси Y (поле *Y_Min* класса *DA*) и тип линии кабеля (поле *Type_Line* класса *DA*).

1.4.2.2. Если значение переменной *over* равно *false*, определяется минимальное значение координаты по оси Y на листе. Далее происходит проверка на пересечение чертежа клеммной коробки со штампом чертежной рамки. В случае пересечения переменной *korob_fun* (тип *bool*) присваивается значение *true*, иначе – значение *false*.

1.4.2.3. Если значение переменной *over* равно *false* и значение переменной *korob_fun* равно *false*, что означает, что датчики, подключаемые в текущую клеммную коробку, не выходят за лист максимального формата и чертеж клеммной коробки не пересекает штамп чертежной рамки, происходит добавление в список *Temp_DA* (тип *List<DA>*) значения списка *Temp_DA_2*.

1.4.2.4. Если значение переменной *over* или переменной *korob_fun* равно *true* осуществляются шаги 1.2.3.1 – 1.2.3.5 данного алгоритма.

1.4.3. В случае, если перебор клеммных коробок и датчиков закончился и значение переменной *over* равно *false* (все отобранные клеммные коробки и датчики помещаются на лист максимального формата), выполняются шаги 1.2.3.1 – 1.2.3.5.

1.5. После формирования общего списка датчиков *DA_Obj* по данному объекту осуществляется добавление его в общий список объектов *Init_List_DA*, имеющий тип *List<List<DA_List>>*.

1.6. Происходит смещение начальной координаты рисования листов текущего объекта по оси Y.

1.5.2.4 Рисование датчиков

После формирования общего массива данных по датчикам с разделением их на объекты и чертежные листы по каждому объекту производится рисование датчиков. Осуществляется перебор всех объектов массива *Init_List_DA* и перебор всех датчиков в рамках текущего объекта. В

данных циклах происходит вызов функций рисования необходимых примитивов в нужных координатах, определяемым данными из массива *Init_List_DA*. Пример нескольких сформированных чертежей для датчиков приведен в приложении Д.

1.5.2.5 Формирование перечня схем внешних проводок для исполнительных механизмов

Для формирования перечня схем внешних проводок для исполнительных механизмов используются следующие алгоритмы:

- Разделение исполнительных механизмов по типам сигнала;
- Разделение исполнительных механизмов для каждого типа сигнала на чертежные листы;
- Формирование массива данных с разделенными на типы сигнала и чертежные листы исполнительными механизмами;
- Рисование исполнительных механизмов.

1.5.2.6 Разделение исполнительных механизмов по типам сигнала

1. Осуществляется перебор массива исходных данных по исполнительным механизмам *Init_Data_SVP_IM* и подсчет количества исполнительных механизмов каждого типа сигнала.

2. Осуществляется формирование массивов с порядковыми номерами исполнительных механизмов в массиве исходных данных по каждому типу сигнала.

1.5.2.7 Разделение исполнительных механизмов для каждого типа сигнала на чертежные листы

1. Для каждого типа сигнала производятся следующие действия:

1.1. Осуществляется перебор массива исходных данных по исполнительным механизмам, которые не подключаются в клеммную

коробку. После нахождения нужного элемента производится добавление его в список *IM_Temp*. Данный список имеет тип данных *List<IM>*.

1.2. После формирования списка *IM_Temp* осуществляется перебор его элементов. В данном цикле осуществляются следующие действия:

1.2.1. Осуществляется вычисление текущей координаты по оси X для текущего исполнительного механизма:

1.2.1.1. К текущей координате по оси X добавляется значение 60. Осуществляется проверка на то, находится ли текущий прибор за пределами листа максимального формата. Максимальный формат задается при загрузке модуля (рисунок 3). В случае, если текущий исполнительный механизм выходит за границы листа, переменной *over* (тип *bool*) присваивается значение *true*.

1.2.2. Если значение переменной *over* равно *false* (исполнительный механизм не выходит за границы листа), осуществляется следующее:

1.2.2.1. Происходит добавление информации по текущему исполнительному механизму в список *Temp_IM* (тип *List<IM>*).

1.2.2.2. Для текущего исполнительного механизма определяются стартовая координата X (поле *X_Start* класса *IM*), конечная координата по оси X (поле *X_End* класса *IM*), минимальная координата по оси Y (поле *Y_Min* класса *IM*) и тип линии кабеля (поле *Type_Line* класса *IM*).

1.2.3. Если значение переменной *over* равно *true* (исполнительный механизм выходит за границы листа), осуществляется следующее:

1.2.3.1 Формируется экземпляр *new_IM* класса *IM_List*.

1.2.3.2. Полю *Mas_IM* присваивается значения списка *Temp_IM*. Далее происходит определение формата текущего листа и ширины листа данного формата. Полученные данные заносятся в поля *format_list* и *Width_list* экземпляра *new_IM* соответственно.

1.2.3.3. Происходит запись начальной координаты листа по оси X и Y (поля *X_Start* и *Y_Start* соответственно). Также определяется минимальная координата по оси Y (поле *Y_Min*).

1.2.3.4. Производится добавление полученного листа в общий список листов по данному типу сигнала (список *IM_Type* (тип *List<IM_List>*)).

1.2.3.5. Осуществляется смещение начальной координаты рисования следующего листа на ширину текущего листа.

1.2.4. В случае, если перебор исполнительных механизмов закончился и значение переменной *over* равно *false* (все отобранные исполнительные механизмы помещаются на лист максимального формата), повторно выполняются шаги 1.2.3.1 – 1.2.3.5.

1.3. Осуществляется перебор массива исходных данных по исполнительным механизмам, которые подключаются в клеммную коробку. После нахождения нужного элемента производится добавление его в список *IM_Temp*.

1.4. После формирования списка *IM_Temp* осуществляется перебор его элементов. В данном цикле осуществляются следующие действия:

1.4.1. Осуществляется определение числа клеммных коробок для данного типа сигнала, разделение исполнительных механизмов на клеммные коробки, в которые они подключаются. Разделение производится аналогичным образом, как разделение датчиков по объектам.

1.4.2. Осуществляется перебор каждой клеммной коробки для данного типа сигнала. В данном цикле производятся следующие действия:

1.4.2.1. Производится перебор датчиков в рамках текущей клеммной коробки. В данном цикле производятся следующие действия:

1.4.2.1.1. Осуществляется вычисление текущей координаты по оси X и минимальная координата по оси Y для текущего исполнительного механизма (шаги 1.2.1.1 – 1.2.1.2 данного алгоритма).

1.4.2.1.2. Если значение переменной *over* равно *true* и число клеммных коробок на данном листе не равно одному, значит текущая клеммная коробка не помещается в текущий лист, производится выход из цикла. Иначе переход на шаг 1.4.2.1.3.

1.4.2.1.3 Происходит добавление информации по текущему исполнительному механизму в список *Temp_IM_2* (тип *List<DA>*). Данный список необходим для определения исполнительных механизмов, подключаемых в клеммные коробки, которые точно уместятся на текущем листе.

1.4.2.1.4 Для текущего исполнительного механизма определяются стартовая координата *X* (поле *X_Start* класса *IM*), конечная координата по оси *X* (поле *X_End* класса *IM*), минимальная координата по оси *Y* (поле *Y_Min* класса *IM*) и тип линии кабеля (поле *Type_Line* класса *IM*).

1.4.2.2. Если значение переменной *over* равно *false*, определяется минимальное значение координаты по оси *Y* на листе. Далее происходит проверка на пересечение чертежа клеммной коробки со штампом чертежной рамки. В случае пересечения переменной *korob_fun* (тип *bool*) присваивается значение *true*, иначе – значение *false*.

1.4.2.3. Если значение переменной *over* равно *false* и значение переменной *korob_fun* равно *false*, что означает, что исполнительные механизмы, подключаемые в текущую клеммную коробку, не выходят за лист максимального формата и чертеж клеммной коробки не пересекает штамп чертежной рамки, происходит добавление в список *Temp_IM* (тип *List<IM>*) значения списка *Temp_IM_2*.

1.4.2.4. Если значение переменной *over* или переменной *korob_fun* равно *true* осуществляются шаги 1.2.3.1 – 1.2.3.5 данного алгоритма.

1.4.3. В случае, если перебор клеммных коробок и исполнительных механизмов закончился и значение переменной *over* равно *false* (все отобранные клеммные коробки и исполнительные механизмы помещаются на лист максимального формата), выполняются шаги 1.2.3.1 – 1.2.3.5.

1.5. После формирования общего списка исполнительных механизмов *IM_Type* по данному типу сигнала осуществляется добавление его в общий список объектов *Init_List_IM*, имеющий тип *List<List<IM_List>>*.

1.6. Происходит смещение начальной координаты рисования листов текущего объекта по оси Y.

1.5.2.8 Рисование исполнительных механизмов

После формирования общего массива данных по исполнительным механизмам с разделением их на типы сигнала и чертежные листы по каждому типу сигнала производится их рисование. Осуществляется перебор всех типов сигнала массива *Init_List_IM* и перебор всех исполнительных механизмов для текущего типа сигнала. В данных циклах происходит вызов функций рисования необходимых примитивов в нужных координатах, определяемым данными из массива *Init_List_IM*. Пример нескольких сформированных чертежей для исполнительных механизмов приведен в приложении Е.

Также в приложении Ж представлен пример сформированного листа с перечнем материалов.

1.5.3 Разработка программного модуля для построения кабельных журналов

Разработка данного модуля начиналась с определения, с какими исходными данными будет осуществляться работа данного модуля. Для этого был рассмотрен пример одного листа кабельного журнала (рисунок 7).

Кабель, жгут, труба	Направление		Направление по чертёжному расположению	Кабель, провод			Труба/Короб			Непосредков			Примечание
	Откуда	Куда		Марка, число жил, сечение	Длина, м		Марка, диаметр	Длина, м		Марка, диаметр	Длина, м		
					Проектируемая	Фактическая		Проектируемая	Фактическая		Проектируемая	Фактическая	
С-ЛТН1	Система Е-5 Зубовь 6	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	5					Дц20	5		
С-РТН1	Система Е-5 Давление нк	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	5					Дц20	5		
	Итого												
С-ТТН1	Система Е-5 Температура	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	7					Дц20	7		
С-АТН1	Система Е-5 Воздухопроводность	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	5					Дц20	5		
	Итого												
С-НЛ101	Система Е-5 Светлая	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип В1 4x10	5					Дц20	5		
	Снижающаяся воздухопроводность												
С-НАЛ101	Система Е-5 Светлобурая	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип В1 4x10	5					Дц20	5		
	Снижающаяся воздухопроводность												
С-ЛТ201	Система Е-6 Зубовь 6	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	5					Дц20	5		
С-РТ201	Система Е-6 Давление нк	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	5					Дц20	5		
	Итого												
С-ТТ201	Система Е-6 Температура	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	7					Дц20	7		
С-АТ201	Система Е-6 Воздухопроводность	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	5					Дц20	5		
	Итого												
С-НЛ201	Система Е-6 Светлая	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип В1 4x10	5					Дц20	5		
	Снижающаяся воздухопроводность												
С-НАЛ201	Система Е-6 Светлобурая	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип В1 4x10	5					Дц20	5		
	Снижающаяся воздухопроводность												
С-ЛТ301	Система Е-7/1 Зубовь 6	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	5					Дц20	5		
С-РТ301	Система Е-7/1 Давление нк	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	5					Дц20	5		
	Итого												
С-ТТ301	Система Е-7/1 Температура	Школа РСЗ Операторная		Кабель Тип А1 4x10	7					Дц20	7		

Рисунок 7 – Пример заполненного листа кабельного журнала

Создан класс *Cabel_List*, в котором хранится информация, необходимая для построения кабельного журнала. Полями класса являются следующие параметры:

- Маркировка кабеля (столбец «Кабель, жгут, труба» кабельного журнала) – поле *Cabel* (тип **string**);
- Наименование объекта, откуда идет кабель (столбец «Откуда») – поле *In* (тип **string**);
- Наименование объекта, куда приходит кабель (столбец «Куда») – поле *Out* (тип **string**);
- Наименование кабеля (столбец «Кабель, провод. Марка, число жил, сечение») – поле *Marka_Cab* (тип **string**);
- Длина кабеля в метрах (столбец «Кабель, провод. Проектируемая длина, м») – поле *Length_Cab* (тип **double**);
- Марка трубы (столбец «Труба/Короб. Марка, диаметр») – поле *Marka_Pipe* (тип **string**);

- Длина трубы (столбец «Труба/Короб. Проектируемая длина, м»)
- поле *Length_Pipe* (тип **double**);
- Марка металлорукава (столбец «Металлорукав. Марка, диаметр»)
- поле *Marka_Ruk* (тип **string**);
- Длина металлорукава (столбец «Металлорукав. Проектируемая длина, м») – поле *Length_Ruk* (тип **double**).

Далее осуществляется считывание данных из массивов исходных данных в поля созданного класса. В системе рассматриваются следующие случаи:

- Датчик или ИМ подключается напрямую в шкаф;
- Датчик подключается в шкаф через клеммную коробку;
- ИМ1 обвязан в линию с другим ИМ2, который подключается напрямую в шкаф.

Датчик подключается напрямую в шкаф

В столбце «Откуда» кабельного журнала указывается расположение датчика.

В столбце «Куда» кабельного журнала указывается соответствующий шкаф, куда подключается текущий датчик.

Поле *Cabel* формируется следующим образом: к строке «С-» добавляется наименование прибора (поле *pribor* класса **DA**) и позиционное обозначение прибора (поле *poz* класса **DA**) (например, С-LT1101).

Поле *In* формируется следующим образом: полное наименование объекта, на котором расположен прибор (поле *Full_Name_Obj* класса **DA**) и наименование параметра прибора (поле *param* класса **DA**) (например, Емкость Е-5. Уровень в емкости).

Поле *Out* формируется следующим образом: наименование шкафа, в который подключается текущий прибор (поле *shkav* класса **DA**) (например, Шкаф РСУ. Операторная (поз. 017 по ГП)).

Поле *Marka_Cab* формируется следующим образом: к строке «Кабель» добавляется наименование типа кабеля, который определяется на основе следующих параметров: количество приводов у прибора (поле *countprov* класса *DA*), тип цепи прибора (поле *tcep* класса *DA*) (например, Кабель Тип А1 4х1,0).

Поле *Length_Cab* формируется следующим образом: длина кабеля от прибора до шкафа в метрах (поле *length_cabel_dbsh* класса *DA*).

Поле *Marka_Pipe* формируется из типа трубы, который определяется в зависимости от типа прокладки от прибора до шкафа (поле *Gasket_dbk* класса *DA*), а также от диаметра трубы (поле *Pipe* класса *Gasket*) (например, Труба Ду20х2,8).

Поле *Length_Pipe* формируется в зависимости от типа прокладка от прибора до шкафа (поле *Gasket_dbk* класса *DA*), а также от длины самой трубы (поле *Length_Pipe* класса *Gasket*).

Поле *Marka_Ruk* формируется из типа металлорукава, который определяется в зависимости от типа прокладки от прибора до шкафа (поле *Gasket_dbk* класса *DA*), а также от диаметра металлорукава (поле *Ruk* класса *Gasket*) (например, Металлорукав Ду20).

Поле *Length_Ruk* формируется в зависимости от типа прокладка от прибора до шкафа (поле *Gasket_dbk* класса *DA*), а также от длины самого металлорукава (поле *Length_Ruk* класса *Gasket*).

Датчик подключается в шкаф через клеммную коробку

Трасса разбивается на два «участка»:

- Кабель от датчика до клеммной коробки;
- Кабель от коробки до шкафа.

Для «первого участка» в столбце «Откуда» кабельного журнала указывается расположение датчика.

Для «первого участка» в столбце «Куда» кабельного журнала указывается клеммная коробка, куда подключается прибор. При этом тип клеммной коробки подбирается автоматически в зависимости от количества

клемм и кабельных вводов (т.е. аналогичным образом, как при отрисовке схем соединений внешних проводок).

Для «первого участка» поля класса формируются следующим образом:

Поле **Cabel** формируется следующим образом: к строке «С-» добавляется наименование прибора (поле **pribor** класса **DA**) и позиционное обозначение прибора (поле **poz** класса **DA**).

Поле **In** формируется следующим образом: полное наименование объекта, на котором расположен прибор (поле **Full_Name_Obj** класса **DA**) и наименование параметра прибора (поле **param** класса **DA**).

Поле **Out** формируется следующим образом: полное наименование объекта, на котором расположена клеммная коробка (поле **Full_Name_Obj** класса **DA**), строка «Коробка зажимов JB» и наименование клеммной коробки (поле **klemm_korob** класса **DA**) (например, Коробка зажимов JB 17).

Поле **Marka_Cab** формируется следующим образом: к строке «Кабель» добавляется наименование типа кабеля, который определяется на основе следующих параметров: количество приводов у прибора (поле **countprov** класса **DA**), тип цепи прибора (поле **tcep** класса **DA**).

Поле **Length_Cab** формируется следующим образом: длина кабеля от прибора до клеммной коробки в метрах (поле **length_cabel_dbk** класса **DA**).

Поле **Marka_Pipe** формируется из типа трубы, который определяется в зависимости от типа прокладки от прибора до клеммной коробки (поле **Gasket_dbk** класса **DA**), а также от диаметра трубы (поле **Pipe** класса **Gasket**).

Поле **Length_Pipe** формируется в зависимости от типа прокладка от прибора до клеммной коробки (поле **Gasket_dbk** класса **DA**), а также от длины самой трубы (поле **Length_Pipe** класса **Gasket**).

Поле **Marka_Ruk** формируется из типа металлорукава, который определяется в зависимости от типа прокладки от прибора до клеммной коробки (поле **Gasket_dbk** класса **DA**), а также от диаметра металлорукава (поле **Ruk** класса **Gasket**) (например, Металлорукав Ду20).

Поле *Length_Ruk* формируется в зависимости от типа прокладка от прибора до клеммной коробки (поле *Gasket_dbk* класса *DA*), а также от длины самого металлорукава (поле *Length_Ruk* класса *Gasket*).

Для «второго участка» в столбце «Откуда» кабельного журнала указывается клеммная коробка.

Для «второго участка» в столбце «Куда» кабельного журнала указывается соответствующий шкаф, куда подключается прибор.

Для «второго участка» поля класса формируются следующим образом:

Поле *Cabel* формируется следующим образом: к строке «С-JB» добавляется наименование клеммной коробки (поле *klemm_korob* класса *DA*).

Поле *In* формируется следующим образом: полное наименование объекта, на котором расположена клеммная коробка (поле *Full_Name_Obj* класса *DA*), строка «Коробка зажимов JB» и наименование клеммной коробки (поле *klemm_korob* класса *DA*).

Поле *Out* формируется следующим образом: наименование шкафа, в который подключается текущий прибор (поле *shkav* класса *DA*).

Поле *Marka_Cab* формируется следующим образом: к строке «Кабель» добавляется наименование типа кабеля, который определятся на основе следующих параметров: количество проводов на выходе клеммной коробки (сумма полей *countprov* класса *DA* по каждому прибору), тип цепи клеммной коробки (поле *tcep* класса *DA*).

Поле *Length_Cab* формируется следующим образом: длина кабеля от клеммной коробки до шкафа в метрах (поле *length_cabel_dbsh* класса *DA*).

Поле *Marka_Pipe* формируется из типа трубы, который определяется в зависимости от типа прокладки от клеммной коробки до шкафа (поле *Gasket_dak* класса *DA*), а также от диаметра трубы (поле *Pipe* класса *Gasket*).

Поле *Length_Pipe* формируется в зависимости от типа прокладка от клеммной коробки до шкафа (поле *Gasket_dak* класса *DA*), а также от длины самой трубы (поле *Length_Pipe* класса *Gasket*).

Поле *Marka_Ruk* формируется из типа металлорукава, который определяется в зависимости от типа прокладки от клеммной коробки до шкафа (поле *Gasket_dak* класса *DA*), а также от диаметра металлорукава (поле *Ruk* класса *Gasket*) (например, Металлорукав Ду20).

Поле *Length_Ruk* формируется в зависимости от типа прокладка от клеммной коробки до шкафа (поле *Gasket_dak* класса *DA*), а также от длины самого металлорукава (поле *Length_Ruk* класса *Gasket*).

Для исключения многократного внесения (n раз) в кабельный журнал «второго участка» в алгоритме учтено, что в клеммную коробку подключено n-ное количество датчиков.

Исполнительный механизм подключается напрямую в шкаф

В столбце «Откуда» кабельного журнала указывается расположение исполнительного механизма.

В столбце «Куда» кабельного журнала указывается соответствующий шкаф, куда подключается исполнительный механизм.

Поле *Cabel* формируется следующим образом: к строке «С-» добавляется наименование исполнительного механизма (поле *param* класса *IM*) (например, С-117э).

Поле *In* формируется следующим образом: полное наименование объекта, на котором расположен исполнительный механизм (поле *Full_Name_Obj* класса *IM*) и наименование исполнительного механизма (поле *param* класса *IM*) (например, Емкость Е-5. Задвижка 117э).

Поле *Out* формируется следующим образом: наименование шкафа, в который подключается текущий исполнительный механизм (поле *shkav* класса *IM*) (например, Шкаф РСУ. Операторная (поз. 017 по ГП)).

Поле *Marka_Cab* формируется следующим образом: к строке «Кабель» добавляется наименование типа кабеля, который определятся на

основе следующих параметров: количество приводов у исполнительного механизма (количество элементов поля **Signal** класса **IM**), тип цепи исполнительного механизма (поле **tcep** класса **IM**) (например, Кабель Тип А1 4х1,0).

Поле **Length_Cab** формируется следующим образом: длина кабеля от исполнительного механизма до шкафа в метрах (поле **length_cabel_dbsh** класса **IM**).

Поле **Marka_Pipe** формируется из типа трубы, который определяется в зависимости от типа прокладки от исполнительного механизма до шкафа (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от диаметра трубы (поле **Pipe** класса **Gasket**) (например, Труба Ду20х2,8).

Поле **Length_Pipe** формируется в зависимости от типа прокладка от исполнительного механизма до шкафа (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от длины самой трубы (поле **Length_Pipe** класса **Gasket**).

Поле **Marka_Ruk** формируется из типа металлорукава, который определяется в зависимости от типа прокладки от исполнительного механизма до шкафа (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от диаметра металлорукава (поле **Ruk** класса **Gasket**) (например, Металлорукав Ду20).

Поле **Length_Ruk** формируется в зависимости от типа прокладка от исполнительного механизма до шкафа (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от длины самого металлорукава (поле **Length_Ruk** класса **Gasket**).

ИМ1 обязан в линию с другим ИМ2, который подключается напрямую в шкаф

Трасса разбивается на два «участка»:

- Кабель от ИМ1 до ИМ2;
- Кабель от ИМ2 до шкафа.

Для «первого участка» в столбце «Откуда» кабельного журнала указывается расположение ИМ1.

Для «первого участка» в столбце «Куда» кабельного журнала указывается ИМ2, с которым обязан ИМ1.

Для «первого участка» поля класса формируются следующим образом:

Поле **Cabel** формируется следующим образом: к строке «С-» добавляется наименование ИМ1 (поле **param** класса **IM**).

Поле **In** формируется следующим образом: полное наименование объекта, на котором расположен ИМ1 (поле **Full_Name_Obj** класса **IM**) и наименование ИМ1 (поле **param** класса **IM**).

Поле **Out** формируется следующим образом: полное наименование объекта, на котором расположен ИМ2 (поле **Full_Name_Obj** класса **IM**) и наименование ИМ2 (поле **param** класса **IM**).

Поле **Marka_Cab** формируется следующим образом: к строке «Кабель» добавляется наименование типа кабеля, который определяется на основе следующих параметров: количество приводов у ИМ1 (количество элементов поля **Signal** класса **IM**), тип цепи ИМ1 (поле **tcep** класса **IM**).

Поле **Length_Cab** формируется следующим образом: длина кабеля от ИМ1 до ИМ2 в метрах (поле **length_cabel_dbsh** класса **IM**).

Поле **Marka_Pipe** формируется из типа трубы, который определяется в зависимости от типа прокладки от ИМ1 до ИМ2 (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от диаметра трубы (поле **Pipe** класса **Gasket**) (например, Труба Ду20х2,8).

Поле **Length_Pipe** формируется в зависимости от типа прокладка от ИМ1 до ИМ2 (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от длины самой трубы (поле **Length_Pipe** класса **Gasket**).

Поле **Marka_Ruk** формируется из типа металлорукава, который определяется в зависимости от типа прокладки от ИМ1 до ИМ2 (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от диаметра металлорукава (поле **Ruk** класса **Gasket**) (например, Металлорукав Ду20).

Поле **Length_Ruk** формируется в зависимости от типа прокладка от ИМ1 до ИМ2 (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от длины самого металлорукава (поле **Length_Ruk** класса **Gasket**).

Для «второго участка» в столбце «Откуда» кабельного журнала указывается ИМ2.

Для «второго участка» в столбце «Куда» кабельного журнала указывается соответствующий шкаф, куда подключается прибор.

Для «второго участка» поля класса формируются следующим образом:

Поле **Cabel** формируется следующим образом: к строке «С-» добавляется наименование ИМ2 (поле **param** класса **IM**).

Поле **In** формируется следующим образом: полное наименование объекта, на котором расположен ИМ2 (поле **Full_Name_Obj** класса **IM**) и наименование ИМ2 (поле **param** класса **IM**).

Поле **Out** формируется следующим образом: наименование шкафа, в который подключается ИМ2 (поле **shkav** класса **IM**).

Поле **Marka_Cab** формируется следующим образом: к строке «Кабель» добавляется наименование типа кабеля, который определяется на основе следующих параметров: количество приводов у ИМ2 (количество элементов поля **Signal** класса **IM**), тип цепи ИМ2 (поле **tcep** класса **IM**).

Поле **Length_Cab** формируется следующим образом: длина кабеля от ИМ2 до шкафа в метрах (поле **length_cabel_dbsh** класса **IM**).

Поле **Marka_Pipe** формируется из типа трубы, который определяется в зависимости от типа прокладки от ИМ1 до ИМ2 (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от диаметра трубы (поле **Pipe** класса **Gasket**) (например, Труба Ду20х2,8).

Поле **Length_Pipe** формируется в зависимости от типа прокладка от ИМ2 до шкафа (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от длины трубы (поле **Length_Pipe** класса **Gasket**).

Поле **Marka_Ruk** формируется из типа металлорукава, который определяется в зависимости от типа прокладки от ИМ2 до шкафа (поле **Gasket_dbk** класса **IM**), а также от диаметра металлорукава (поле **Ruk** класса **Gasket**) (например, Металлорукав Ду20).

Поле *Length_Ruk* формируется в зависимости от типа прокладка от ИМ2 до шкафа (поле *Gasket_dbk* класса *IM*), а также от длины металлорукава (поле *Length_Ruk* класса *Gasket*).

В алгоритме учтено обвязка n-ного количества ИМ.

Все вышеописанные действия производятся в функции, в которой последовательно по каждому случаю происходит формирование единого массива данных с учетом разбиения полученной информации на листы. Для учета разбиения на листы создано поле *next_list*, имеющее тип *bool*. Разбиение производится по следующему алгоритму:

1. Для каждого из вышеописанных случаев циклически производятся следующие действия:

1.1. Инициализируется экземпляр класса *Cabel_List*. Производится заполнение необходимых полей экземпляра класса.

1.2. Рассчитывается число строк в таблице, занимаемое значением поля *In* и поля *Out* экземпляра класса *Cabel_List*.

1.3. Выбирается наибольшее значение числа строк.

1.4. Полученное значение добавляется к общему счетчику. Если значение счетчика превысит 28 (максимальное число строк в таблице кабельного журнала на листе формата А3), то для текущего экземпляра класса полю *next_list* присваивается значение *true*.

В момент вызова функции отрисовки таблиц кабельного журнала по полученным данным из общего массива, алгоритм проверяет значение поля *next_list*, и в при значении *true* производится переход на следующий лист (смещение начальных координат отрисовки).

Также в данном модуле реализовано формирование ведомости потребности кабелей (рисунок 8).

Ведомость потребности кабелей

Марка кабеля	Число пар в кабелях, диаметр жил							Количество отрезков кабелей
	4x1,0	5x1,0	7x1,0	10x1,0	14x1,0	2x2x1,0	-	
Кабель Тип А	2550	16600	500	1400	1800			368
Кабель Тип В	880	700	200	2800				116
Кабель Тип Е						300		3

Рисунок 8 – Ведомость потребности кабелей

Данная ведомость содержит в себе информацию о том, сколько необходимо кабеля (в метрах и в количестве числа отрезков кабеля) определенной марки и определенного числа пар в кабелях. Ведомость формируется на основе значения длин кабелей исходной таблицы данных.

Пример нескольких сформированных листов кабельного журнала представлен в приложении 3.

Выводы по основной части

В результате выполненной работы была разработана система автоматизированного проектирования документации АСУ ТП. Использование данной системы позволит сократить трудозатраты на разработку различных проектов, минимизировать число ошибок проектировщика, увеличить эффективность разработки документации.

В работе был проведен обзор и сравнительный анализ алгоритмов сортировки, использование которых было необходимо в некоторых задачах, решаемых разработанной системой. Было проведено теоретическое и экспериментально сравнение двух алгоритмов сортировки, в результате обоих сравнений было выявлено, что применение алгоритма сортировки методом простых вставок для данных задач более эффективно, чем использование алгоритма сортировки методом пузырька.

2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

2.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования




Потенциальными потребителями результатов исследования и разработки являются предприятия, занимающиеся проектной деятельностью, а именно разрабатывающие проектную документацию на автоматизированные системы управления технологическими процессами. Научное исследование рассчитано на проектные организации, которые производят разработку документации в ручном режиме, выполняют множество проектов, в том числе и на автоматизированные системы. Таким образом, в работе рассматривается система автоматизированного проектирования, которая позволит автоматизировать процесс разработки документации на техническое обеспечение автоматизированных систем.

В таблице 4 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, процесс разработки документации.

Таблица 4 – Карта сегментирования рынка

		Процесс разработки документации		
		Разработка в автоматизированном режиме	Разработка в полуавтоматизированном режиме	Разработка в ручном режиме
Размер компании	Мелкие			
	Средние			
	Крупные			

Примечание:

 – Компания А  – Компания В  – Компания С

Из полученной таблицы видно, что крупные и средние компании относятся к основным сегментам, так как данные компании разрабатывают документацию в автоматизированном режиме. Таким образом, можно сделать вывод о том, что необходимо направить максимальные усилия и

ресурсы предприятия на разработку систем, позволяющих автоматизировать процесс разработки документации.

2.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты (таблица 5). Для оценки эффективности научной разработки сравниваются разрабатываемая система автоматизированного проектирования документации АСУ ТП с зарубежными аналогами данной системы, такими, как E3.Series и EPlan.

Критерии подобраны так, чтобы показать преимущества разработки собственной системы автоматизированного проектирования по сравнению с зарубежными аналогами.

Таблица 5 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Повышение эффективности разработки документации	0,09	5	5	4	0,45	0,45	0,36
Степень автоматизации	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Потребление ресурсов	0,07	4	3	4	0,28	0,21	0,28
Безопасность	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
Необходимость в адаптации	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
Наличие необходимого функционала	0,09	5	3	3	0,45	0,27	0,27
Уровень завершенности системы	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность системы	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
Стоимость лицензий	0,11	5	3	3	0,55	0,33	0,33

Продолжение таблицы 5 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Послепродажное обслуживание	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Срок выхода на рынок	0,09	4	5	5	0,36	0,45	0,45
Итого	1	54	48	49	4,52	3,69	4,05

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: повышение эффективности разработки документации, большая степень автоматизации, низкая стоимость лицензий. В зарубежных аналогах имеется избыточность функционала, так как большинство функций не требуются проектировщикам и, в свою очередь, усложняют работу с программой. В разрабатываемой системе имеются только нужные для проектировщика функции. Однако, разработка не завершена полностью, разработана только часть функционала, поэтому мы не можем делать точные прогнозы на такой экономический показатель, как срок выхода на рынок.

2.1.3 Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Построение диаграммы начинают с формулировки проблемной области/темы, которая является объектом анализа и наносится на центральную горизонтальную стрелку диаграммы.

Затем выявляются факторы/группы факторов, влияющие на объект анализа.

Выявленные факторы подводят к стрелкам диаграммы первого уровня.

Далее к каждой стрелке подводят стрелки второго уровня, к которым, в свою очередь, подводят стрелки третьего уровня и т. д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа. Каждый фактор более низкого уровня будет являться следствием по отношению к причине более высокого уровня.

Полученная причинно-следственная диаграмма представлена на рисунке 9.

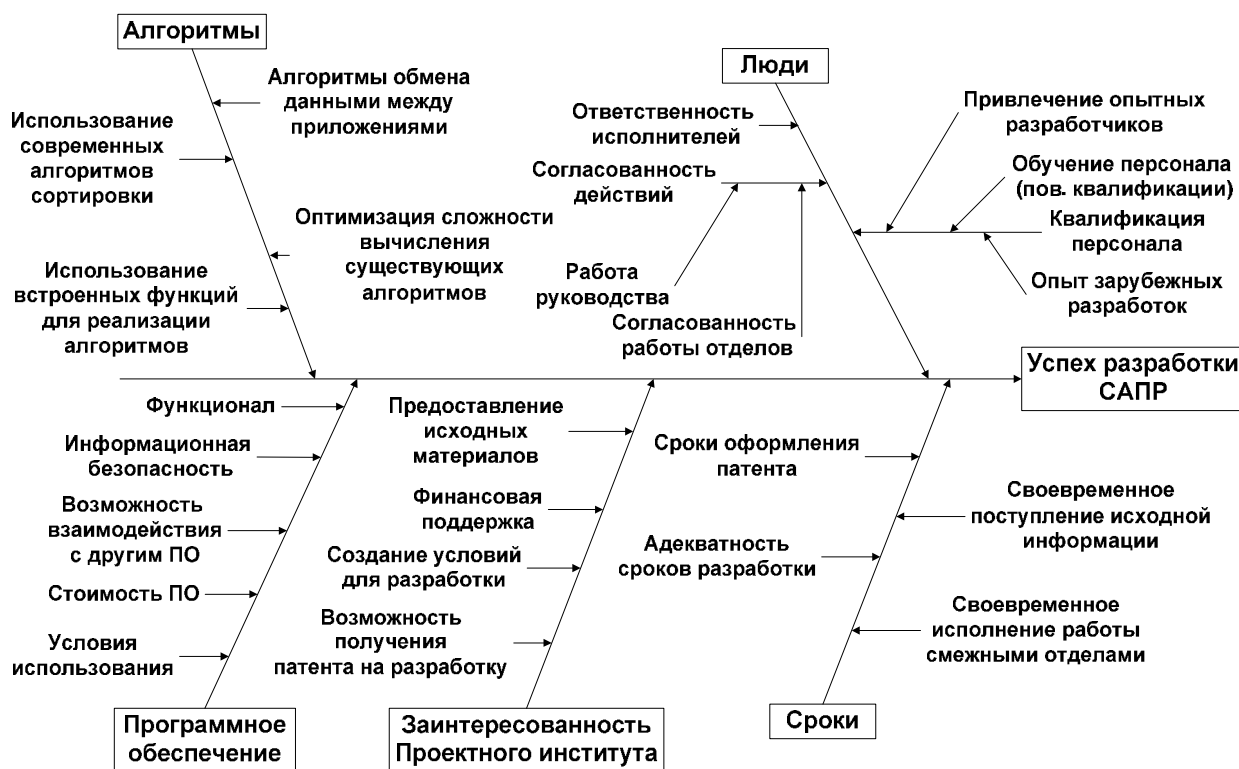


Рисунок 9 – Диаграмма Исикава

2.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ проводится в несколько этапов. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлять в табличной форме (таблица 6).

Таблица 6 – Первый этап SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Снижение ручного труда при разработке документации; С2. Снижение числа вероятных ошибок при проектировании; С3. Более низкая стоимость лицензий по сравнению с аналогами; С4. Простота в обучении пользователей для работы с системой; С5. Наличие только необходимого функционала, отсутствие избыточности функционала.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1: Недостаток квалифицированных кадров для разработки и обслуживания системы; Сл2: Сложность тестирования разработки (невозможность учесть все варианты); Сл3: Незаконченность работ по разработке системы (реализовано меньше половины функционала системы, большой перечень функций, подлежащих разработке); Сл4: Появление ошибок в результате работы системы в случае большого количества и сложности исходных данных; Сл5: Увеличение времени работы системы при увеличении количества исходных данных.</p>
<p>Возможности: В1: Использование лицензионного программного обеспечения при разработке; В2: Возможность получения патента на разработку; В3: Тесное взаимодействие с пользователями будущей разработки, быстрое получение обратной связи; В4: Большой спрос на разработку в рамках Компании;</p>		

Продолжение таблицы 6 – Первый этап SWOT-анализа

В5: Использование существующих разработок специалистов проектного института.		
Угрозы: У1: Изменение нормативной базы, стандартов и требований к результатам работы программы; У2: Переход на другую платформу проектирования, на основе которой ведется разработка; У3: Разработки конкурентов; У4: Отсутствие финансирования; У5: Возможные угрозы информационной безопасности.		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	0	+	0	+	0
	В2	-	0	0	-	+
	В3	0	+	0	+	+
	В4	+	+	+	+	0
	В5	-	0	+	+	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	0	0	+	0	0
	В2	-	+	+	+	0
	В3	+	+	+	+	-
	В4	+	0	+	+	0
	В5	0	+	+	+	0

Продолжение таблицы 7 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	0	+	-	-	+
	У2	-	+	-	-	+
	У3	-	-	+	+	+
	У4	-	-	0	-	-
	У5	-	0	+	-	+
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	0	+	-	-
	У2	+	+	+	+	+
	У3	-	0	0	0	0
	У4	+	-	+	-	-
	У5	+	-	+	+	-

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 8).

Таблица 8 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Снижение ручного труда при разработке документации; С2. Снижение числа вероятных ошибок при проектировании; С3. Более низкая стоимость лицензий по сравнению с аналогами; С4. Простота в обучении пользователей для работы с системой; С5. Наличие только необходимого функционала, отсутствие избыточности функционала.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1: Недостаток квалифицированных кадров для разработки и обслуживания системы; Сл2: Сложность тестирования разработки (невозможность учесть все варианты); Сл3: Незаконченность работ по разработке системы (реализовано меньше половины функционала системы, большой перечень функций, подлежащих разработке); Сл4: Появление ошибок в результате работы системы в случае большого количества и сложности исходных данных; Сл5: Увеличение времени работы системы при увеличении количества и сложности исходных данных.</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 8 – Итоговая матрица SWOT-анализа

<p>Возможности: В1: Использование лицензионного программного обеспечения при разработке; В2: Возможность получения патента на разработку; В3: Тесное взаимодействие с пользователями будущей разработки, быстрое получение обратной связи; В4: Большой спрос на разработку в рамках Компании; В5: Использование существующих разработок специалистов проектного института.</p>	<p>В1С2 – использовать лицензионное программное обеспечение для применения различных инструментов при разработке, например отладка, что позволит снизить число ошибок; В1С4 – проходить различные обучающие курсы, с помощью которых можно просто обучиться работе с программой; В2С5 – получить патент с необходимым функционалом; В3С2 – тесно взаимодействовать с пользователями программы, что позволит на этапе разработки выявить некоторые ошибки, возникающие при проектировании и устранить их; В3С4 – на этапе разработки программы пользователям, которые давали обратную связь, будет проще научиться в ней работать; В4С1С2С3С4 – перечисленные сильные стороны имеют большой спрос на данную разработку; В5С3 – использование уже готовых разработок позволит сократить затраты, следовательно снизит стоимость лицензий; В5С4 – нет необходимости в повторном обучении пользователей работе с частями программы, используемыми пользователями ранее.</p>	<p>В1Сл3 – использовать различные форумы, курсы, предлагаемые поставщиками лицензионного программного обеспечения, чтобы найти решения, необходимые для реализации той или иной задачи; В2Сл2Сл3Сл4 – получить патент на законченную и работоспособную программу; В3Сл1 – при выявлении ошибок на этапе разработки будет требоваться корректировка программы, и за недостатком кадров на это потребуется больше времени; В3Сл2Сл3Сл4 – при выявлении ошибок необходима доработка функционала, следовательно может появиться дополнительная сложность в тестировании программы, дополнительные ошибки и увеличение времени работы программы; В4Сл1 – при большом спросе в данной разработке Компания может предоставить квалифицированных кадров для разработки данной системы; В4Сл3Сл4 – большой спрос будет на законченную программу с низкой вероятностью возникновения ошибок. В5Сл2Сл3Сл4 – при использовании готовых решений в случае возникновения каких-либо ошибок, можно получить консультацию у разработчиков.</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 8 – Итоговая матрица SWOT-анализа

		<p>B5Сл2Сл3Сл4 – при использовании готовых решений в случае возникновения каких-либо ошибок, можно получить консультацию у разработчиков данных решений.</p>
<p>Угрозы: У1: Изменение нормативной базы, стандартов и требований к результатам работы программы; У2: Переход на другую платформу проектирования, на основе которой ведется разработка; У3: Разработки конкурентов У4: Отсутствие финансирования; У5: Возможные угрозы информационной безопасности.</p>	<p>У1С2С5 – при переходе на новые стандарты возможны ошибки при проектировании, а также появляется необходимость в доработке функционала; У2С2 – при переходе на новую платформу проектирования возможно появление ошибок; У2С5 – возможно наличие нового функционала при переходе на новую платформу проектирования; У3С3 – лицензия на данную разработку будет стоить дешевле разработок конкурентов; У3С4 – данная разработка проще в обучении, чем разработки конкурентов; У3С5 – разработки конкурентов имеют избыточный функционал; У5С3 – при наличии необходимой системы безопасности стоимость лицензий будет расти; У5С5 – система информационной безопасности входит в необходимый функционал.</p>	<p>У1Сл1Сл3 – при переходе на новую нормативную базу будет требоваться больше работников для разработки; У2Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5 – при переходе на новую платформу появляется необходимость в переработке функционала, следовательно требуются дополнительные кадры, возможны появления новых ошибок, трудностей при разработке; У4Сл1Сл3 – при отсутствии финансирования будет невозможным привлечение квалифицированных специалистов для разработки системы, и как следствие, невозможно продолжение разработки системы; У5Сл1Сл3 – для предотвращения угроз безопасности необходимы специалисты по защите информации, которые смогут доработать систему; У5Сл4 – причина возникающих ошибок может состоять в том, что кто-то получил несанкционированный доступ к системе.</p>

2.2 Планирование научно-исследовательских работ

2.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для реализации проекта необходимы два исполнителя – научный руководитель и студент. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1.	Выбор направления научного исследования	Студент
	2.	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Студент
Анализ предметной области	3.	Календарное планирование работ по теме	Студент
	4.	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	5.	Анализ отобранного материала	Студент Руководитель
Разработка системы	6.	Разработка табличной формы для исходных данных	Студент
	7.	Разработка шаблонов динамических блоков AutoCAD	Студент
	8.	Разработка программного модуля автоматического построения подвала схем автоматизации	Студент
	9.	Обзор и сравнительный анализ алгоритмов сортировки данных	Студент Руководитель
	10.	Разработка программного модуля автоматического построения схем соединения внешних проводок	Студент
	11.	Разработка программного модуля автоматического формирования кабельного журнала	Студент

Продолжение таблицы 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
	12.	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Студент
	13.	Написание раздела «Социальной ответственности»	Студент
	14.	Проверка работы с руководителем	Студент Руководитель
Оформление отчета	15.	Составление пояснительной записки	Студент
	16.	Подготовка презентации дипломного проекта	Студент

2.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения i – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула (13):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (13)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула (14)).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (14)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула (15)).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad , \quad (15)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (16):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad , \quad (16)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности: $k_{\text{кал}} = \frac{365}{(365-118)} = 1,478$

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель		
Выбор направления научного исследования	7	0	12	0	9	0			12	17,76
Составление и утверждение технического задания	2	3	7	5	4	3,8			3,9	5,772
Календарное планирование работ по теме	1	0	4	0	2,2	0			2,2	3,256
Подбор и изучение материалов по теме	15	0	20	0	17	0			20	29,6

Продолжение таблицы 10 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполните ли		Длительнос ть работ в рабочих днях T_{pi}	Длительнос ть работ в календарн ых днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ожг}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель		
Анализ отобранног о материала	5	3	19	6	10, 6	4,2			7,4	10,952
Разработка табличной формы для исходных данных	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Разработка шаблонов динамическ их блоков AutoCAD	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,208

Продолжение таблицы 10 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожс}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель		
Разработка программного модуля автоматического построения подвала схем автоматизации	10	0	20	0	14	0			14	20,692
Обзор и сравнительный анализ алгоритмов сортировки данных	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144

Продолжение таблицы 10 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель		
Разработка программного модуля автоматического построения схем соединения внешних проводок	10	0	15	0	12	0			12	17,736
Разработка программного модуля автоматического формирования кабельного журнала	5	0	10	0	7	0			7	10,346

Продолжение таблицы 10 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнит ели		Длительно сть работ в рабочих днях T_{pi}	Длительно сть работ в календарн ых днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел- дни		$t_{оис}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель		
Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффектив ность и ресурсосбережен ие»	3	0	8	0	5	0			5	7,4
Написание раздела «Социальной ответственности»	5	0	11	0	7,4	0			7,4	10,952
Проверка работы с руководителем	6	5	12	9	8,4	6,2			7,3	10,804
Составление пояснительной записки	12	0	16	0	13, 6	0			13,6	20,128

Продолжение таблицы 10 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожс}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель		
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Итого	90	11	172	20	122,8	14,2	0	0	124,4	184,038

На основе таблицы 10 построим диаграмму Ганта, представляющую из себя горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (рисунок 10).

Название работы	Дек.		Янв.		Фев.		Март		Апр.		Май	
	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30
Выбор направления научного исследования	■											
Составление и утверждение ТЗ		■										
Календарное планирование работ по теме		■										
Подбор и изучение материалов по теме			■									
Анализ отобранного материала				■								
Разработка табличной формы для исходных данных					■							
Разработка шаблонов динамических блоков АвтоСАП						■						
Разработка программного модуля автоматического построения подвала схем автоматизации						■						
Обзор и сравнительный анализ алгоритмов сортировки данных							■					
Разработка программного модуля автоматического построения схем соединения внешних проводов							■					
Разработка программного модуля автоматического формирования кабельного журнала								■				
Раздел «Финансовый менеджмент»									■			
Раздел «Социальная ответственность»										■		
Проверка работы с руководителем											■	
Составление пояснительной записки											■	
Подготовка презентации												■

- индивидуальная работа студента.
- совместная работа студента и преподавателя.

Рисунок 10 – Диаграмма Ганта

2.2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

2.2.4 Расчет материальных затрат НТИ

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой (17):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (17)$$

где Z_m – материальные затраты;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

m – количество видов материальных ресурсов;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.).

Для разработки данного научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: потребляемая электроэнергия и расходные материалы (канцелярские товары и печатная бумага).

Согласно диаграмме Ганта длительность работ составляет 184 дня, для расчёта потребляемой энергии примем, что в день для проведения исследования тратится около 4 часов работы за компьютером. Компьютер потребляет в среднем 60 Вт в час. Зная стоимость электроэнергии по городу Томск, можно рассчитать сумму, которую необходимо для этого потратить (таблица 11).

Основными средствами для проведения исследования являются: компьютер и программное обеспечение (MS Visual Studio, MS Office, AutoDesk AutoCAD) (таблица 12).

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена (руб.)
Электроэнергия	кВт.	67	229
Канцелярские товары	Шт.	1	500
Печатаная бумага	Пачка	1	300
Итого (руб.)		1029	

Поскольку предприятие предоставляет бесплатный доступ к разному виду программного обеспечения, в том числе MS Visual Studio и AutoCAD, следовательно, затратами на основные средства будут являться покупка ноутбука и стандартного пакета Microsoft Office.

Таблица 12 – Основные средства проведения исследования

Наименование	Единица измерения	Цена (руб.)
Ноутбук Asus	Шт.	30000
Microsoft Office 2016 Home and Student RU	Шт.	4000
Итого (руб.)		34000

2.2.5 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (формула (18)):

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (18)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Среднедневная заработная плата $Z_{\text{дн}}$ рассчитывается по формуле (19):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (19)$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

при отпуске в 72 раб. дней $M = 9,6$.

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 13).

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	72
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	173

Месячный должностной оклад работника (формула (20)):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (20)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$,руб.	$T_{р.раб.}$ дн.	$Z_{осн}$,руб.
Руководитель	33000	1,3	62205	2073,5	15	31102,5
Студент	1692	1,3	2859,5	95,316	125	11914,5

2.2.6 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле (21):

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} , \quad (21)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата(руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	Дополнительная зарплата(руб.)
Руководитель	31102,5	0,12	3732,3
Студент	11914,5	0,12	1429,7
Итого:			5162

2.2.7 Отчисления на социальные нужды

Величина отчислений на социальные нужды определяется исходя из формулы (22):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) , \quad (22)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. На пенсионное страхование от суммы, выплаченной работникам, перечисляют 22 %; на медицинское страхование — 5,1 %; на соцстрахование, за счет которого в дальнейшем оплачиваются больничные и отпуска по беременности и родам, — 2,9 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления на социальные нужды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	31102,5	3732,3
Студент	11914,5	1429,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого		
Руководитель	10450,44	
Студент	4003,3	
Суммарно	14453,74	

2.2.8 Научные и производственные командировки

В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы (таблица 17).

Таблица 17 – Научные и производственные командировки

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	31102,5	3732,3
Студент	11914,5	1429,7

Продолжение таблицы 17 – Научные и производственные командировки

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Коэффициент затрат на научные и производственные командировки	10%	
Итого		
Руководитель	3483,48	
Студент	1334,4	
Суммарно	4817,9	

2.2.9 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы (таблица 18).

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле (23):

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}), \quad (23)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Таблица 18 – Накладные расходы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.
Руководитель проекта	31102,5	3732,3	10450,44
Студент	11914,5	1429,7	4003,3

Продолжение таблицы 18 – Накладные расходы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.
Коэффициент накладных расходов	16%		
Итого			
Руководитель	7245,6		
Студент	2775,6		
Суммарно	10021,2		

2.2.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат НТИ

Ви д ра бо т	Статья							
	Сырье, материа лы (за вычетом возвратн ых отходов) , покупны е изделия и полуфаб рикаты	Специально е оборудован ие для научных (эксперимен тальных) работ	Основ ная зарабо тная плата	Дополни тельная заработн ая плата	Отчис ления на социал ьные нужды	Научные и производс твенные командир овки	Накла дные расхо ды	Итого планова я себесто имость
Написание магистерской	1029 руб.	34000 руб.	31102, 5руб. + 11914, 5руб. = 43017 руб.	3732,3 руб. + 1429,7 руб. = 5162 руб.	10450, 4 руб. + 4003,3 руб. = 14453, 7 руб.	3483,5 руб. + 1334,4 руб. = 4817,9 руб.	7245,6 4 руб. + 2775,6 руб. = 10021, 23 руб.	112500, 9 руб.

Продолжение таблицы 19 – Расчет бюджета затрат НИИ

Ви д раб от	Статья							
	Сырье, материал ы (за вычетом возвратн ых отходов), покупны е изделия и полуфаб рикаты	Специальное оборудовани е для научных (эксперимен тальных) работ	Основ ная зарабо тная плата	Дополнит ельная заработна я плата	Отчис ления на социал ьные нужды	Научные и производст венные командиро вки	Накла дные расход ы	Итого планова я себестои мость
Аналог 1	1162,8 руб.	38080 руб.	48179 руб.	5781,5 руб.	16188, 2 руб.	5396,1 руб.	11223, 8 руб.	126011, 3 руб.
Аналог 2	1203,9 руб.	39100 руб.	49469 ,5 руб.	5936,3 руб.	16621, 8 руб.	5540,6 руб.	11524, 4 руб.	129396, 6 руб.

2.3 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. С помощью таблицы 18 определим интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (24):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (24)$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в том числе и аналогов).

$$I_{\text{финр}} = \frac{112500,9}{150000} = 0,75$$

$$I_{\text{финал}} = \frac{126011,3}{150000} = 0,84$$

$$I_{\text{финр}} = \frac{129396,6}{150000} = 0,86$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом (формула (25)):

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (25)$$

где: I_{pi} – интегральный финансовый показатель разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительная оценка характеристик проекта представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент	Проект	Аналог1	Аналог2
Степень автоматизации	0,25	5	4	4
Наличие необходимого функционала	0,2	5	3	3
Уровень завершенности системы	0,1	4	5	5
Удобство в эксплуатации	0,1	4	4	4
Повышение эффективности разработки документации	0,15	5	5	4

Продолжение таблицы 20 – Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент	Проект	Аналог1	Аналог2
Безопасность	0,2	5	5	5
Итого	1	4,8	4,25	4,1

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финаi}^{ai}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам (26), (27) соответственно:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{финр}^p}, \quad (26)$$

$$I_{финаi}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{финаi}^{ai}} \quad (27)$$

Все необходимы параметры для оценки ресурсоэффективности сведены и рассчитаны в таблице 21.

Таблица 21 – Сравнительная таблица показателей эффективности

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,75	0,84	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,25	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	6,4	5,06	4,76
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,265	1,344

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод об очевидном превосходстве разработки над аналогами 1 и 2. Такая разница обуславливается тем, что аналоги имеют ряд недостатков по сравнению с собственной разработкой. В первую очередь это высокая стоимость программ и заказной доработки, дополнительные затраты на их

поддержку и на обучение сотрудников. Также в данных аналогах присутствует избыточность функционала, так как большинство функций не требуются проектировщикам и усложняют работу с программой.

2.4 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности инноваций в качестве основных показателей рекомендуются считать:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- срок окупаемости (D_{PP});
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- индекс доходности (PI).

2.4.1 Расчет чистой текущей стоимости

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше NPV , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если NPV является положительной величиной. Расчет текущей стоимости по проекту показан в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб.	0	75,938	75,938	75,938	75,938
2.	Итого приток, тыс.руб.	0,000	75,938	75,938	75,938	75,938
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-112,501	0,000	0,000	0,000	0,000
4.	Операционные затраты, тыс. руб. С+Ам+ФОТ	-112,501	16,482	16,482	16,482	16,482
5.	Налогооблагаемая прибыль (с1-с4)	-112,501	59,456	59,456	59,456	59,456
6.	Налоги, тыс. руб донал.приб*20%	-112,501	11,891	11,891	11,891	11,891
7.	Итого отток, тыс.руб. Опер.затр.+налоги	-112,501	28,373	28,373	28,373	28,373
	Чистая прибыль, т.р. (с5-с7)	-112,501	31,083	31,083	31,083	31,083
	Амортизация, т.р	0,000	-0,567	-0,567	-0,567	-0,567
8.	Чистый денежный поток, тыс. руб. ЧДП=Пчист-Ам	-112,501	30,516	30,516	30,516	30,516
9.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i = 20\%$)	1	0,985	0,970	0,955	0,941
10.	Дисконтированный чистый денежный поток, тыс.руб. (с8*с9)	-112,501	30,056	29,603	29,156	28,717
11.	То же нарастающим итогом, тыс.руб. (NPV=5,031 тыс.руб.)	-112,501	-82,445	-52,842	-23,686	5,031

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 5,031 тыс. рублей, что позволяет сделать вывод о его эффективности.

2.4.2 Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 23).

Таблица 23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$)	-112,501	30,056	29,603	29,156	28,717
2.	То же нарастающим итогом	-112,501	-82,445	-52,842	-23,686	5,031
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{дск} = 3 + 23,686 / 28,717 = 3,8$ месяца				

2.4.3 Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 24 и графика, представленного на рисунке 11.

Таблица 24 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки	-112,501	30,516	30,516	30,516	30,516	
2	Коэффициент дисконтирования						
	$i=0,1$	1	0,992	0,984	0,976	0,969	
	$i=0,2$	1	0,985	0,970	0,955	0,941	
	$i=0,3$	1	0,978	0,957	0,937	0,916	
	$i=0,4$	1	0,972	0,945	0,919	0,894	
	$i=0,5$	1	0,967	0,935	0,904	0,874	
	$i=0,6$	1	0,962	0,925	0,889	0,855	
	$i=0,7$	1	0,957	0,915	0,876	0,838	
	$i=0,8$	1	0,952	0,907	0,863	0,822	
	$i=0,9$	1	0,948	0,899	0,852	0,807	
	$i=1$	1	0,944	0,891	0,841	0,794	
3	Дисконтированный денежный поток, тыс. руб						NPV
	$i=0,1$	-112,501	30,275	30,035	29,798	29,562	7,168
	$i=0,2$	-112,501	30,056	29,603	29,156	28,717	5,031
	$i=0,3$	-112,501	29,856	29,210	28,579	27,961	3,105
	$i=0,4$	-112,501	29,672	28,852	28,054	27,278	1,356
	$i=0,5$	-112,501	29,502	28,522	27,574	26,658	-0,244
	$i=0,6$	-112,501	29,344	28,217	27,133	26,091	-1,716
	$i=0,7$	-112,501	29,196	27,933	26,725	25,569	-3,078
	$i=0,8$	-112,501	29,057	27,668	26,346	25,086	-4,343
	$i=0,9$	-112,501	28,927	27,420	25,992	24,638	-5,524
	$i=1$	-112,501	28,803	27,187	25,661	24,221	-6,630

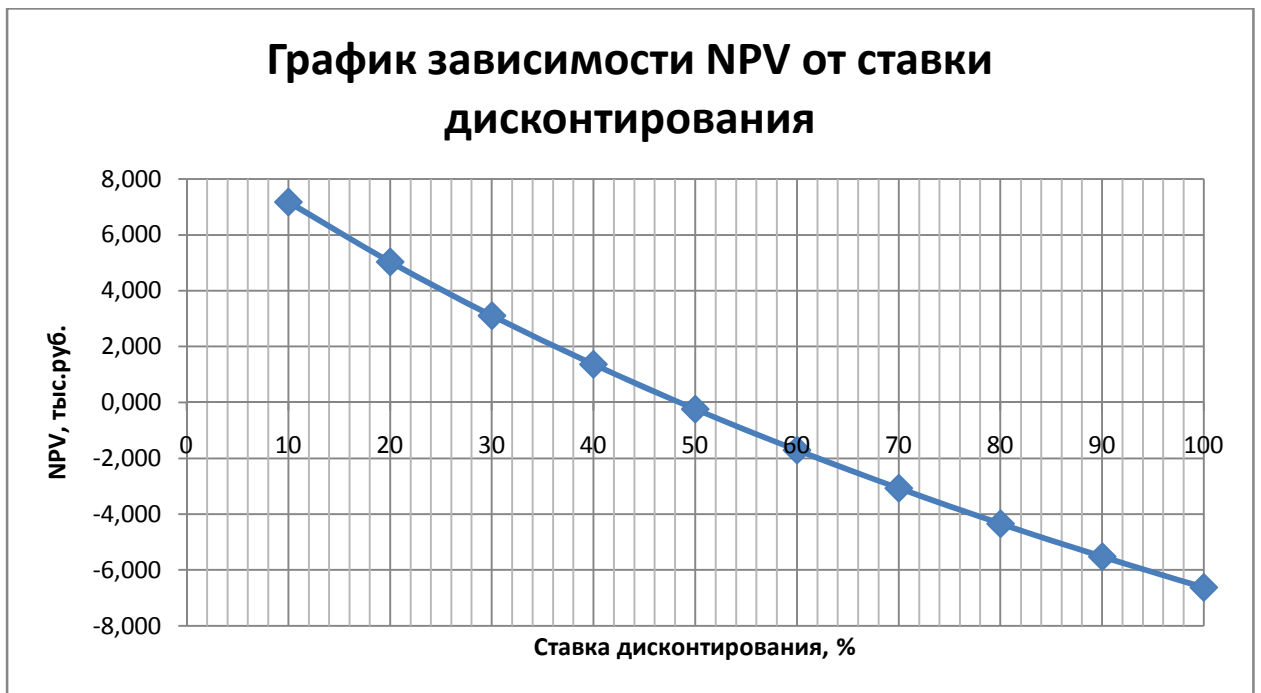


Рисунок 11 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования.

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,48.

2.4.4 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле (28):

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (28)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{30,056 + 29,603 + 29,156 + 28,717}{112,501} = 1,04$$

$PI=1,04 > 1$, следовательно, проект эффективен при $i=0,2$;

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в

целом или отдельных категорий населения, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 25 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
<p>Разработка схем автоматизации в ручном режиме</p>	<p>Система позволяет автоматизировать процесс разработки схем автоматизации. Система позволяет оптимально располагать управляющие дуги в подвале схемы автоматизации, что позволяет улучшить понимание схемы.</p>
<p>Разработка схем соединения внешних проводок в ручном режиме</p>	<p>Система позволяет автоматизировать процесс разработки схем соединения внешних проводок. Система позволяет разбивать чертежи на листы определенного формата, производить сортировку приборов на чертеже с использованием оптимальных алгоритмов сортировки.</p>

Таким образом, на основании всех расчётов можно сделать вывод о том, что проект является рентабельным и эффективным для инвестиций в первую очередь потому что обслуживание инвестиций не требует больших капиталовложений, так как разрабатываемая система является автономной и требует точной настройки, следовательно, и финансовые вложения только на начальном этапе своего функционирования. Все показатели финансовой и экономической эффективности, такие как чистая текущая стоимость (NPV), срок окупаемости (D_PP), внутренняя ставка доходности (IRR), индекс доходности (PI), рассчитанные в ходе работы по разделу подтверждают вышесказанное утверждение.

3 Социальная ответственность

Введение

Одной из важнейших задач по сохранению производительности труда и экономической эффективности производства является организация и улучшение условий труда на рабочем месте. Необходимые показатели в этой области достигаются соблюдением законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

С развитием научно-технического прогресса возрастает частота применения средств вычислительной техники и периферийного оборудования работниками умственного труда. При работе с ЭВМ человек подвергается различным воздействиям вредных производственных факторов.

Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочему месту и рабочей зоны. Проанализированы опасные и вредные факторы труда, а также разработан комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников, общество и окружающую среду.

3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

3.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В данном разделе рассмотрены основные нормативные документы, выполнение которых необходимо для безопасного исполнения рабочих обязанностей проектировщика, который проводит большую часть времени за компьютером.

– В статье 22 Трудового кодекса РФ указано, что работодатель обязан обеспечивать безопасность работника и соответствие условий труда всем необходимым требованиям [23].

– Статья 27 Закона о санитарно-эпидемиологическом благополучии от 30 марта 1999 года регулирует вопросы влияния различных устройств (в том числе и ЭВМ) на здоровье работника.

– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (утверждены 30 мая 2003 года) регулируют порядок организации рабочего процесса для лиц, труд которых связан с компьютерной техникой. Требования документа распространяются на персональные компьютеры, периферийные устройства (клавиатуры, принтеры, модемы, блоки бесперебойного питания и т.д.), а также на видеодисплейные терминалы всех типов.

– Типовая инструкция ТОИ Р-45-084-01 (утверждена 2 февраля 2001 года) более детально регламентирует данный вопрос. Согласно данному документу, без перерыва работник может находиться за монитором компьютера не более двух часов.

ППБ 01-93 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации» устанавливает необходимые требования по пожарной безопасности ко всем системам и оборудованию, находящемуся в помещениях БКНС – электроустановки, системы отопления и вентиляции, противопожарное оборудование и т.д.

3.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Для минимизации вредных психофизиологических факторов, коими являются монотонность труда, эмоциональное и умственное напряжение, статические нагрузки, следует организовать рабочие места согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03:

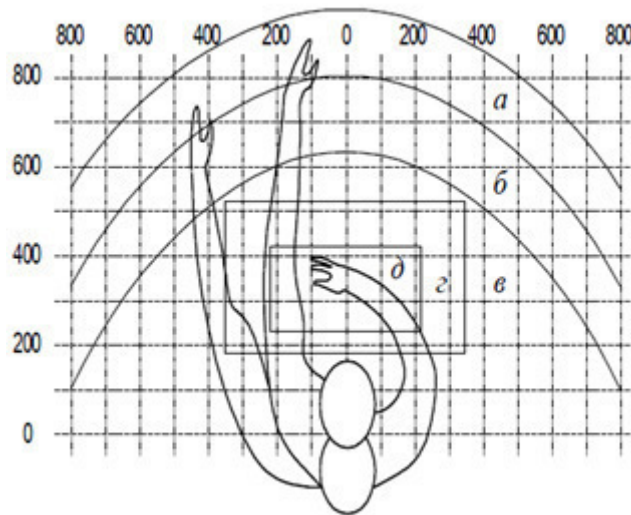
- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;
- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;
- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение используемого оборудования с учетом характера выполняемой работы;
- поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения от 0,5 до 0,7;
- конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПК, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины; тип рабочего стула выбирается с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПК.

3.1.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

3.1.3.1 Эргономические требования к рабочему месту

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости (рисунок 12) [22]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «мышь» – в зоне «в» справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.



а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Рисунок 12 – Эргономические требования

3.1.3.2 Окраска и коэффициенты отражения

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

- окна ориентированы на юг – стены зеленовато–голубого или светло–голубого цвета, пол – зеленый;
- окна ориентированы на север – стены светло–оранжевого или оранжево–желтого цвета, пол – красновато–оранжевый;
- окна ориентированы на восток – стены желто–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый;
- окна ориентированы на запад – стены желто–зеленого или голубовато–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка (60) – (70), для стен (40) – (50), для пола около 30.

3.2 Профессиональная социальная безопасность

3.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 26.

Таблица 26 – Опасные и вредные фактора при работе проектировщика АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96 [14]
2. Превышение уровня шума	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [17]
3. Электромагнитные и электрические поля	+	-	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [18]
4. Электробезопасность	+	+	+	ГОСТ ИЕС 61140-2012 [20]
5. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СП 52.13330.2016 [16]

3.2.2 Анализ вредных факторов

3.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Для обеспечения нормальных метеоусловий и снижения концентрации вредных веществ в кабинете предусмотрены естественная и искусственная вентиляция. Естественная вентиляция осуществляется через вентиляционные короба, искусственная вентиляция – общая приточно-вытяжная. Кратность воздуха $K = 3 \text{ ч}^{-3}$. Предусмотрено включение снаружи автомеханической вентиляции.

Воздуховоды изготавливают из не искрящего и нержавеющей материала, чтобы не возникло статистических зарядов. Воздуховоды заземляют.

Выполняемая работа по уровню энергозатрат относится к категории I б.

В таблице 27 приведены оптимальные и допустимые параметры микроклимата воздуха рабочей зоны согласно СанПиН 2.2.4.548–96.

Таблица 27 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	23-24	18-25	40-60	15-75	0,1	Не больше 0,1
Теплый	23-25	20-28	40-60	55 при 28°С	0,1	0,1-0,2

Представленные в таблице 27 условия являются оптимальными для обеспечения максимально комфортного теплового баланса температуры тела человека и его терморегуляции. Если температура выше нормы, кровеносные сосуды расширяются, и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении температуры кровеносные сосуды соответственно сужаются приток крови к телу замедляется, и теплоотдача уменьшается.

На терморегуляцию организма влияет также влажность воздуха. Слишком высокая влажность (более 85 %) затрудняет терморегуляцию, а слишком низкая (менее 20 %) вызывает пересыхание слизистых, причем не только дыхательных путей, но и глаз.

Учитывая высокий уровень электромагнитного излучения в помещении с компьютером, пыль не оседает на поверхностях. Она электризуется от экрана монитора и висит в воздухе, поэтому гораздо проще попадает в легкие и на слизистые человека. По этой причине чистоте помещения, где есть компьютер, следует уделять особенное внимание. Влажная уборка в таком помещении должна проводиться не реже трех раз в

неделю в офисе и не реже раза в неделю дома. Кроме этого, помещение, где стоит компьютер, должно хорошо проветриваться.

Для обеспечения комфортной работы в соответствии с нормативными документам в помещении предусмотрено отопление с помощью электрокалориферов и электронагревателей, а также естественная и принудительная вентиляция, которая запускается автоматически по сигнала с датчика температуры, а также в ручную через систему управления на компьютера оператора.

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [14] и приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ / на одного человека в час
Объем до 20м ³ на человека	Не менее 30
20...40 м ³ на человека	Не менее 20
Более 40 м ³ на человека	Естественная

3.2.2.2 Отсутствие или недостаток естественного света

Производственное освещение — неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Рабочая зона или рабочее место проектировщика освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в

глаза. Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0,5 – 1 мм. Впомещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности [15] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещённости для работы за ПК приведено в таблице 29.

Таблица 29 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристики зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Под-разряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
					Освещённость на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Коэффициент пульсации и освещённости КП, %, не более	КЕО e_n , %, при	
							верхнем или комбинированном	боковых
Средней точности	От 0,5 до 0,1	В	1	Не менее 70	200	5	4	1,5
			2	Менее 70	150	10	4	1,5

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 30 [16].

Таблица 30 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещённость на рабочем столе	200–400 лк
Освещённость на экране ПК	не выше 200 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15

Продолжение таблицы 30 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 10%

В случае отключения рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение $E = 10$ лк.

Эвакуационное освещение предусмотрено в проходах, на лестницах, которое обеспечивает освещенность в помещениях 0,5 лк, на открытых территориях 0,2 лк.

Светильники аварийного освещения присоединяются к независимому источнику питания, а светильники для эвакуации людей к сети независимого от рабочего освещения. Для аварийного освещения применяют светильники с лампами накаливания.

3.2.2.3 Превышение уровня шума

При выполнении работ специалист может оказаться в зоне повышенного уровня шума, источником которого является оборудование, находящееся в рабочем помещении: персональные компьютеры, устройства поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция).

Работы, выполняемые специалистом оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, и, следовательно, согласно санитарным нормам СН2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» уровень звука в рабочем помещении не должен превышать 50 дБА. В таблице 31 приведены предельные уровни звукового давления в октавных полосах, а также предельные уровни звука для видов работ, выполняемых специалистом в процессе работы [17].

Таблица 31 – Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звуча (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Основным источником шума на рабочем месте является персональный компьютер, находящийся под рабочим столом. Измерения уровня шума не проводились, однако, в процессе работы шум работы ПК не слышен и не влияет на производительность труда.

3.2.2.4 Электромагнитные и электрические поля

Работа проектировщика в основном связана с работой за персональным компьютером. В следствие чего на него оказывается воздействие электромагнитного излучения, источниками которого являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи. Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечнососудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям.

Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [18]. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих места, оборудованных ПЭВМ представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение экранных защитных фильтров, а также средств индивидуальной защиты [18].

3.2.3 Анализ опасных факторов

3.2.3.1 Электробезопасность

В помещении, где происходит выполнение работы, находится около 20 ЭВМ мощностью по ~350 Вт с напряжением питания 220 В.

В целом, помещение сухое, непыльное, с нормальной температурой воздуха и поэтому относится к классу помещений без повышенной опасности: переключатели, кнопки и разъемы, клавиатура изолированы, пол покрыт электроизоляционным покрытием.

Корпус ЭВМ изготовлен из металлического листа, обладает высокой механической прочностью и высокими экранирующими свойствами, покрыт токонепроводящими полимерными пластмассами. Компьютер подключен к заземляющему контуру.

Электрические изделия по способу защиты человека от поражения электрическим током подразделяются на пять классов: 0, 01, 1, 2, 3.

ЭВМ можно отнести к классу 01, то есть, к изделиям, имеющим рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания. При начале работы с ЭВМ необходимо проверить герметичность корпуса, не открыты ли токоведущие части. Убедиться в подключении заземляющего проводника к общей шине заземления, проверить его целостность. Если заземляющий проводник отключен, подключать его можно только при отключении машины от питающей сети. Важное значение для предотвращения электротравматизма имеет правильная организация обслуживания действующих электроустановок, проведение ремонтных, монтажных и профилактических работ [19].

3.2.3.2 Экологическая безопасность

Вследствие развития научно-технического прогресса, постоянно увеличивается возможность воздействия на окружающую среду, создаются предпосылки для возникновения экологических кризисов. В то же время прогресс расширяет возможности устранения создаваемых человеком ухудшений природной среды.

Защита окружающей среды – это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решения целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижений.

Одна из самых серьезных проблем – потребление электроэнергии. С увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то, и другое не обходится без нарушения экологической

обстановки. Рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как:

- изменение климата — накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект);
- загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами;
- загрязнение водного бассейна Земли;
- опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов;
- изменение ландшафта Земли.

Из этого можно сделать вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением. В современных компьютерах, повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое. Стоит также отметить, что для снижения вреда, наносимого окружающей среде при производстве электроэнергии, необходимо искать принципиально новые виды производства электроэнергии.

При разработке любых автоматизированных систем возникает необходимость утилизировать производственные отходы, в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант является более предпочтительным, так как переработка отходов является перспективным направлением развития технологии и позволяет

сберегать природные ресурсы, а также является важным направлением государственного регулирования.

3.2.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

3.2.4.1 Пожарная безопасность

Помещения в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д в соответствии НПБ от 18.06.2003 г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Помещение относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в нем отсутствует обработка пожароопасных веществ, отсутствуют источники открытого огня. А стены здания и перекрытия выполнены из трудно сгораемых и несгораемых материалов (кирпич, железобетон, и др.).

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания.

В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

Организационные мероприятия предусматривают:

- 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 офисном помещении имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, на входной двери приведен план эвакуации в случае пожара, и на досягаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ - 2 или порошковые типа ОП -5;

- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

К режимным мероприятиям относятся установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер [21].

Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения работы по разделу «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, суть которых заключалось в анализе основных нормативных документов регулирующих и регламентирующих производственную деятельность проектировщика. Также был выполнен анализ вредных факторов проектируемого решения, таких как микроклимат, шум, освещение, электромагнитной и электростатическое излучение. Также были рассмотрены такие важные вопросы, как экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях. Практически на любых предприятиях создаются

целые отделы, занимающиеся техникой безопасности, специалисты данных отделов следят за выполнением всех норм и регламентов безопасности. За несоблюдение данных регламентов грозят различного рода санкции вплоть до увольнения или уголовной ответственности работников предприятия.

Следование правилам, описанным в данном разделе диссертации помогут помочь избежать данных ситуаций, а также обеспечить здоровье персонала и сохранность окружающей среды.

Заключение

В результате выполненной работы была разработана система автоматизированного проектирования документации АСУ ТП. Использование данной системы позволит сократить трудозатраты на разработку различных проектов, минимизировать число ошибок проектировщика, увеличить эффективность разработки документации.

В выпускной квалификационной работе были разработаны модули для автоматического построения функциональных схем автоматизации, схем соединения внешних проводок, кабельных журналов. Функционал разработанных модулей в большей степени позволяет автоматизировать процесс построения необходимых чертежей, однако не позволяет сделать это в полной мере. При проектировании могут возникнуть такие случаи, которые система не сможет учесть. В этом случае проектировщик производит действия над чертежом вручную.

В работе был проведен обзор и сравнительный анализ алгоритмов сортировки, использование которых было необходимо в некоторых задачах, решаемых разработанной системой. Было проведено теоретическое и экспериментальное сравнение двух алгоритмов сортировки, в результате обоих сравнений было выявлено, что применение алгоритма сортировки методом простых вставок для данных задач более эффективно, чем использование алгоритма сортировки методом пузырька.

В работе также была проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности, в результате которой было определено, что данная разработка более эффективна, чем разработки конкурентов. Было проведено планирование научно-исследовательской работы, была разработана структура работ, разработан график проведения работ, построена диаграмма Ганта. Также была проведена оценка абсолютной эффективности исследования, в результате которой был сделан вывод о том, что разработка данного проекта является эффективной.

В работе также были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, суть которых заключалось в анализе основных нормативных документов регулирующих и регламентирующих производственную деятельность проектировщика. Был выполнен анализ вредных факторов проектируемого решения, таких как микроклимат, шум, освещение, электромагнитной и электростатическое излучение. Также были рассмотрены такие важные вопросы, как экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Список публикаций

- 1 Д. Т. Валиев, Н. Е. Россомахина, Е. В. Тюлькин, Н. А. Агапов. Разработка математического обеспечения по расчету и оценке качества изображения оптической системы // GraphiCon 2018 28-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению : труды конференции / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. Томск, 2018. С. 417-420

Список использованных источников

1. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 430 с. — ISBN 978-5-7038-3275-2.
2. Джейсон, Прайс. VisualC# .NET. Полное руководство; КОРОНАпринт, 2004. - 960 с.
3. Зуев С.А., Полещук Н. Н. САПР на базе AutoCAD — как это делается. — СПб.: «БХВ-Петербург», 2004. — С. 1168. — ISBN 5-94157-344-8.
4. Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие.- М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
5. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем. – Томск 2009. – 134 с.
6. Бишоп, Дж. С# в кратком изложении / Дж. Бишоп, Н. Хорспул. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 472 с.
7. Васильев, Алексей С#. Объектно-ориентированное программирование / Алексей Васильев. - М.: Питер, 2012. - 320 с.
8. Зиборов, В. В. Visual C# 2012 на примерах / В.В. Зиборов. - М.: БХВ-Петербург, 2013. - 480 с.
9. Зиборов, Виктор Visual C# 2010 на примерах / Виктор Зиборов. - М.: "БХВ-Петербург", 2011. - 432 с.
10. ГОСТ 21.1101-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой)
11. ГОСТ 2.303-68. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Линии (с Изменениями N 1, 2, 3)
12. Макконелл, Дж. Анализ алгоритмов. Вводный курс / Дж. Макконелл,- М.: Техно-сфера, 2002,- 304 с.
13. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. - Москва: Изд-во стандартов, 1990. 21 с.

14. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
16. СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
17. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
19. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
20. ГОСТ ИЕС 61140-2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования (с Поправкой)
21. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
22. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
23. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ.

Приложение А

(обязательное)

Development of computer-aided design system for documentation automated
process control systems

Раздел 1.1 Анализ алгоритмов сортировки

Раздел 1.4 Формирование исходных данных системы.

Development of computer-aided design system for documentation automated process control systems

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ71	Тюлькин Евгений Викторович		

Консультант отделения автоматизации и робототехники

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	к.т.н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Пичугова И.Л.			

Introduction

Effective operation of the majority of technological objects operating at oil and gas production enterprises (NGD) is impossible without the use of automated process control systems (APCS). The most important stage of the life cycle of the development and operation of the process control system, largely affecting the quality of management of the processes of production, transport, oil and gas treatment, is the design stage. To reduce significant labor costs, it is advisable to use a specialized computer-aided design (CAD) system. The use of CAD will eliminate duplication of input and processing of the same information by different specialists in the development of different forms of documents, as well as during the necessary calculations.

Analysis of CAD software (SOFTWARE) present on the market, among which the programs of Zuken E3 Series, BentleyPromis-e, EplanElectricalP8 were considered, showed that they have a number of disadvantages. These disadvantages include:

- the need to develop additional macro implementing specialized design tasks;
- the absence of a functional automatic drawings production technical support (IT) process control system in accordance with the requirements of [3];
- the need to adapt the SOFTWARE in accordance with the requirements of customers for the design of drawings, as well as the release of project documentation;
- high cost of programs and custom development, additional costs for their support and training of employees;
- redundancy, since most functions are not required by designers and, in turn, complicate the work with the program.

It is worth noting that in most design institutes, including JSC "TomskNIPIneft", widely used graphical environment for drawing AutoCAD and office application for working with tables MS Excel. These applications integrate with other software products.. Therefore, a more optimal software solution was

SOFTWARE that allows you to work together with the AutoCAD design environment and MS Excel application. In connection with the above facts, it was decided to develop its own SOFTWARE for AutoCAD and MS Excel.

1 The purpose of the program modules of the computer-aided design system for documentation automated process control systems

Software modules of computer-aided design system for documentation automated process control systems are designed for:

- Time-saving design engineer;
- Reducing the probability of accidental errors in the development of working documentation (including inconsistencies of decisions in different parts of the project);
- The decline in the share of «manual labor»;
- Provide an intuitive and simple interface between the user and the automatic documentation development program.

The developed software package is designed for automated development of the following parts of the project:

- Shared data;
- Functional schemes of automation with the list of elements;
- External wiring diagrams with list of elements;
- Cable log.

2 Software description

Microsoft Visual Studio was chosen as the development environment. Microsoft Visual Studio is a software development environment for Windows applications, both console and graphical.

The kit includes the following main components:

1. Visual Basic.NET - for visual Basic application development;
2. Visual C++ - traditional C++;
3. Visual C# - C# (Microsoft);
4. Visual F# - on F# (Microsoft Developer Division).

The functional structure of the environment includes:

- source code editor that includes many additional features like IntelliSense autocompletion, code refraction, etc.;
- the debugger code;
- form editor, designed to simplify the design of graphical interfaces;
- web editor;
- class designer;
- database schema designer.

Visual Studio also allows you to create and connect third-party add-ons (plugins) to extend functionality at almost every level, including adding support for source control systems (Subversion and VisualSourceSafe), adding new toolsets (for editing and visually designing code in domain-specific programming languages or tools for other aspects of the software development process).

The system was developed in the C# programming language.

The Autodesk AutoCAD 2014 computer-aided design system acts as a design environment. In 2D design, AutoCAD allows you to use elementary graphical primitives to produce more complex objects. In addition, the program provides a very extensive ability to work with layers and annotative objects (size, text, symbols). The use of dynamic blocks extends the automation capabilities of 2D design by the average user without the use of programming.

AutoCAD has developed development and adaptation tools that allow you to customize the system to the needs of specific users and significantly expand the functionality of the base system. A large set of application development tools makes the basic version of AutoCAD a universal platform for application development.

The visual Studio programming environment and the AutoCAD design environment interact by using the ObjectARX SDK and .NET.

The ObjectARX SDK is an add-on to the Microsoft Visual Studio development environment and contains special libraries, headers, examples, and helper tools designed to create programs that function exclusively in the AutoCAD

environment. ARX applications can directly access the drawing database and the geometric kernel. You can create your own commands, similar to standard AutoCAD commands. Marking versions of ObjectARX coincides with the designations of the versions of AutoCAD that have been targeted by this package. Programs created for one specific version of AutoCAD are incompatible with other versions. The compatibility problem is usually solved by recompiling the program in the appropriate version of ObjectARX.

With support for the Microsoft .NET Framework, you can create applications for AutoCAD in any application development environment that supports this technology.

3 Formation of initial data of the system

3.1 Development in the form of tables Excel

The main input data for the system is a specially designed Excel table. For the convenience of working with the original table, the table is divided into separate sheets in accordance with the functionality. Each sheet contains the necessary information to build a certain scheme. Below is a description of each sheet.

3.1.1 Formation of initial data for construction of functional schemes of automation

The following sheets are used to generate the initial data for the construction of functional automation schemes:

- Sheet «Automation schemes (basic parameters)»;
- Sheet «Automation schemes (measurement, alarm)»;
- Sheet «Automation schemes (control)»;
- Sheet «Automation schemes (advanced)».

3.1.1.1 Sheet «Automation schemes (basic parameters)»

This sheet indicates the basic information necessary for the construction of functional automation schemes.

The system user enters the following information:

- Serial number of the device in the table of initial data (no. p/n);
- Number of devices;
- The control object on which the sensor or actuator is located (for example, *drainage Capacity E-11*);
- Sub-object of the control within the control object on which the device is located;
- Parameter name (e.g. temperature, pressure, differential pressure, level);
- Parameter refinement (for example, Temperature on the drop-off line);
- Designation of the device (e.g., *TT, PT, PT*);
- Reference designator of the device (for example, 011, 012);
- Place of installation of the device (local or on the Board);
- Circuit type (e.g. 4-20 mA analog signal);
- Belonging to the basement;
- Control Cabinet (main);
- Control Cabinet (optional).

3.1.1.2 Sheet «Automation schemes (measurement, alarm)»

This sheet indicates information about the presence of the instrument measurement functions, warning, alarm.

The system user enters the following information:

- Measuring range;
- Unit;
- The presence of measurement functions;
- Availability of status alarm function;

- Lower setpoint warning alarm;
- Upper setpoint warning alarm;
- Lower setpoint alarms;
- Upper alarm setting.

3.1.1.3 Sheet «Automation schemes (control)»

This sheet provides information about the presence of the device functions of regulation, control and blocking.

The system user enters the following information:

- Set point (range) of regulation;
- Subject of regulation;
- Lower control setting;
- Upper control setting;
- Action lower set point control;
- Action upper set point control;
- Subject of management;
- Lower lock setpoint;
- Upper lock set point;
- Lower lock set point action;
- Upper lock set point action;
- The subject of the lock.

3.1.1.4 Sheet «Automation schemes (advanced)»

This sheet contains additional information about the devices.

The system user enters the following information:

- The presence of the LCD;
- The presence of manual control.

3.1.2 Formation of initial data for construction of wiring diagrams for external wiring and cable log

The following sheets are used to generate the source data for the construction of connection diagrams of external transactions:

- Sheet «External wiring (sensors)»;
- Sheet «External wiring (actuators)»;
- Sheet «External wiring (gasket)»;
- Sheet «External wiring (materials)»;
- Sheet «External wiring (list of signals to the actuators)».

3.1.2.1 Sheet «External wiring (sensors)»

This sheet shows the basic information for the sensors needed to build external wiring diagrams.

The user enters the following information:

- The serial number of the device in the source data table (№ p/p);
- Control object;
- Control sub-object;
- Position of the object on the master plan;
- Name of parameter;
- Designation of the device;
- Reference designator of the device;
- Number of wires;
- The presence of thermocells;
- Connection to terminal box;
- Cable length from sensor to terminal box;
- Cable length to Cabinet;
- Circuit type;
- Control unit;
- Position of the control unit on the master plan;

- Cabinet in the control unit.

3.1.2.2 Sheet «External wiring (actuators)»

This sheet shows the basic information for the actuators needed to build the connection diagrams of external transactions.

The user enters the following information:

- Sequence number of the actuator in the input data table (№ p/p);
- Control object;
- Control sub-object;
- Position of the object on the master plan;
- Name of the Executive mechanism;
- Circuit type;
- Union;
- Connection to terminal box;
- Cable length from the actuator to the terminal box;
- Cable length to Cabinet or box to box;
- Control unit;
- Position of the control unit on the master plan;
- Cabinet in control unit;
- The presence of a common wire.

3.1.2.3 Sheet «External wiring (gasket)»

This sheet contains information on cabling from sensors and actuators to the control Cabinet or to the terminal box and from the terminal box to the control Cabinet.

The user enters the following information:

- The diameter of the sleeve;
- Sleeve length;
- Pipe diameter;

- Length of pipe;
- The number of sleeve-box adapters;
- The number of sleeve-pipe adapters.

3.1.2.4 Sheet «External wiring (materials)»

This sheet contains information about the materials used to create external wiring diagrams.

The user enters the following information:

- Material number designation;
- Name of material;
- Type of material.

3.1.2.5 Sheet «External wiring (list of signals to the actuators)»

This sheet contains information about typical valve signals and the pump within the system.

The user enters the following information:

- Types of discrete gate valve signals;
- Discrete gate valve signals;
- Types of valve signals;
- The valve signals;
- Types of pump signals;
- The signals of the pumps.

3.2 Transfer of source data from the Excel table to the input of software modules

Microsoft Excel software interacts with Visual Studio using COM technology. A component object model or COM (Component Object Model) technology enables one program (client) to work with an object of another program (server). Com technology simplifies the creation of programs, ensuring their

compatibility in different versions of the Windows platform and relative independence from the programming language (COM components can be created in different languages and further implemented in the application by using the standard interface).

A COM application can contain one or more embedded objects, and each object can contain one or more interfaces, each containing the object's methods. The external program, using the methods of the object, performs the necessary actions to exchange data with the server, without worrying about the features of the internal implementation. The server can be either an executable file or a library.

The data obtained at the stage of formation of Excel tables, using COM technology are transmitted to the input of software modules. In software modules, the source data is stored as classes in which the fields are created. At the stage of data reading lists with types of certain classes are formed.

To build automation schemes created class *FSA*, the fields of this class are the parameters from the corresponding sheets of the source Excel table.

Two separate *DA* and *IM* classes are used to build external wiring diagrams. The fields of the *DA* class are assigned the values of the parameters of the Sheet «External wiring (sensors)» of the source data table. The fields of the *IM* class are assigned the values of the parameters of the Sheet «External wiring (actuators)» of the source data table. Also created a separate class *Gasket*, fields which are settings Sheet «External wiring (gasket)». One of the fields of the *DA* and *IM* classes is an instance of the *Gasket* class.

To build cable logs, a separate class *Cabel_Log* is also created, the fields of which are the parameters from all sheets of the source data table responsible for building the connection diagrams of external wiring.

Drawings are generated using AutoCAD primitives such as line, polyline, circle, rectangle, text, multitext. You can also add dynamic blocks to the desired locations in the drawing. Each primitive and dynamic block has its own functions for drawing. These functions are called in the required order according to the drawing algorithms.

3.3 Preparation of internal data


3.3.1 Dynamic blocks


This system uses various dynamic AutoCAD blocks to perform the drawing task. The following dynamic blocks are used:


- The unit of the drawing frame. The attributes of this block are the drawing archive number and the drawing format. Depending on the drawing format, the block changes its size.
- Block stamp. The attributes of this block are the code of the document, the names of the executors, inspectors, the stage of development of the project, the sheet number, the number of sheets, the archive number of the drawing, the file name of the drawing, document revision and organization.
- Unit of materials count table and equipment specification. In this block, select the type of table, as well as the number of rows in the table. Depending on the number of rows in the table, the block changes its size.
- Cable logs table unit. This block selects the number of rows in the table and changes the size of the block depending on it.
- A block of cable requirements statements for cable log. This block selects the number of rows and columns of the block table and changes its size depending on these parameters.
- Block of materials for external wiring diagrams. The attributes of this block are the name of the material, the type of material, the positional designation of the material, the length. The information for this block is taken from the Sheet «External wiring (materials)» of the Excel source data table.

3.3.2 Types of lines

This system uses the following line types to build drawings:

-  – intrinsically safe electrical line. Used to refer to intrinsically safe analog signals.

 – not intrinsically safe electrical line. Used to refer is not intrinsically safe analog signals, as well as to identify discrete signals.

 – interface line. Used to refer to the RS-485 interface signal.

These types of lines are taken from GOST 2.303.4.

3.3.3 Drawing font

This system uses the drawing font SPDS according to GOST 21.1101-2013 to build drawings.

3.3.5 Drawing layer

All drawings in this system are built in a separate Kip layer. Using a single layer allows you to change the settings of all drawings in a given layer at the same time, such as the color of drawing lines. By default, the lines are drawn in blue (0, 0, 5 RGB).

4 Analysis of sorting methods

When working with this system, there are situations in which it is necessary to correctly arrange the elements of different sets. Such situations are as follows:

- The order of the devices and actuators in the basement of the automation scheme;
- The order of the sensors and actuators on the sheets of external wiring diagrams.

In these situations, in addition to the correct arrangement of elements, it is also necessary to take into account the time for which this action was performed.

In this regard, the efficiency of existing sorting algorithms was analyzed and the best option was chosen.

4.1 Comparison of sorting by simple inserts and bubble sorting

The main criterion for comparing sorts is their efficiency, that is, the number of comparisons and the number of transfers. These indicators also affect the sorting time. Basic formulas used to calculate the efficiency of these sorts:

C_i – the number of key comparisons of elements in the i -th comparison;

C_{min} – minimum number of key comparisons;

C_{max} – maximum number of key comparisons;

C_{mid} – average number of key comparisons;

M_i – number of transfers (assignments) of elements in the i -th comparison;

M_{min} – minimum number of transfers;

M_{max} – maximum number of transfers;

M_{mid} – average number of transfers;

$size$ – array size

For sorting by simple inserts:

$$C_{min} = 1 * (size - 2) , \quad (1)$$

$$C_{max} = (size - 2) * \frac{size+1}{2} , \quad (2)$$

$$C_{mid} = \frac{C_{min} + C_{max}}{2} , \quad (3)$$

$$M_{min} = 3 * (size - 2) , \quad (4)$$

$$M_{max} = \frac{(size+5)*(size-2)}{2} , \quad (5)$$

$$M_{mid} = \frac{M_{min} + M_{max}}{2} . \quad (6)$$

For bubble sorting:

$$C_{mid} = \frac{size^2}{4} , \quad (7)$$

$$M_{mid} = \frac{1.5*size^2}{4} . \quad (8)$$

On the basis of data of methodical formulas the comparative table for sorting by a method of simple inserts and a method of a bubble was made (table 1):

Table 1 – Comparative analysis of sorting by simple inserts and bubble method

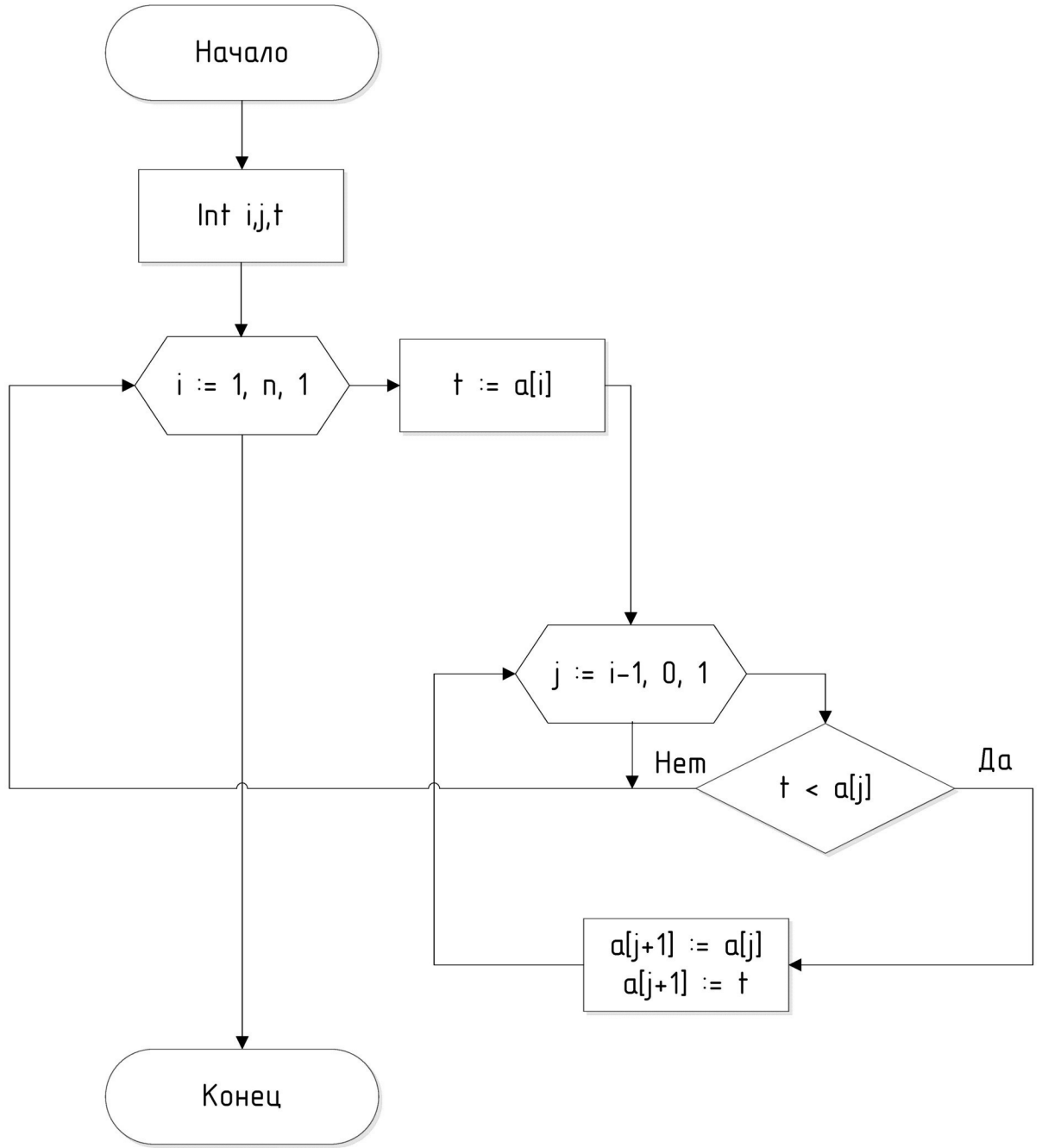
Array size	The method of simple inserts		The bubble sort method	
	Number of key comparisons (average)	Number of transfers (average)	Number of key comparisons (average)	Number of transfers (average)
32	263	329	256	384
64	1039	1163	1024	1536
128	4127	4379	4096	6144
256	16447	16953	16384	24576
512	65663	131835	65536	98304
1024	262399	264443	262144	393216

On the basis of the obtained results we can say that the number of comparisons of keys in the bubble sort method more than in the method sort of simple inserts. Therefore, according to this criterion, the efficiency of sorting by the method sort of simple inserts is higher than by the bubble method.

For small values of the array size, the number of transfers for both methods is approximately the same. At relatively large array sizes (from 512 and more), the number of transfers in the bubble method increases faster than in the simple inserts method. Consequently, the efficiency of the insertion method is higher for this characteristic.

Referring to table 1 we can also note that the sort method of the bubble requires more time than sorting by a method of inserts.

Therefore, sorting the simple method inserts more efficient sort method of the bubble.



Взам. инв. №

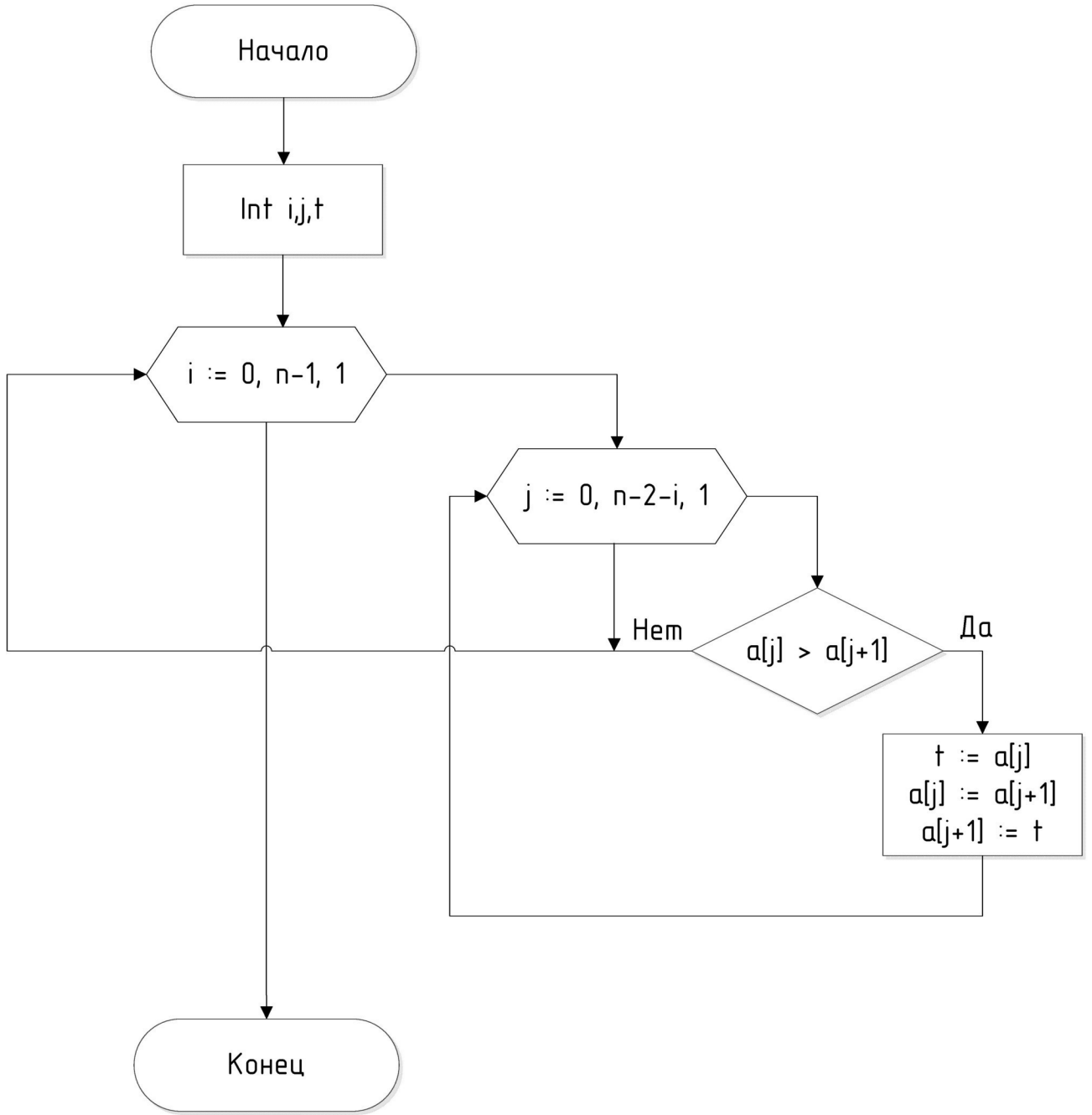
Подп. и дата

Инв. № подл.

Алгоритм сортировки методом
простых вставок

Лит.	Масса	Масштаб
У		1:1
Лист 1	Листов 2	

НИ ТПУ ОАР
Группа ВТМ71



Взам. инв. №

Подп. и дата

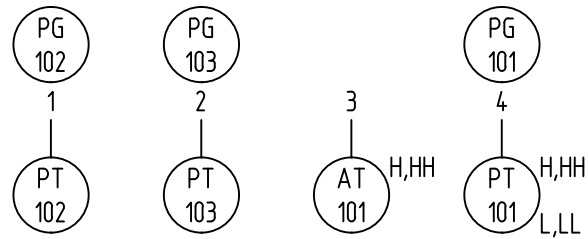
Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разработал	Тюлькин				
Проверил	Грамаков				
Т. контр.					
Нач. отд.					
Н. контр.					
Утв.					

Алгоритм сортировки методом
пузырька

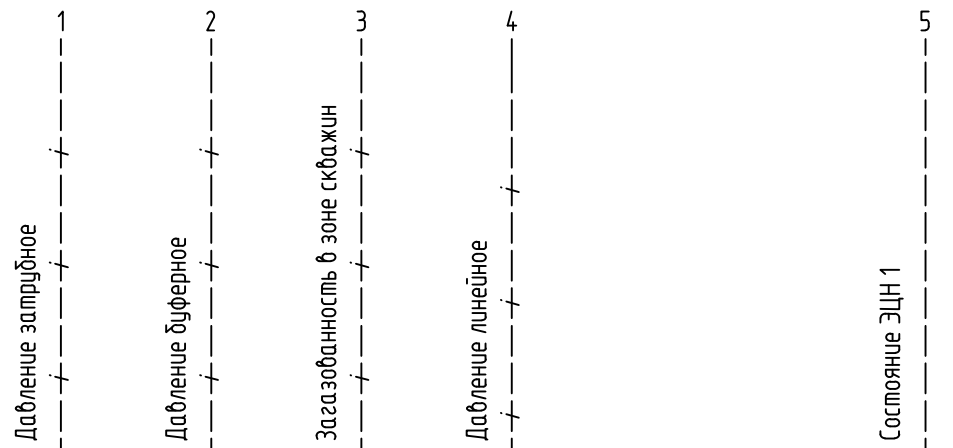
Лит.	Масса	Масштаб
У		1:1
Лист 2	Листов 2	

НИ ТПУ ОАР
Группа ВТМ71



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
PT101, PT102,	Датчик избыточного давления	3	
PT103			
PG101, PG102,	Манометр показывающий	3	
PG103			
AT101	Оптический газоанализатор	1	

Устье добывающей скважины 1д



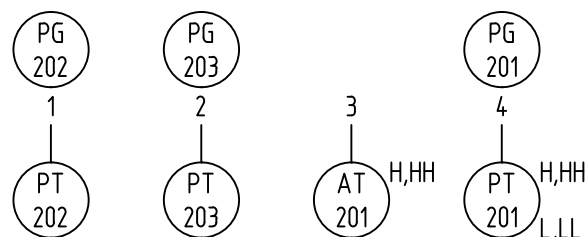
Инф. № подл.	Подпись и дата	Взам. инб. №

По месту	1	2	3	4	5
Измерение	●	●	●	●	
Сигнализация состояния					●
Предупредительная сигнализация			20 % НКПР	4.0 - 15 %	
Аварийная сигнализация			50 % НКПР	Рраб - 10 %	
Управление				4.0 - 10 %	Останов
				Рраб - 15 %	Останов

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Стадия	Лист	Листов
							7	

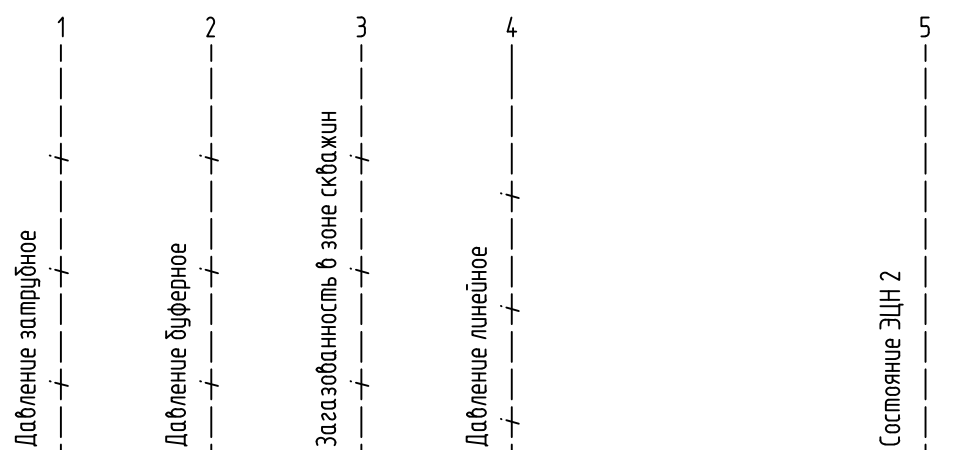
Кустовая площадка №258. Устье добывающей скважины 1д. Схема автоматизации					
---	--	--	--	--	--

Рисунок Г.1 – Пример сформированного подвала функциональной схемы автоматизации



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
PT201,	Датчик избыточного давления	3	
PT202,			
PT203			
PG201,	Манометр показывающий	3	
PG202, PG203			
AT201	Оптический газоанализатор	1	

Устье нагнетательной скважины 1н (отработка на нефть)



Инф. № подл.	Подпись и дата	Взам. инб. №

По месту	1	2	3	4	5
Измерение	•	•	•	•	
Сигнализация состояния					•
Предупредительная сигнализация			20 % НКПР	4.0 - 15 %	
Аварийная сигнализация			50 % НКПР	4.0 - 10 %	
Управление				4.0 - 10 %	Останов
				Рраб - 15 %	Останов

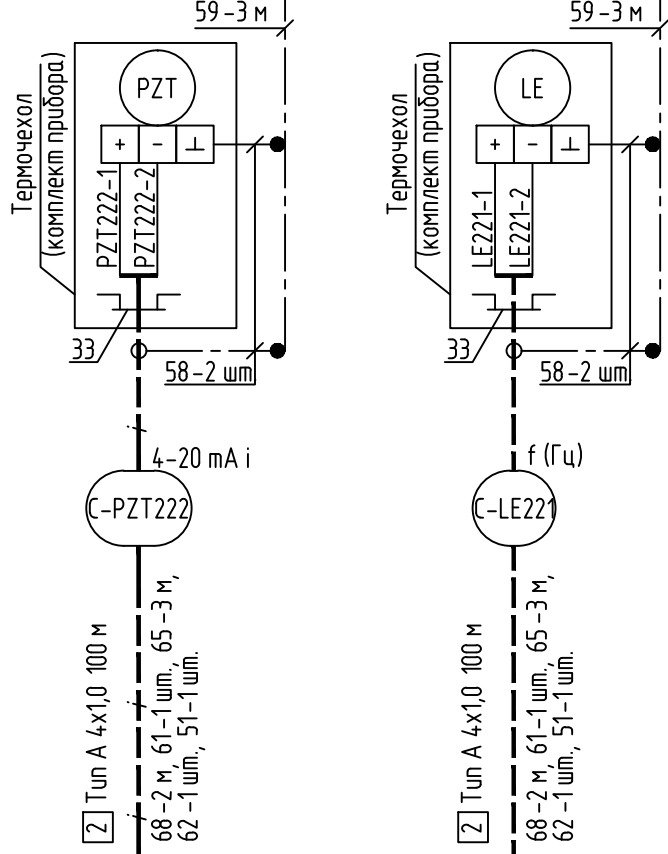
Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата	Стадия	Лист	Листов
							10	

Кустовая площадка №258. Устье нагнетательной скважины 1н (отработка на нефть). Схема автоматизации					
--	--	--	--	--	--

Рисунок Г.2 - Пример сформированного подвала функциональной схемы автоматизации

Наименование параметра и место отбора импульса	Площадка колонны отдувки метанола (поз. 022 по ГП)	
	Давление газа на выходе из колонны (ПАЗ)	Аварийный уровень жидкости в колонне
Обозначение чертежа установки		
Поз. обозначение	PZT222	LE221

Заземляющее устройство



Блок автоматики (поз. 54). Шкаф ПАЗ Блок автоматики (поз. 54). Шкаф РСУ

Приложение Д
(справочное)

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №
--------------	----------------	--------------

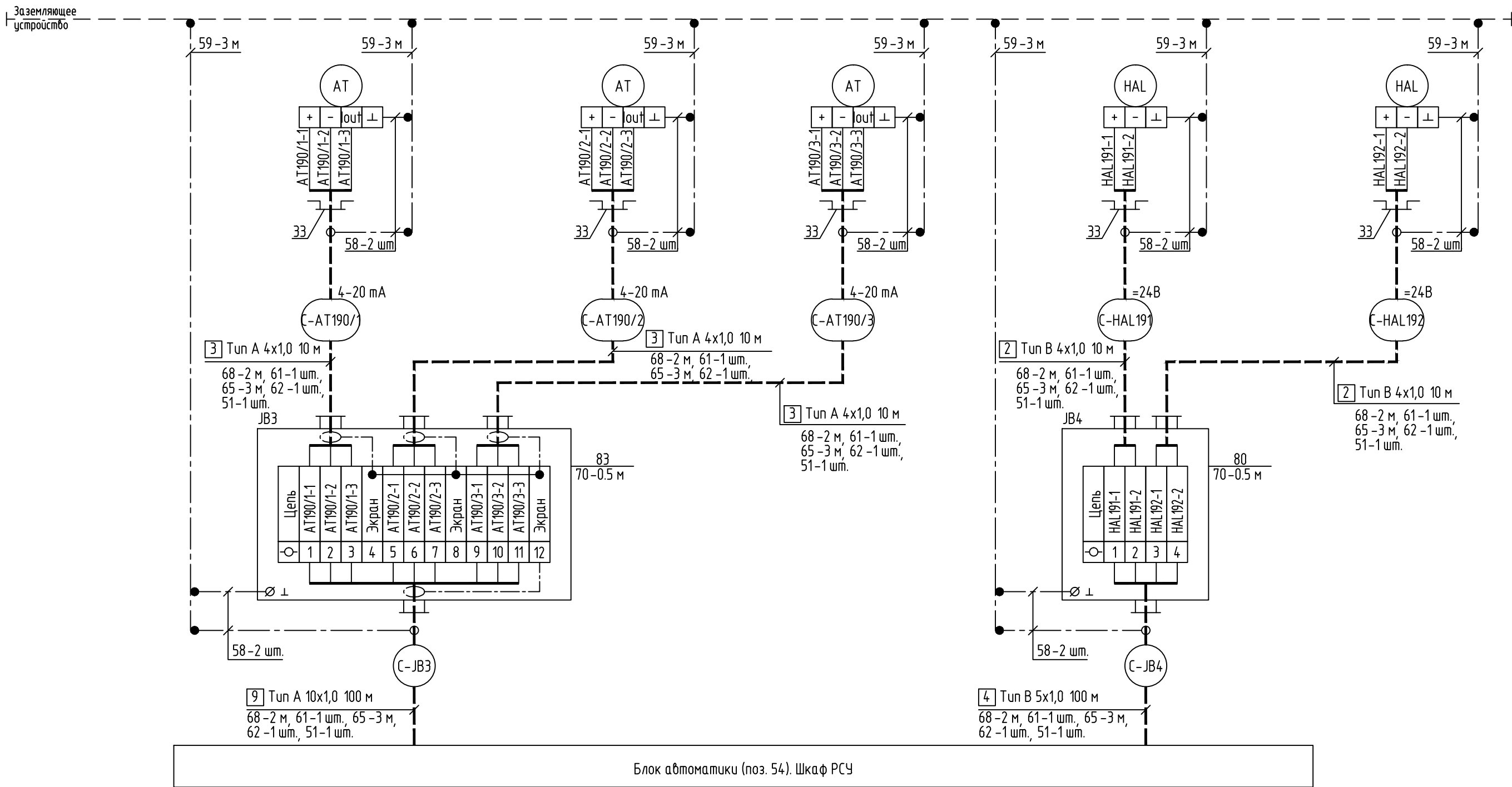
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Стадия	Лист	Листов

Площадка колонны отдувки метанола. Схема соединения внешних проводок

Rev.

Наименование параметра и место отбора импульса	Узел подключения (поз. 019 по ГП)				
	Загазованность (по метану). Точка 1	Загазованность (по метану). Точка 2	Загазованность (по метану). Точка 3	Предупредительная светозвуковая сигнализация	Аварийная светозвуковая сигнализация
Обозначение чертежа установки					
Поз. обозначение	AT190/1	AT190/2	AT190/3	HAL191	HAL192



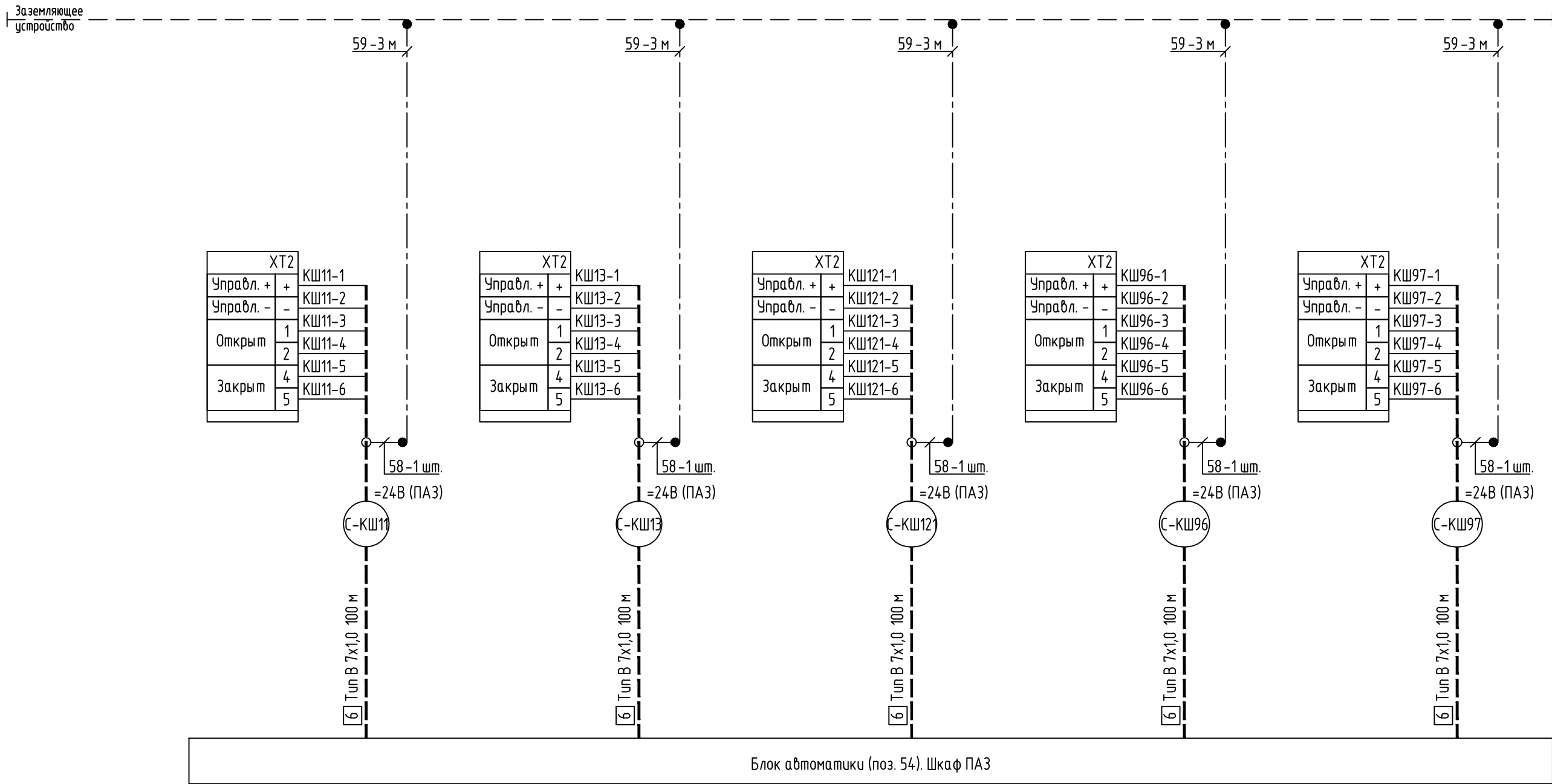
Приложение Д
(справочное)

Инф. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инб. №	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Узел подключения. Схема соединения внешних проводок			Стадия	Лист	Листов

Наименование параметра и место отбора импульса	Узел подключения (поз. 019 по ГП)		Блок узла дросселирования (БД) (поз. 090 по ГП)	Площадка колонны отдувки метанола (поз. 022 по ГП)	
	Кран шаровый КШ11	Кран шаровый КШ13	Кран шаровый КШ121	Кран шаровый КШ96	Кран шаровый КШ97
Обозначение чертежа установки					
Поз. обозначение					



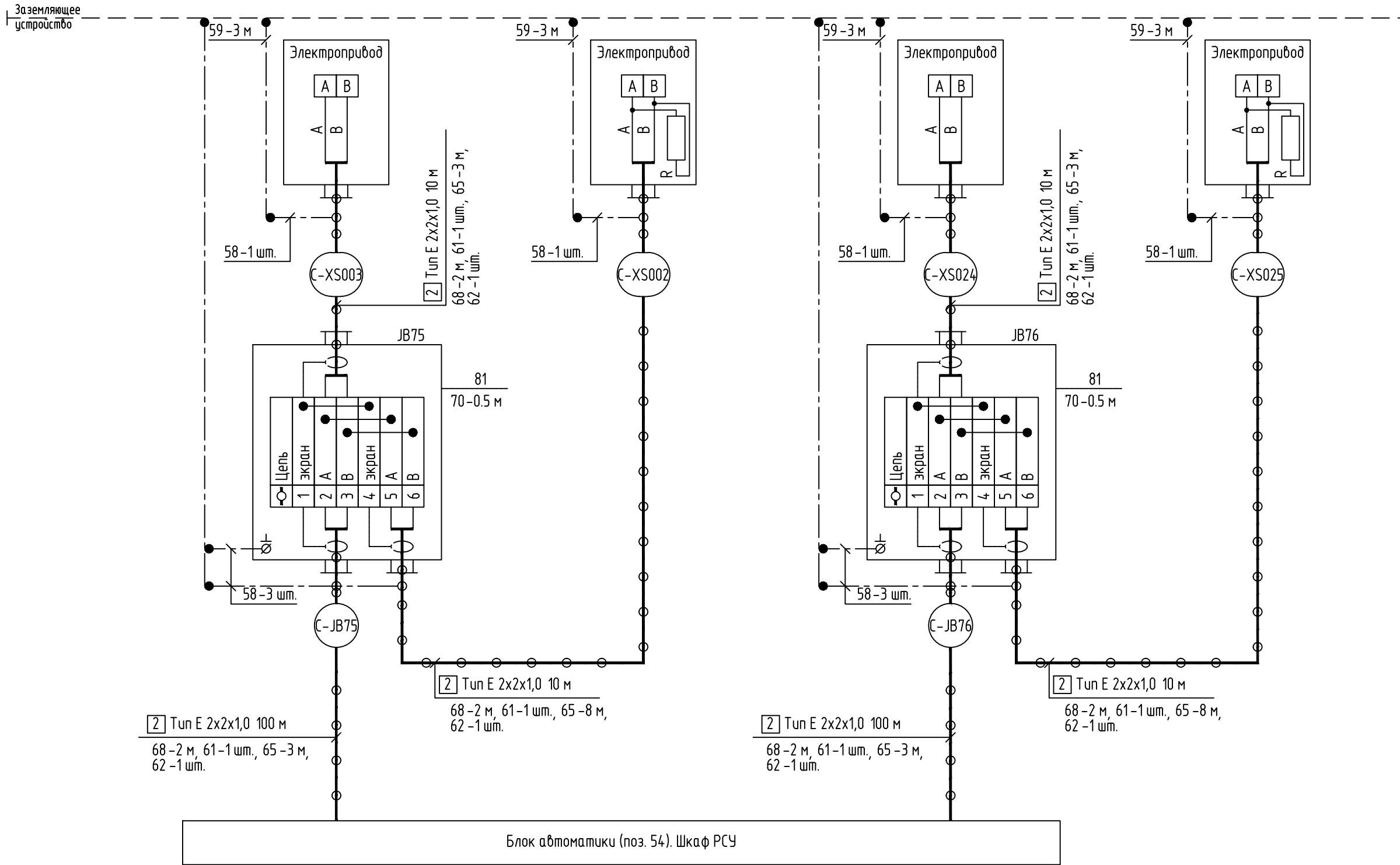
Приложение E
(справочное)

Инф. № подл.	Взам. инб. №
Подпись и дата	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Rev.		
						Стадия	Лист	Листов
Схема соединения электроприводов								

Рисунок E.1 - Пример сформированного листа чертежа схемы соединения внешних проводок (исполнительные механизмы)

Наименование параметра и место отбора импульса	Технологическая площадка №1. СП-1 (поз. 001 по ГП)	Технологическая площадка №1. СП-2 (поз. 001 по ГП)	Технологическая площадка №2. РЖ-1 (поз. 008 по ГП)	
	Задвижка ЗДЗ	Задвижка ЗД2	Задвижка ЗД24	Задвижка ЗД25
Обозначение чертежа установки	-			
Поз. обозначение	-			



Приложение Е
(справочное)

Инф. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инб. №	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Rev.		
						Стадия	Лист	Листов
Схема соединения электроприводов								

Рисунок Е.2 - Пример сформированного листа чертежа схемы соединения внешних проводок (исполнительные механизмы)

Приложение 3
(спрабочное)

Кабель, жгут, труба	Направление		Направление по чертежам расположения	Кабель, провод			Труба/Короб			Металлорукав			Примечание
	Откуда	Куда		Марка, число жил, сечение	Длина, м		Марка, диаметр	Длина, м		Марка, диаметр	Длина, м		
					Проек- тируе- мая	Факти- чес- кая		Проек- тируе- мая	Факти- чес- кая		Проек- тируе- мая	Факти- чес- кая	
С-РЗТ193	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Давление (ПАЭ). Точка 1	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB1		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-РЗТ194	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Давление (ПАЭ). Точка 2	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB1		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-JB1	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB1	Блок автоматики (поз. 54). Шкаф ПАЭ		Кабель Тип А 5x1,0	100		Труба Ду20x2,8	3		DN22	2		
С-РТ193	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Давление после КШ11	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB2		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-РТ194	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Давление после КШ13	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB2		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-РТ191	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Давление до КШ11	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB2		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-РТ192	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Давление до КШ13	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB2		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-PDT195	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Перепад давления на кране	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB2		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-PDT196	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Перепад давления на кране	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB2		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-JB2	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB2	Блок автоматики (поз. 54). Шкаф РСУ		Кабель Тип А 14x1,0	100		Труба Ду20x2,8	3		DN22	2		
С-АТ190/1	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Загазованность (по метану). Точка 1	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB3		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
С-АТ190/2	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Загазованность (по метану). Точка 2	Узел подключения (поз. 019 по ГП). Коробка зажимов JB3		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата

Rev.

Лист

Рисунок 3.1 - Пример сформированного листа кабельного журнала

Инв. №

Формат А3

Кабель, жгут, труба	Направление		Направление по чертежам расположения	Кабель, провод			Труба/Короб			Металлорукав			Примечание
	Откуда	Куда		Марка, число жил, сечение	Длина, м		Марка, диаметр	Длина, м		Марка, диаметр	Длина, м		
					Проектная	Фактическая		Проектная	Фактическая		Проектная	Фактическая	
С-НАЛО82/4	Технологическая площадка №2	Технологическая площадка №2		Кабель Тип В 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
	(поз. 008 по ГП). Аварийная	(поз. 008 по ГП). Коробка											
	светозвуковая сигнализация	зажимов JB13											
С-JB13	Технологическая площадка №2	Блок автоматики (поз. 54).		Кабель Тип В 10x1,0	100		Труба Ду20x2,8	3		DN22	2		
	(поз. 008 по ГП). Коробка	Шкаф РСЧ											
	зажимов JB13												
С-ТТ081	Технологическая площадка	Технологическая площадка		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
	№2. ГС-5/1 (поз. 008 по ГП).	№2. ГС-5/1 (поз. 008 по ГП).											
	Температура в сепараторе	Коробка зажимов JB14											
С-PDT081	Технологическая площадка	Технологическая площадка		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
	№2. ГС-5/1 (поз. 008 по ГП).	№2. ГС-5/1 (поз. 008 по ГП).											
	Перепад давления на сетке	Коробка зажимов JB14											
С-РТ081	Технологическая площадка	Технологическая площадка		Кабель Тип А 4x1,0	10		Труба Ду20x2,8	8		DN22	2		
	№2. ГС-5/1 (поз. 008 по ГП).	№2. ГС-5/1 (поз. 008 по ГП).											
	Давление в сепараторе	Коробка зажимов JB14											

Ведомость потребности кабелей

Марка кабеля	Число пар в кабелях, диаметр жил							Количество отрезков кабелей
	4x1,0	5x1,0	7x1,0	10x1,0	14x1,0	2x2x1,0	-	
Кабель Тип А	2490	400	500	1500	2200			243
Кабель Тип В	1000	800	200	2600	900			145
Кабель Тип Е						300		3

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата

Rev.

Лист

