TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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
Автоматизация процесса разработки документации технического обеспечения АСУ ТП

УДК 004.896:658.512.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Афанасьев Никита Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Гончарова Наталья Александровна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

По разделу на английском языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Сидоренко Татьяна Валерьевна	к.п.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Гайворонский Сергей Анатольевич	к.т.н., доцент		

Томск – 2021 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, самостоятельно изучать научно-техническую документацию своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен определить математическую и техническую сущность задач и провести их качественно-количественный анализ
ОПК(У)-3	Способен на основании статистических методов участвовать в проведении корректирующих и превентивных мероприятий, направленных на улучшение качества, интерпретировать и представлять результаты
ОПК(У)-4	Способен анализировать полученные результаты измерений на основе их физической природы и принимать обоснованные решения в области профессиональной деятельности

Профессиональные компетенции выпускников	
ПК(У)-1	Обладает способностью разрабатывать технические задания на модернизацию и автоматизацию действующих производственных и технологических процессов и производств, технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний, новые виды продукции, автоматизированные и автоматические технологии ее производства, средства и системы автоматизации, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-2	Обладает способностью проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемой продукции, автоматизированных и автоматических технологических процессов и производств, средств их технического и аппаратно-программного обеспечения
ПК(У)-3	Обладает способностью: составлять описание принципов действия и конструкции устройств, проектируемых технических средств и систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний технологических процессов и производств общепромышленного и специального назначения для различных отраслей национального хозяйства, проектировать их архитектурно-программные комплексы
ПК(У)-4	Обладает способностью разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты автоматизированных и автоматических производств различного технологического и отраслевого назначения, технических средств и систем автоматизации управления, контроля, диагностики и испытаний, систем управления жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизации проектирования, отечественного и зарубежного опыта разработки
ПК(У)-5	Обладает способностью разрабатывать функциональную, логическую и техническую организацию автоматизированных и автоматических производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на базе современных методов, средств и технологий проектирования

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения – Весенний семестр 2020 /2021 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)
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20
	Основная часть	60

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Гайворонский Сергей Анатольевич	к.т.н., доцент		

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ _____ Гайворонский С. А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ91	Афанасьев Никита Андреевич

Тема работы:

Автоматизация процесса разработки документации технического обеспечения АСУ ТП	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.05.2021, 134-28/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект исследования – система автоматизированного проектирования документации технического обеспечения АСУ ТП. Цель работы – сокращение времени и повышение качества разработки рабочих комплектов по направлению проектирования АСУ ТП нулевого уровня.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).	– сравнительный анализ САПР; – сравнительный анализ графических платформ; – составление EPC-модели САПР; – описание программного обеспечения; – разработка программного интерфейса; – разработка программных модулей по построению функциональных схем автоматизации и схем соединения внешних проводок; – оптимизация процесса построения «подвала» схем автоматизации; – исследование эффектов от внедрения системы.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	– лист общих данных; – функциональная схема автоматизации; – схема соединения внешних проводок.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гончарова Наталья Александровна, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович, доцент ООД ШБИП, к.т.н.
Раздел на иностранном языке	Сидоренко Татьяна Валерьевна, доцент ОИЯ ШБИП, к.п.н., доцент

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

Введение

1 Обзор источников литературы и постановка проблемы

2.1 Назначение разработки

2.2 Функциональные возможности системы

2.4 Программные и технические средства функционирования системы

2.5 Событийная цепочка процессов в системе

2.6 Описание программного обеспечения

2.8.1 Подготовка внутренних данных

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Афанасьев Никита Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ91	Афанасьев Никита Андреевич

Школа	ИШИТР	**Отделение (НОЦ)**	ОАР
Уровень образования	Магистратура	**Направление/ специальность**	15.04.04 «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 публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
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	1. Анализ потенциальных потребителей; 2. Анализ конкурентоспособности;
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	1. Планирование структуры работ проекта; 2. Определение трудоемкости выполнения работ; 3. Формирование бюджета.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение потенциального эффекта разработки.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Сегментирование рынка *2.* Оценка конкурентоспособности технических решений *3.* Диаграмма Исикава *4.* Матрица SWOT *5.* Диаграмма Ганта *6.* Бюджет затрат НТИ *7.* Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.2021

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Гончарова Наталья Александровна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Афанасьев Никита Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ91	Афанасьев Никита Андреевич

Школа	ИШИТР	**Отделение (НОЦ)**	ОАР
Уровень образования	Магистратура	**Направление/ специальность**	15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Автоматизация процесса разработки документации технического обеспечения АСУ ТП	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – система автоматизированного проектирования документации технического обеспечения АСУ ТП. Рабочим местом является кабинет инженеров-проектировщиков. В кабинете рабочей зоной является место за персональным компьютером.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ. Термины и определения; – ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора; – Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от 30.12.2020) "О персональных данных" – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – электромагнитные излучения; – поражение электрическим током; – опасные факторы, связанные с пожаром; – статические перегрузки, связанные с рабочей позой.
3. Экологическая безопасность:	Влияние малое. Предметами воздействия на среду могут выступить бытовые отходы, воздействующие на атмосферу при неправильной переработке.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: возгорание, взрыв, короткое замыкание. Наиболее распространённый тип ЧС – пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Афанасьев Никита Андреевич		

Реферат

Пояснительная записка содержит 138 страниц машинописного текста, 21 таблицу, 51 рисунок, 44 использованных источника, 6 приложений.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, автоматизированная система управления, программное обеспечение, функциональная схема автоматизации, схема соединения внешних проводок.

Объект исследования – система автоматизированного проектирования (САПР) документации технического обеспечения АСУ ТП.

Цель работы – автоматизация процесса разработки документации рабочих комплектов по направлению проектирования АСУ ТП 0-го уровня.

В ходе исследования была решена задача оптимизации процесса построения «подвала» функциональных схем автоматизации.

САПР разрабатывается в рамках Целевого инновационного проекта ПАО «НК «Роснефть» на тему «Разработка технологий автоматизации проектирования». Технология выполнения проектных работ в системе оформлена в виде EPC-схемы.

Степень внедрения: комплекс используется и проходит тестирование в отделе автоматизации АО «ТомскНИПИнефть». Система передана в 7 Обществ Группы ПАО «НК «Роснефть» для апробации. САПР загружена на Портал Корпоративного научно-проектного комплекса в магазин приложений.

Фактором экономического эффекта, реализуемым в предложенной работе, является сокращение времени и повышение качества разработки документации, и, как следствие, снижение финансовых затрат.

Разработка системы производилась в среде программирования Microsoft Visual Studio на языке C# на основе систем автоматизированного проектирования AutoCAD и nanoCAD.

Перспектива дальнейшего развития – расширение функциональных возможностей системы.

Содержание

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Event-Driven Process Chain (событийная цепочка процессов): Используется для описания процессов. Схема процесса представляет собой упорядоченную комбинацию событий и функций. Для каждой функции могут быть определены начальные и конечные события, участники, исполнители, материальные и документальные потоки, сопровождающие её, а также проведена декомпозиция на более низкие уровни;

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 завершенный продукт;

документация типового проектирования Компании: Локальные нормативные документы Компании, содержащие внутри себя правила, технические нормативы проектирования и строительства объектов Компании, проектную продукцию, разработанную на основе унификации и типизации, а также устанавливающие требования по ее применению при проектировании и строительстве объектов Компании;

единые технические требования: Вид типовой заказной документации, устанавливающий единые требования Компании к различным видам (группам) материально-технических ресурсов с учетом стандартизации, сокращения вариативности, типоразмеров и обеспечения взаимозаменяемости;

проектная документация: Проектная, рабочая, изыскательская и иная техническая документация, выпускаемая разработчиком с учетом применения

всех установленных к ней требований;

рабочая документация: Совокупность текстовых и графических документов, обеспечивающих реализацию принятых в утвержденной проектной документации технических решений объекта капитального строительства, необходимых для производства строительных и монтажных работ, обеспечения строительства оборудованием, изделиями и материалами и/или изготовления строительных изделий;

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;

техническое обеспечение автоматизированной системы: Комплекс технических средств, предназначенных для работы АС, а также соответствующая документация на эти средства и автоматизированные технологические процессы;

унифицированное автоматизированное рабочее место: Виртуальное рабочее место инженера-проектировщика с полным набором инструментов и шаблонов, необходимых в процессе проектирования.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

EPC – Event-Driven Process Chain (событийная цепочка процессов);

АСУ – автоматизированная система управления;

ГП – генеральный план;

ДТПК – документация типового проектирования Компании;

ЕСКД – единая система конструкторской документации;

ЕТТ – единые технические требования;

ИМ – исполнительный механизм;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

МУК – методические указания Компании;

НГД – нефтегазодобыча;

ОГ – общества группы;

ОС – операционная система;

ПД – проектная документация;

ПИР – проектно-изыскательные работы.

ПО – программное обеспечение;

ПСД – проектно-сметная документация;

РД – рабочая документация;

САПР – система автоматизированного проектирования;

СПДС – система проектной документации для строительства;

ТЗ – техническое задание;

ТО – техническое обеспечение;

ТП – технологический процесс;

УАРМ – унифицированное автоматизированное рабочее место;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ЦИП – целевой инновационный проект;

ЭЦН – электроцентробежный насос.

Введение

Эффективная эксплуатация большинства технологических объектов, действующих на предприятиях, невозможна без применения АСУ ТП. Важный этап жизненного цикла разработки АСУ ТП – проектирование.

Сложность объектов промышленности часто несопоставима с устаревшими средствами проектирования. Назрела необходимость оптимизации существующих методов разработки АСУ.

Создание масштабных, узкоспециализированных проектов в средах AutoCAD или nanoCAD, широко используемых в проектных организациях, занимает много времени.

Компьютеризация проектирования эффективна, когда от локальной автоматизации, такой как выполнение отдельных инженерных расчетов, переходят к комплексной, создавая САПР.

Применение программ в САПР является частью общемировой тенденции развития современных компьютерных цифровых технологий, внедряемых в проектирование, строительство и эксплуатацию.

Подготовка документации является для разработчика трудоемким процессом, а автоматизация разработки имеет целью – повышение эффективности труда инженеров, включая:

– снижение трудоёмкости проектирования;

– сокращение сроков проектирования;

– уменьшение себестоимости проектирования;

– повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования.

Работа направлена на развитие стратегии «Роснефть – 2022» по направлению цифровизации.

1 Обзор источников литературы и постановка проблемы

1.1 Проблематика

Проектирование АСУ ТП – трудоемкая задача. Количество и многообразие входящих в состав системы элементов и их взаимосвязей определяют сложность проектируемой АСУ ТП. Также, процесс проектирования усложняется его итерационностью, так как специалисты из различных отделов могут включаться на разных этапах. Колоссальная часть от общего времени проектирования тратится на постоянное внесение изменений и оформление выходной проектной документации в соответствии со стандартами проекта, которые постоянно претерпевают изменения из-за влияния нормативных актов, а также желаний заказчика.

Как правило, проектирование АСУТП с использованием традиционных средств и технологий требует значительных трудозатрат, при этом велика вероятность возникновения несистемных ошибок, что, в свою очередь, влияет на эффективность процесса проектирования и на качество проекта в целом. Устранить указанные недостатки позволяет применение САПР [1].

В качестве литературы по проектированию автоматизированных систем управления использовались источники [3], [4], [5], по программированию – [6], [7], [8].

1.2 Описание работы инженера-проектировщика систем автоматизации нулевого уровня

Работа специалиста автоматизации нулевого уровня АСУ ТП на стадии «Проектная документация» заключается в формировании полноценного комплекта документации: объем автоматизации технологических объектов, технические требования применяемого оборудования КИПиА, описание по прокладке кабельных и трубных проводок, информация по монтажу оборудования КИП. Объем проработки решений по части автоматизации должен позволять сделать выводы об обеспечении безопасной эксплуатации

объекта проектирования, соблюдении всех требований НТД и ЛНД Компании.

Работа инженера – разработчика систем автоматизации 0-го уровня АСУ ТП на стадии «Рабочая документация» заключается в формировании полноценного комплекта документации с целью реализации при строительстве технических решений, которые представлены в ПД на объект капитального строительства.

Основная работа для инженера – разработчика системы автоматизации нулевого уровня заключается в выполнении схем автоматизации; разработке схем соединения и подключения внешних проводок; выборе характеристик и трассы кабельных сетей, разработке мероприятий для установки средств автоматизации нулевого уровня, выборе оборудования для систем автоматизации; выдаче заданий в смежные отделы и формировании на их основе проектной документации, рабочих чертежей, спецификаций.

1.3 Отличительные особенности проектирования АСУ ТП

Проектирование АСУ ТП обладает отличиями от проектирования машин и механизмов, зданий и сооружений:

1. Графическая часть проекта АСУ ТП состоит в основном из набора 2D чертежей и схем со своим специфическим набором графических элементов, соединенных линиями и стрелками различных типов.

2. На чертежи наносится много буквенно-цифровых обозначений.

3. Проект АСУ ТП обладает табличной частью, по объему превышающей 50 % от полного количества томов проекта. Информация в табличной части, сложным образом связана с той, которая наносится на чертежи [2].

Под ТО АСУ ТП понимается в первую очередь ПСД на технические средства АСУ ТП. Оформление чертежей ПСД должно соответствовать требованиям ГОСТ 21.408-2013 [9], ГОСТ Р 21.1101-2013 [15] и других взаимосвязанных стандартов СПДС и ЕСКД, а также Временного порядка Компании «Требования к оформлению чертежей. Общие требования».

1.4 Обзор существующих решений

1.4.1 Сравнительный анализ САПР

На сегодняшний день существуют некоторые аналоги предложенного ПО, которые могут решать ряд поставленных выше задач по автоматизации при должной адаптации (например, формировать отчеты, спецификации и некоторые другие виды разрабатываемых документов). Сравнение САПР представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение САПР

Характеристика	Разработка	Bentley	E3.Series	EPlan
Возможность выполнения схем ТО*	+	+	+	+
Построение «подвала» схем автоматизации развернутым способом*	+	-	+	-
Возможность использования при построении типов линий электрических цепей*	+	-	-	-
Отображение функций управления (контроля, регулирования) в «подвалах» с использованием дуг	+	-	+	-
Формирование документации по типовым шаблонам	+	+	+	+
Ориентированность на ДТПК	+	-	-	-
Поддержка библиотек элементной базы конкретных производителей оборудования	-*	-	+	+

* – в соответствии с требованиями ГОСТ 21.408 [9].

Также аналогам присущи следующие недостатки:

1) необходимость в адаптации и доработке ПО под нужны Компании;

2) функционал многих аналогичных программных продуктов чрезмерно избыточен, т.к. разработка программного обеспечения аналогов ведется не только под нефтегазовую отрасль;

3) при использовании стороннего ПО есть необходимость в привлечении сторонних специалистов для обучения сотрудников;

4) санкционные риски при использовании зарубежного ПО.

1.4.2 Сравнительный анализ графических платформ

С учетом рисков непоставки и прекращения обновления зарубежного ПО для выполнения ПИР требовалось импортозамещение базовой графической платформы (AutoCAD на nanoCAD). В результате, программный модуль был реализован на основе российской базовой графической платформы nanoCAD, используемой в Единой линейке программного обеспечения в области ПИР. Сравнение базовых графических платформ представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение графических платформ

Функциональные возможности	AutoCAD	DraftSight	PowerDraft	ZWCAD	BricsCAD	nanoCAD	КОМПАС
Страна	США	Франция	США	Китай	Бельгия	Россия	Россия
Базовые аспекты							
Чтение и запись редактируемой графики в формате файла DWG	+	+/-	+	+	+	+	+/-
Параметризация 2D-примитивов	+	-	-	+	+	+	+
Системный аспект							
Оптимизированный код и низкие требования к аппаратному обеспечению	-	-	-	+	+	+	-
Юридические аспекты							
Входит в Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД	-	-	-	-	-	+	+
Функционал создания корпоративной системы лицензирования	-	-	-	-	+	+	-
Экономические аспекты							
Бесплатное средство просмотра чертежей	+	+	-	-	+	+	+
Резервирование исходного кода ПО	-	-	-	-	+	+	-
Наличие бессрочной лицензии	-	+	+	+	+	+	+
Наличие лицензии без ограничений по количеству рабочих мест	-	-	-	-	-	+	+

2 Система автоматизированного проектирования документации

2.1 Назначение системы

Разрабатываемая САПР предназначена для:

– экономии времени инженера-проектировщика;

– уменьшения вероятности случайных ошибок при разработке РД;

– уменьшения несоответствий принятых решений в разных частях проекта;

– исключения дублирования ввода и обработки одной и той же информации разными специалистами;

– снижения доли «ручного труда»;

– обеспечения интуитивно понятного и простого интерфейса между пользователем и программой автоматизированной разработки документации;

– совершенствования и унификации процессов проектирования объектов добычи, нефтепереработки, нефтехимии, энергетики и используемого программного обеспечения;

– «сквозного проектирования» схемных решений;

– повышения прозрачности проектной деятельности;

– сокращения сроков проектирования объектов.

Разработанный программный комплекс предназначен для автоматизированной разработки таких частей проекта, как:

– листы общих данных;

– функциональные схемы автоматизации с перечнем элементов;

– схемы соединений внешних проводок с перечнем элементов.

2.2 Функциональные возможности системы

2.2.1 Программный модуль по построению схем

Программный модуль должен обеспечивать функциональность:

1) формирование функциональных схем автоматизации по ГОСТ34-201 в развернутом виде (с подробным отображением подвала) [11], включающих:

– подвал с перечнем автоматизируемых параметров, а также алгоритмы

управления в виде дуг;

– перечень оборудования, в котором перечисляются обозначения и описание приборов КИПиА для текущей схемы автоматизации;

– при наличии нескольких однотипных объектов задаётся таблица применимости, в которой должно быть указано наименование каждого однотипного объекта и соответствующие обозначения приборов КИПиА на схеме автоматизации;

2) формирование схем соединений внешних проводок с перечнем элементов. Схемы соединений внешних проводок должна содержать:

– условные графические обозначения схем соединения и подключения оборудования КИПиА (датчиков, арматуры, насосов, вентиляторов).

– перечень элементов схем соединений внешних проводок с указанием количества каждого элемента на схемах.

2.2.2 Пользовательский интерфейс системы

Программный интерфейс для автоматизированного проектирования раздела «КИПиА» должен обеспечивать следующую функциональность:

1) управление сеансами работы:

– возможность начать новый сеанс работы;

– сохранение текущего сеанса работы в файл;

– загрузка сохраненного сеанса из файла;

2) возможность отменить ранее совершенное действие в программе, а также вернуть отмененное действие;

3) возможность проводить в списках объектов, помещений, шкафов проводить следующие манипуляции:

– удаление элемента из списка;

– копирование элемент в буфер обмена;

– вставка элемента из буфера обмена;

– изменение наименования элемента;

4) внесение исходной информации по объектам, имеющимся в текущей системе, помещениям установки шкафа и по шкафам оборудования;

5) задание таблицы применимости для однотипных объектов для сокращения количества чертежей;

6) указание сооружения в виде блочного с типовой локальной системой управления (для такого сооружения автоматически должны быть построены схемы автоматизации и схемы соединений внешних проводок);

7) задание объема автоматизации на каждом сооружений в табличном виде с разделением по видам оборудования КИПиА: датчики, местные приборы, арматура, насосное оборудование и вентиляция, по комплектному оборудованию и смежным системам;

8) добавление ЭЦН в объем автоматизации в качестве типового решения;

9) задание списка схем автоматизации с возможностью отнесения заданных параметров в объеме автоматизации к выбранной схеме автоматизации;

10) задание перечня оборудования КИПиА на основе объема автоматизации для каждой схемы автоматизации;

11) задание автоматизируемых функций и алгоритмов управления для каждой схемы автоматизации и каждого параметра выбранной схемы;

12) заполнение информации для формирования схем внешних проводок на основе данных, заданных по объему автоматизации и схемам автоматизации;

13) проверка ввода данных в пользовательском интерфейсе с возможностью мгновенного перехода в нужную часть пользовательского интерфейса для доработки;

14) автоматическое формирование позиционных обозначений параметров датчиков на основе позиционного обозначения объекта по ГП сооружения и количества датчиков такого же типа, как и текущий;

15) автоматическое формирование буквенных обозначений параметров датчика на основе наименований.

2.3 Условия эксплуатации и надежность системы

Надежное функционирование ПО должно быть обеспечено тем, что Заказчик берет на себя ответственность за соблюдение следующих организационно-технических мероприятий:

– организацией бесперебойного питания технических средств;

– использованием лицензионного программного обеспечения;

– регулярным выполнением рекомендаций Министерства труда и социального развития РФ [12];

– регулярным выполнением требований ГОСТ 51188-98 [13].

Время восстановления после отказа, вызванного сбоем электропитания технических средств, не фатальным сбоем операционной системы, не должно превышать 30-ти минут при условии соблюдения условий эксплуатации технических и программных средств.

Время восстановления после отказа, вызванного неисправностью технических средств, фатальным сбоем (крахом) операционной системы, не должно превышать времени, требуемого на устранение неисправностей технических средств и переустановки программных средств.

Условия эксплуатации в части воздействия климатических факторов должны соответствовать следующим требованиям:

− температура: (22 – 25) °С;

− относительная влажность: (40 – 60) %.

Количество пользователей для обслуживания системы должно составлять не менее 2. Один из них – это инженер-проектировщик, который непосредственно взаимодействует с программной частью. Второй – инженер-программист, который вносит требуемые изменения в программу.

2.4 Программные и технические средства функционирования системы

Для функционирования программной части необходима ПЭВМ со техническими характеристиками:

– процессор x64 не ниже 1.6 Ghz;

– оперативную память объемом не менее 1 ГБ;

– операционную систему Windows;

– VGA-совместимый адаптер;

– HID-устройства: клавиатура, мышь;

– монитор с разрешением не менее 1280x720.

Программа должна быть применима для ЭВМ, работающих под управлением операционной системы Windows.

Для вывода и оформления конечных текстовых и табличных документов должен использоваться ПО MS Excel, MS Word версии 2010-2016.

На ПК должно быть установлена среда проектирования nanoCAD Plus 20.1 и/или Autodesk AutoCAD 2014 на локальном диске C.

Программа должна быть написана на языке программирования C# в среде программирования Microsoft Visual Studio.

Сохранение внесенных данных в программу должно осуществляться в формате JSON.

Взаимодействие среды программирование Visual Studio и среды проектирования AutoCAD должно осуществляться при помощи ObjectARX SDK и .NET.

2.5 Событийная цепочка процессов в системе

САПР выполняется в рамках Целевого инновационного проекта (ЦИП) ПАО «НК «Роснефть» на тему «Разработка технологий автоматизации проектирования». В ЦИП закладывается технология выполнения проектных работ по разработке и выпуску ПД и РД, предназначенной для организации системы автоматизации нулевого уровня.

Для представления того, какую роль выполняет программный комплекс была составлена событийная цепочка процессов (Event-Driven Process Chain). Схема процессов САПР приведена на рисунке 1.

Рисунок 1 – EPC-модель работы САПР

Перед началом проектирования необходимо удостовериться в наличии всех исходных данных. Основными исходными данными для работ по разработке автоматизации нулевого уровня являются: график работы, задания на набор сооружений, задание на автоматизацию, схема технологическая, схема пожаротушения, планы площадок и сооружений, задания на телемеханизацию, генеральный план.

После внесения исходных данных по объему автоматизации выполняется разработка схем автоматизации. В ходе проектирования схем выполняется выбор типа оборудования КИПиА (на основании локального нормативного документа (ЛНД) Компании, паспорта ДТПК). В ПО формируются подвалы схем автоматизации, чертежные блоки КИП, чертежная рамка. Размещение технологической части схемы и параметров КИП на ней осуществляется в ручном режиме.

На основании заданий на набор сооружений, объем автоматизации, планы площадок и сооружений в программе автоматизировано формируются схемы соединений внешних проводок. Возможна ручная доработка.

Наконец, программа в автоматизированном режиме выполняет вставку рамок форматов чертежей, заполнение основной надписи, автонумерацию для каждой сформированной схемы.

2.6 Программное обеспечение

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.

Разработка системы осуществлялась на языке программирования C#.

На сегодняшний день AutoCAD является наиболее популярной системой автоматизированного проектирования, которая используется во многих областях человеческой деятельности. Но система AutoCAD, как графическое ядро в базовой комплектации, постепенно теряет свою актуальность. Происходит это потому, что сегодня пользователю важно быстро, качественно и в соответствии со стандартами, действующими в той или иной стране и отрасли проектировать объекты предметной области быстро, качественно. В связи с этим представляется актуальной разработка внутри системы AutoCAD прикладных программ для автоматизированного проектирования объектов предметной области с привычными инструментами и интерфейсом.

Разработка дополнений для программы AutoCAD версии 2014 возможна с использованием одной из следующих программных технологий [18]: Object-ARX, язык C++; Auto-LISP, язык LISP; Visual Basic for Applications (VBA); NETAPI, языки C#, VB.NET и пр.

Связь среды программирования Visual Studio и среды проектирования AutoCAD осуществляется при помощи ObjectARX SDK и .NET.

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.

2.7 Описание программного интерфейса

Работа с программой разбита на несколько вкладок для удобства использования:

– исходные данные;

– объем автоматизации;

– схемы автоматизации;

– схемы соединения внешних проводок.

Первоначально открывается вкладка «Исходные данные» (рисунок 2).

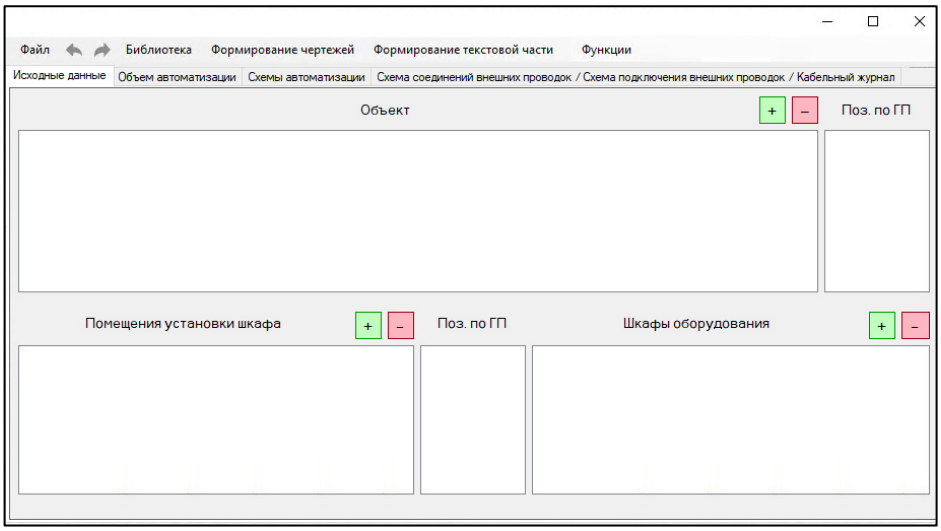


Рисунок 2 – Вид первоначального окна программы

2.7.1 Общая информация

В программе имеется возможность начать новый сеанс работы, сохранить текущий сеанс работы в файл, а также загрузить сохраненный сеанс из файла. В верхней части окна программы имеется меню «Файл» (рисунок 3).

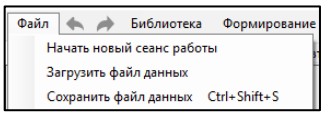


Рисунок 3 – Вкладки верхнего меню программы

Также в программе имеется возможность отменить ранее совершенное действие в программе, а также вернуть отмененное действие. Для того, чтобы отменить ранее совершенное действие или вернуть отмененное действие, необходимо в меню программы нажать на соответствующую стрелку. Изначально данные стрелки не активны. При совершении какого-либо действия в программе активируется соответствующая стрелка (рисунок 4).

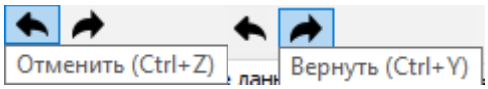


Рисунок 4 – Функции отмены и возврата действий

В списках объектов, помещений и т.д. можно проводить манипуляции:

- удалять элемент из списка;
- копировать в буфер обмена и вставлять из буфера обмена;

– изменять наименование элемента списка;

– добавлять/удалять элемент в списке объектов нажатием на соответствующую кнопку «+»/«-» либо нажатием клавиши «Insert»/«Delete» в тот момент, когда фокус установлен на данном списке (рисунок 5).

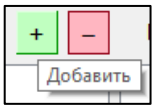


Рисунок 5 – Добавление/удаление нового элемента в список объектов

Также имеется возможность копирования указанных данных для одного параметра в другие параметры. Для этого необходимо выделить ячейки данных параметра, которые нужно скопировать и нажать «Ctrl+C». После этого необходимо выделить любую ячейку тех параметров, в которые нужно вставить скопированные данные и нажать на комбинацию клавиш «Ctrl+V».

2.7.2 Вкладка «Исходные данные»

Вкладка «Исходные данные» предназначена для внесения исходной информации по объектам, имеющимся в текущей системе, помещениям установки шкафа и по шкафам оборудования.

После добавления элемента необходимо ввести его название и задать позиционное обозначение добавленного объекта по ГП (рисунок 6).

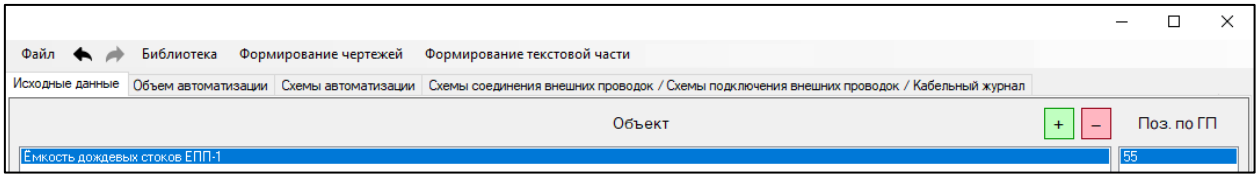


Рисунок 6 –Изменение названия и позиции по ГП для объекта

Работа со списком помещений установки и шкафа и списком шкафов оборудования полностью аналогична работе со списком объектов, за исключением того, что список шкафов оборудования задается для каждого выбранного помещения (рисунок 7).

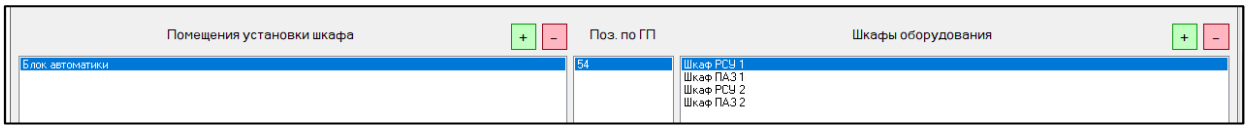


Рисунок 7 – Список шкафов для выбранного помещения

Также при нажатии на наименование «Объекта» вызывается каскадное меню, в котором можно выбрать таблицу применимости или присвоить объекту статус фиксированного блочного сооружения.

2.7.2.1 Задание таблицы применимости для однотипных объектов

Разберем формирование таблицы применимости, которая используется, когда на одной схеме автоматизации необходимо отразить несколько однотипных объектов (рисунок 8).

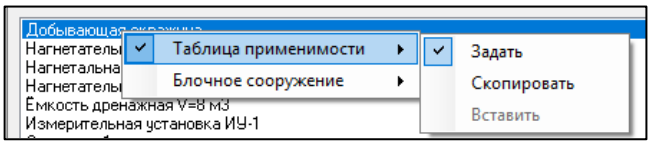


Рисунок 8 – Дополнительное меню пункта «Таблица применимости»

При выборе пункта «Задать», высвечивается окно формирования таблицы применимости (рисунок 9).

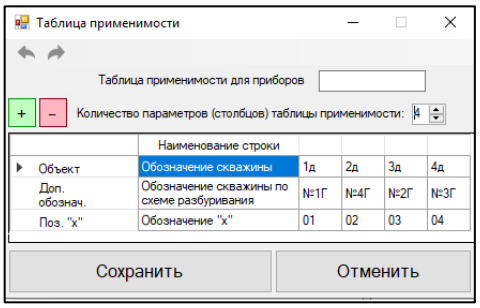


Рисунок 9 – Окно формирования таблицы применимости

С помощью поля по центру задаётся имя таблицы и ниже количество столбов таблицы (в зависимости от количества однотипных объектов).

Заданное в таблице применимости позиционное обозначение «x» или «y», будет использоваться в последующих вкладках для обозначения приборов данных объектов. Например, для добывающей скважины: буферное давление – «PT x1».

2.7.2.2 Указание сооружения в виде блочного с типовой ЛСУ

При выборе одного из пунктов данного меню (рисунок 10) обозначаем редактируемый объект соответствующим блочным сооружением.

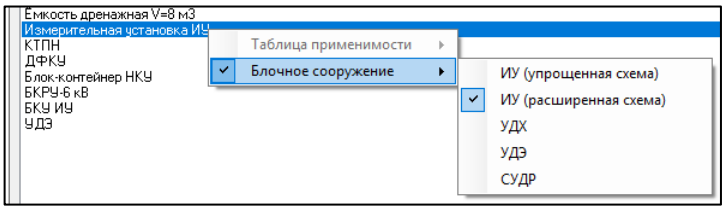


Рисунок 10 – Дополнительное меню пункта «Блочное сооружение»

Расшифровка обозначений каскадного меню «Блочное сооружение»:

– ИУ (У) – измерительная установка в упрощенном виде;

– ИУ (Р) – измерительная установка в расширенном виде;

– УДХ – установка дозирования химреагента;

– УДЭ – установка для дозирования электролита;

– СУДР – скважинная установка дозирования реагентов.

2.7.3 Заполнение штампа

Также в программе есть возможность заранее заполнить штамп общей информацией для всех чертежей. Для этого необходимо выбрать пункт меню «Формирование чертежей – Заполнить штамп». После этого будет открыто окно, в котором необходимо заполнить штамп (рисунок 11).

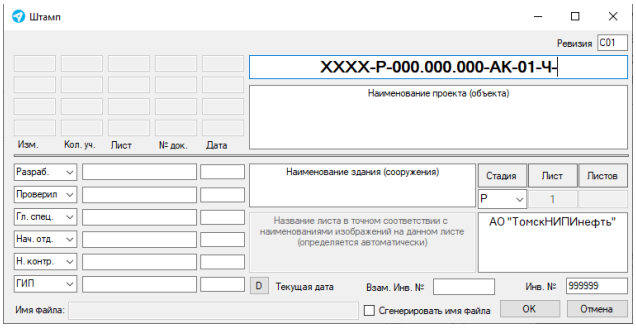


Рисунок 11 – Форма заполнения штампа

В строке, где указывается шифр проекта, номер листа указывать не нужно, т.к. осуществляется автоматическая нумерация листов.

2.7.4 Вкладка «Объём автоматизации»

Вкладка предназначена для внесения объема автоматизации по каждому объекту. Вид окна приведен на рисунке 12.

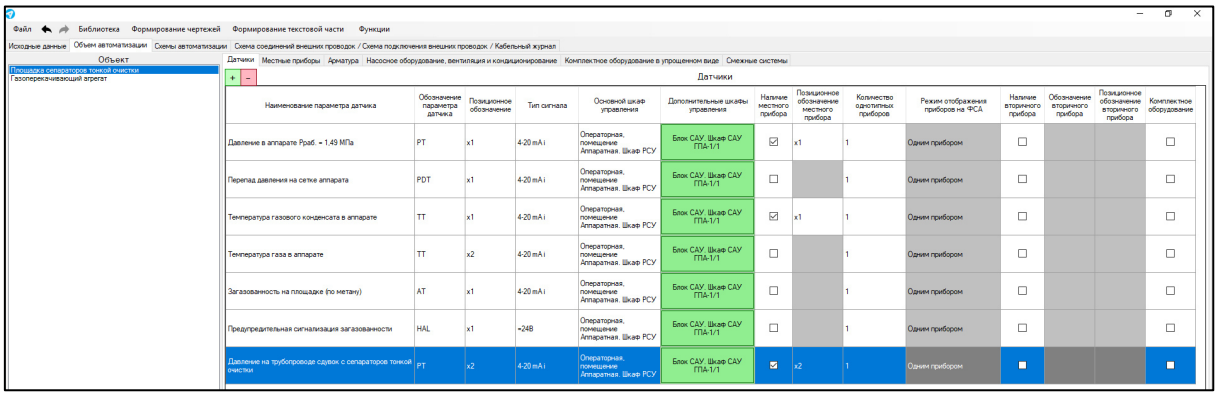


Рисунок 12 – Вид окна вкладки «Объем автоматизации»

В левой части окна имеется список объектов, заданных на первой вкладке. Для каждого объекта необходимо задать объем автоматизации отдельно по типам оборудования: по датчикам, по местным приборам, по арматуре, по насосам, вентиляторам и кондиционированию, по комплектному оборудованию и смежным системам. Данные типы оборудования можно переключать с помощью вкладок в верхней части окна.

Рассмотрим внесение объема автоматизации на примере датчиков. Для остальных типов оборудования процесс внесения данных аналогичен.

В ячейке столбца «Основной шкаф управления» приведен список шкафов, заданных на вкладке «Исходные данные».

В ячейке столбца «Дополнительные шкафы управления» находится кнопка, при нажатии на которую откроется окно задания дополнительных шкафов управления (рисунок 13). В данном списке отсутствует заданный основной шкаф управления.

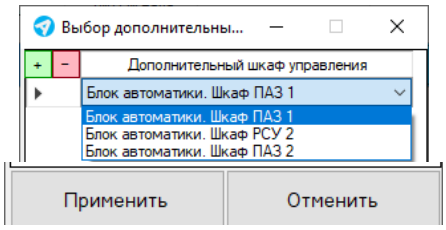


Рисунок 13 – Выбор дополнительного шкафа из списка

В ячейке столбца «Количество однотипных приборов» задаётся количество одинаковых приборов, которые будут отображаться на схеме автоматизации одной линей связи с указанием количества штук. Например, при указании в столбце «Позиционное обозначение» у датчика загазованности – АТ 550 и «Количества однотипных приборов» - 3 шт., то на схеме автоматизации данные приборы будут отображены как «АТ 550/1…550/3».

В ячейке столбца «Режим отображения приборов на ФСА» выбирается из выпадающего меню один из двух вариантов: «Одним прибором» или «Несколькими приборами». При выборе варианта «Одним прибором», датчик или датчики будут отображаться на схеме автоматизации одной линией связи, с указанием количества штук, если датчиков несколько. При выборе варианта «Несколькими приборами», датчики будут отображаться на схеме автоматизации отдельными линиями связи.

В ячейке столбца «Комплектное оборудование» указывается входит ли датчик в комплект поставки оборудования. На схемах автоматизации данные приборы будут отображены в соответствующем виде.

При заполнении информации о датчиках во вкладке «Комплектное оборудование в упрощенном виде», на схемах автоматизации будут отображаться условные прямоугольники комплектного оборудования с выходящими из них сигналами от датчиков. Также в данной вкладке имеется столбец «Указывать на внешних проводках», при выборе соответствующий прибор будет отображаться на схемах внешних проводок в комплекте поставки оборудования.

2.7.5 Вкладка «Схемы автоматизации»

Вкладка предназначена для заполнения информации для построения схем автоматизации. Информация, внесенная на предыдущих вкладках, используется в данной вкладке в качестве исходных данных.

2.7.5.1 Вкладка «Основные параметры»

На данной вкладке необходимо распределить заданные параметры вкладки «Объем автоматизации» по подвалам (рисунок 14). Предварительно необходимо данные подвалы добавить в систему с любым наименованием.

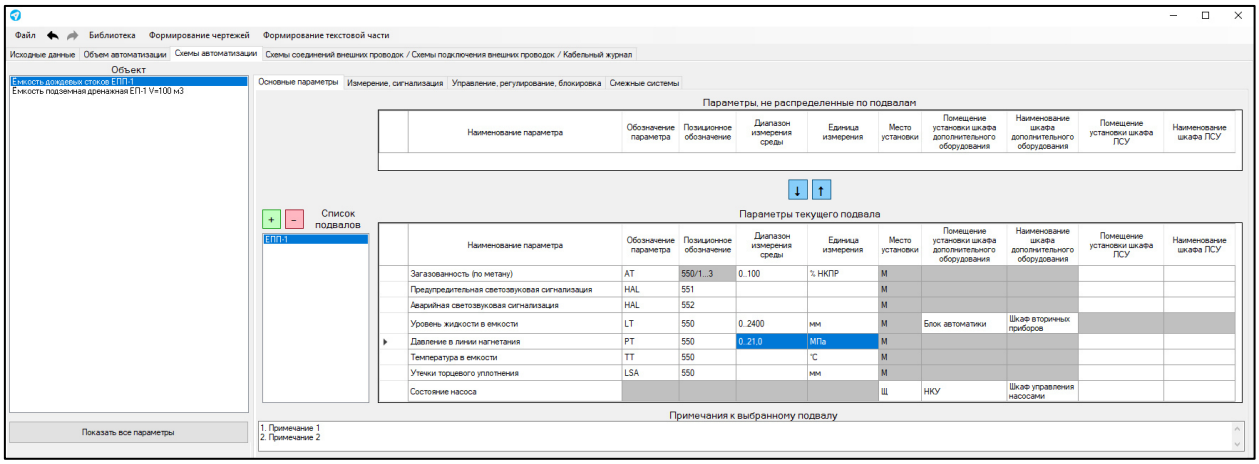


Рисунок 14 – Вид окна вкладки «Основные параметры»

Есть возможность прописать примечания для выбранного подвала.

После добавление подвала в список нужно отнести параметры к выбранному подвалу. Для этого в таблице «Параметры, не распределенные по подвалам» необходимо выделить нужные параметры нажатием на левую ячейку строки. Далее необходимо нажать на кнопку «↓». Вернуть выбранные параметры из выбранного подвала можно по аналогии.

Также имеется возможность отобразить параметры сразу со всех объектов. Для этого необходимо в левой нижней части окна нажать на кнопку «Показать все параметры». В соответствующих таблицах вкладки будут отображены параметры со всех объектов (как нераспределенные по подвалам, так и распределенные в выбранный подвал). При этом в списке объектов будет выделяться объект, к которому относится текущий параметр (параметры).

После распределения всех параметров по подвалам необходимо указать для каждого параметра информацию о диапазоне измерения среды, единице измерения, места установки, а также о дополнительных шкафах и ЛСУ.

В столбце «Место установки» возможно указать два варианта: М – расположение по месту, Щ – расположение на щите. Для местных приборов в

данном столбце указывать информацию не требуется. Столбец имеет активный выбор для арматуры, насосного оборудования и ЛСУ. Для остального оборудования устанавливается фиксированный параметр «М».

В столбцах «Помещение установки шкафа дополнительного оборудования» и «Наименование шкафа дополнительного оборудования» указывается соответствующее помещение и шкаф. Столбцы активны для:

– датчиков, у которых указано «Наличие вторичного прибора»;

– арматуры и насосного оборудования (столбец «Место установки» – Щ).

2.7.5.2 Вкладка «Измерение, сигнализация»

Во вкладке необходимо указать параметры измерения и сигнализации для параметров выбранного объекта из выбранного подвала и относящиеся к выбранному шкафу. Вид окна представлен на рисунке 15.

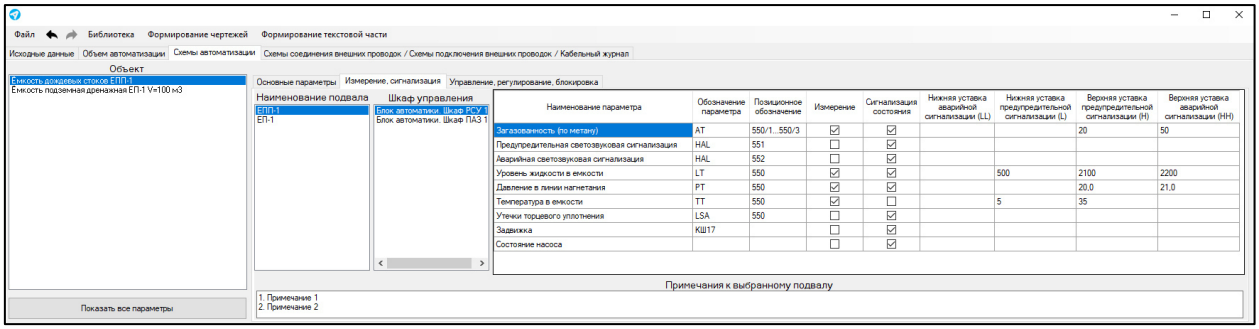


Рисунок 15 – Вид окна вкладки «Основные параметры»

Для каждого параметра необходимо указать наличие функции измерения и сигнализации состояния, нижние и верхние уставки предупредительной и аварийной сигнализации.

2.7.5.3 Вкладка «Управление, регулирование, блокировка»

Во вкладке необходимо задать управляющие воздействия от одного параметра к другому. Работа осуществляется с параметрами выбранного объекта, выбранного подвала и относящихся к выбранному шкафу (рисунок 16).

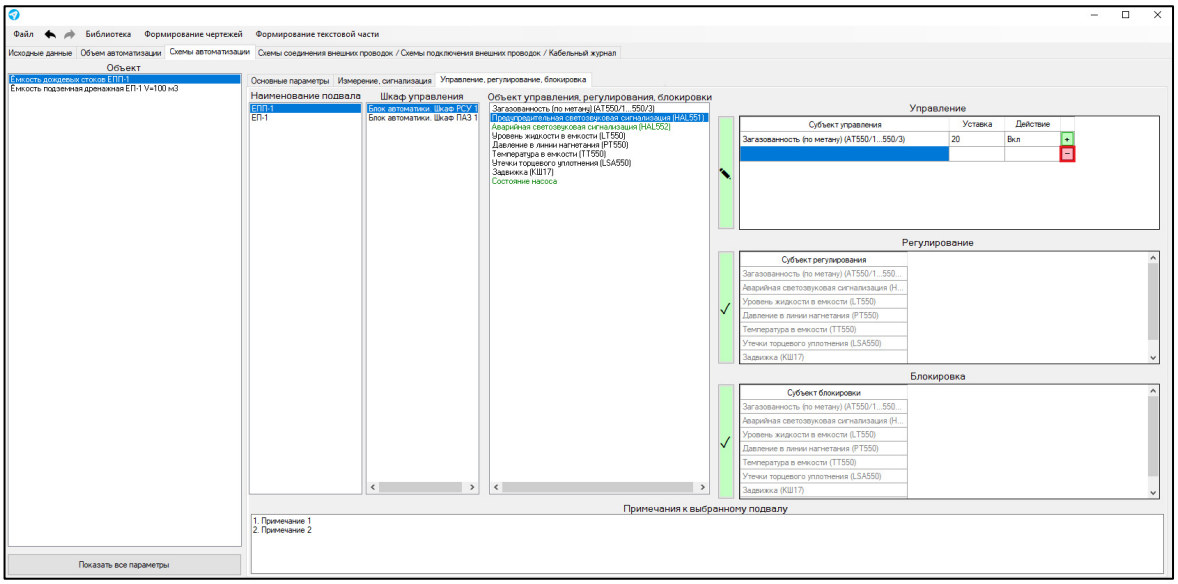


Рисунок 16 – Вид окна вкладки «Управление, регулирование, блокировка»

Воздействия необходимо задать для функций управления, регулирования и блокировки. Процесс задания воздействий:

1) выбрать объект управления из списка;

2) выбрать субъекты управления (параметры, воздействующие на объект);

3) нажать на кнопку «✓», чтобы подтвердить выбор;

4) задать уставки управления и действия по ним (существует возможность задания нескольких уставок и действий: для добавления строки в таблицу, в которой можно вписать дополнительную уставку, необходимо нажать на кнопку «+» напротив соответствующего субъекта управления);

5) для редактирования списка выбранных субъектов управления необходимо нажать на кнопку «✎» слева от списка субъектов;

6) после применения субъектов для заданного объекта управления объект выделится зеленым цветом.

Для остальных функций процесс задания воздействий аналогичен.

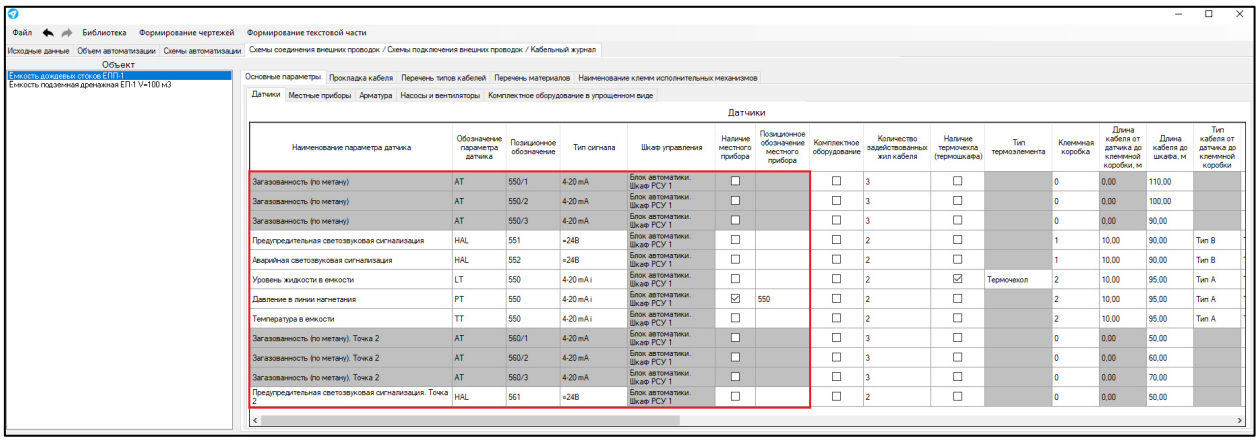
2.7.6 Вкладка «Схемы соединения внешних проводок»

Вкладка предназначена для заполнения информации для формирования схем внешних проводок, кабельных журналов и спецификации. Информация, внесенная на вкладках «Исходные данные» и «Объем автоматизации», используется в данной вкладке в качестве исходных данных.

2.7.6.1 Вкладка «Основные параметры»

Работа с данной вкладкой также разбита на несколько вкладок по типам оборудования: датчики, местные приборы, арматура, насосы и вентиляторы, комплектное оборудование в упрощенном виде, смежные системы.

Основная информация по датчикам берется со вкладки «Объем автоматизации - Датчики» и формируется список (рисунок 17).



Наименование параметра датчика	Обозначение параметра датчика	Позиционное обозначение	Тип сигнала	Шкаф управления	Наличие местного прибора	Позиционное обозначение местного прибора	Комплектное оборудование	Количество задействованных жил кабеля	Наличие термочехла (термошкафа)	Тип термоэлемента	Клеммная коробка	Длина кабеля от датчика до клеммной коробки, м	Длина кабеля до шкафа, м	Тип кабеля от датчика до клеммной коробки
Загазованность (по метану)	AT	550/1	4-20 mA	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	3	☐		0	0,00	110,00	
Загазованность (по метану)	AT	550/2	4-20 mA	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	3	☐		0	0,00	100,00	
Загазованность (по метану)	AT	550/3	4-20 mA	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	3	☐		0	0,00	90,00	
Предупредительная светозвуковая сигнализация	HAL	551	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☐		1	10,00	90,00	Тип В
Аварийная светозвуковая сигнализация	HAL	552	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☐		1	10,00	90,00	Тип В
Уровень жидкости в емкости	LT	550	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☑	Термочехол	2	10,00	95,00	Тип А
Давление в линии нагнетания	PT	550	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☑	550	☐	2	☐		2	10,00	95,00	Тип А
Температура в емкости	TT	550	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☐		2	10,00	95,00	Тип А
Загазованность (по метану). Точка 2	AT	560/1	4-20 mA	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	3	☐		0	0,00	50,00	
Загазованность (по метану). Точка 2	AT	560/2	4-20 mA	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	3	☐		0	0,00	60,00	
Загазованность (по метану). Точка 2	AT	560/3	4-20 mA	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	3	☐		0	0,00	70,00	
Предупредительная светозвуковая сигнализация. Точка 2	HAL	561	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☐		0	0,00	50,00	

Рисунок 17 – Список датчиков со вкладки «Объем автоматизации»

Дополнительно указывается информация о внешних соединениях:

– является ли датчик комплектным оборудованием;

– количество задействованных жил кабеля;

– наличие термочехла (термошкафа);

– тип термоэлемента;

– номер клеммной коробки (если датчик подключается в неё);

– длина кабеля (от датчика до коробки и от коробки до шкафа);

– тип кабеля (от датчика до коробки и от коробки до шкафа);

– количество жил в кабеле;

– сечение жилы кабеля;

– материалы датчика;

– материалы местного прибора в паре с датчиком;

– обозначение чертежа установки для датчика;

– обозначение чертежа установки местного прибора в паре с датчиком;

– длина импульсной линии (для датчиков перепада давления);

– наличие клапанного блока у датчика давления;

– наличие клапанного блока у манометра.

Для указания материалов датчика или местного прибора в столбцах «Материалы датчики» или «Материалы местного прибора» необходимо нажать на кнопку в ячейке. После этого откроется окно выбора материалов (рисунок 18). Список материалов взят со вкладки «Перечень материалов».

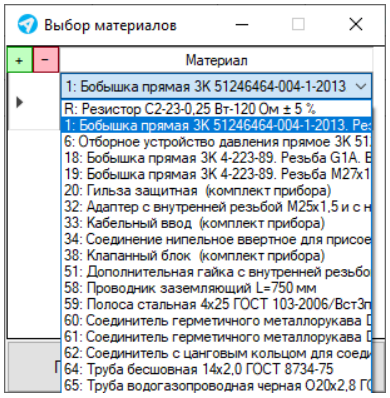
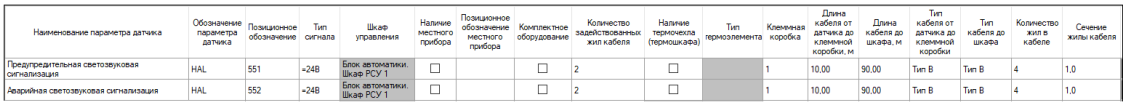


Рисунок 18 – Окно указания материалов

Приведены соответствия вносимых данных с полученными чертежами (рисунки 19-20).



Наименование параметра датчика	Обозначение параметра датчика	Позиционное обозначение	Тип сигнала	Шкаф управления	Наличие местного прибора	Позиционное обозначение местного прибора	Комплектное оборудование	Количество задействованных жил кабеля	Наличие термочехла (термошкафа)	Тип термоэлемента	Клеммная коробка	Длина кабеля от датчика до клеммной коробки, м	Длина кабеля до шкафа, м	Тип кабеля от датчика до клеммной коробки	Тип кабеля до шкафа	Количество жил в кабеле	Сечение жилы кабеля
Предупредительная светозвуковая сигнализация	HAL	551	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☐		1	10,00	90,00	Тип В	Тип В	4	1,0
Аварийная светозвуковая сигнализация	HAL	552	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☐		1	10,00	90,00	Тип В	Тип В	4	1,0

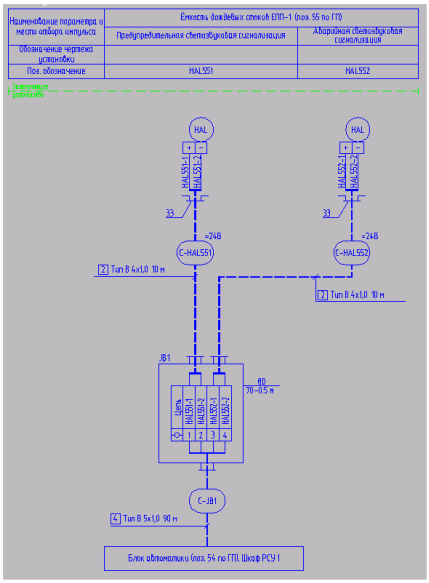


Рисунок 19 – Чертеж по внесенным данным по датчикам (подключение в клеммную коробку)

Наименование параметра датчика	Обозначение параметра датчика	Позиционное обозначение	Тип сигнала	Шкаф управления	Наличие местного прибора	Позиционное обозначение местного прибора	Комплектное оборудование	Количество задействованных жил кабеля	Наличие термочехла (термошкафа)	Тип термоэлемента	Клеммная коробка	Длина кабеля от датчика до клеммной коробки, м	Длина кабеля до шкафа, м	Тип кабеля от датчика до клеммной коробки	Тип кабеля до шкафа	Количество жил в кабеле	Сечение жилы кабеля
Уровень жидкости в емкости	LT	550	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☑	Термочехол	0	0,00	95,00		Тип А	4	1,0
Давление в линии нагнетания	PT	550	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☑	550	☐	2	☐		0	0,00	95,00		Тип А	4	1,0
Температура в емкости	TT	550	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	☐		☐	2	☐		0	0,00	95,00		Тип А	4	1,0

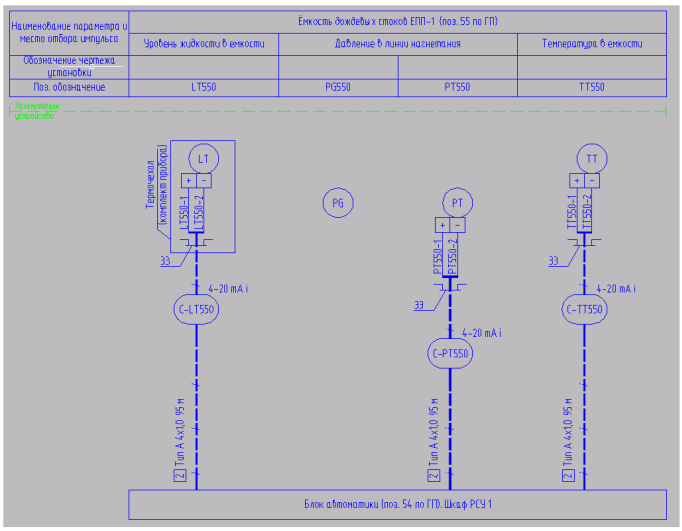


Рисунок 20 – Чертеж по внесенным данным по датчикам (подключение в шкаф напрямую)

Основная информация по местным приборам берется со вкладки «Объем автоматизации – Местные приборы» и формируется список (рисунок 21).

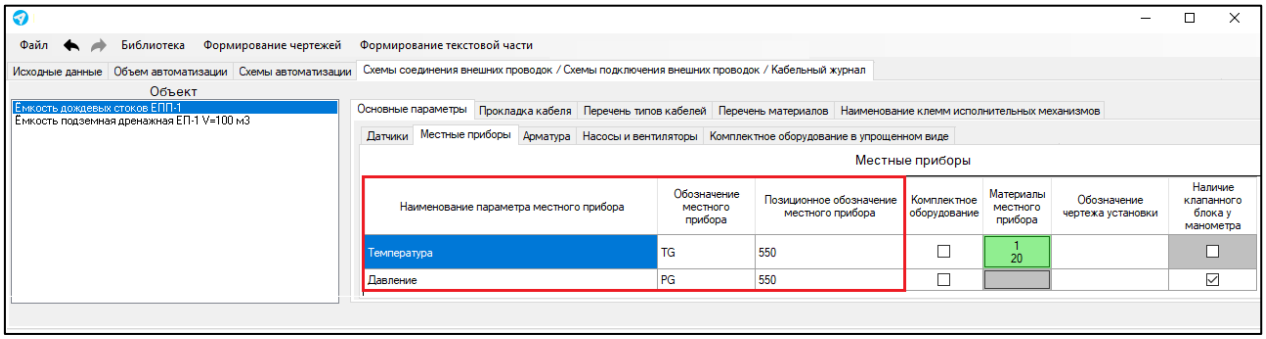


Рисунок 21 – Местные приборы со вкладки «Объем автоматизации»

По местным приборам необходимо дополнительно указать следующую информацию о внешних соединениях:

– является ли прибор комплектным оборудованием;

– материалы местного прибора;

– обозначение чертежа установки;

– наличие клапанного блока у манометра.

Для более точного понимания о внесении данных приведем соответствия вносимых данных с полученными чертежами (рисунок 22).

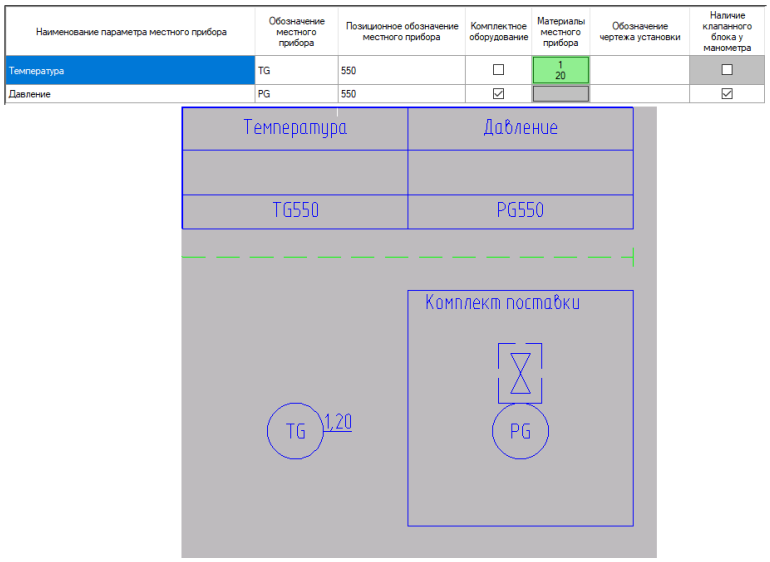


Рисунок 22 – Чертеж по внесенным данным по местным приборам

Основная информация по комплектному оборудованию берется со вкладки «Объем автоматизации – Комплектное оборудование в упрощенном виде» и формируется список (рисунок 23).

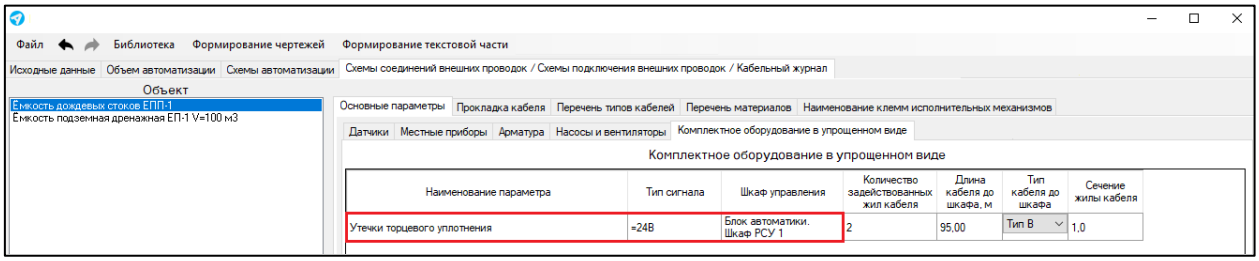
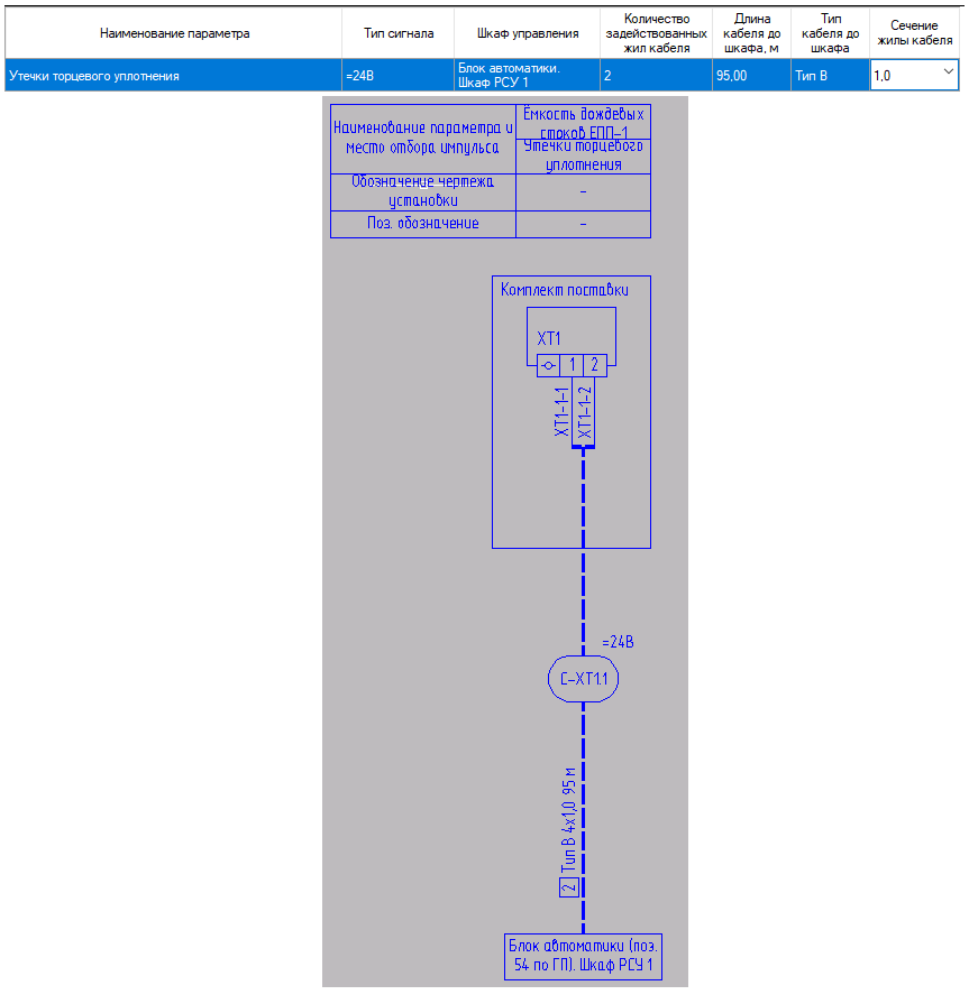


Рисунок 23 – Список комплектного оборудования

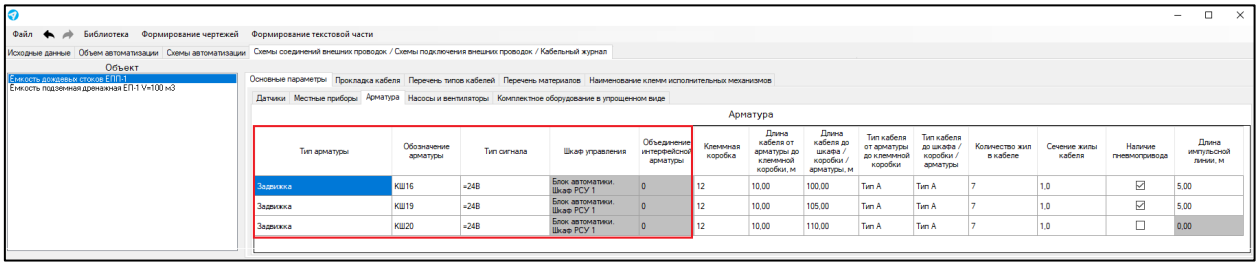
Для более точного понимания о внесении данных приведем соответствия вносимых данных с полученными чертежами (рисунок 24).



Наименование параметра	Тип сигнала	Шкаф управления	Количество задействованных жил кабеля	Длина кабеля до шкафа, м	Тип кабеля до шкафа	Сечение жилы кабеля
Утечки торцевого уплотнения	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	2	95,00	Тип В	1,0

Рисунок 24 – Чертеж по комплектному оборудованию

Основная информация по арматуре берется со вкладки «Объем автоматизации - Арматура» и формируется список (рисунок 25).



Файл | Библиотека | Формирование чертежей | Формирование текстовой части

Исходные данные | Объем автоматизации | Схемы автоматизации | Схемы соединений внешних проводок / Схемы подключения внешних проводок / Кабельный журнал

Объект

Ёмкость дождевых стоков ЕПП-1

Ёмкость подземная дренажная ЕП-1 V=100 м3

Основные параметры | Прокладка кабеля | Перечень типов кабелей | Перечень материалов | Наименование клемм исполнительных механизмов

Датчики | Местные приборы | Арматура | Насосы и вентиляторы | Комплектное оборудование в упрощенном виде

Арматура

Тип арматуры	Обозначение арматуры	Тип сигнала	Шкаф управления	Объединение интерфейсной арматуры	Клеммная коробка	Длина кабеля от арматуры до клеммной коробки, м	Длина кабеля до шкафа / коробки / арматуры, м	Тип кабеля от арматуры до клеммной коробки	Тип кабеля до шкафа / коробки / арматуры	Количество жил в кабеле	Сечение жилы кабеля	Наличие пневмопривода	Длина импульсной линии, м
Задвижка	КШ16	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	0	12	10,00	100,00	Тип А	Тип А	7	1,0	☑	5,00
Задвижка	КШ19	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	0	12	10,00	105,00	Тип А	Тип А	7	1,0	☑	5,00
Задвижка	КШ20	=24В	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	0	12	10,00	110,00	Тип А	Тип А	7	1,0	☐	0,00

Рисунок 25 – Список арматуры со вкладки «Объем автоматизации»

Для более точного понимания о внесении данных приведем соответствия вносимых данных с полученными чертежами (рисунки 26 - 27).

Тип арматуры	Обозначение арматуры	Тип сигнала	Шкаф управления	Объединение интерфейсной арматуры	Клеммная коробка	Длина кабеля от арматуры до клеммной коробки, м	Длина кабеля до шкафа / коробки / арматуры, м	Тип кабеля от арматуры до клеммной коробки	Тип кабеля до шкафа / коробки / арматуры	Количество жил в кабеле	Сечение жилы кабеля	Наличие пневмопривода	Длина импульсной линии, м
Задвижка	КШ15	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	0	12	10,00	100,00	Тип А	Тип А	7	1,0	☑	5,00
Задвижка	КШ16	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	0	12	10,00	100,00	Тип А	Тип А	7	1,0	☑	5,00
Задвижка	КШ20	4-20 mA i	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	0	12	10,00	100,00	Тип А	Тип А	7	1,0	☐	0,00

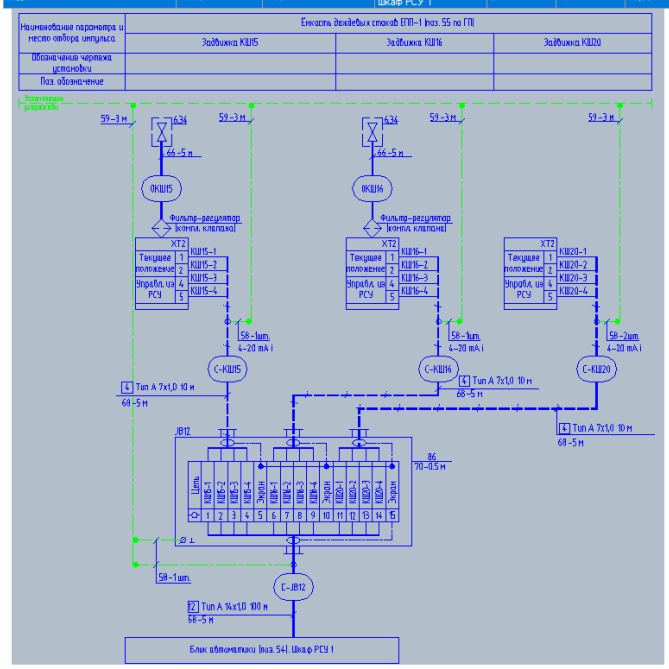


Рисунок 26 – Чертеж по внесенным данным по арматуре (подключение в клеммную коробку)

Тип арматуры	Обозначение арматуры	Тип сигнала	Шкаф управления	Объединение интерфейсной арматуры	Клеммная коробка	Длина кабеля от арматуры до клеммной коробки, м	Длина кабеля до шкафа / коробки / арматуры, м	Тип кабеля от арматуры до клеммной коробки	Тип кабеля до шкафа / коробки / арматуры	Количество жил в кабеле	Сечение жилы кабеля	Наличие пневмопривода	Длина импульсной линии, м
Кран шаровый	КШ16	RS-485	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	1	6	10,00	100,00	Тип Е	Тип Е	2x2	1,0	☐	0,00
Кран шаровый	КШ15	RS-485	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	1	7	10,00	100,00	Тип Е	Тип Е	2x2	1,0	☐	0,00
Кран шаровый	КШ14	RS-485	Блок автоматики. Шкаф РСУ 1	1	0	100,00	0,00	Тип Е	Тип Е	2x2	1,0	☐	0,00

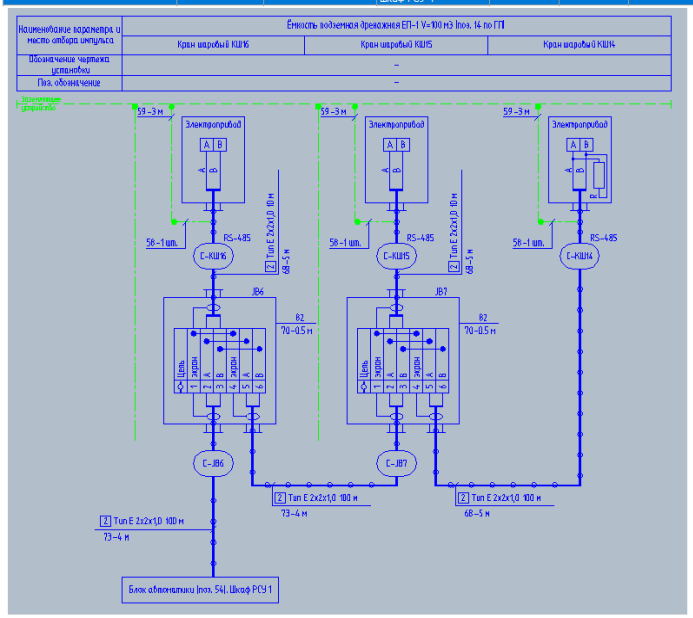


Рисунок 27 – Чертеж по внесенным данным по арматуре (объединение интерфейсной арматуры через клеммные коробки)

Основная информация по насосам и вентиляторам берется со вкладки «Объем автоматизации» и формируется список (рисунок 28).

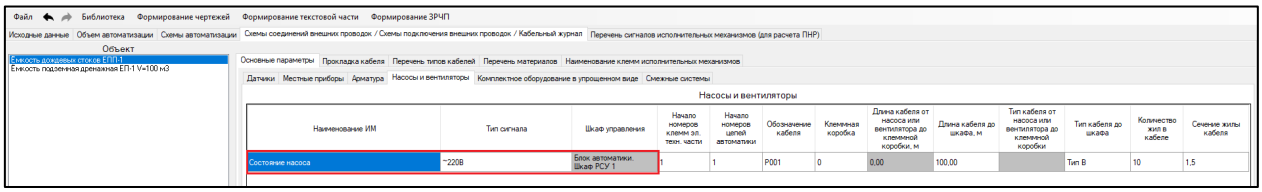


Рисунок 28 – Список насосов и вентиляторов

Для более точного понимания о внесении данных приведем соответствия вносимых данных с полученными чертежами (рисунок 29).

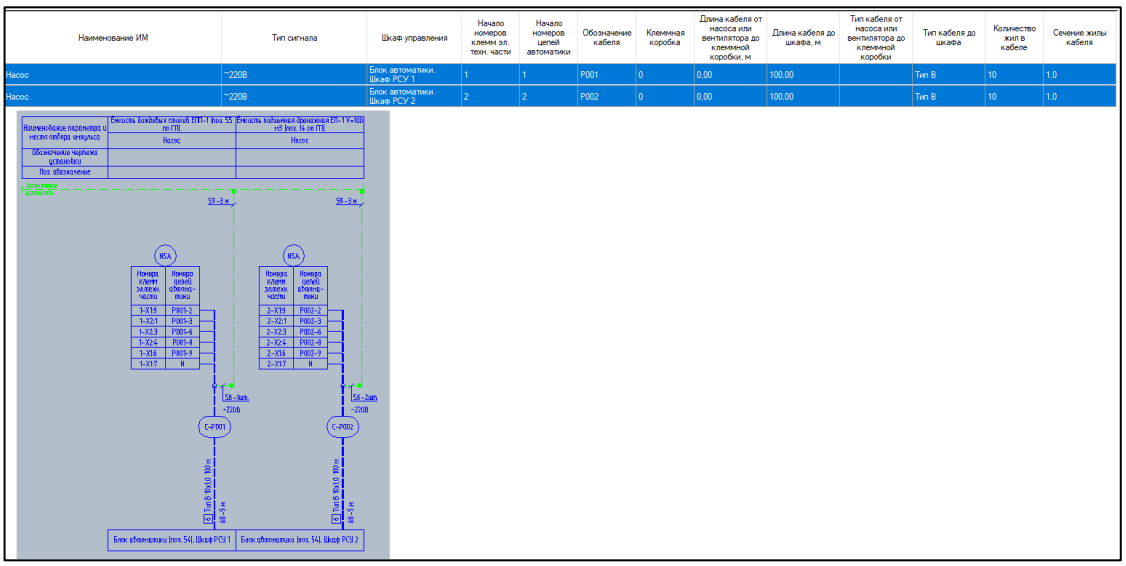


Рисунок 29 – Чертеж по внесенным данным по насосам и вентиляторам

При указании номера клеммной коробки для датчиков, арматуры, насосов и вентиляторов следует учитывать, что нельзя объединять:

– параметры разных сигналов в одну клеммную коробку;

– параметры разных типов в одну клеммную коробку;

– параметры из разных объектов в одну клеммную коробку.

При нарушении будет выведено сообщение (рисунок 30).

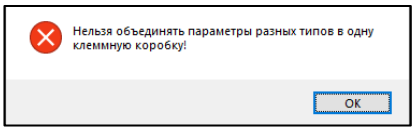
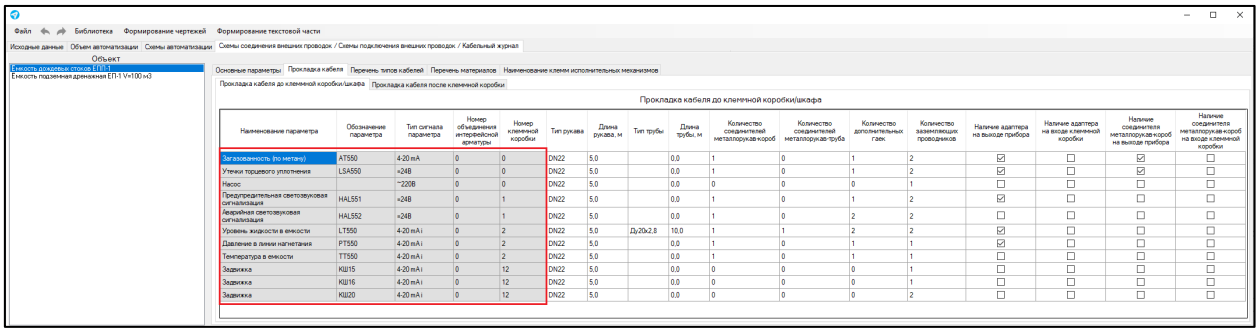


Рисунок 30 – Сообщение об ошибке

2.7.6.2 Вкладка «Прокладка кабеля»

Информация на вкладке «Прокладка кабеля до клеммной коробки/шкафа» берется со вкладки «Основные параметры» сразу по всем типам оборудования (рисунок 31).



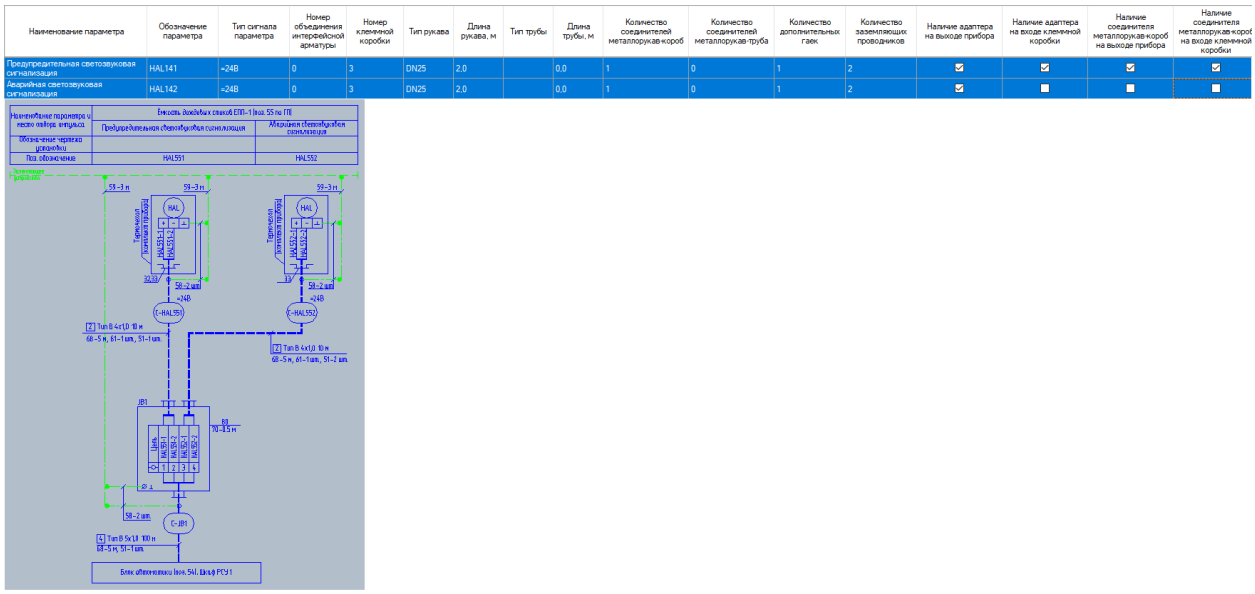
Прокладка кабеля до клеммной коробки/шкафа

Наименование параметра	Обозначение параметра	Тип сигнала параметра	Номер объединения интерфейсной арматуры	Номер клеммной коробки	Тип рукава	Длина рукава, м	Тип трубы	Длина трубы, м	Количество соединителей металлорукав-короб	Количество соединителей металлорукав-труба	Количество дополнительных гаек	Количество заземляющих проводников	Наличие адаптера на выходе прибора	Наличие адаптера на входе клеммной коробки	Наличие соединителя металлорукав-короб на выходе прибора	Наличие соединителя металлорукав-короб на входе клеммной коробки
Загазованность (по метану)	AT550	4-20 mA	0	0	DN22	5,0		0,0	1	0	1	2	☑	☐	☑	☐
Утечки торцевого уплотнения	LSA550	=24В	0	0	DN22	5,0		0,0	1	0	1	2	☑	☐	☑	☐
Насос		~220В	0	0	DN22	5,0		0,0	0	0	0	1	☐	☐	☐	☐
Предупредительная светозвуковая сигнализация	HAL551	=24В	0	1	DN22	5,0		0,0	1	0	1	2	☑	☐	☐	☐
Аварийная светозвуковая сигнализация	HAL552	=24В	0	1	DN22	5,0		0,0	1	0	2	2	☐	☐	☐	☐
Уровень жидкости в емкости	LT550	4-20 mA i	0	2	DN22	5,0	Ду20х2,8	10,0	1	1	2	2	☑	☐	☐	☐
Давление в линии нагнетания	PT550	4-20 mA i	0	2	DN22	5,0		0,0	1	0	1	1	☑	☐	☐	☐
Температура в емкости	TT550	4-20 mA i	0	2	DN22	5,0		0,0	1	0	1	1	☐	☐	☐	☐
Задвижка	KШ15	4-20 mA i	0	12	DN22	5,0		0,0	0	0	0	1	☐	☐	☐	☐
Задвижка	KШ16	4-20 mA i	0	12	DN22	5,0		0,0	0	0	0	1	☐	☐	☐	☐
Задвижка	KШ20	4-20 mA i	0	12	DN22	5,0		0,0	0	0	0	2	☐	☐	☐	☐

Рисунок 31 – Список параметров для задания прокладки кабеля

Для каждого типа оборудования необходимо указать информацию по прокладке кабеля до клеммной коробки (в случае подключения в клеммную коробку), либо до шкафа (в случае подключения в шкаф напрямую).

Приведен пример соответствия вносимых данных с полученными чертежом (рисунок 32).



Наименование параметра	Обозначение параметра	Тип сигнала параметра	Номер объединения интерфейсной арматуры	Номер клеммной коробки	Тип рукава	Длина рукава, м	Тип трубы	Длина трубы, м	Количество соединителей металлорукав-короб	Количество соединителей металлорукав-труба	Количество дополнительных гаек	Количество заземляющих проводников	Наличие адаптера на выходе прибора	Наличие адаптера на входе клеммной коробки	Наличие соединителя металлорукав-короб на выходе прибора	Наличие соединителя металлорукав-короб на входе клеммной коробки
Предупредительная светозвуковая сигнализация	HAL141	=24В	0	3	DN25	2,0		0,0	1	0	1	2	☑	☑	☑	☑
Аварийная светозвуковая сигнализация	HAL142	=24В	0	3	DN25	2,0		0,0	1	0	1	2	☑	☐	☐	☐

Рисунок 32 – Чертеж по прокладке кабеля до клеммной коробки

Информация на вкладке «Прокладка кабеля после клеммной коробки» также берется со вкладки «Основные параметры» сразу по всем типам оборудования (рисунок 33).

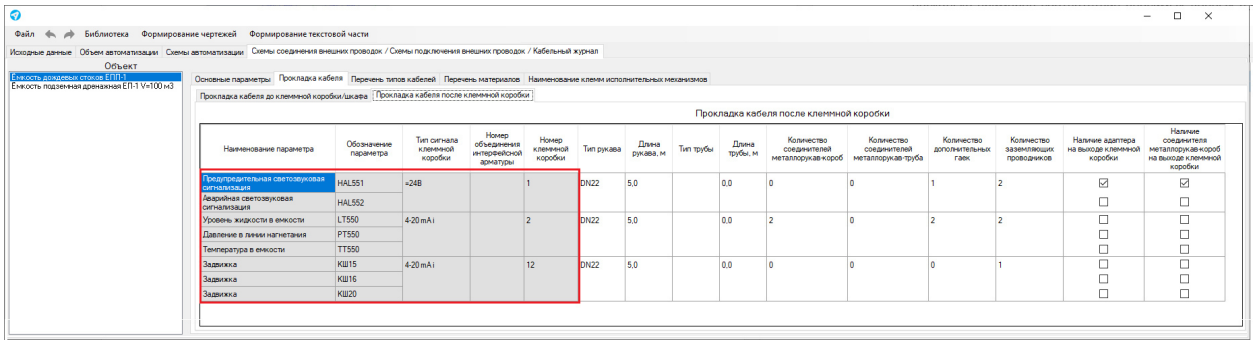
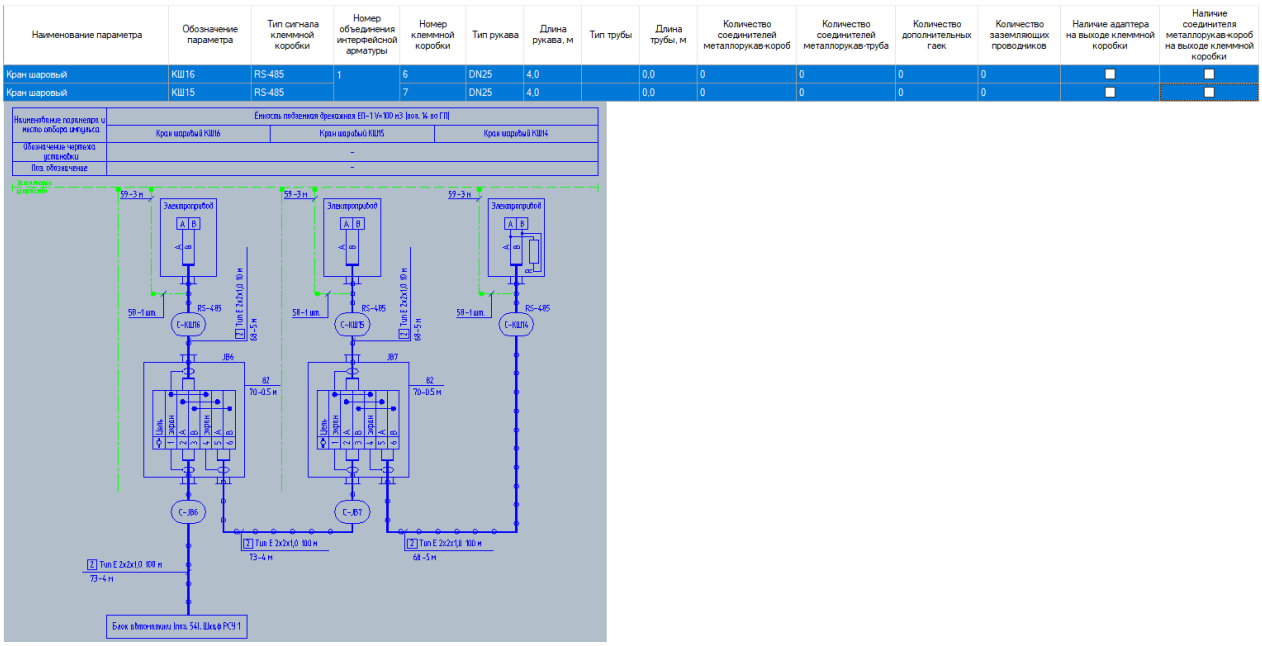


Рисунок 33 – Список параметров для задания прокладки кабеля

Для каждой клеммной коробки необходимо указать информацию по прокладке кабеля. Приведен пример соответствия вносимых данных с полученными чертежом (рисунок 34).



Наименование параметра	Обозначение параметра	Тип сигнала клеммной коробки	Номер объединения интерфейсной арматуры	Номер клеммной коробки	Тип рукава	Длина рукава, м	Тип трубы	Длина трубы, м	Количество соединителей металлорукав-короб	Количество соединителей металлорукав-труба	Количество дополнительных гаек	Количество заземляющих проводников	Наличие адаптера на выходе клеммной коробки	Наличие соединителя металлорукав-короб на выходе клеммной коробки
Кран шаровый	КШ16	RS-485	1	6	DN25	4.0		0,0	0	0	0	0	☐	☐
Кран шаровый	КШ15	RS-485		7	DN25	4.0		0,0	0	0	0	0	☐	☐

Рисунок 34 – Чертеж по прокладке кабеля после клеммной коробки при объединении интерфейсных задвижек

2.7.6.3 Вкладка «Перечень типов кабелей»

На данной вкладке необходимо указать информацию обо всех типах кабелей, имеющихся в системе. Вид окна вкладки приведен на рисунке 35.

Основные параметры | Прокладка кабеля | Перечень типов кабелей | Перечень материалов | Наименование клемм исполнительных механизмов

+ –

Типы кабелей

Наименование типа кабеля	Полное наименование кабеля	Краткое наименование кабеля
Тип A	Кабель контрольный с медными жилами с изоляцией из холодостойкого поливинилхлоридного пластиката и оболочкой из холодостойкого поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести, экранированный	КуПе-ОЭнг(А)
Тип B	Кабель контрольный с медными жилами с изоляцией из холодостойкого поливинилхлоридного пластиката и оболочкой из холодостойкого поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести	КуПе-Анг(А)
Тип C		КуПе-Анг(А)-LS
Тип D		КуПе-Энг(А)-LS
Тип E	Кабель с многопроволочными токопроводящими жилами из медных проволок, с изоляцией и оболочкой из полимерных материалов пониженной пожароопасности, с пониженным дымо- и газовыделением, не распространяющий горение при групповой прокладке по категории А, с общим экраном из фольгированного материала, с контактным проводником под экраном, с пониженной температурой эксплуатации до минус 60 °С	КуПе-ИЭОЭнг(А)
Комплектный кабель	Комплектный кабель	Комплектный кабель

Рисунок 35 – Вид окна вкладки «Перечень типов кабелей»

При удалении типа кабеля, который был уже указан в качестве типа кабеля для какого-либо параметра на вкладке «Основные параметры», данный тип кабеля также удалится из данной ячейки параметра.

2.7.6.4 Вкладка «Перечень материалов»

На данной вкладке необходимо указать информацию обо всех материалах, имеющихся в системе. Вид окна вкладки приведен на рисунке 36.

Основные параметры | Прокладка кабеля | Перечень типов кабелей | Перечень материалов | Наименование клемм исполнительных механизмов

+ –

Материалы

Поз. обозначение материала	Наименование материала	Тип материала
R	Резистор	С2-23-0,25 Вт-120 Ом ± 5 %
1	Бобышка прямая	ЗК 51246464-004-1-2013. Резьба М20х1,5. Давление до 10 МПа. Температура до 70 °С
6	Отборное устройство давления прямое	ЗК 51246464-015-2-2017. Резьба М20х1,5. Давление до 40 МПа. Температура до 200 °С
18	Бобышка прямая	ЗК 4-223-89. Резьба G1А. Высота 50 мм
19	Бобышка прямая	ЗК 4-223-89. Резьба М27х1,5. Высота 50 мм
20	Гильза защитная	(комплект прибора)
32	Адаптер	с внутренней резьбой М25х1,5 и с наружной резьбой М20х1,5
33	Кабельный ввод	(комплект прибора)
34	Соединение ниппельное ввертное	для присоединения стальных бесшовных труб Ду14 к приборам с резьбой М20х1,5
38	Клапанный блок	(комплект прибора)
51	Дополнительная гайка	с внутренней резьбой М25х1,5
58	Проводник заземляющий	L=750 мм
59	Полоса стальная	4х25 ГОСТ 103-2006/Вст3пс6 ГОСТ 535-2005
60	Соединитель герметичного металлорукава	DN35 с наружной резьбой М40х1,5
61	Соединитель герметичного металлорукава	DN22 с наружной резьбой М25х1,5
62	Соединитель с цанговым кольцом для соединения герметичного металлорукава	DN22 с трубой ø20х2,8
64	Труба бесшовная	ø14х2,0 ГОСТ 8734-75
65	Труба водогазопроводная черная	ø20х2,8 ГОСТ 3262-75
66	Труба бесшовная	ø6х1,0 ГОСТ 8734-75
67	Металлорукав герметичный в ПВХ-оболочке,	DN35
68	Металлорукав герметичный в ПВХ-оболочке,	DN22
69	Дополнительная гайка	с внутренней резьбой М40х1,5
70	Профиль зетовый	Н=62 мм, оцинкованный, климатического исполнения ХП1
71	Соединитель герметичного металлорукава	DN25 с наружной резьбой М32х1,5
72	Дополнительная гайка	с внутренней резьбой М32х1,5
73	Металлорукав герметичный в ПВХ-оболочке,	DN25
74	Соединитель с цанговым кольцом для соединения герметичного металлорукава	DN25 с трубой ø32х3,2
75	Труба водогазопроводная черная,	ø32х3,2 ГОСТ 3262-75
76	Адаптер	с внутренней резьбой М32х1,5 и с наружной резьбой М25х1,5
77	Адаптер	с внутренней резьбой М40х1,5 и с наружной резьбой М32х1,5
25	Розетка электрическая взрывозащищенная	
26	Вилка электрическая взрывозащищенная	

Рисунок 36 – Вид окна вкладки «Перечень материалов»

2.7.6.5 Вкладка «Клеммы исполнительных механизмов»

На данной вкладке (рисунок 37) необходимо указать информацию о наименовании клемм исполнительных механизмов разных типов.

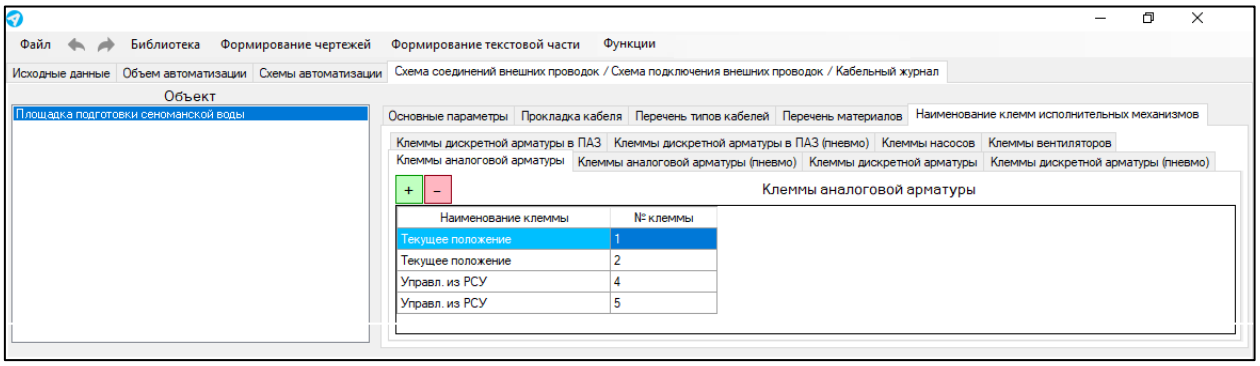


Рисунок 37 – Вкладка «Наименование клемм ИМ»

Рассмотрим на примере вкладки «Клеммы аналоговой арматуры» имеющиеся функции (рисунок 38). Для остальных вкладок функции аналогичны.

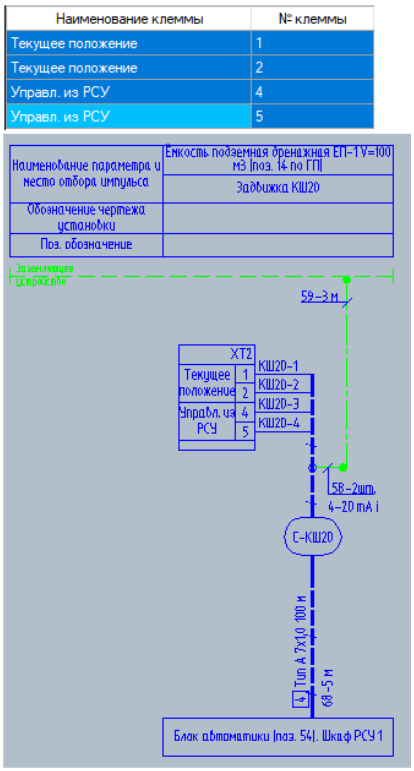


Рисунок 38 – Чертеж по внесенным данным о наименовании клемм аналоговой арматуры

2.7.7 Библиотека данных

Библиотека включает в себя: типы кабелей, материалы и наименования клемм исполнительных механизмов (рисунок 39).

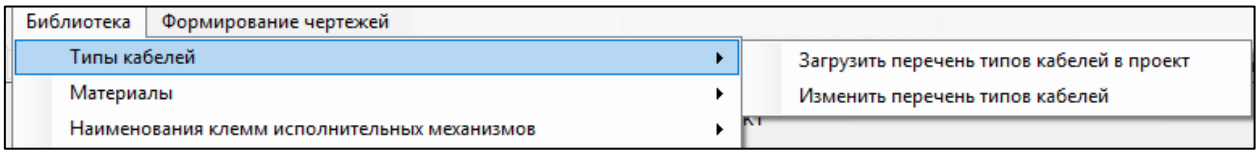


Рисунок 39 – Пункт меню «Библиотека»

При выборе пункта «Типы кабелей – Загрузить перечень типов кабелей в проект» в список типов кабелей текущего проекта будет загружен список из библиотеки, а при выборе «Типы кабелей – Изменить перечень типов кабелей» – откроется окно со списком типов кабелей, который можно отредактировать и сохранить в файл библиотеки. Для остального процесс загрузки и изменения данных аналогичен.

2.7.8 Формирование чертежей

После внесения всех необходимых данных в систему можно приступать к формированию чертежей. Перед формированием чертежей необходимо открыть пустой чертеж nanoCAD.

Для того, чтобы сформировать чертежи, необходимо выбрать пункт меню «Формирование чертежей – Построить чертежи». После этого будет открыто следующее окно, представленное на рисунке 40.

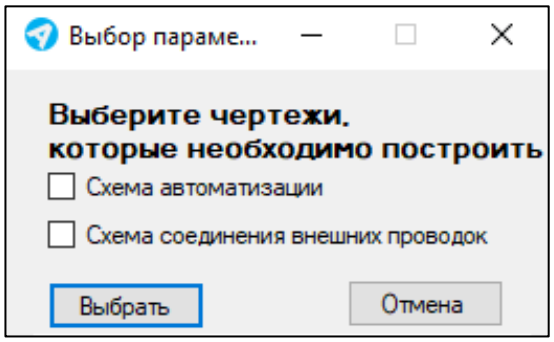


Рисунок 40 – Выбор чертежей

2.7.9 Система проверки ввода данных

Система проверки ввода данных в пользовательском интерфейсе с возможностью мгновенного перехода в нужную часть пользовательского интерфейса для доработки (рисунок 41). Данная система необходима для минимизации возможных ошибок при вводе пользователем данных в программный интерфейс (например, проверка наличия автоматизируемых функций в подвале ФСА, проверка на полноту заполнения данных). Мгновенный переход в нужную часть пользовательского интерфейса, например, в строку таблицы, в которой имеется какая-то недоработка, позволит быстро отыскать ошибку и поправить её.

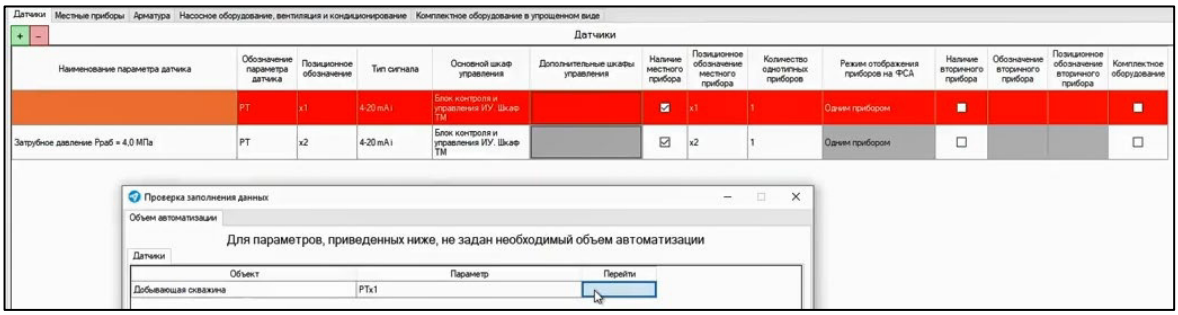


Рисунок 41 – Срабатывание системы проверки ввода данных

2.7.10 Автоматическое формирование обозначений датчиков

Идентификатор технического средства, определяющий его функциональный признак, должен состоять из буквенного префикса, за которым следует цифровой суффикс. Дополнительный цифровой суффикс может использоваться для классификации множества приборов такого же типа, используемых для данного вида операции. Обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов приведены в таблице 3.

Знаки и их положение в префиксе определяют тип прибора. Порядок расположения букв в буквенном обозначении прибора:

- основное обозначение измеряемой величины;
- дополнительное обозначение величины (если необходимо);
- обозначение функционального признака прибора.

Таблица 3 – Буквенный код для идентификации функции прибора

Код	**Обозначение параметра**	**Функциональный признак прибора**
A	Состав, концентрация	Сигнализация
B	Пламя, пожар	
C	Свободное использование	Регулирование, управление
D	Плотность	
E	Электрическая величина	
F	Расход	Неисправность
G	Положение, перемещение	Показание, индикация
H	Ручное воздействие	Верхний предел измеряемого параметра
I	Ток	
L	Уровень	Нижний предел измеряемого параметра
M	Влажность	
N	Мощность, энергия	
P	Давление	
PD	Перепад давления	
PH	Физический (логический) сигнал	
Q	Количество	Суммирование
S	Скорость, частота	Включение, отключение,переключение
T	Температура	
TS	Телесигнализация	
U	Многопараметрическая величина	
V	Вязкость	
Y	Вибрация	
Z	Положение, размер	

Реализован алгоритм автоматического формирования обозначений датчиков на основе позиционного обозначения по ГП сооружения, на котором расположен датчик, на основе количества датчиков такого же типа, как и текущий датчик (рисунок 42). Это позволит исключить такие ошибки, как неуникальность позиционных обозначений.

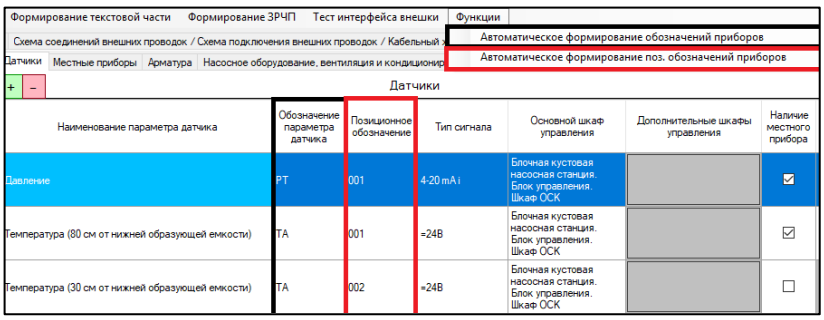


Рисунок 42 – Автоматическое формирование обозначений параметров

Система кодирования позиционных обозначений параметров датчиков строится на базе введенного понятия «Контур управления» и с учетом требований стандартов ГОСТ 21.208-2013 [16] и ISA-5.1 [17].

2.8 Описание программных модулей

2.8.1 Подготовка внутренних данных

2.8.1.1 Динамические блоки

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

– блок чертежной рамки, атрибутами которого являются архивный номер чертежа и формат чертежа;

– блок штампа, атрибутами которого являются шифр документа, фамилии исполнителей, проверяющих, стадия разработки проекта, номер листа, количество листов, архивный номер чертежа, имя файла чертежа, ревизия документа и организация;

– блок КИП в РСУ для схем автоматизации, атрибутами которого 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 которого 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 [19].

2.8.1.2 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 [20].

2.8.1.3 Чертежные шрифт и слой

В данной системе для построения чертежей используется чертежный шрифт СПДС согласно ГОСТ 21.1101-2013 [15].

Все чертежи в данной системе строятся в отдельном слое. 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).

2.8.2 Построение схем автоматизации

Одной из наиболее сложно автоматизируемых задач является разработка схем автоматизации, а именно нижних их частей, называемых также «подвалами», которые строятся в соответствии с требованиями [9].

Построение подвала схемы автоматизации осуществляется по следующему алгоритму:

1. В зависимости от принадлежности приборов к определенному подвалу, осуществляется выбор текущего подвала.

2. В текущем подвале определяется число основных шкафов управления, в которые подключаются приборы.

3. Выбирается текущий основной шкаф управления и осуществляется сортировка и расстановка элементов системы с учетом оптимальной расстановкой управляющих воздействий.

4. После расположения всех параметров по нужным координатам из

верхнего края каждой окружности производится рисование вертикальных линий с выбранным типом линии в зависимости от типа цепи. На конце линии пишется номер элемента на схеме. Вдоль слева от каждой вертикальной линии пишется наименование контролируемого параметра.

5. Производится рисование линий в основном шкафу подвала, относящихся к выполняемым операциям в системе. Указывается наименование операций и над горизонтальной линией под местом, где расположен данный элемент, вырисовывается закрашенная окружность.

6. Выбирается дополнительный шкаф управления.

7. Определяется количество элементов, относящихся только к дополнительному шкафу управления.

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

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

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

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

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

Примеры сформированных листов общих данных приведены в Приложении Б, а чертежей функциональных схем автоматизации с перечнем элементов – в Приложении В.

2.8.2.1 Постановка задачи оптимизации построения схем

При разработке ПД и РД 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, линия от датчика давления в подвале схемы автоматизации. При выборе таких компонентов важно учитывать их расположение относительно друг друга на чертежах.

Требуется выполнение корректной и компактной (без пересечений) прорисовки всех линий, отражающих алгоритм выполнения функций АСУТП: управления, регулирования, сигнализации и т.п.

С этой целью был реализован специальный алгоритм, позволяющий выбрать наилучший вариант отображения линий ФСА. Введем основные понятия для описания алгоритма.

Событие – условие, которое вызывает действие (действия) для выполнения одной или нескольких функций АСУ ТП: управление, регулирование, блокировка и т.п. К причинам могут относиться следующие события: превышение, отклонение от уставки, пожар, авария.

Реакция – требуемое действие исполнительного механизма, вызванное некоторым событием. Видами реакций могут являться закрытие/открытие задвижки, выключение/включение устройства и т.п.

Дуга – ориентированная линия, отображающая связь между событием и реакцией АСУ ТП на нее. Формально дуга характеризуется координатой начала, конца и уровнем дуги. Длина дуги рассчитывается как модуль разности от позиции начала и конца.

Уровень дуги – показатель, определяющий геометрическую высоту отображения дуги над линией отображения функции АСУ ТП, для выполнения которой реализуется реакция системы на соответствующее событие. Опыт по проектированию АСУ ТП позволяет ввести ограничение на количество уровней дуг с использованием следующих вариантов: 1, -1, 2, -2, 3, -3. Варианты уровней дуг представлены в порядке снижения приоритетности их использования (связано с уменьшением компактности представления схемы).

Пример отображения дуг приведен на рисунке 43:

– дуга 1 (начало, конец, уровень, длина): (1, 2, 1, 1);

– дуга 2: (2, 3, -1, 1);

– дуга 3: (4, 2, 2, 2).

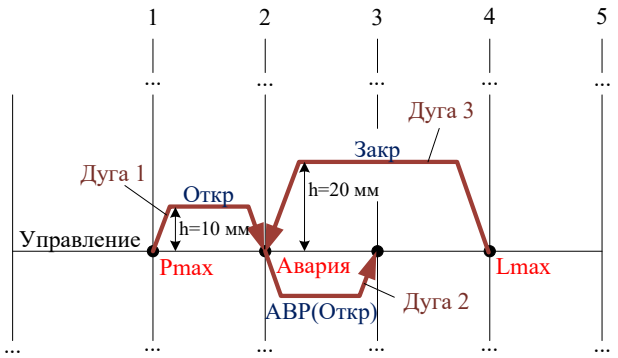


Рисунок 43 – Изображение дуг в «подвале» схемы автоматизации

2.8.2.2 Математическая модель задачи размещения

Даны параметры $e_1, e_2, ...e_n$ (рисунок 44) и заданы весовые коэффициенты $r_{ij}(i, j = 1, 2, ..., n)$ каждой паре параметров в матрице соединений:

$$R = \left\| r_{ij} \right\|_{nxn}. \tag{1}$$

Эта матрица показывает «степень связи» этих параметров друг с другом.

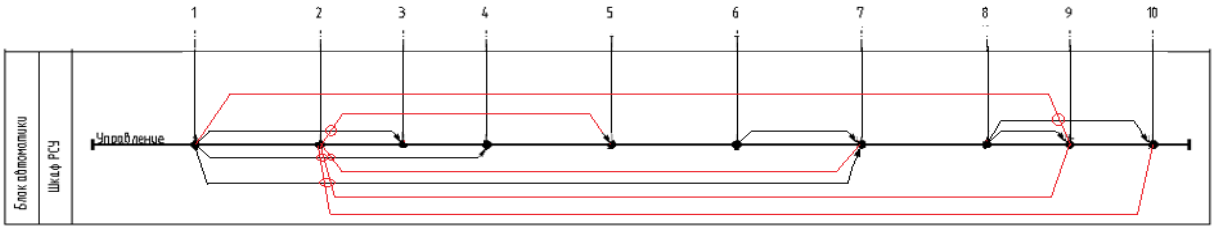


Рисунок 44 – Изначальное размещение параметров

(7 пересечений, максимальная суммарная длина дуг)

Есть фиксированный набор позиций, где могут разместиться параметры $p_1, p_2, ..., p_m (m \geq n)$. Полагаем, что $m = n$. Есть матрица расстояний:

$$D = \left\| d_{ij} \right\|_{nxm}, \tag{2}$$

где элемент d_{ij} равняется расстоянию между позициями $p(i)$ и $p(j)$.

Матрица D – симметричная, с нулевой главной диагональю $(d_{ij} = 0, i = 1, 2, ..., n)$.

Произвольное размещение элементов в позициях представляет собой некоторую перестановку $p = p(1), ..., p(n)$, где $n(i)$ задает номер позиции, присвоенной i-тому элементу. Таким образом, имеется $n!$ различных вариантов размещения элементов. Попытки найти оптимальный вариант полным перебором безуспешны даже при малых значениях n (рисунок 45).

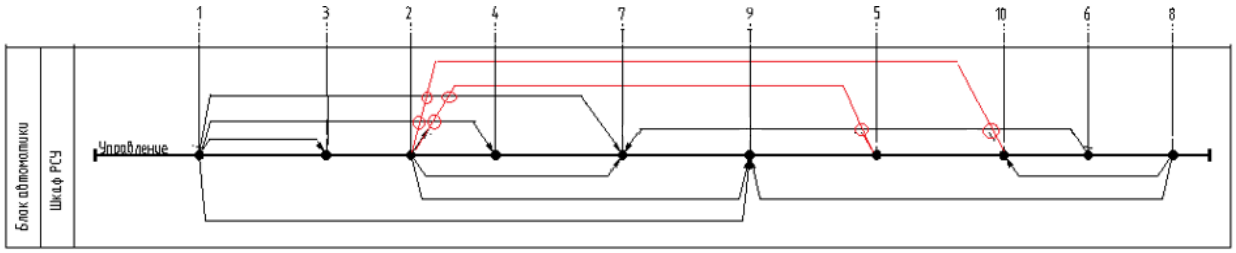


Рисунок 45 – Размещение параметров методом полного перебора (6 пересечений, суммарная длина дуг уменьшилась)

При такой интерпретации условий указанные требования возможно использовать в качестве ограничений, а поиск наилучшего варианта построения элементов ФСА целесообразно выполнить в рамках решения соответствующей оптимизационной задачи.

Несмотря на указанные ограничения, нарушение некоторых из них может являться допустимым решением задачи построения схем. Поэтому для формализации оптимизационной задачи расположения параметров и дуг алгоритмов на схемах автоматизации можно использовать подход к учету ограничений, основанный на введении штрафных функций [21].

Задача оптимизации построения элементов схемы может быть формализована с использованием следующего выражения (при условии отсутствия пересечения дуг):

$$f(\overline{o_i}) = \sum_{i=1...n} \left(k_L(o_i) \cdot k_h(o_i)\right) \to \min, \qquad (3)$$

где $k_L(o_i)$ – длина дуги o_i; $k_h(o_i)$ – уровень дуги o_i.

2.8.2.3 Алгоритмы размещения

Для решения задачи размещения за основу был взят алгоритм размещения элементов электрических схем [21]. Данная задача является одной из основных в конструкторском проектировании и заключается в вычислении такого пространственного расположения параметров, которое можно назвать оптимальным. Критериями оптимальности размещения могут выступать различные характеристики схем соединений параметров. Классический критерий – минимальная суммарная длина связей между позициями:

$$L = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} r_{ij} d_{p(i)p(j)}. \qquad (4)$$

Здесь также важный критерий – число пересечений соединений.

Алгоритм размещения элементов электрических схем, спроецированный на задачу оптимизации построения «подвала» схемы автоматизации включает:

– алгоритм решения математических задач, являющийся моделью задачи размещения (метод ветвей и границ, который при определённых допущениях может быть сведен к задаче размещения, где набор позиций считается фиксированным и элементы рассматриваются как геометрические точки, а схема соединений при этом представляется взвешенным графом соединений);

– конструктивный алгоритм начального размещения (оптимизация размещения на непрерывной плоскости, когда набор позиций для установки заранее не фиксирован; последовательный или параллельно - последовательный процесс установки элементов в позиции при локальной оптимизации функции - критерия размещения);

– итерационный алгоритм улучшения начального варианта размещения (приближённый алгоритм, предназначенный для оптимизации размещения элементов в фиксированном наборе позиций; требует временных затрат и используются для получения окончательного размещения).

Рассмотрен алгоритм последовательного размещения элементов по связности.

Пусть, $E = \{e_1, e_2, ..., e_n\}$ – множество элементов, подлежащих размещению, а $P = \{p_1, p_2, ..., p_n\}$ – множество позиций для их установки.

Вводится n – шаговый процесс принятия решений: выбирается один неразмещённый элемент и помещается в незанятую позицию.

Обозначим, E_K – элементы, размещенные до k-го шага, P_k – позиции, занятые этими элементами; $\overline{E_k}$ и $\overline{P_k}$ – соответственно, неразмещённые элементы и незанятые позиции.

В основу заложен принцип оптимизации целевой функции, сводящийся к выбору на данном шаге локально оптимальной позиции для одного из элементов при неизменности положения ранее размещенных элементов.

Любое правило выбора элемента для размещения основано на вычислении «меры связности» ещё не размещённых элементов с уже размещёнными. Характеристика абсолютной связности:

$$C_i = \sum_{e_j \in E_k} r_{ij} - \sum_{e_j \in \overline{E_k}} r_{ij}. \qquad (5)$$

Выбирается элемент с максимальным значением C_i (5).

При последовательном процессе размещения может быть оценена лишь суммарная длина частичных соединений данного элемента e_{i0} с уже размещёнными элементами E_k. Выбранный для размещения элемент e_{i0} должен быть установлен в одну из незанятых позиций из множества $\overline{P_k}$.

Пусть d_{js} – минимальное расстояние позиции l_j до одного из уже размещенных элементов в цепи υ_s, связанной с элементом e_{i0}. Для размещения элемента e_{i0} выбирают позицию, для которой

$$F_j = \sum_{S \in J_{i0k}} d_{js} \qquad (6)$$

минимальна, J_{i0k} – множество цепей, связывающих e_{i0} и E_k.

Так как назначение первого элемента предопределяет весь дальнейший процесс размещения, при малом времени на реализацию алгоритма, желательно рассмотреть несколько вариантов таких назначений и выбрать лучшее.

Рассмотрен итерационный алгоритм улучшения начального варианта размещения. Алгоритмы данной группы используют общие идеи методов последовательных приближений и являются комбинаторными аналогами градиентных методов оптимизации.

В результате применения итерационного алгоритма размещения получается последовательность размещений $p_{нач,} p_1, p_2, ..., p*$, которой соответствует монотонно убывающая последовательность значений $F(p_{нач}) > F(p_1) > F(p_2) ... > F(p*)$ (рисунок 46).

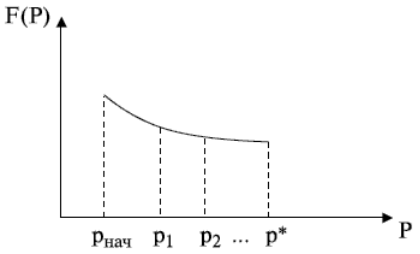


Рисунок 46 – Результат перемещения элементов

Значение $F(p*)$ соответствует локальному минимуму функции.

При реализации алгоритма на ЭВМ, как правило, итерационный процесс заканчивается, как только разность значений функций для двух соседних итераций становится относительно малой:

$$\frac{F(p_k) - F(p_{k-1})}{F(p_k)} < \delta, \qquad (7)$$

где δ – заранее заданное число.

Оценки эффективности различных итерационных алгоритмов отсутствуют, поэтому нельзя отдать явное предпочтение одному из них. Рассмотрим алгоритм парных перестановок, как наиболее распространенный.

Пусть, имеется размещение (результат предыдущей итерации).

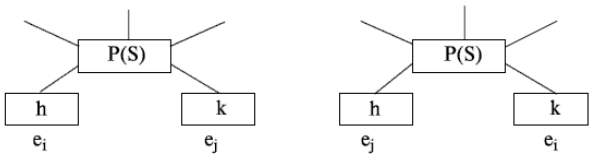
Выбираются два элемента e_i и e_j, которые затем меняются местами. Рассчитывается новое значение $F(p)$: если оно меньше прежнего, то обмен. Выбирается другая пара элементов, осуществляется аналогичная процедура.

Рассмотрим минимизацию суммарной длины соединений:

$$F = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=i+1}^{n} r_{ij} d_{p(i)p(j)}. \tag{8}$$

Найдем приращение значения функции (8) при перестановке местами элементов e_i и e_j, находящихся первоначально в позициях «h» и «k».

На рисунке 47 показано положение элементов до и после перестановки, а также их связи с некоторым элементом $e_s (S \neq i \neq j)$, не участвующим в перестановке и находящимся в позиции $P(S)$.



а) до перестановки; б) после перестановки

Рисунок 47 – Положение элементов

Если длину соединений между всеми парами элементов, не затрагиваемых данной перестановкой, обозначить через «C», то получим:

$$F = \sum_{S} r_{is} d_{hp(S)} + r_{ij} d_{hk} + \sum_{S} r_{js} d_{kp(S)} + C. \tag{9}$$

После перестановки местами элементов e_i и e_j значение изменится:

$$F' = \sum_{S} r_{js} d_{hp(S)} + r_{ij} d_{hk} + \sum_{S} r_{is} d_{kp(S)} + C. \tag{10}$$

Сравнивая (9) и (10), можно подсчитать приращение функции

$$\Delta F_{ij} = F - F'. \tag{11}$$

После некоторых преобразований получим:

$$\Delta F_{ij} = \sum_{S} (r_{is} - r_{js})(d_{hp(s)} - d_{kp(s)}), s \neq i, j. \tag{12}$$

На очередной итерации для каждого элемента i_k в последовательности

I рассчитывается приращение ΔF_{ij} , при условии перестановки этого элемента с элементами, стоящими правее в последовательности I .

Если для данного элемента e_i в наборе отсутствуют положительные приращения, он оставляется на своём месте и осуществляется переход к отысканию «наилучшего» места для следующего элемента e_{i+1}.

2.8.2.4 Проектирование соединений параметров дугами

Проектирование схем соединений является одной из наиболее трудных задач в общей проблеме автоматизации проектирования. Прежде всего, это связано с многообразием способов реализации соединений, каждый из которых обуславливает использование специфических критериев оптимизации при алгоритмическом решении задачи трассировки.

Соединения для цепей схемы представляют собой деревья. При автоматизированном проектировании возникает задача построения минимальных деревьев соединений. Как правило, минимизации подлежит суммарная длина рёбер дерева.

Сформулируем задачу построения минимального дерева. $P = \{p_1, p_2, ..., p_n\}$ – множество точек плоскости, соответствующих выводам произвольной цепи.

Рассмотрим полный граф $G(X,U)$, вершины которого $x \in X$ соответствуют выводам цепи, а ребра $u \in U$ с приписанным к ним весом $\mu(u)$ характеризуют соединения между парами выводов. В качестве значения $\mu(u)$ принимаем суммарную оценку, включающую как длину ребра $d(u)$, так и число пересечений $h(u)$ этого ребра с рёбрами уже построенных деревьев

$$\mu(u) = k_1 d(u) + k_2 h(u) \qquad (13)$$

Теперь исходная задача сводится к определению в графе G дерева, включающего все вершины X и имеющего минимальный вес рёбер. Такое дерево называется минимальным покрывающим деревом.

Эффективен с точки зрения реализации на ЭВМ алгоритм Прима:

– всякая изолированная вершина соединяется с ближайшей;

– всякий изолированный фрагмент (связанная группа вершин) соединяется с ближайшей вершиной кратчайшим ребром.

В данной задаче применим также волновой алгоритм. Основу алгоритма Ли составляет процедура построения оптимального в заданном смысле пути между двумя известными параметрами. Процедура состоит из двух этапов: поиска пути и проведения пути.

На первом этапе из одной из заданных ячеек моделируется распространение волны до тех пор, пока её фронт не достигнет второй ячейки.

Все условия оптимальности, которые необходимо выполнить, при проведении соединения должны быть заложены в правила движения волны.

На втором этапе алгоритма осуществляется проведение пути. Для этого следует, начиная от ячейки - цели, двигаться в направлении, противоположном направлению распространения волны, переходя последовательно от ячейки с большим весом к соседней ячейке с меньшим весом.

Также существует лучевой алгоритм. В нём основные процедуры поиска и проведения пути осуществляются путём исследования пространства магистралей (линий), а не ячеек, как в классическом алгоритме Ли.

Трассировка по магистралям с точки зрения затрат времени и памяти ЭВМ более эффективна, чем волновой алгоритм, для полей большой площади, причём требуемые затраты времени существенно меньше для слабо заполненных полей. По мере заполнения поля трассами соединений эффективность процесса поиска снижается и временные затраты ЭВМ приближаются к затратам времени волнового алгоритма.

2.8.2.5 Итоговое размещение элементов

На рисунке 48 представлено итоговое размещение элементов $e_1, e_2, \ldots e_n$ после применения алгоритма размещения элементов электрических схем и проектирования соединений параметров дугами.

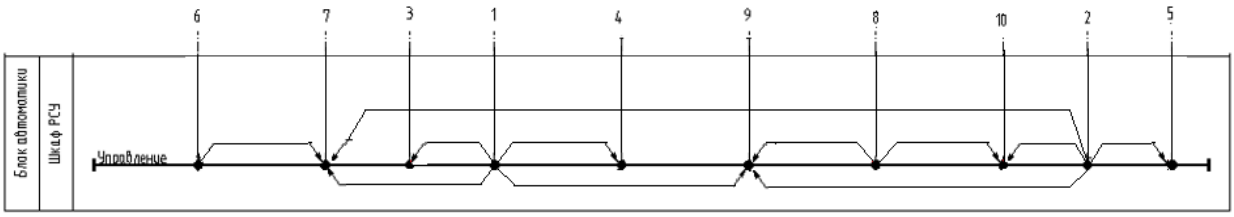


Рисунок 48 – Размещение параметров в результате применения алгоритма для перестановки элементов электрических схем (0 пересечений, суммарная длина дуг минимальна)

Таким образом, была решена задача выбора оптимального варианта расположения параметров и их связи между собой. Исключить пересечения удалось. Была получена минимальная суммарная взвешенная длина связей между позициями.

Рассмотренные алгоритмы показали эффективность их комплексного использования в зависимости от конкретных условий на конкретных примерах.

2.8.3 Построение схем соединения внешних проводок

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

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.

Для формирования перечная 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.

В работе алгоритмов 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.

Примеры сформированных листов чертежей схем соединений внешних проводок с перечнем элементов приведены в Приложении Г.

3 Исследование эффектов от внедрения системы

3.1 Сокращение времени разработки документации

Одним из явных преимуществ использования программного модуля является сокращение времени на проектирование. На рисунке 49 показано сокращение трудозатрат на разработку технического обеспечения АСУ ТП (верхняя линейчатая гистограмма – при разработке «вручную», нижняя – с использованием САПР). По оси абсцисс указан % автоматизации.

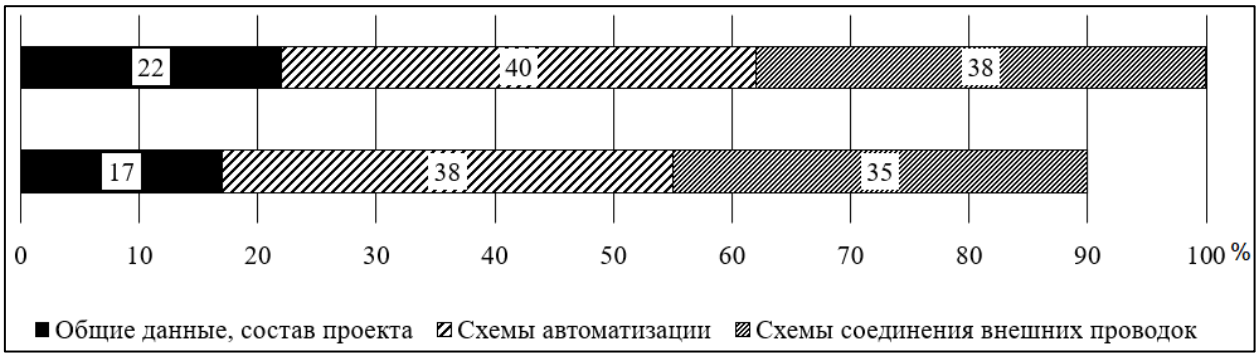


Рисунок 49 – Сокращение времени разработки документации

Как видно из рисунка, процесс проектирования с применением разрабатываемой САПР эффективнее на 10 % в плане временных затрат, согласно выгрузке из системы учета трудозатрат (СУТ) сотрудников, а также таблицы эффектов по ЦИП, переданной в Центральный аппарат управления Компании (ЦАУК).

3.2 Повышение качества разрабатываемой документации

Помимо этого, внедрение и использование подобной САПР повлечет за собой уменьшение вероятности случайных ошибок. Ведь графическая составляющая документации по АСУ ТП – набор 2D-схем со специфическим набором элементов. При этом на чертежах много буквенно-цифровых обозначений. То есть, связь информации, содержащейся в графической и табличной частях проекта, не очевидна. В результате, при разработке документации «вручную» проектировщику легче ошибиться.

Для оценки потенциального повышения качества проектирования с

помощью программы была произведена выгрузка замечаний из системы учета замечаний по отделу автоматизации АО «ТомскНИПИнефть» за последние несколько лет. После чего выгруженные замечания были отфильтрованы по комплектам отдела автоматизации с кодом замечания «Ошибка проектировщика» и проанализированы (рисунок 50).

Важно отметить, что ошибки, допускаемые при проектировании, вызывают нарекания эксплуатационщиков. Требуются большие финансовые затраты для того, чтобы их устранить на этапе производства на заводах-изготовителях и при пусконаладочных работах.

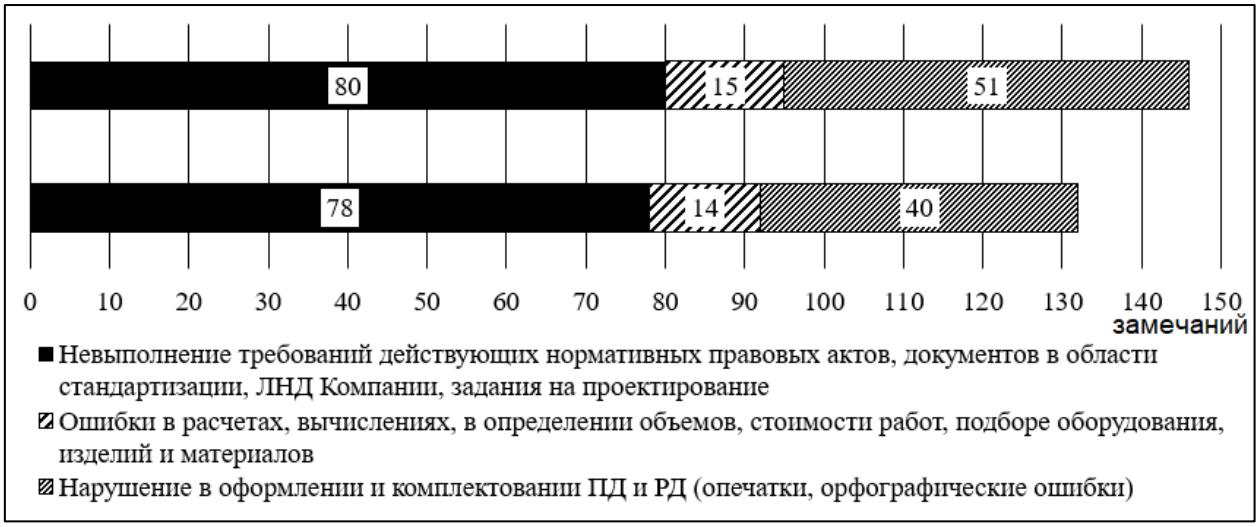


Рисунок 50 – Повышение качества разрабатываемой документации

Из рисунка следует, что качество разрабатываемой документации повысилось на 9%.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть рынок. Детальный анализ рынка необходимо проводить систематически, поскольку он пребывает в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам по производственной нише [22].

4.1.1 Потенциальные потребители исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования и разработки являются предприятия, занимающиеся проектной деятельностью, а именно разрабатывающие документацию технического обеспечения на автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Научное исследование рассчитано на проектные организации, которые производят разработку документации в ручном режиме, выполняют множество проектов.

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

Таблица 4 – Карта сегментирования рынка

		Режим разработки документации		
		Автоматизированный	Полуавтоматизированный	Ручной
Размер компании	Мелкие	-	-	+
	Средние	+	+	-
	Крупные	+	-	-

Исходя из анализа карты сегментирования, можно сделать вывод о том, что крупные и средние компании относятся к основным сегментам, так как данные компании разрабатывают документацию в автоматизированном режиме.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

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.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей в сумме должны составлять 1.

Таблица 5 – Оценочная карта

Критерии оценки	**Вес крите-рия**	**Баллы**			**Конкуренто-способность**		
		$Б_ф$	$Б_{к1}$	$Б_{к2}$	$К_ф$	$К_{к1}$	$К_{к2}$
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	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
Завершенность системы	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
Стоимость лицензий	0,11	5	3	3	0,55	0,33	0,33
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, т.к. большинство функций не требуются проектировщикам и усложняют работу с программой. Однако, разработка не завершена полностью, поэтому невозможно прогнозировать срок выхода на рынок.

4.1.3 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 (рисунок 51).

Рисунок 51 – Диаграмма Исикава

4.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в Приложении Д.

4.2 Организация и планирование работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В этом разделе был составлен перечень этапов и работ по созданию САПР, проведено распределение исполнителей по видам работ (таблица 6). 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 (Р) и инженер (И).

Таблица 6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка ТЗ	1	Выбор направления исследований	И
	2	Составление и утверждение ТЗ	Р, И
Анализ предметной области	3	Календарное планирование работ	И
	4	Подбор и изучение материалов	И
	5	Анализ отобранного материала	Р, И
Разработка системы	6	Описание требований к системе	Р, И
	7	Сравнительный анализ аналогичных САПР	И
	8	Сравнение графических платформ	И
	9	Разработка программного интерфейса	И
	10	Разработка программного модуля построения чертежей автоматизации	И
	11	Оптимизация процесса построения функциональных схем автоматизации	Р, И
	12	Описание событийной цепочки процессов	И
	13	Исследование эффектов от внедрения	И
	14	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И
	15	Написание раздела «Социальная ответственность»	И
	16	Написание раздела на иностранном языке	И
	17	Проверка работы с руководителем	Р, И
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	И
	19	Подготовка презентации	И

4.2.2 Определение продолжительности работ

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \qquad (14)$$

где $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{рi}$, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{р_i} = t_{ожi} / Ч_i, \qquad (15)$$

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

$Ч_i$ – численность исполнителей, чел.

Для удобства построения графика длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни T_{ki}:

$$T_{кi} = T_{рi} \cdot k_{кал}, \qquad (16)$$

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \qquad (17)$$

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

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

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

Воспользуемся формулой (17) для определения коэффициентов календарности. Произведем расчет для пятидневной рабочей недели:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118} \approx 1,48.$$

Рассчитанные значения сведены в таблицу 7. На её основании построена диаграмма Ганта, представленная в Приложении Е. Отрезки черного цвета характеризуют индивидуальную работу студента, а красного цвета штрихованные – совместную работу студента и руководителя.

Таблица 7 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{рi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{кi}$
	$t_{min\,i}$, чел-дни		$t_{max\,i}$, чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни				
	И	Р	И	Р	И	Р			
1	3	0	7	0	5	0	1	5	7,39
2	1	1	3	3	2	1,9	2	2,9	4,29
3	1	0	4	0	2,2	0	1	2,2	3,25
4	9	0	15	0	11	0	1	11	16,26
5	2	3	5	4	3	3,2	2	4,4	6,50
6	2	2	4	3	2,8	2,5	2	3,5	5,17
7	3	0	6	0	4,2	0	1	4,2	6,21
8	2	0	4	0	2,8	0	1	2,8	4,14
9	7	0	9	0	8	0	1	8	11,82
10	6	0	8	0	7	0	1	7	10,35
11	5	3	10	5	7	4	2	6	8,87
12	3	0	8	0	5	0	1	3	4,43
13	3	0	6,5	0	3,5	0	1	3,5	5,17
14	2	0	7	0	3	0	1	3	4,43
15	2	0	6	0	2,2	0	1	2,2	3,25
16	1	0	4	0	1,8	0	1	1,8	2,66
17	2,5	2	3	5	2,4	3,2	2	4,3	6,36
18	3	0	6	0	5,5	0	1	6	8,87
19	1,5	0	3	0	1,7	0	1	1,7	2,51
							Итого:	82,5	121,94

4.3 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 разработки используется следующая группировка затрат по статьям:

– материальные затраты разработки;

– основная заработная плата исполнителей темы;

– дополнительная заработная плата исполнителей темы;

– отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

– затраты на научные и производственные командировки;

– накладные расходы.

4.3.1 Материальные затраты

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{м} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расxi},, \quad (18)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида (шт., кг, м, м^2 и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i-го вида материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Предприятие предоставляет бесплатный доступ к MS Visual Studio и AutoCAD, следовательно, затратами будут является покупка ноутбука и стандартного пакета Microsoft Office (таблица 8).

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена (руб.)
Ноутбук Asus	Шт.	1	38990
Microsoft Office	Шт.	1	4000
Канцелярские товары	Шт.	1	800
		Итого:	43790

4.3.2 Затраты на электроэнергию

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Будем учитывать только затраты на электроэнергию, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э}, \quad (19)$$

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

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час; $t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{э}$= 6,59 руб./квт·час (с НДС). Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{РД} \cdot K_{t}, \quad (20)$$

где $K_{t} \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$.

В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования. Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_{C}, \quad (21)$$

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

$K_{C} \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от степени использования номинальной мощности. Для оборудования малой мощности $K_{C} = 1$.

Пример расчета затрат на электроэнергию приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты на электроэнергию $C_{эл}$, руб.
Электроэнергия	1500	0,4	3954

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \tag{22}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р, \tag{23}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_р$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д}, \tag{24}$$

где $З_М$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_Д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные и праздничные дни)	118	118
Потери рабочего времени (отпуск и невыходы по болезни)	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) \cdot k_р, \quad (25)$$

где $З_{ТС}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_Д$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен таблице 11.

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, руб	$З_{дн}$, руб.	$Т_р$, раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	33664	-	-	1,3	43763,2	2287,12	15	34306,8
Инженер	21760	-	-	1,3	28288	1681	125	210125
							Итого:	244431,8

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (26)$$

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

Результаты по расчетам дополнительной зарплаты сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	34306,8	0,12	4116,8
Инженер	210125		25215
		Итого:	29331,8

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (27)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	34306,8	4116,8
Инженер	210125	25215
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого:	73329,54	8799,54
	82129	

4.3.6 Амортизационные затраты

При выполнении работы использовался ноутбук, первоначальная стоимость которого составляет 38990 руб. Срок полезного использования составляет 3 года, компьютер используется 4 месяца согласно плану работ.

Норма амортизации (A_n), рассчитанная по следующей формуле, составила 2,8 %:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\%, \tag{28}$$

где n – количество месяцев полезного срока эксплуатации.

Ежемесячные амортизационные отчисления (A_m) составили 1091,72 руб., формула для расчета следующая:

$$A_m = A_n \cdot \text{ПС}, \tag{29}$$

где ПС – первоначальная стоимость основного средства.

Итоговая сумма амортизации ноутбука составила 4366,88 руб., что рассчитывается как произведение ежемесячных амортизационных отчислений и количества месяцев использования ноутбука.

4.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \tag{30}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$З_{накл} = (43790 + 3954 + 244431 + 29331 + 82129 + 4367) \cdot 0{,}16 = 65280\, руб.$$

4.3.8 Формирование бюджета затрат

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Бюджет затрат на разработку

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	43790	9,3
Затраты на электроэнергию	3954	0,8
Основная заработная плата	244431,8	51,6
Дополнительная заработная плата	29331,8	6,2
Страховые взносы	82129	17,4
Амортизационные затраты	4366,88	0,9
Накладные расходы	65280	13,8
Общий бюджет	473283,48	100

Исходя из расчета бюджета затрат следует, что наибольшая его часть приходится на основную и дополнительную заработную плату исполнителей (57,8 %). Также необходимо отметить, что расходы на страховые взносы (17,4 %) составляют немаловажную часть расходов. Затраты на амортизацию, материалы и накладные расходы составляют небольшую долю (24,8 %). Это связано с отсутствие необходимости использования значительно дорогостоящего оборудования и материалов.

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.4.1 Расчет интегрального показателя финансовой эффективности

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по формуле:

$$I_{финр}^{исп i} = \frac{Ф_{pi}}{Ф_{\max}}, \quad (31)$$

где $I_{финр}^{испi}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

$Ф_{pi}$ – стоимость i-го варианта исполнения;

$Ф_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения проекта (в том числе аналогов).

Показатели финансовой эффективности для проекта и аналогов рассчитаны:

$$I_{финр} = \frac{473283,48}{630000} = 0,75\,;\; I_{фина1} = \frac{535001,3}{630000} = 0,84\,;\; I_{фина2} = \frac{541352,83}{630000} = 0,86\,.$$

4.4.2 Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{mi} = \sum a_i \cdot b_i\,, \qquad (32)$$

где I_{mi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки;

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 15.

Таблица 15 – Сравнительная оценка вариантов исполнения

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
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
Безопасность	0,2	5	5	5
Итого	1	4,8	4,25	4,1

4.4.3 Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель эффективности исполнения разработки (I_p^p) и аналогов (I_p^a) вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по (33) и (34):

$$I_p^p = \frac{I_m^p}{I_{финр}^p}, \tag{33}$$

$$I_p^a = \frac{I_m^a}{I_{финр}^a}. \tag{34}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности варианта исполнения разработки и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта ($Э_{ср}$):

$$Э_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \tag{35}$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 16.

Таблица 16– Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Проект	Аналог 1	Аналог 2
Интегральный финансовый показатель	0,75	0,84	0,86
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,8	4,25	4,1
Интегральный показатель эффективности	6,4	5,06	4,76
Сравнительная эффективность	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. Аналоги имеют ряд недостатков по сравнению с собственной разработкой: высокая стоимость программ и заказной доработки, дополнительные затраты на их поддержку и на обучение сотрудников.

5 Социальная ответственность

В магистерской диссертации выполняется разработка специализированной системы автоматизированного проектирования документации технического обеспечения АСУ ТП. Применяться разработанная система будет инженерами-проектировщиками.

Основными инструментами для выполнения поставленных задач являются средства вычислительной техники – персональный компьютер, устанавливаемое программное обеспечение и периферийные устройства. При работе с САПР на здоровье человека влияют определенные негативные факторы, например, нагрузка на зрение, вредные шумы и излучения, неправильная поза за компьютером, а также психологическая нагрузка.

В данном разделе рассматриваются вопросы, которые касаются социальной ответственности при работе с САПР. Целью данного раздела магистерской диссертации является анализ опасных и вредных факторов труда, анализ степени их влияния на человека и выявление потенциальных мер по нивелированию их воздействия на инженера.

В России охрана труда является одним из важнейших экологических, санитарно-гигиенических и социально-экономических мероприятий, направленных на обеспечение здоровых и безопасных условий труда.

В соответствии с [23] – Социальная ответственность – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

1. Содействует устойчивому развитию.
2. Учитывает ожидания заинтересованных сторон.
3. Соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения.
4. Интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Во время продолжительной работы за компьютером инженер длительный период пребывает за компьютером, сидя у монитора, в одной позе. Данный фактор наряду с излучением, нагрузкой на зрение и т.п. наносит неблагоприятное воздействие на человека.

Органы, регулирующие правовые нормы сотрудников и осуществляющие контроль рабочего места: Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условия труда, Федеральная служба по труду и занятости населения, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека.

Продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию труда.

С 2021 г. вопрос установления перерывов во время работы за компьютером нормативно не урегулирован [24]. Работодатель может самостоятельно установить порядок предоставления перерывов в работе за компьютером для отдыха в правилах внутреннего трудового распорядка. Указанные перерывы включаются в рабочее время. Во время этих перерывов работник не должен выполнять другую работу [25].

Статья 27 Закона о санитарно-эпидемиологическом благополучии [26] регулирует вопросы влияния устройств на здоровье работника.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

К вредным психофизиологическим факторам можно отнести: умственное перенапряжение, статические физические нагрузки, монотонность труда, эмоциональные перегрузки.

Для минимизации влияния этих факторов на производительность и здоровье работника необходимо корректно организовать работу с ЭВМ. Для предотвращения утомления, снижения влияния гипокинезии и гиподинамии целесообразно выполнять специализированные комплексы упражнений.

Также для минимизации вредных психофизиологических факторов следует организовать рабочие места согласно требованиям и нормам [27].

Рабочее место с дисплеем должно обеспечивать оператору возможность удобного выполнения работ в положении сидя и не создавать перегрузки костно-мышечной системы.

Требования к рабочему столу:

– размеры рабочей поверхности стола должны быть: глубина – не менее 600 мм, ширина – не менее 1200 мм, нерегулируемая высота – 725 мм;

– поверхность стола должна иметь коэффициент отражения 0,45-0,50.

Требования к рабочему стулу:

– поверхность сиденья должна иметь ширину и глубину не менее 400 мм, высота должна регулироваться в пределах от 400 до 550 мм;

– угол наклона спинки должен регулироваться в пределах 0°±30° от вертикального положения.

Требования к дисплею:

– дисплей должен располагаться так, чтобы изображение в любой его части было различимо без необходимости поднять или опустить голову;

– угол наблюдения экрана оператором относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать 60°.

5.2 Профессиональная социальная безопасность

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

Основная работа при проведении исследования проводилась за компьютером. Данный вид работы связан с воздействием на человека вредных и опасных факторов труда.

Классификация вредных и опасных факторов проведена в соответствии с [28]. Опасные и вредные факторы при выполнении магистерской диссертации на разных этапах работ отражены в таблице 17.

Таблица 17 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [29]
2. Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [30]
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений [31] ГОСТ Р 54944-2012. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности [32]
4. Электромагнитные излучения	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот [33].
5. Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [34]
6. Опасные факторы, связанные с пожаром	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [35]
7. Статические перегрузки, связанные с рабочей позой	ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов [36]

Поскольку современные жидкокристаллические мониторы отвечают всем нормам по ионизирующему излучению, оно в данной работе не рассматривается.

5.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

5.2.2.1 Микроклимат помещения

Производственный микроклимат отражает состояние внутренней воздушной среды помещения рабочей зоны и температуры поверхностей, находящихся в помещении. В производственном помещении должны поддерживаться оптимальные параметры микроклимата, поддерживающие нормальное тепловое состояние организма и не вызывающие отклонений здоровья. В соответствие с СанПиН 1.2.3685-21 [37] были выделены следующие требования к воздушной среде:

1. Для помещений, где основная работа выполняется на ПЭВМ с категорией работ 1а (работы, которые проводятся сидя и не требуют физического напряжения), необходимо исполнение оптимальных норм микроклимата, приведенных в таблице 18.

Таблица 18 – Оптимальные параметры воздуха в помещениях с ПЭВМ

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха
Холодный	Легкая – 1а	(22 - 24)	(40 - 60)	0,1
Теплый	Легкая – 1а	(22 – 25)	(40 – 60)	0,1

2. Для поддержания нормальной влажности воздуха на рабочих местах с ПЭВМ необходимо применять увлажнители воздуха, ежедневно заправляемые прокипяченной питьевой или дистиллированной водой.

3. Перед началом помещения с ПЭВМ должны быть проветрены для улучшения состава воздуха, в том числе и аэроионный режим.

Работа велась в офисе АО «ТомскНИПИнефть». В помещении есть кондиционер, который поддерживает температуру воздуха 22 °С. Во время перерывов на отдых производится проветривание помещения. Оценить влажность не представляется возможным.

5.2.2.2 Превышение уровня шума

Важной характеристикой рабочего помещения является уровень шума. Шумом называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Шум негативно влияет на здоровье работающих людей. Вследствие длительного воздействия шума возможен ряд функциональных изменений со стороны различных внутренних органов и систем:

− ухудшается слух и зрение;

− развивается тугоухость;

− снижается работоспособность;

− ухудшается координация и внимание;

− возникают расстройства нервной системы.

Для описываемого помещения основные источники шума:

– персональные компьютеры;

– система вентиляции;

– оборудование печати и сканирования, расположенные в коридоре;

– уличный шум;

– бытовые шумы.

Для выполняемых работ (легкая физическая нагрузка, напряженный труд 1 степени) уровень звука не должен превышать 60 дБА. Рассчитать уровень шума не представляется возможным, так как проблематично оценить звуковое давление, ко всему прочему шум в офисе носит переменный характер.

Для снижения уровня шума применяют следующие методы:

− уменьшение уровня звука в источнике;

− звукопоглощение (например, облицовка помещения);

− звукоизоляция (например, обшивка внутреннего помещения);

− рациональное расположение и применение оборудования;

− применение средств индивидуальной защиты (например, «беруши»).

5.2.2.3 Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека.

Недостаточная освещенность рабочей зоны оказывает негативное влияние на зрительную систему человека. Происходит снижение концентрации внимания, усталость центральной нервной системы, что приводит к снижению производительности труда.

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 освещения на поверхности рабочего стола в зоне размещения документа должен быть в диапазоне от 300 до 500 лк. Уровень освещенности экрана не должен превышать 300 лк. Яркость осветительных приборов, находящихся в поле зрения, не должна превышать 200 кд/м^2.

Приведем расчет искусственного освещения для офисного помещения АО «ТомскНИПИнефть», размерами: длина A = 10 м, ширина B = 6 м, высота H = 3,5 м, количество ламп N – 8 светильников по 5 ламп – 40 шт. Определим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) по формуле:

$$h = H - h_p - h_c, \qquad (36)$$

где H – высота потолка в помещении, м;

h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м.

Вычислим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью по формуле (36) для компьютерной аудитории:

$$h = 3{,}5 - 0{,}8 - 0{,}05 = 2{,}65 \text{ м}.$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \qquad 37)$$

где S – площадь помещения – $A \cdot B$, м^2;

A – длина комнаты, м;

B – ширина комнаты, м;

h – высота подвеса светильников, м.

Индекс помещения для компьютерной аудитории по формуле (37):

$$i = \frac{6 \cdot 10}{2.65 \cdot (6+10)} = 1,41.$$

Исходя из того, что потолок в помещении чистый белый, а также побеленные стены, 3 окна. Согласно [38] примем коэффициенты отражения от стен ρ_c = 50% и потолка ρ_n = 70%.

По таблице 19 коэффициентов использования светового потока [38] для соответствующих значений i, ρ_c, ρ_n, примем η =0,49.

Таблица 19 – Коэффициенты использования светового потока

Тип светильника	ОД и ОДЛ			ОДР			ОДО			ОДОР			Л71БОЗ ОЛ1Б68		
$\rho_п$, %	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_с$, %	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
i	Коэффициенты использования, %														
0,5	23	26	31	21	24	28	21	25	30	18	21	26	14	16	19
0,6	30	33	37	27	30	34	27	31	36	23	27	32	18	20	22
0,7	35	38	42	32	35	38	32	36	41	27	31	35	21	23	25
0,8	39	41	45	35	37	41	36	39	44	30	33	38	23	25	27
0,9	42	44	48	38	40	43	39	42	46	32	36	40	25	27	29
1,0	44	46	49	40	42	45	41	44	48	34	38	42	26	28	30
1,1	46	48	51	41	43	46	42	46	50	36	39	43	27	29	31
1,25	48	50	53	43	45	48	44	48	52	38	41	45	29	30	32
1,5	50	52	56	45	48	51	46	50	55	40	43	47	30	31	34
1,75	52	55	58	47	50	53	49	52	58	42	45	50	31	33	35
2,0	55	57	60	50	52	54	51	55	60	43	47	52	33	34	36
2,25	57	59	62	52	54	56	53	57	62	45	49	54	34	35	37
2,5	59	61	64	53	55	58	55	58	64	47	50	56	35	36	39
3,0	60	62	66	54	56	60	56	60	66	48	52	58	36	37	40
3,5	61	64	67	56	57	61	58	62	67	49	53	59	37	38	40
4,0	63	65	68	57	58	62	59	63	68	50	54	60	38	39	41
5,0	64	66	70	58	60	63	60	64	70	51	56	62	38	40	42

Освещенность помещения рассчитывается по формуле:

$$E_{ф} = \frac{n \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot k_{з} \cdot z}, \quad (38)$$

где Φ – световой поток светильника, лм;

S – площадь помещения, м^2;

$k_{з}$ – коэффициент неравномерности освещения;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Согласно СП 31-110-2003 [39], коэффициент запаса $k_{з}$ учитывает запыленность светильников и их износ. Согласно [38], для помещений с малым выделением пыли $k_{з}$ = 1,5.

Поправочный коэффициент z – это коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп z = 1,1. В помещении находятся светильники ЛВО 4×18 CSVT, с люминесцентными лампами типа L 18W/640 с потоком F = 1200 лм. Найдем освещенность по формуле (38):

$$E_{ф} = \frac{40 \cdot 0,49 \cdot 1200}{60 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 237,6 \ лк$$

В рассматриваемом помещении освещенность должна составлять 300 лк согласно [40]. Освещенность ниже нормы. На рабочем месте в помещении используется совмещенное освещение. При наличии трех окон, на потолке над рабочими местами расположены светильники с зеркальными решетками и установленными в них по 5 люминесцентных ламп ЛБ-40. Дневной свет компенсирует недостаток искусственной освещенности. Однако в темное время дня, утром и вечером необходимо дополнительно освещать офис. Вывод: помещение не удовлетворяет нормам освещения.

5.2.2.4 Поражение электрическим током

Несмотря на большое количество техники, по опасности электропоражения помещение считается в соответствии с классификацией ПУЭ без повышенной опасности и соответствует установленным условиям:

– напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;

– относительная влажность воздуха 50%;

– средняя температура около 24°С;

– наличие непроводящего полового покрытия;

– розетки защищены предохранительными кожухами;

– не повреждена изоляция проводов;

– корпуса устройств заземлены;

– силовой щит, через который осуществляется подача питания, оснащен автоматическим предохранителем.

При правильном использовании оборудования и соблюдении техники безопасности опасность поражения током маловероятна.

В таблице 20 обозначены допустимые границы значений напряжения, при превышении которых требуется защита от косвенного прикосновения.

Таблица 20– Граничные значения напряжений

Категория помещения	ПУЭ (6-издание) п.1.7	Новая редакция ПУЭ
Без повышенной опасности	>=380 В перем. тока	>50 В перем. тока
	>=440 В пост. тока	>50 В перем. тока

Неотъемлемой мерой по защите от поражения током является регулярное проведение организационно – технических мероприятий, к которым относится первичный инструктаж по технике безопасности, а также последующие инструктажи. Инструктаж по технике безопасности является обязательным условием для допуска к работе в данном помещении.

Офисное помещение АО «ТомскНИПИнефть», в котором велись работы соответствует нормам электромагнитного и электростатического излучения.

5.2.2.5 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источник возникновения фактора – дисплеи (мониторы). Они представляют собой источники наиболее вредных излучений, неблагоприятно влияющих на здоровье человека.

Воздействие фактора на организм человека – при длительном воздействии данного фактора возникают жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость и ослабление памяти.

Допустимые уровни электромагнитного поля приведены в таблице 21 [41].

Таблица 21 – Допустимые уровни электромагнитного поля

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот (0,005 – 2) кГц	25 В/м
	В диапазоне частот (2 – 400) кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот (0,005 – 2) кГц	250 нТл
	В диапазоне частот (2 – 400) кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Средства защиты – рациональное размещение оборудования; использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (экраны-фильтры и защитные очки).

5.2.2.6 Статические перегрузки, связанные с рабочей позой

Воздействие фактора на организм человека – неправильная рабочая поза может привести к хроническому спазму (повышенной напряженности) мышц руки, невралгии, плекситу, обострению шейного и грудного радикулита и ряду других неврологических заболеваний.

Допустимые нормы:

– бедра расположены приблизительно в горизонтальной позиции, а ноги от колена до ступни - в вертикальной позиции;

– высота сиденья равняется длине голеней до подколенной области;

– плечо расположено вертикально, предплечье - горизонтально;

– работа не требует сгибаний или разгибаний запястий;

– позвоночник расположен вертикально;

– ступня составляет угол в 90° по отношению к подколенной части ноги;

– скручивание верхней части туловища отсутствует.

5.2.2.7 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 с [42].

Здание, где расположено рабочее место, относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в нем отсутствует обработка пожароопасных веществ, отсутствуют источники открытого огня.

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования.

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:

– установка датчиков пожарной сигнализации;

– наличие системы оповещения персонала при аварийной ситуации.

5.3 Экологическая безопасность

В подразделе рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате разработки и реализации, предлагаемых решений.

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объект исследования не оказывает влияния на окружающую среду, так как компьютер не осуществляет выбросов вредных веществ в атмосферу и гидросферу.

При завершении срока службы ПК их можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования.

Перечень элементов и содержащее их отработанное электротехническое и электронное оборудование, которые должны быть раздельно собраны при выводе отработавшего электротехнического и электронного оборудования из эксплуатации:

– конденсаторы, содержащие ПХБ;

– печатные платы и другие устройства;

– картриджи;

– пластик;

– электронно-лучевые трубки;

– элементы отработавшего электротехнического оборудования;

– люминесцентные лампы;

– жидкокристаллические экраны;

– внешние электрические кабели.

5.3.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

Этапы жизненного цикла программного продукта

1. Анализ требований. На этом этапе формулируются цели и задачи проекта, устанавливается область применения программного обеспечения (ПО) и определяются граничные условия, выделяются базовые сущности и взаимосвязи между ними.

2. Стадия проектирования. Проектирование включает в себя определение архитектуры программной системы, её функций, внешних условий функционирования, интерфейсы и распределение функций между пользователями и системой, требования к программным и информационным компонентам.

3. Кодирование (программирование). На данной стадии строятся прототипы как целой программной системы, так и её частей, осуществляется физическая реализация структур данных, разрабатывается программные коды, выполняется отладочное тестирование, создается техническая документация.

4. Тестирование и отладка. В систему встраиваются специальные механизмы, которые дают возможность производить тестирование программного обеспечения на соответствие требований к нему, проверку оформления и наличие необходимого пакета документации.

5. Эксплуатация и сопровождение. Ввод в эксплуатацию ПО предусматривают установку программной системы, обучение пользователей, документирование. Поддержка функционирования ПО должна осуществляться группой технической поддержки разработчика.

Разработанная система автоматизированного проектирования документации АСУ ТП в существующее ПО унифицированного автоматизированного рабочего места проектировщика. И чего следует, что непосредственно ПО в процессе своей работы не имеет отходов, а затрагивает лишь энергоресурсы, о чем говорилось ранее.

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Сегодня проблема загрязнения окружающей среды приобретает глобальный характер. И атмосфера, и гидросфера загрязнены токсичными веществами, созданными человеком. Человечество должно разрабатывать и совершенствовать инженерно-технические средства защиты окружающей среды, развивать основы создания замкнутых, безотходных и малоотходных производств. Современная техника и технологии позволяют сократить выбросы вредных и токсичных веществ в окружающую среду, однако для обеспечения экологии на долгосрочный период времени требуется постоянно совершенствовать технологии добычи, потребления, переработки сырья, использования и утилизации оборудования.

Защита почвенного покрова и недр от твердых отходов реализуется за счет сбора, сортирования и утилизации отходов и их организованного захоронения. Главными нормативными актами, регулирующими вопрос утилизации персональных компьютеров, являются федеральные законы РФ «Об охране окружающей среды» и «Об отходах производства и потребления». Согласно этим законам, вся оргтехника подлежит утилизации с соблюдением определенных правил: демонтаж запчастей, сортировка отходов и утилизация.

Мероприятия по защите окружающей среды:

− использование систем электронного документооборота;

− утилизация вышедших из строя деталей компьютеров;

− выбор наиболее безопасных и экологичных материалов при проектировании технологических установок;

− выключение приборов и установок после работы с ними.

Люминесцентные лампы относят к ртутьсодержащим отходам, и для их утилизации действует Постановление Правительства РФ [43]. Отходы, не подлежащие переработке и вторичному использованию, подлежат захоронению на полигонах.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть при выполнении данной магистерской диссертации, является пожар, так как происходит эксплуатация устройств электропитания, электронных схем ЭВМ и других источников возникновения пожара. В результате различных неполадок, образующих перегретые элементы и электрические искры, может произойти возгорание горючих материалов.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Существуют несколько возможных чрезвычайных ситуаций на объекте: пожар, взрыв (с последующим горением), внезапное обрушение сооружений, аварии на электроэнергетических и коммунальных системах.

Основной ЧС, возможной при выполнении работы можно считать пожар. Основные причины возникновения пожара: использование неисправных электроприборов, перегрузка сети, курение не в специальных местах, оставление электрических приборов без присмотра.

Пожар может нанести не только вред здоровью, но и материальный ущерб. Применимо к выполняемой работе в случае пожара могут быть уничтожены бумажные документы и\или электронные носители информации. Для защиты информации рекомендуется использовать облачные хранилища. Для исходных кодов программ использовать системы контроля версий.

Ликвидация последствий пожара требует больших усилий. Проведение работ требует определенной последовательности от специалистов, для того чтобы работы осуществлялись по намеченному графику.

5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

В случае неисправности устройства или аварии необходимо её устранить и сообщить администрации. Предупреждение пожаров является основной задачей руководителей и инженерно-технических работников предприятий. В работе по предупреждению пожаров большая роль принадлежит личному составу пожарной охраны, который проводит целый комплекс мероприятий по противопожарной защите объектов, осуществляет постовую и дозорную службу, выявляет имеющиеся недостатки и принимает меры к их своевременному устранению в соответствии с [44].

К пожарно-профилактическим мероприятиям относятся:

− выбор качественного электрооборудования и правильных способов его монтажа с учетом пожароопасности территории;

− систематический надзор за выполнением правил технической эксплуатации электрических устройств;

− регулярная проверка знаний противопожарной безопасности;

− пожарно-техническая проверка представителями пожарного надзора;

− систематическое выполнение противопожарных работ;

− проверка наличия и исправности первичных средств пожаротушения;

− проведение учебных тревог и эвакуаций персонала организации;

− прохождение противопожарного инструктажа.

В качестве обязанностей каждый сотрудник организации должен:

– не допускать действий, которые могут привести к пожару;

– уметь использовать имеющиеся средства пожаротушения;

– в случае обнаружения его признаков возгорания или возникновения пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану;

– принять меры по ликвидации пожара с помощью первичных средств пожаротушения и организации эвакуации сотрудников.

Выводы по разделу

В ходе работы проанализировано влияние разработанной системы на человека. Доказано, что система упрощает производственную деятельность, но при этом необходимо соблюдать меры безопасности при эксплуатации и обслуживании оборудования.

Исходя из вышеописанного можно сделать вывод, что офисное помещение АО «ТомскНИПИнефть», в котором велась разработка САПР соответствует нормам электромагнитного и электростатического излучения, не соответствует нормам освещенности – менее 300 лк. Сложно оценить соответствие помещения нормам микроклимата и шума, так как необходимые данные для расчета и оценки отсутствуют.

В данном разделе магистерской диссертации был проведен анализ на выявление опасных и вредных факторов рабочего места инженера, разработаны меры по снижению воздействия этих факторов на человека: в качестве мер по снижению шума, воздействующего на людей в рабочем помещении, предусмотрено использование звукопоглощающих материалов; в качестве мер по улучшению микроклимата предусмотрено поддержание в помещении оптимальной температуры; в качестве мер по снижению недостатка освещенности предусмотрено использование искусственного освещения; в качестве мер по снижению электромагнитного и электростатического излучения предусмотрено заземление компьютера.

Проведен краткий анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть при эксплуатации системы, после чего разработаны превентивные меры по предупреждению возникновения этих ЧС.

В организации используются первичные средства пожаротушения огнетушители углекислотные (ОУ-2) и порошковые (ОП-5), установлена система автоматической пожарной сигнализации и звуковое оповещение людей о пожаре.

Заключение

Результатом выполнения магистерской диссертации стала разработанная система автоматизированного проектирования документации технического обеспечения АСУ ТП.

В первом разделе был осуществлен обзор источников литературы по тематике исследования, выделены особенности проектирования АСУ ТП, проведен сравнительный анализ существующих аналогов САПР, а также выбрана базовая графическая платформа разрабатываемой системы.

В втором разделе приведены назначение, основные задачи и требования к системе, описание разработанной программы. Реализован программный интерфейс для внесения исходных данных. Разработаны программные модули для автоматического построения функциональных схем автоматизации и схем соединения внешних проводок. Решена оптимизационная задача по поиску наилучшего варианта построения элементов ФСА.

В третьем разделе были исследованы эффекты от внедрения системы.

В четвертом разделе приведен календарный план- график работ выполнения диссертации, рассчитана смета затрат на разработку темы проекта и оценка эффективности разработанной системы.

В пятом разделе проведен анализ на выявление опасных и вредных факторов рабочего места, разработаны меры по снижению воздействия этих факторов на человека. Рассмотрены вопросы по производственной санитарии, технике безопасности, пожарной безопасности и охране окружающей среды.

Таким образом, предложено решение, позволяющее автоматизировать труд проектировщика и повысить качество проектных работ.

Список научных достижений и публикаций

Участие в конференциях:

1) диплом в номинации «Оригинальное решение» за доклад на XIV Региональной научно-технической конференции (РНТК) молодых специалистов АО "ТомскНИПИнефть", 2021 г.;

2) диплом I степени за доклад на 58-й Международной научной студенческой конференции (МНСК), 2020 г.;

3) диплом III степени за доклад на Международной научно-практической конференции (НПК) «Электронные средства и системы управления», 2019 г.;

4) диплом I степени за доклад на VI Международной научной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине», 2019 г.;

5) диплом II степени за доклад на Всероссийской НПК «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии», 2019 г.

Конкурсы НИР, выставки, кейсы, чемпионаты, научные игры, workshop:

1) диплом победителя отборочного этапа студенческой лиги Международного инженерного чемпионата «CASE-IN» по направлению «Проектный инжиниринг», 2021 г.;

2) дипломы лауреата конкурсов «Лучший студент ТПУ», 2020-2021 гг.;

3) диплом победителя конкурса ВКР НГТУ, 2019 г.;

4) диплом победителя Всероссийского конкурса «У.М.Н.И.К.», 2019 г.;

5) диплом победителя Всероссийского конкурса проектов в области мультимедийных информационных технологий, 2019 г.

Премии, звания, стипендии:

1) стипендия Фонда Владимира Потанина 2020/2021;

2) стипендия Президента РФ по ПНР на 2020/2021 уч.;

3) лауреат конкурса на соискание почетного звания «Студент года», проводимого правлением РОО «Томское профессорское собрание» и

Департаментом науки и высшего образования Администрации Томской области, 2020 г.;

4) лауреат премии Томской области в сфере образования, науки, здравоохранения и культуры, 2020 г.;

5) стипендия Правительства РФ по ПНР, весенний семестр 2020 г.

Публикации:

1) Афанасьев Н. А., Власов А. В. Сравнительный анализ методов идентификации динамических объектов технологического оборудования в режиме их эксплуатации по реакции на ступенчатое воздействие // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVIII Международной НПК студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22-26 Марта 2021. - Томск: ТПУ, 2021 (Принято к опубликованию).

2) Афанасьев Н. А. Разработка системы управления станком наплавки пятников железнодорожных вагонов // Информационные технологии: материалы 58-й Международной научной студенческой конференции - 2020, Новосибирск, 10-13 Апреля 2020. - Новосибирск: НГУ, 2020 - С. 63-64.

3) Афанасьев Н. А. Применение автоматной парадигмы к синтезу программы управления станком наплавки пятников железнодорожных вагонов // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов VI Международной НК, Томск, 14-19 Октября 2019. - Томск: ТПУ, 2019 - С. 69-73.

4) Афанасьев Н. А., Автоматическое поддержание выбранного тока сварки за счет регулирования скорости подачи наплавочной проволоки // Электронные средства и системы управления: материалы докладов XV Международной НПК: в 2 ч., Томск, 20-22 Ноября 2019. - Томск: В-Спектр, 2019 - Т. 2 - С. 53-57.

5) Афанасьев Н. А. Процедура автокалибровки станка наплавки пятников железнодорожных вагонов // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии (ИТСиТ-2019): материалы

Всероссийской НПК, Кемерово, 11-13 Октября 2019. - Кемерово: КузГТУ, 2019 - С. 3-6.

Прочее:

1) свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021615667 «Программа управления станком наплавки пятников железнодорожных вагонов»;

2) сертификат о прохождении преакселерационной программы для молодых ученых-исследователей (г. Уфа);

3) сертификат участника Ежегодного Саммита молодых ученых и инженеров "Большие вызовы для общества, государства и науки" (26-30 апреля 2021, АНО ВО «Университет «Сириус»);

4) сертификаты участника полуфинала и финала Студенческой лиги Международного инженерного чемпионата «CASE-IN» по направлению «Проектный инжиниринг»;

5) сертификат участника очного отбора Стипендиальной программы Благотворительного фонда Владимира Потанина 2019/2020;

6) свидетельство об участии в конкурсе на соискание звания «Лауреат Премии Законодательной Думы Томской области» 2019 года;

7) удостоверение о награждении знаком «Будущее Томской области» (распоряжение Губернатора Томской области от 11.02.2021 №31-р-н).

Список использованных источников

1. Артюшкин И.В. Внедрение комплексной системы автоматизированного проектирования в проектном институте // Вестник Самарского государственного технического университета. 2014. №4 (44). - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-kompleksnoy-sistemy-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-v-proektnom-institute - дата обращения: 20.05.2021.

2. Калиниченко А.В. Автоматизированное проектирование сетей внутреннего водоотведения с применением системы AutoCAD // // ИВД. 2017. №3 (46). - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannoe-proektirovanie-setey-vnutrennego-vodootvedeniya-c-primeneniem-sistemy-autocad - дата обращения: 29.05.2021.

3. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие.- М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

4. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем: Электронный курс лекций. – Томск: Томский политехнический университет, 2009. – 134 с.

5. 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.

6. Бишоп, Дж. C# в кратком изложении / Дж. Бишоп, Н. Хорспул. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 472 с.

7. Прайс Д. VisualC# .NET.Полное руководство; КОРОНАпринт, 2004. - 960 с.

8. Зиборов В. Visual C# 2012 на примерах - М.: БХВПетербург, 2013. - 480 с.

9. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.

10. ГОСТ 19.201-78 Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

11. ГОСТ 34.201-89 Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов

на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.
12. Постановление Минтруда РФ от 23 июля 1998 года N 28 «Об утверждении Межотраслевых типовых норм времени на работы по сервисному обслуживанию персональных электронно-вычислительных машин и организационной техники и сопровождению программных средств».
13. ГОСТ Р 51188-98 Защита информации. Испытания программных средств на наличие компьютерных вирусов.
14. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
15. ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации.
16. ГОСТ 21.208-2013 СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные обозначения приборов и средств автоматизации в схемах.
17. ANSI/ISA-5.1-2009 Instrumentation Symbols and Identification.
18. Список технологий для расширения возможностей AutoCAD [Электронный ресурс]. – URL: http://www.autodesk.ru /adsk/ servlet/ index? id=22740301&siteID=871736 – дата обращения 20.04.2021.
19. Тюлькин Е. В. Разработка системы автоматизированного проектирования документации АСУ ТП : магистерская диссертация // Е. В. Тюлькин ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ОАР) ; науч. рук. Е. И. Громаков. — Томск, 2019 - с.180.
20. ГОСТ 2.303-68. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Линии (с Изменениями N 1, 2, 3) .
21. Michalewicz, Z. Evolutionary Algorithms for Constrained Parameter Optimization Problems / Z. Michalewicz, M. Schoenauer // Evolutionary Computation, Vol. 4, №1, 1996. - P. 1-32.

22. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова - Томск: Изд-во ТПУ, 2014. - 73 с.
23. Международный стандарт IC CSR-08260008000 «Социальная ответственность организации. Требования» М.: ВОК, – 2011, – 36 с.
24. СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».
25. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12. 2001 г. № 197–ФЗ (ред. от 01.04.2019 г.). – М., 2015. – 123 с.
26. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 N 52-ФЗ (последняя редакция).
27. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
28. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
29. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
30. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
31. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
32. ГОСТ Р 54944-2012. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности.
33. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
34. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

35. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
36. ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов.
37. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
38. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.
39. СП 256.1325800.2016. СП 31-110-2003. Свод правил. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа" (утв. Приказом Минстроя России от 29.08.2016 N 602/пр) (ред. от 25.04.2019).
40. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*" (утв. Приказом Минстроя России от 07.11.2016 N 777/пр) (ред. от 20.11.2019).
41. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.
42. НПБ от 18.06.2003 г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
43. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 № 681 (ред. от 01.10.2013) Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание.
44. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Development of computer-aided design system for documentation APCs

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ91	Афанасьев Никита Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Сидоренко Татьяна Валерьевна	к.п.н., доцент		

Introduction

Effective operation of the majority of technological objects operating at enterprises is impossible without the use of an automated process control system (APCs). An important stage in the development life cycle of an automated process control system is design.

The complexity of industrial facilities is often not comparable to legacy design tools. There is a need to optimize the existing methods of developing ACS.

Creating a large-scale, specialized project in AutoCAD or nanoCAD, widely used in design organizations, takes a long time.

Computerization of design is effective when local automation, such as performing individual engineering calculations, moves to complex, creating CAD.

The use of programs in CAD is part of the global trend in the development of modern computer digital technologies introduced in the design, construction and operation.

Preparation of documentation is a laborious process for a developer. The goal of automated development is to improve the efficiency of engineers, including:

– reducing the labour intensity of design;

– reduction of design time;

– reducing the cost of designing;

– improving the quality and economic level of design results.

The work is aimed at developing the Rosneft-2022 strategy towards digitalization.

1 Review of literature sources and problem statement

1.1 Relevance

Designing an APCs is a laborious task. The number and variety of elements included in the system and their interrelationships determine the complexity of the projected APCs. Also, the design process is complicated by iteration, since specialists from different departments can be involved at different stages. A colossal part of the total design time is spent on the constant introduction of changes and execution of the output design documentation in accordance with the project standards.

As a rule, designing a process control system using traditional means and technologies requires significant labor costs. At the same time, there is a high probability of occurrence of non-systemic errors that affect the efficiency of the design process and the quality of the project as a whole. The use of CAD can eliminate these disadvantages.

1.2 Description of work of a design engineer for zero-level automation systems

The work of a zero-level automation specialist for APCs at the «Project documentation» stage is to form a full-fledged set of documentation: the scope of the automation of technological objects, technical requirements of the used instrumentation equipment, descriptions for laying cable and pipe wiring, information on installing instrumentation equipment. The scope of solutions in terms of automation should allow drawing conclusions about ensuring the safe operation of the design object, compliance with all requirements of the technical documentation and local regulatory documents of the Company.

The work of an engineer-developer of automation systems of the 0th level of the APCs at the «Working documentation» stage is to form a full-fledged set of documentation in order to implement technical solutions during construction, which are presented in the project documentation for the capital construction object.

The main work for the engineer-developer of zero-level automation systems:

– perform automation schemes and external wiring diagrams;

– selection of characteristics and routes of cable networks;

– development of measures for the installation of zero-level automation equipment;

– selection of equipment for automation systems;

– issuing assignments to related departments;

– forming project documentation, working drawings, specifications and questionnaires.

1.3 Distinctive features of designing process control systems

The design of an automated process control system differs from the design of machines and mechanisms, buildings and structures:

1. The graphic part of the APCs project consists mainly of a set of 2D drawings and diagrams with its own specific set of graphic elements connected by lines and arrows of various types.

2. Many alphanumeric symbols are applied to the drawings.

3. The APCS project has a tabular section (approximately half of the total number of project volumes). The information in the tabular section is in a complex way related to the one that is applied to the drawings.

1.4 Review of existing solutions

1.4.1 Comparative analysis of computer-aided design systems

Today, there are some analogues of the proposed software that can solve a number of tasks for automation with proper adaptation (for example, generate reports, specifications and some other types of documents). A comparison of CAD systems is presented in Table 1.

Table 1 – Comparison of CAD

Characteristic	Development	Bentley	E3.Series	EPlan
The ability to perform technical equipment schemes	+	+	+	+
Building a «basement» of automation schemes in a detailed way *	+	-	+	-
The ability to use line types of electrical circuits*	+	-	-	-
Display of management, control and regulation functions in «basements» using arcs	+	-	+	-
Formation of documentation on standard templates	+	+	+	+
Focus on the documentation of the typical design of the Company	+	-	-	-
Support for libraries of element base of specific equipment manufacturers	-*	-	+	+

* – in accordance with the requirements of GOST 21.408 (GOST – State Standard, Russian National Standard).

Also, analogues have the following disadvantages:

1) the need to adapt and finalize software for the needs of the Company;

2) the functionality of many similar software products is excessively redundant since the development of analogue software is carried out not only for the oil and gas industry;

3) the need to attract third-party specialists to train employees;

4) sanctions risk when using foreign software.

1.4.2 Comparative analysis of graphics platforms

Import substitution of the basic graphics platform was performed due to the risks of non-delivery and termination of updating foreign software. The software module was implemented on the basis of the russian basic graphics platform nanoCAD. A comparison of basic graphics platforms is presented in Table 2.

Table 2 – Comparison of graphics platforms

Functionality	AutoCAD	DraftSight	PowerDraft	ZWCAD	BricsCAD	nanoCAD	КОМПАС
Country	USA	France	USA	China	Belgiu	Russia	Russia
Basic aspects							
Reading and writing editable graphics in DWG file format	+	+/-	+	+	+	+	+/-
Parameterizing 2D primitives	+	-	-	+	+	+	+
Systemic aspect							
Optimized code and low hardware requirements	-	-	-	+	+	+	-
Legal aspects							
Included in the Unified Register of Russian programs for computers and databases	-	-	-	-	-	+	+
Functionality for creating a corporate licensing system	-	-	-	-	+	+	-
Economic aspects							
Free drawing viewer	+	+	-	-	+	+	+
Reservation of software source code	-	-	-	-	+	+	-
Perpetual license	-	+	+	+	+	+	+
Availability of a license without restrictions on the number of workplaces	-	-	-	-	-	+	+

2 Development of computer-aided design system of documentation

2.1 Purpose of development

The developed CAD system is intended for:

– saving the time of the design engineer;

– reducing the likelihood of random errors in the development of documentation;

– reduction of inconsistencies in decisions made in different parts of the project;

– elimination of duplication of input and processing of the same information by different specialists;

– reducing the share of «manual labour»;

– providing an intuitive and simple interface between the user and the automated documentation development program;

– improvement and unification of design processes for production facilities, oil refining, petrochemistry, energy and software used;

– «end-to-end» design of circuit solutions;

– increasing the transparency of project activities;

– shortening the design time of objects.

The developed software package is intended for the automated development of such parts of the project as:

– general data sheets;

– functional automation diagrams with a list of elements;

– external wiring diagrams with a list of elements.

2.2 Requirements for program or software product

2.2.1 Requirements for software module

The software module should provide the following functionality:

1) the formation of functional schemes of automation in expanded form, which should include:

– «basement» with a list of automated parameters;

– control algorithms in the form of arcs;

– list of equipment, which contains designations and descriptions of devices;

– an applicability table (if there are several objects of the same type), which indicates the name of each object of the same type and the corresponding designations of the sensors;

2) the formation external wiring diagrams with a list of elements, which should contain:

– conventional graphic designations of connection diagrams of instrumentation and control equipment (sensors, fittings, pumps, fans);

– a list of elements of external wiring diagrams with an indication of the number of each element on the diagrams.

2.2.2 Requirements for software interface

The CAD software interface should provide the following functionality:

1) session management:

– the ability to start a new session of work;

– saving the current session to a file;

– loading a saved session from a file;

2) cancel a previously performed action, return the cancelled action;

3) the ability to carry out the following manipulations in the lists of objects, rooms, cabinets:

– removing an item from the list;

– copying an item to the clipboard;

– pasting an item from the clipboard;

– changing the name of the element;

4) entry of initial information on objects available in the current system, cabinet installation rooms and equipment cabinets;

5) setting an applicability table for objects of the same type to reduce the number of drawings;

6) an indication of the structure in the form of a block structure with a typical local control system;

7) setting the scope of automation at each structure in a tabular form with a division by type of equipment: sensors, local devices, fittings, pumping equipment and ventilation, complete equipment, equipment of adjacent systems;

8) adding an electro-centrifugal pump to the automation scope as a standard solution;

9) setting a list of automation schemes with the ability to assign the specified parameters in the scope of automation to the selected automation scheme;

10) setting a list of instrumentation and automation equipment based on the volume of automation for each automation scheme;

11) assignment of automated functions and control algorithms for each automation scheme and each parameter of the selected scheme;

12) filling in information for the formation of external wiring diagrams based on data specified in the volume of automation and automation schemes;

13) verification of data entry in the user interface with the ability to instantly jump to the desired part of the user interface for revision;

14) automatic generation of reference designations of sensor parameters;

15) automatic formation of letter designations of the sensor parameters based on the names.

2.2.3 Software requirements

MS Excel and MS Word is used for the output and formatting of final text and tabular documents. The PC must have nanoCAD Plus 20.1 and / or Autodesk AutoCAD 2014 installed on local drive C. The program must be written in the C # programming language in the Microsoft Visual Studio programming environment. The data entered into the program must be saved in JSON format.

2.4 Special requirements for drawing design

This section contains the key requirements for the development of technical equipment documentation, a list of basic regulatory documents, as well as requirements for the development of project documentation. Technical equipment – project and estimate documentation for hardware APCs.

The circuits at all stages of design must comply with the requirements of GOST 21.408-2013, GOST R 21.1101-2013 and other interrelated standards. The coding system for reference designations of sensor parameters is based on the introduced concept of «Control loop» and taking into account the requirements of the standards GOST 21.208-2013 and ISA-5.1.

2.5 Event chain of processes in system

CAD is a part of the Target Innovation Project of Rosneft Oil Company «Development of Design Automation Technologies». The project presents the technology for performing design work on the development and release of documentation intended for organizing a zero-level automation system.

An Event-Driven Process Chain (EPC) was compiled to represent the role of the software package. A diagram of the CAD processes is shown in Figure 1.

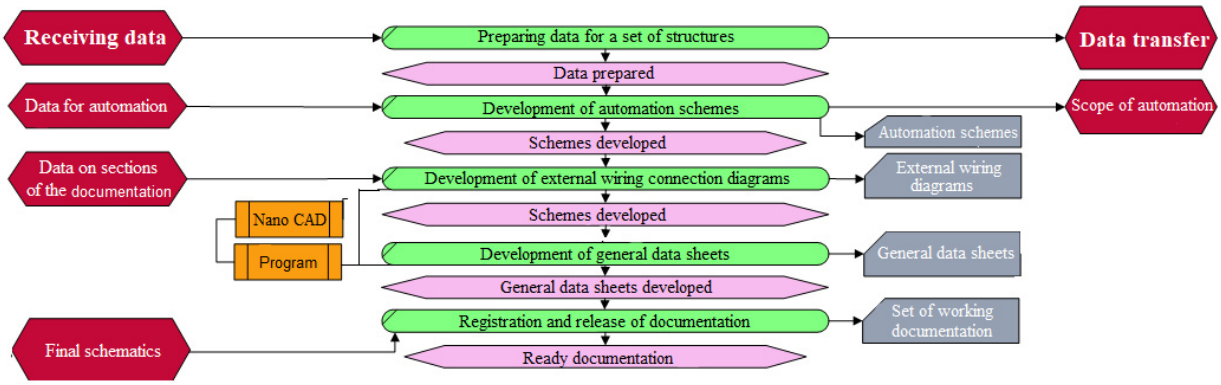


Figure 1 – EPC-model of CAD operation

Before starting the design, you need to make sure that all the initial data is available. The work schedule, tasks for a set of structures, a technological scheme, a fire extinguishing scheme, plans for sites and structures and a master plan are the main initial data for work on the development of zero-level automation.

The development of automation schemes begins after entering the initial data on the volume of automation. During the design of the schemes, the type of instrumentation and control equipment is selected. The program forms basements of automation schemes, drawing blocks for instrumentation, and a drawing frame. The placement of the technological part of the circuit and the parameters of the instrumentation is carried out in manual mode.

The external wiring diagrams are automatically generated on the basis of assignments for a set of structures, the volume of automation, plans of sites and structures. Manual revision is possible. Finally, the program automatically inserts drawing format frames, filling in the title block, and auto-numbering for each formed scheme.

2.6 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 system was developed in the C# programming language.

Today AutoCAD is the most popular computer-aided design system that is used in many areas of human activity. However, the AutoCAD system, as a basic graphics core, is gradually losing its relevance. This happens, because today it is important for the user to quickly, efficiently and in accordance with the standards in force in a particular country and industry to design objects of the subject area quickly and efficiently. In this regard, it seems relevant to develop within the AutoCAD system of application programs for the automated design of objects in the domain with familiar tools and interface.

Development of add-ons for the AutoCAD version 2014 is possible using one of the following software technologies: Object-ARX, C ++; Auto-LISP, LISP language; Visual Basic for Applications (VBA); NETAPI, C #, VB.NET, etc. 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.

2.7 Description of software modules

2.7.1 Dynamic blocks

This system uses various dynamic AutoCAD/nanoCAD 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.

− 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.

− Instrumentation block for a distributed control system for automation schemes. The attributes of this block are the sensor type, reference designation, sensor measurement units, sensor measurement range, number of sensors, minimum and maximum alarms.

− Instrumentation block in the emergency protection cabinet for automation schemes. The attributes are similar to the instrumentation block in a distributed control system.

− 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.

2.7.2 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 2.303.68.

2.7.3 Drawing font and layer

This system uses the drawing font SPDS according to GOST 21.1101-2013 to build drawings. 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).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Пример сформированного листа общих данных

Ведомость рабочих чертежей основного комплекта

Лист	Наименование	Примечание
1	Общие данные (начало)	
2	Общие данные (окончание)	
3	Добывающая скважина. Схема автоматизации	
4	Нагнетательная скважина в период отработки на нефть. Схема автоматизации	
5	Нагнетальная скважина. Нагнетательный коллектор. Схема автоматизации	
6	Ёмкость дренажная V=8 м3. Схема автоматизации	
7	Измерительная установка. Схема автоматизации (начало)	
8	Скважинная установка дозирования реагента СУДР. Схема автоматизации	
9	Задвижка 1з. Схема автоматизации	
10	НКУ-0,4 кВ. Схема автоматизации	
11	ДФКУ. Схема автоматизации	
12	БКУ ИУ-1. Схема автоматизации	
13	Добывающая скважина в период отработки на нагнетание. Схема автоматизации	
14	БКУ ИУ-2. Схема автоматизации	
15	Измерительная установка. Схема автоматизации (начало)	
16	Добывающая скважина. Схема соединения внешних проводок (начало)	
17	Добывающая скважина. Схема соединения внешних проводок (продолжение)	
18	Добывающая скважина. Схема соединения внешних проводок (продолжение)	
19	Добывающая скважина. Схема соединения внешних проводок (продолжение)	
20	Добывающая скважина. Схема соединения внешних проводок (окончание)	
21	Нагнетательная скважина в период отработки на нефть. Схема соединения внешних проводок	
	(начало)	
22	Нагнетательная скважина в период отработки на нефть. Схема соединения внешних проводок	
	(продолжение)	

Общие указания

1 Рабочая документация выполнена на основании задания на проектирование.

2 Технические решения, принятые в рабочих чертежах, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории Российской Федерации и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных рабочими чертежами мероприятий.

3 Рабочая документация разработана в соответствие с требованиями следующих документов:

- Положение Компании № ПЗ-04 Р-0389 Версия 3.00 «Автоматизированные системы управления технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам»;
- СП 77.13330.2016 «Системы автоматизации»;
- ГОСТ 21.408-2013 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов»;
- ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

Rev. C01

Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата
Разраб.		Фамилия И.О.			12.05.2021
Проверил		Фамилия И.О.			12.05.2021

Проект строительства скважин кустовой площадки

Стадия	Лист	Листов

Общие данные (начало)

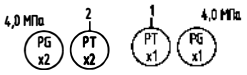
Инв. №

Формат А3

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

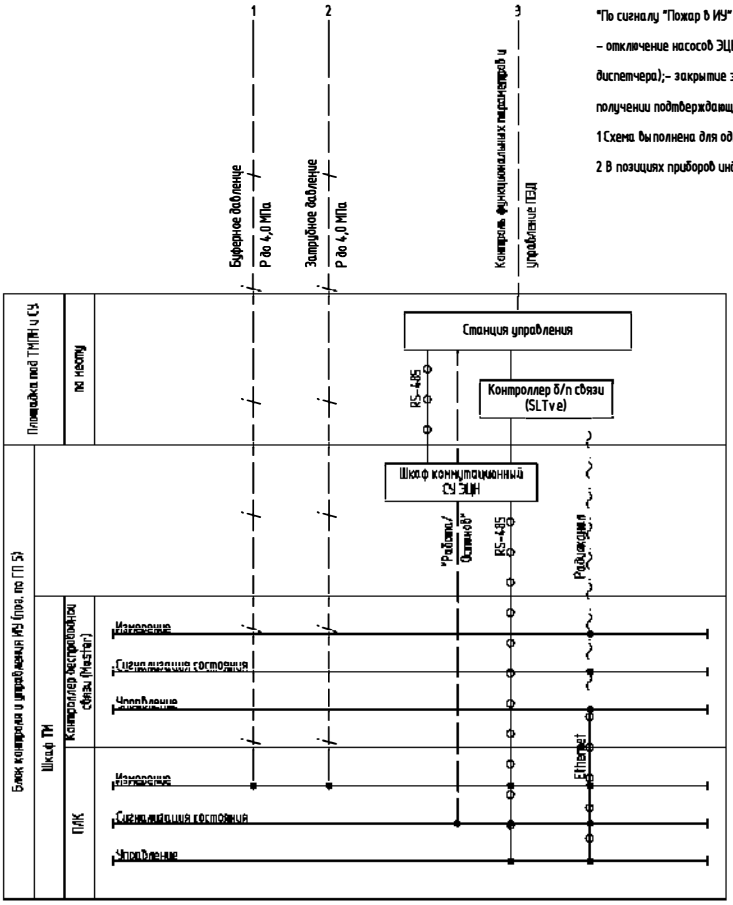
Примеры сформированных листов чертежей схем автоматизации



Поз. обозначе-ние	Наименование	Кол.	Примечание
	Аппаратура, предусматриваемая для одной скважины		
PTx1	Датчик избыточного давления. Давление измеряемой среды до 4,0 МПа	1	
PTx2	Датчик избыточного давления. Давление измеряемой среды до 4,0 МПа	1	
	Аппаратура поставляемая комплектно с оборудованием скважины		
PGx1	Манометр показывающий. Давление измеряемой среды до 4,0 МПа	1	
PGx2	Манометр показывающий. Давление измеряемой среды до 4,0 МПа	1	

Таблица применимости для приборов КП

Обозначение скважины	1д	2д	3д	4д	5д	6д	7д	8д
Обозначение скважины по схеме розлива	1г	4г	7г	10г	13г	17г	21г	25г
Обозначение "х"	01	02	03	04	05	06	07	08



"По сигналу "Пожар в ИУ" от системы охранно-пожарной сигнализации в ПЛК кустовой площадке, АСУ ТП обеспечивает:

– отключение насосов ЭЦН на всех скважинах кустовой площадки (при получении подтверждающего воздействия с пульта диспетчера);– закрытие электропроводной задвижки 1э для отключения куста скважин от общей нефтесборной сети (при получении подтверждающего воздействия с пульта диспетчера).

1 Схема выполнена для одной скважины, количество скважин принять в соответствии с таблицей применимости.

2 В позициях приборов индекс "х" заменять на номер в соответствии с таблицей применимости.

Rev .C01

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата
Разраб.		Фамилия И.О.			12.05.2021
Проверил		Фамилия И.О.			12.05.2021
Н. контр.					12.05.2021
Гл. спец.					12.05.2021

Проект строительства скважин кустовой площадки

Кустовая площадка

Стадия	Лист	Листов

Добывающая скважина. Схема автоматизации

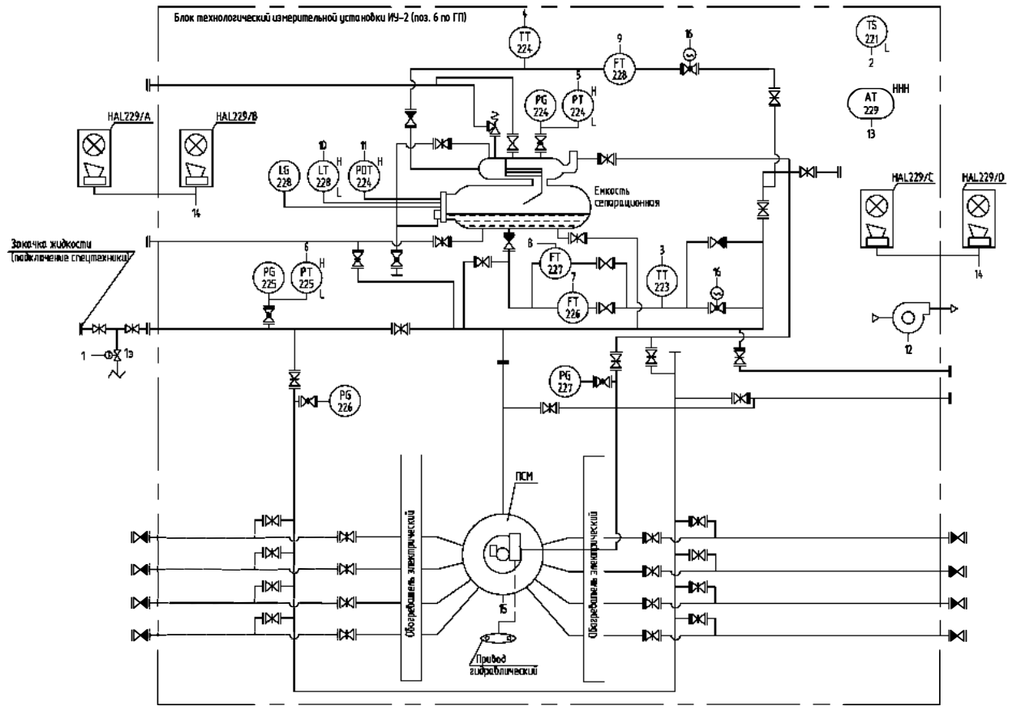
Взам. инв. №

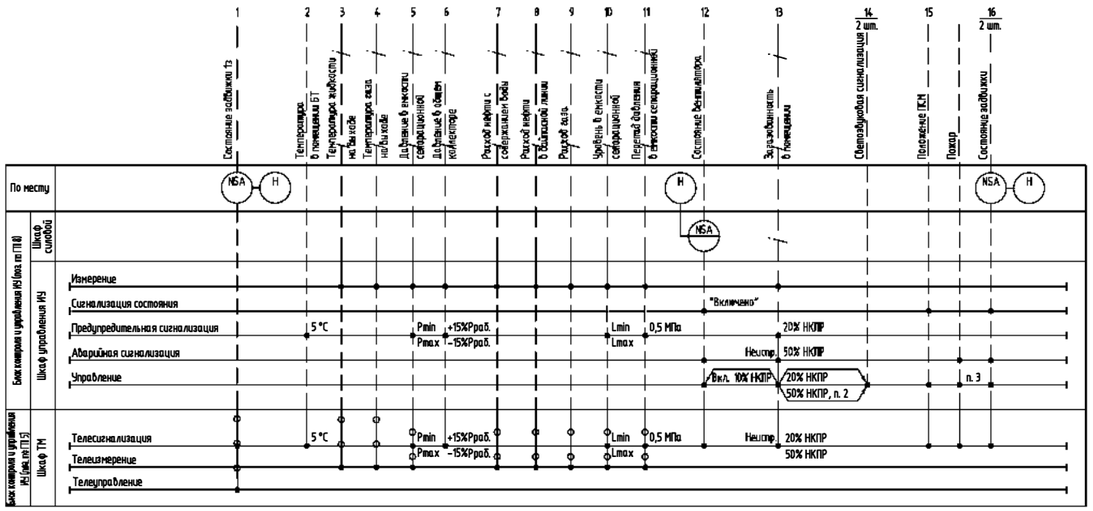
Подпись и дата

Инв. № подл.

Инв. №

Формат А4





Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Аппаратура, поставляемая комплектно с измерительной установкой		
	ИУ		
TS221	Датчик-реле температуры	1	
TT223, TT224	Датчик температуры	2	
PG224...PG227	Манометр показывающий	4	
PT224, PT225	Датчик давления	2	
PDT224	Датчик перепада давления	1	
FT226...FT228	Датчик расхода	3	
LG228	Указатель уровня	1	
LT228	Датчик уровня	1	
AT229	Датчик загазованности	1	
HAL229/A...D	Светозвуковой сигнализатор	4	

1 Отключение всех электропотребителей, кроме вентилятора.

2 Отключение всех электропотребителей измерительной установки.

3 По сигналу "Пожар в ИУ" обеспечивается:

– отключение насосов ЭЦН на всех скважинах;

– закрытие электроприводной задвижки Т3

(при получении подтверждения от оператора).

Rev.C01

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата	Проект строительства скважин кустовой площадки			
Разраб.		Фамилия И.О.			12.05.2021	Кустовая площадка	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Фамилия И.О.			12.05.2021				
Н. контр.					12.05.2021	Измерительная установка ИУ. Схема автоматизации			
Гл. спец.					12.05.2021				

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Инв. №

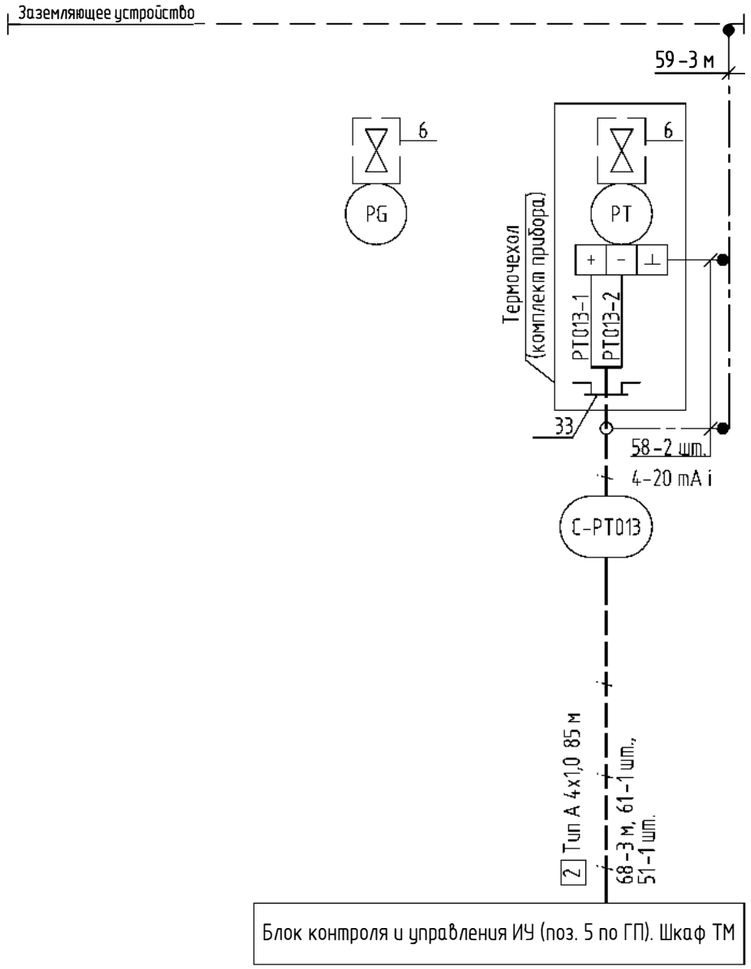
Формат А3

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Примеры сформированных листов чертежей схем соединения внешних проводок

Наименование параметра и место отбора импульса	Нагнетательный коллектор	
	Линейное давление	
Обозначение чертежа установки	-	-
Поз. обозначение	PG013	PT013



Поз. обозначе-ние	Наименование	Кол.	Примечание
6	Отборное устройство давления прямое ЗК 51246464-015-2-2017. Резьба	2	
	М20х1,5. Давление до 40 МПа. Температура до 200 °С		
33	Кабельный ввод (комплект прибора)	1	
51	Дополнительная гайка с внутренней резьбой М25х1,5	1	
58	Проводник заземляющий L=750 мм	2	
59	Полоса стальная 4х25 ГОСТ 103-2006/Вст3пс6 ГОСТ 535-2005	3	м
61	Соединитель герметичного металлорукава DN22 с наружной резьбой М25х1,5	1	
68	Металлорукав герметичный в ПВХ-оболочке, DN22	3	м
	Кабель Тип А 4х1,0	85	м

1 Номера позиций приборов соответствуют номерам в схеме автоматизации.

2 До нарезки кабелей длину уточнить по месту.

3 При монтаже руководствоваться требованиями СП 77.13330.2016, ПУЭ и инструкциями по монтажу на соответствующие приборы и оборудование.

Rev.C01

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата	Проект строительства скважин кустовой площадки			
Разраб.		Фамилия И.О.			12.05.2021	Кустовая площадка	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Фамилия И.О.			12.05.2021				
						Нагнетательный коллектор. Схема соединения внешних проводок			

Взам. инв. №

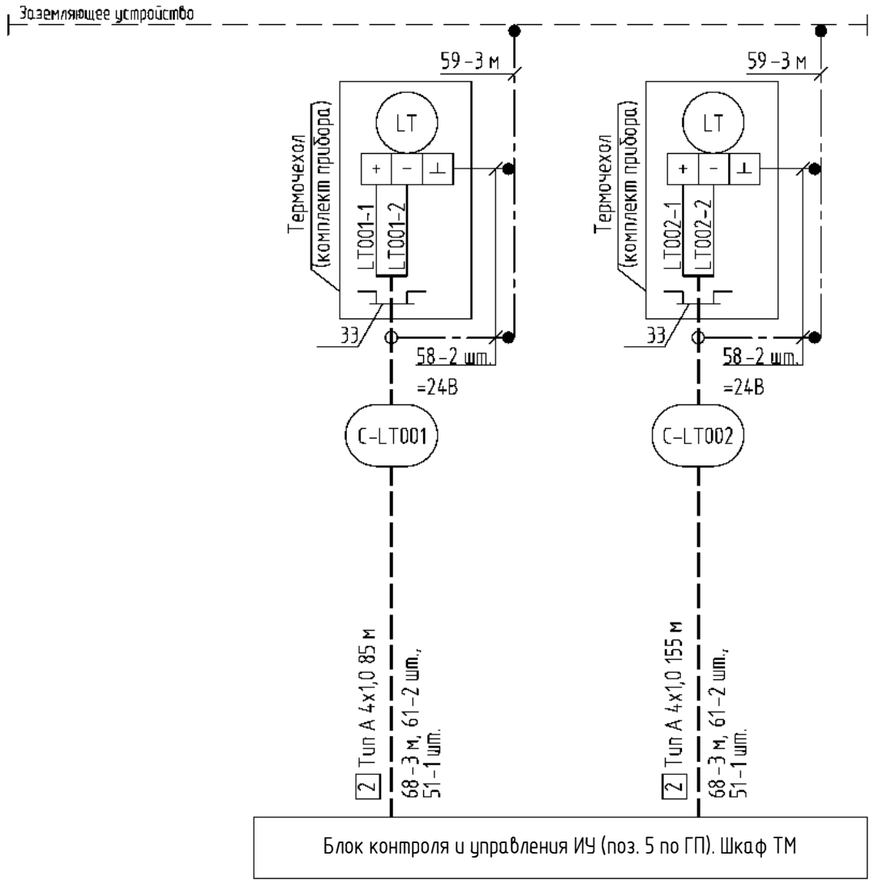
Подпись и дата

Инв. № подл.

Инв. №

Формат А3

Наименование параметра и место отбора импульса	Ёмкость дренажная V=8 м3 ЕД-1 (поз. 4 по ГП)	Ёмкость дренажная V=8 м3 ЕД-2 (поз. 7 по ГП)
Обозначение чертежа установки	-	-
Поз. обозначение	LT001	LT002



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
33	Кабельный ввод (комплект прибора)	2	
51	Дополнительная гайка с внутренней резьбой М25х1,5	2	
58	Проводник заземляющий L=750 мм	4	
59	Полоса стальная 4х25 ГОСТ 103-2006/Вст3пс6 ГОСТ 535-2005	6	м
61	Соединитель герметичного металлорукава DN22 с наружной резьбой М25х1,5	4	
68	Металлорукав герметичный в ПВХ-оболочке, DN22	6	м
	Кабель Тип А 4х1,0	240	м

1 Номера позиций приборов соответствуют номерам в схеме автоматизации.

2 До нарезки кабелей длину уточнить по месту.

3 При монтаже руководствоваться требованиями СП 77.13330.2016, ПУЭ и инструкциями по монтажу на соответствующие приборы и оборудование.

Rev.C01

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата	Проект строительства скважин кустовой площадки			
Разраб.		Фамилия И.О.			12.05.2021	Кустовая площадка	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Фамилия И.О.			12.05.2021				
						Ёмкость дренажная V=8 м3. Схема соединения внешних проводок			

Взам. инв. №

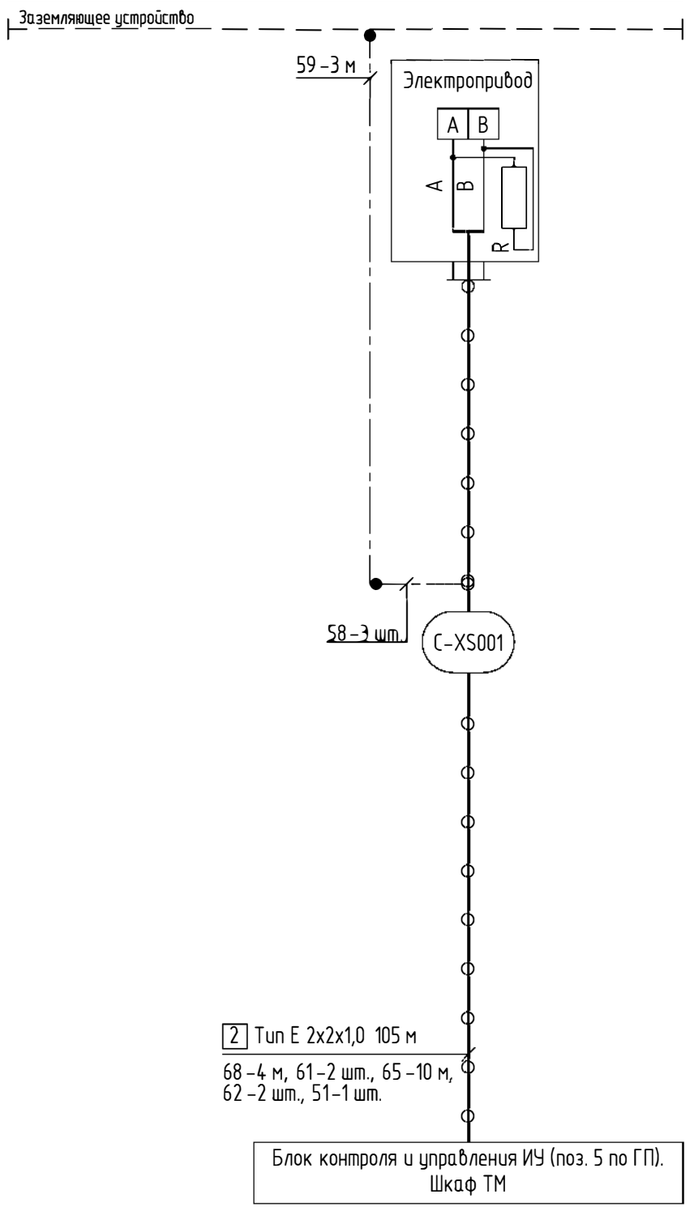
Подпись и дата

Инв. № подл.

Инв. №

Формат А3

Наименование параметра и место отбора импульса	Задвижка 1э
	Состояние и управление задвижкой 1э
Обозначение чертежа установки	-
Поз. обозначение	-



Поз. обозначе-ние	Наименование	Кол.	Примечание
R	Резистор С2-23-0,25 Вт-120 Ом ± 5 %	1	
51	Дополнительная гайка с внутренней резьбой М25х1,5	1	
58	Проводник заземляющий L=750 мм	3	
59	Полоса стальная 4х25 ГОСТ 103-2006/Вст3пс6 ГОСТ 535-2005	3	м
61	Соединитель герметичного металлорукава DN22 с наружной резьбой М25х1,5	2	
62	Соединитель с цанговым кольцом для соединения герметичного	2	
	металлорукава DN22 с трубой ⌀20х2,8		
65	Труба водогазопроводная черная ⌀20х2,8 ГОСТ 3262-75	10	м
68	Металлорукав герметичный в ПВХ-оболочке, DN22	4	м
	Кабель Тип Е 2х2х1,0	105	м

1 Номера позиций приборов соответствуют номерам в схеме автоматизации.

2 До нарезки кабелей длину уточнить по месту.

3 При монтаже руководствоваться требованиями СП 77.13330.2016, ПУЭ и инструкциями по монтажу на соответствующие приборы и оборудование.

Rev.C01

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата
Разраб.		Фамилия И.О.			12.05.2021
Проверил		Фамилия И.О.			12.05.2021
					12.05.2021
					12.05.2021

Проект строительства скважин кустовой площадки

Кустовая площадка

Стадия	Лист	Листов

Схема соединения внешних проводок приводной арматуры

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Инв. №

Формат А3

Поз. обозначе-ние	Наименование	Кол.	Примечание
25	Розетка электрическая взрывозащищенная	4	
26	Вилка электрическая взрывозащищенная	1	
51	Дополнительная гайка с внутренней резьбой М25х1,5	8	
58	Проводник заземляющий L=750 мм	15	
59	Полоса стальная 4х25 ГОСТ 103-2006/Вст3пс6 ГОСТ 535-2005	12	м
61	Соединитель герметичного металлорукава DN22 с наружной резьбой М25х1,5	8	
68	Металлорукав герметичный в ПВХ-оболочке, DN22	16	м
70	Профиль зетовый Н=62 мм, оцинкованный, климатического исполнения ХЛ1	2	м
80	Коробка зажимов. КК-А2В1П1-А2М2-В2М2-С2М2-D2М2-1-Г-3-Х1	4	
	Кабель Тип Е 2х2х1,0	234	м

1 Номера позиций приборов соответствуют номерам в схеме автоматизации.

2 До нарезки кабелей длину уточнить по месту.

3 При монтаже руководствоваться требованиями СП 77.13330.2016, ПУЭ и инструкциями по монтажу на соответствующие приборы и оборудование.

Rev .C01

Взам. инв. №

Подпись и дата

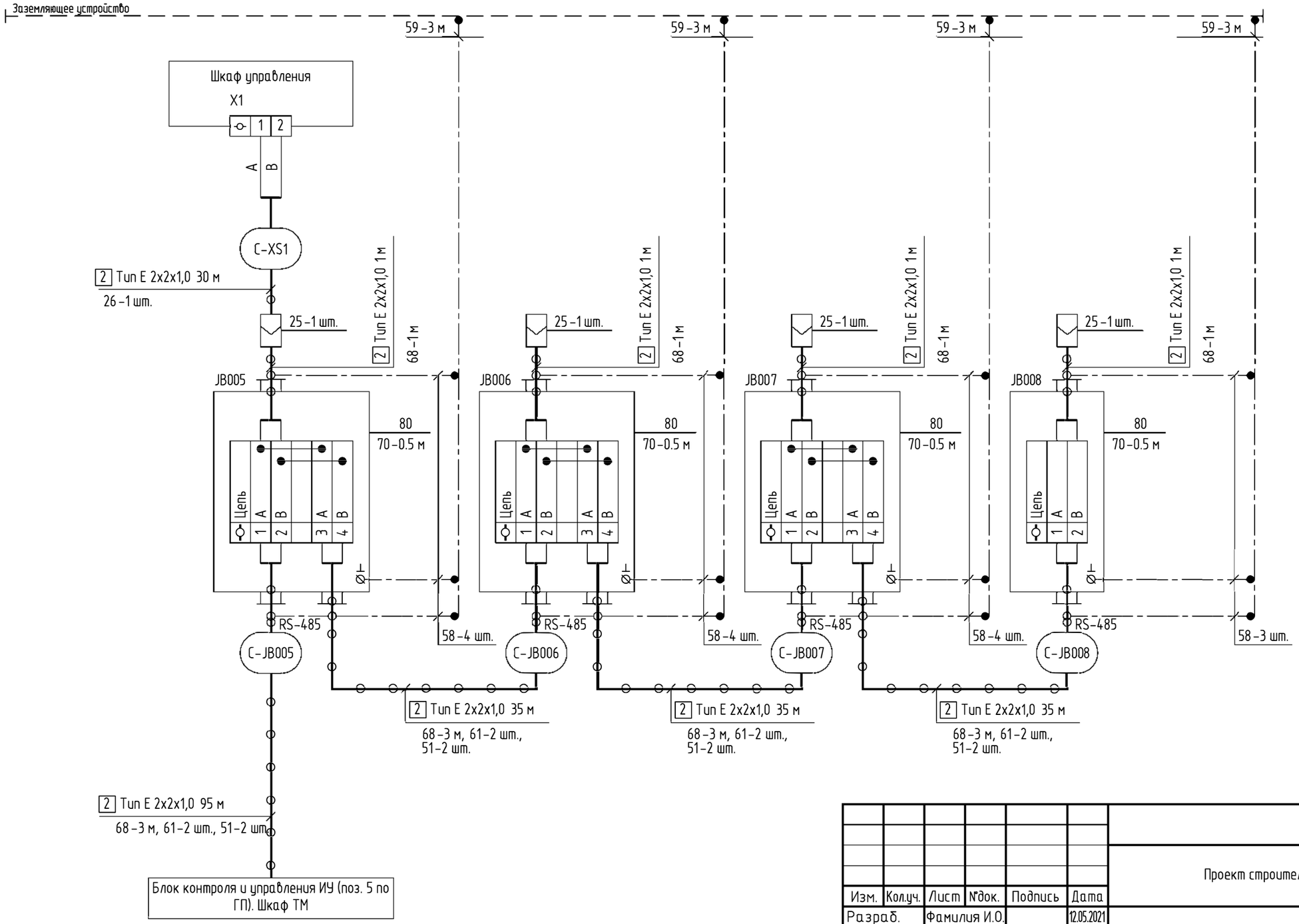
Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата	Проект строительства скважин кустовой площадки			
Разраб.					12.05.2021	Кустовая площадка	Стадия	Лист	Листов
Проверил					12.05.2021				
						СУДР. Схема соединения внешних проводок (начало)			

Инв. №

Формат А4

Наименование параметра и место отбора импульса	СУДР. Шкаф управления
	Состояние оборудования
Обозначение чертежа установки	-
Поз. обозначение	-



Rev.C01

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата
Разраб.		Фамилия И.О.			12.05.2021
Проверил		Фамилия И.О.			12.05.2021

Проект строительства скважин кустовой площадки

Кустовая площадка

Стадия	Лист	Листов

СУДР. Схема соединения внешних проводок (окончание)

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Инв. №

Формат А3

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Снижение ручного труда при разработке документации; С2. Снижение числа вероятных ошибок при проектировании; С3. Низкая стоимость лицензий; С4. Простота в обучении пользователей, отсутствие избыточности функционала.	**Слабые стороны проекта:** Сл1: Мало квалифицированных кадров; Сл2: Сложность тестирования (невозможность учесть все варианты); Сл3: Увеличение времени работы системы при увеличении количества исходных данных.
Возможности: В1: Лицензионное ПО при разработке; В2: Тесное взаимодействие с пользователями будущей разработки, быстрое получение обратной связи; В3: Спрос на разработку в Компании; В4: Использование существующих разработок специалистов проектного института	В1С2 – использовать лицензионное программное обеспечения 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; В2С2 – тесно взаимодействовать с пользователями программы, что позволит на этапе разработки выявить некоторые ошибки, возникающие при проектировании и устранить их; В2С4 – на этапе разработки программы пользователям, которые давали обратную связь, будет проще научиться в ней работать;	В2Сл1 – при выявлении ошибок на этапе разработки будет требоваться корректировка программы, и за недостатком кадров на это потребуется больше времени; В2Сл2Сл3Сл4 – при выявлении ошибок необходима доработка функционала, следовательно может появиться дополнительная сложность в тестировании программы, дополнительные ошибки и увеличение времени работы ПО; В3Сл1 – при большом спросе в данной разработке Компания может

	В4С3 – использование уже готовых разработок позволит сократить затраты, следовательно снизит стоимость лицензий; В4С4 – нет необходимости в повторном обучении пользователей работе с частями программы, используемыми ими ранее.	предоставить квалифицированных кадров; В4Сл2Сл3Сл4 – при использовании готовых решений в случае возникновения каких-либо ошибок, можно получить консультацию у разработчиков.
Угрозы: У1: Изменение нормативной базы, стандартов и требований к результатам работы программы; У2: Разработки конкурентов; У3: Отсутствие финансирования; У4: Возможные угрозы информационной безопасности.	У1С2 – при переходе на новые стандарты возможны ошибки при проектировании, а также нужна доработка функционала; У2С3 – лицензия на данную разработку будет стоить дешевле разработок конкурентов; У2С4 – данная разработка проще в обучении, чем разработки конкурентов; У3С3 – при наличии необходимой системы стоимость лицензий будет расти; У4С4 – система информационной безопасности входит в необходимый функционал	У1Сл1 – при переходе на новую нормативную базу будет требоваться больше работников для разработки; У3Сл1 – при отсутствии финансирования будет невозможным привлечение квалифицированных специалистов для разработки системы, и как следствие, невозможно продолжение разработки системы; У4Сл1 – для предотвращения угроз безопасности необходимы специалисты по защите информации, которые смогут доработать систему; У4Сл3 – причина возникающих ошибок может состоять в том, что кто-то получил несанкционированный доступ к системе.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	$T_{кi}$, дн.	Продолжительность выполнения работ											
			февр.			март			апрель			май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Выбор направления исследования	7,4												
2	Составление и утверждение ТЗ	4,3												
3	Календарное планирование работ	3,3												
4	Подбор и изучение материалов	16,3												
5	Анализ отобранного материала	6,5												
6	Описание требований к системе	5,2												
7	Сравнительный анализ САПР	6,2												
8	Сравнение графических платформ	4,1												
9	Разработка программного интерфейса	11,8												
10	Разработка программного модуля построения чертежей	10,3												
11	Оптимизация процесса построения ФСА	8,9												
12	Описание событийной цепочки процессов	4,4												
13	Исследование эффектов от внедрения	5,2												
14	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	4,4												
15	Написание раздела «Социальная ответственность»	3,3												
16	Написание раздела на иностранном языке	2,7												
17	Проверка работы с руководителем	6,4												
18	Составление пояснительной записки	8,9												
19	Подготовка презентации	2,5												