

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Применение концепции ситуационного восприятия при построении человеко-машинного интерфейса

УДК 004.896: 004.56159.937

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Хазиева Камиля Ринатовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Зебзеев Алексей Григорьевич	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Тутов Иван Андреевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Общекультурные (универсальные) компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления,

Код компетенции	Наименование компетенции
	готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее

Код компетенции	Наименование компетенции
	качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

Школа – Инженерная школа автоматизации и робототехники (ИШИТР)
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.03 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(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)
04.06.2022	Основная часть	60
27.05.2022	Социальная ответственность	20
20.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Зебзеев Алексей Григорьевич	к.т.н., доцент		16.02.2022

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Тутов Иван Андреевич			16.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		16.02.2022

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 (ИШИТР)
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8Б	Хазиевой Камиле Ринатовне

Тема работы:

Применение концепции ситуационного восприятия при построении человеко-машинного интерфейса	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-13/с от 16.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является человеко-машинный интерфейс автоматизированных систем управления.</p> <p>Цель работы: исследование применения концепции ситуационного восприятия для построения человеко-машинного интерфейса автоматизированных систем управления.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – построение математической модели трехфазного сепаратора; – программная реализация имитации процесса работы трехфазного сепаратора; – разработка человеко-машинных интерфейсов; – исследование эффективности человеко-машинных интерфейсов.
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – экранные формы; – код программного обеспечения; – презентация в формате *.pptx
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, старший преподаватель ООД ШБИП
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна, доцент ОСГН ШБИП, к.т.н.

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

Нет

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.02.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Тутов Иван Андреевич			16.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Хазиева Камиля Ринатовна		16.02.2022

Реферат

Выпускная квалификационная работа 95 страниц, 18 рисунков, 23 таблицы, 33 источника, 4 приложения.

Ключевые слова: ситуационное восприятие, человеко-машинный интерфейс, АСУ ТП, CODESYS, трехфазный сепаратор.

Объектом исследования является человеко-машинный интерфейс автоматизированных систем управления.

Цель работы – исследование концепции ситуационного восприятия для построения человеко-машинного интерфейса автоматизированных систем управления.

В процессе исследования были рассмотрены принципы концепции ситуационного восприятия, построена математическая модель трехфазного сепаратора, осуществлена программная реализация, имитирующая процесс работы трехфазного сепаратора, реализованы человеко-машинные интерфейсы: традиционный и с применением концепции ситуационного восприятия.

Область применения: результаты исследования могут быть полезны для компаний, занимающихся разработкой автоматизированных систем управления.

Экономическая эффективность/значимость работы: использование виртуального ПЛК, значительно снижает экономические затраты.

Выпускная квалификационная работа была выполнена с использованием таких программных продуктов, как CoDeSys V3.5, Aveva InTouch HMI, WonderWare OPCLink, MatrikonOPC Explorer, Statgraphics. Текст работы оформлен с помощью Microsoft Word 2013.

Настоящая выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 компании.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

технологический процесс: последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов).

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

ОРС-сервер: Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектом и предоставление этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС.

тег: Метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

мнемосхема: Представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

человеко-машинный интерфейс: Технические средства, предназначенные для обеспечения непосредственного взаимодействия между оператором и оборудованием и дающие возможность оператору управлять оборудованием и контролировать его функционирование

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

FBD – Functional Block Diagram – диаграммы функциональных блоков;

ST – Structure Text – структурированный текст;

ЧМИ – человеко-машинный интерфейс;

НГСВ – нефтегазовый сепаратор со сбросом воды;

ШИМ – широтно-импульсный модулятор;

ПИД-регулятор – пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор.

Содержание

Введение.....	14
1 Требования к построению человеко-машинного интерфейса оператора АСУ ТП 15	
1.1. Представление данных.....	15
1.2. Принципы построения интерфейса	16
1.3. Структура экрана	16
1.4. Отображение информации.....	17
1.5. Технологическая сигнализация.....	18
1.6. Подтверждение получения сигнала.....	19
1.7. Информационные сообщения.....	20
1.8. Аварийные и предупредительные сообщения	20
2 Модель технологического процесса	21
2.1. Описание трехфазного сепаратора	21
2.2. Построение математической модели трехфазного сепаратора	22
3 Разработка программного обеспечения.....	27
3.1. Разработка в среде CODESYS.....	27
3.2. Разработка человеко-машинных интерфейсов.....	31
3.2.1 Интерфейс с традиционным дизайном.....	31
3.2.2 Интерфейс с применением концепции ситуационного восприятия .	32
3.3 OPC-сервер	34
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	43
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	

5.2	Планирование научно-исследовательских работ	49
5.2	Бюджет научно-исследовательской работы	54
5.3	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	61
6	Социальная ответственность	64
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	65
6.2	Производственная безопасность	67
6.3	Экологическая безопасность	75
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
	Заключение	80
	Список использованных источников	81

Введение

Современные тенденции к усложнению систем автоматизации и росту объемов данных, который обусловлен использованием новейших датчиков, позволяющих передавать все большее количество данных об оборудовании для более детального описания его работы, заставляют операторов/диспетчеров работать на пределе возможностей.

Так как существующий традиционный человеко-машинный интерфейс становится перегруженным в силу увеличения поступающего объема данных и не способен оптимально их отобразить, оператору становится все труднее ориентироваться в них, соответственно, возрастает нагрузка на зрительные анализаторы. Помимо этого, принятие решений отнимает у оператора все больше времени. В некоторых случаях упущенное время может обернуться серьезной аварией на производстве.

По данным международных исследований, ошибки операторов в промышленных системах вызывают до 42% аварийных ситуаций [1], непосредственно ведущих к экономическим потерям и создающих угрозу безопасности.

Все перечисленные факторы указывают на то, что появилась необходимость в совершенствовании дизайна ЧМИ, а именно разработка высокоэффективного интерфейса.

Целью настоящей работы является исследование применения концепции ситуационного восприятия для построения человеко-машинного интерфейса автоматизированных систем управления.

1 Требования к построению человеко-машинного интерфейса оператора АСУ ТП

При построении человеко-машинного интерфейса должен соблюдаться ряд требований, который установлен в положении компании «Роснефть» об «Автоматизированных системах управления технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам».

1.1. Представление данных

Одним из способов представления данных оператору АСУ ТП является человеко-машинный интерфейс.

Среда графического интерфейса оператора должна включать средства отображения информации и управления моделируемыми объектами и процессами идентичными ЧМИ реальной АСУ ТП. Помимо этого, при разработке человеко-машинного интерфейса должны учитываться следующие требования[2]:

- немедленное отображение предупредительных и аварийных сигналов вне зависимости от инициированной в этот момент программы и отображения на экране, а также наличие функций квитирования этих сигналов, в том числе, при поступлении серии сигналов;
- обеспечение поддержки диалога для выполнения функций телеуправления с отображением ответной информации, поступающей от управляемого объекта;
- обеспечение поддержки диалога для задания или изменения уставок, а также нормативно справочной информации;
- обеспечение протоколирования информации, идентифицирующей конкретного пользователя АСУ ТП, при инициализации и окончании сеанса работы с АСУ ТП;
- обеспечение протоколирования всех ответственных действий оператора с указанием даты и времени события;

- обеспечение отображения технологических объектов на графических экранах с актуализацией на них фактических параметров и сигналов, поступающих из I уровня АСУ ТП, и показателей, расчет которых выполняется программными средствами АСУ ТП;

- возможность визуальной индикации ошибочных действий пользователя (попытка воздействия на заблокированный или деактивированный элемент управления, например – команды на открытие открытой задвижки или задвижки заблокированной от ручного управления) или ввода неверных значений.

1.2. Принципы построения интерфейса

Человеко-машинный интерфейс оператора должен нести информацию о состоянии контролируемого объекта и позволять дистанционно управлять его состоянием.

Также, интерфейс должен обеспечивать информационную поддержку операторов при реализации функций:

- отображение параметров и состояния технологического документа;
- дистанционного управления;
- выдачи тревожных сообщений;
- квитирования сигналов;
- маскирования сигналов;
- навигации по информационной модели объекта контроля и управления.

1.3. Структура экрана

Интерфейс оператора вне зависимости от типа и вида выводимой информации должен быть организован в виде окна, состоящего из следующих основных областей:

- область главного меню;

- область видеокadra;
- область технологической сигнализации (информационных, предупредительных и аварийных сообщений);
- статусная строка;
- рабочая область для вывода текстов, справок.

Данное разделение областей экрана должно обеспечить выполнение основных функций, реализуемых интерфейсом.

Статусная информация должна находиться под областью видеокadra. В правой части статусной строки должно быть выделено постоянное поле для индикации даты и времени (часы/минуты/секунды).

Область видеокadra должна занимать основную часть экрана и служить для представления вызываемых видеокadres (мнемосхем, графиков, журналов, таблиц и т.п.)

1.4. Отображение информации

Для информационной поддержки операторов по оценке состояния объекта контроля и управления параметры работы оборудования должны отображаться в реальном масштабе времени в виде:

- мнемосхем;
- гистограмм;
- оперативных и архивных графиков (трендов);
- оперативных отчетов;
- таблиц.

Для создания мнемосхем необходимо использовать библиотеку унифицированных мнемосимволов объектов автоматизации.

Для изображения изменения состояния объекта контроля и управления и параметров работы оборудования следует использовать изменение цвета соответствующих мнемосимволов.

При отображении на мнемосхемах информации о состоянии объекта контроля и управления и параметрах работы оборудования должны использоваться следующие цвета:

- зеленый - агрегат включен, задвижка открыта, нормальное значение параметра;
- желтый – агрегат отключен, задвижка закрыта, предупредительная сигнализация;
- оранжевый – в горячем резерве;
- коричневый – в ремонте (маскируемый параметр);
- синий – готов к работе;
- красный – неисправен, отключен по аварии, аварийная сигнализация;
- розовый – имитация параметра;
- серый – промежуточное положение.

При возникновении неисправностей и отклонений параметров к соответствующей мнемосхеме должно быть привлечено внимание оператора.

1.5. Технологическая сигнализация

Технологическая сигнализация предназначена для извещения работников о возникновении нарушений в технологическом процессе, изменениях в составе работающего оборудования и обнаруженных неисправностях. Вся технологическая сигнализация автоматически должна выводиться на экраны мониторов АРМ и сигнальное печатающее устройство.

Технологическая сигнализация должна подразделяться на предупредительную и аварийную:

- предупредительная сигнализация при отклонении за установленные пределы технологических параметров;
- предупредительная сигнализация при изменении состояния подсистем автоматического управления;

- предупредительная сигнализация при обнаруженных неисправностях различных устройств;
- аварийная сигнализация при аварийных отклонениях технологических параметров;
- аварийная сигнализация при срабатывании технологических защит, противоаварийной автоматики.

Любой вид сигнализации должен вызывать включение соответствующего звукового сигнала, изменение цвета изображения или появление изображения соответствующего вида и цвета. Предупредительные и аварийные световые и звуковые сигналы должны различаться.

Предупредительные и аварийные сообщения для привлечения внимания оператора должны выделяться цветом и мигающим эффектом. В случае использования мигающих эффектов частота мерцания не должна превышать 1 раз в секунду. В случае, использования цветового выделения следует применять:

- красный цвет для отображения сообщений об ошибках;
- желтый цвет для отображения предупреждающих сообщений;
- зеленый цвет для отображения нормального функционирования всех систем;
- белый цвет для отображения информационных и подтверждающих сообщений.

1.6. Подтверждение получения сигнала

В отношении активных аварийных и предупредительных сигналов необходимо обеспечить подтверждение их получения обслуживающими работниками. В отношении сигналов, которые ранее были активными, но затем были деактивированы, также требуется обеспечить подтверждение получения изменения их состояния.

1.7. Информационные сообщения

Информационные сообщения должны использоваться для уведомления пользователя о том, что произошло событие, на которое пользователь должен обратить внимание.

1.8. Аварийные и предупредительные сообщения

Аварийные и предупредительные сообщения, формируемые информационно-управляющими системами, должны отсылаться диспетчеру сообщений. Диспетчер должен осуществлять запись сообщений в хронологическом порядке и предоставлять оператору возможность просмотра всех сообщений за временной период, определённый в техническом задании на систему. Сообщение должно содержать:

- метку времени возникновения события с точностью до миллисекунд;
- идентификатор параметра;
- сокращённое наименование сообщения;
- признак квитирования сообщения;
- дополнительную информацию (например, значение уставки).

Должна быть обеспечена возможность фильтрации сообщений при их выводе на монитор (по типу сообщений или по определённому оборудованию).

2 Модель технологического процесса

Для реализации имитации технологического процесса была выбрана математическая модель трехфазного сепаратора типа НГСВ.

2.1. Описание трехфазного сепаратора

Трехфазный сепаратор является одним из основных устройств технологического нефтегазового оборудования.

Схема трехфазного сепаратора представлена на рисунке 1.

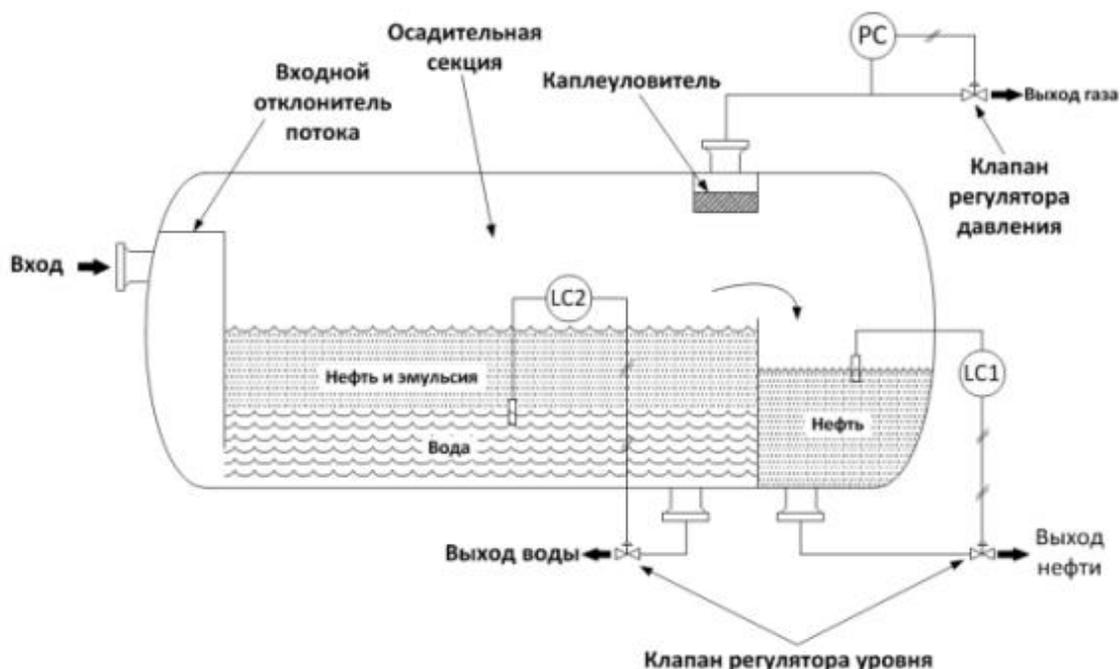


Рисунок 1 – Схема трехфазного сепаратора

Принцип работы НГСВ заключается в том, что через входной штуцер, который оборудован устройством приема газожидкостной смеси циклонного типа для отделения свободного газа, поступает газодонефтяная эмульсия из скважин. Отделившийся газ скапливается в верхней части сепаратора и через каплеуловитель выходит на штуцер выхода газа и отправляется на компрессорную станцию. Жидкость в свою очередь попадает в одну из двух полостей сепаратора, предназначенной для обезвоживания. Вода, скопившаяся в нижней части первой полости, сбрасывается через штуцер и направляется на подготовку пластовой воды. Обезвоженная нефть перетекает через переливную

перегородку и скапливается в нижней части второй полости сепаратора. Далее, через штуцер нефть отправляется в теплообменники.

Уровень воды в первой полости и уровень нефти во второй полости определяются уровнемерами и поддерживаются регулируемыми клапанами. Помимо этого, предусмотрен контроль давления, регулирование которого осуществляется клапаном для газа, и температуры в сепараторе.

Технические характеристики и параметры трехфазного сепаратора приведены в таблице 1, согласно технической документации [2].

Таблица 1 – Технические характеристики и параметры НГСВ 1,6-3400

Наименование	Значение
Объем сепаратора, м ³	200
Диаметр сепаратора, мм	3400
Объемная производительность по нефтеводяной смеси, м ³ /час	560
Объемная производительность по газу, м ³ /час	75000
Общая длина сепаратора, мм	23512
Рабочее давление в сепараторе (не более), МПа	1,3
Давление условное, МПа	1,6

2.2. Построение математической модели трехфазного сепаратора

На основе известных технических характеристик и параметров НГСВ 1,6-3400 произведем расчеты, недостающих параметров.

Площадь сепаратора:

$$S = \frac{V}{h}, \quad (1)$$

где V – объем сепаратора, м³;

h – высота сепаратора, м.

$$S = \frac{200}{3,4} = 58,8235 \text{ м}^2.$$

Так как форма сепаратора – цилиндр со сферическими днищами, то рассчитаем объемы цилиндрической части и сферических днищ.

Объем цилиндрической части и сферических днищ:

$$V_{ц} = \pi r^2 L, \quad (2)$$

где r – радиус цилиндрической части, м;

L – длина цилиндрической части, м.

$$V_{ц} = 3,14 \cdot 1,7^2 \cdot 21 = 190,57 \text{ м}^3,$$

$$V_{сд} = 9,4334 \text{ м}^3.$$

Для поддержания заданного режима работы трехфазного сепаратора необходима система управления, которая будет включать в себя три контура управления – контур регулирования уровня воды, контур регулирования нефти и контур регулирования давления в сепараторе.

Уравнение материального баланса для трехфазного сепаратора будет иметь вид:

$$\int F_{сум} t = V_{воды} t + V_{нефти} t + V_{газа} t, \quad (3)$$

где F – расход. В свою очередь,

$$\int F_{воды} t = V_{воды} t, \quad (4)$$

где $V_{воды} t$ – объем воды в первой полости.

Расчет пропускной способности регулирующих клапанов для нефти, воды и газа проводится на основе РТМ 108.711.02-79 «Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики» [5].

Пропускная способность регулирующих клапанов для сброса нефти и воды определяется по следующей формуле:

$$K_{v \max} = 10^{-2} \cdot Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{PO}}}, \quad (5)$$

где $K_{v \max}$ – максимальная пропускная способность клапана;

Q_{\max} – максимальное значение расхода среды, м³/ч;

ρ – плотность среды, кг/м³;

ΔP_{PO} – величина перепада давления на клапане, МПа.

Необходимые параметры для расчета пропускной способности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры для расчета пропускной способности клапана для нефти и воды

Q_{\max} , м ³ /ч	$\Delta P_{PO \min}$, МПа	ρ (нефть), кг/м ³	ρ (вода), кг/м ³
560	0,5	872,4	997

Таким образом, подставляя параметры сепаратора в формулу расчета (5), получаем следующие значения:

– для воды

$$K_{v \max} = 10^{-2} \cdot 560 \sqrt{\frac{997}{0,5}} = 208,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

– для нефти

$$K_{v \max} = 10^{-2} \cdot 560 \sqrt{\frac{872,4}{0,5}} = 205,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для обеспечения необходимого запаса, который варьируется в пределах от 10 до 30%, установим пропускную способность клапанов для нефти и воды равной 250 м³/ч.

Далее, рассчитаем пропускную способность для регулирующего клапана сброса газа, формула которой представлена ниже.

$$K_{v \max} = 10^{-2} \cdot \frac{G_{\max}}{Y} \cdot \sqrt{\frac{v}{\Delta P_p}}, \quad (6)$$

где G_{\max} – максимальный массовый расход среды, кг/ч;

Y – коэффициент расширения;

v – удельный объем газа, м³/кг;

ΔP_p – расчетное значение перепада давления, МПа.

Так как известна объемная производительность газа, то определим максимальный расход среды по формуле (7):

$$G_{\max} = Q_{\max} \cdot \rho, \quad (7)$$

где Q_{\max} – объемная производительность по газу, м³/ч,

ρ – плотность газа при нормальных условиях, кг/ м³.

$$G_{\max} = 75000 \cdot 0,7168 = 53775 \text{ кг / ч.}$$

В результате расчета, пропускная способность клапана для сброса газа равна 1174 м³/ч, с учетом запаса в диапазоне 10-30%, пропускная способность будет равна 1526 м³/ч. С учетом имеющихся клапанов, пропускная способность клапана для сброса газа будет равна 1600 м³/ч.

Давление рассчитывается по формуле Менделеева-Клапейрона:

$$PV_{\text{газа}} = \frac{m}{\mu} RT, \quad (8)$$

где P – давление в сепараторе, Па;

T – температура в сепараторе, К;

$V_{\text{газа}}$ – объем газа в сепараторе, м³;

R – универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/моль·К;

m – масса газа в данном объеме, кг;

μ – молярная масса газа, кг/моль.

Объем газа получим из разности объемов сепаратора, эмульсии в первой полости и нефти во второй полости.

$$V_{газа} = V_{сен} - V_{эм} - V_{н}, \quad (9)$$

где $V_{сен}$ – объем газа, м³;

$V_{эм}$ – объем эмульсии в первой полости сепаратора, м³;

$V_{н}$ – объем нефти во второй полости сепаратора, м³.

Молярную массу рассчитаем через атомарную массу газа (метан).

$$\mu = \frac{M \cdot V_{газа}}{V_{н.у.}}, \quad (10)$$

где μ – молярная масса газа, кг/моль;

M – масса атома газа (метан), кг;

$V_{н.у.}$ – молярный объем газа, м³/моль.

Далее, определим через массовый поток, проходящий через сепаратор массу газа в данном объеме:

$$m = \int_0^t G dt. \quad (11)$$

Поток в сепараторе есть разница входящего и выходящего потоков и определяется в уравнении 12.

$$G = G_{вх} - G_{вых}, \quad (12)$$

где $G_{вх}$ – массовый поток (дебит) на входе сепаратора, кг/ч;

$G_{вых}$ – массовый поток (расход) на выходе из системы, кг/ч.

$$G_{вых} = \frac{f}{529} \cdot \sqrt{\frac{T}{P_{вых} \rho \Delta P}}, \quad (13)$$

где f – площадь поперечного сечения клапана, м²;

ρ – плотность газа, кг/м³.

Площадь поперечного сечения клапана определяется по формуле:

$$f = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (14)$$

где d – диаметр клапана, мм².

В результате итоговая математическая модель трехфазного сепаратора представлена на рисунке 2.

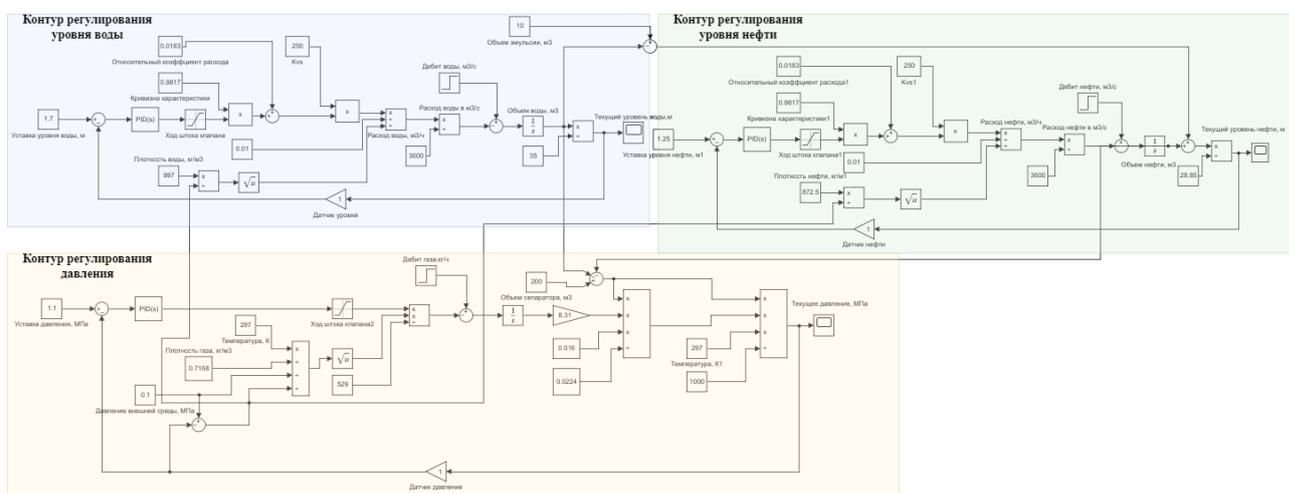


Рисунок 2 – Математическая модель сепаратора НГСВ

3 Разработка программного обеспечения

3.1. Разработка в среде CODESYS

Для реализации имитации процесса работы трехфазного сепаратора была использована среда разработки CODESYS V3.5.

CODESYS V3.5 – это интегрированная среда разработки (IDE) приложений для программируемых контроллеров. CODESYS поддерживает все 5 языков программирования стандарта МЭК 61131-3 (LD, FBD, IL, ST, SFC) и включает дополнительный язык CFC (расширение FBD со свободным порядком выполнения блоков). Также в состав CODESYS входит редактор визуализации, конфигураторы протоколов обмена и средства отладки [3].

На основе построенной математической модели трехфазного сепаратора (рисунок 2) была написана программа на языке программирования FBD (Functional Block Diagrams). Также для создания функциональных блоков был использован язык программирования ST (Structure Text).

Язык программирования FBD является графическим языком программирования высокого уровня, который обеспечивает управление потока данных всех типов. Согласно МЭК 611313, основными элементами данного языка являются: переменные, функции, функциональные блоки и соединения [5].

Язык программирования ST – это текстовый высокоуровневый паскалеподобный язык, адаптированный под программирование промышленных контроллеров [6].

Основная программа состоит из функциональных блоков математических операций, операций сравнения и преобразования. В дополнении для осуществления регулирования и управления были использованы блок ПИД-регулятора и блок «ШИМ».

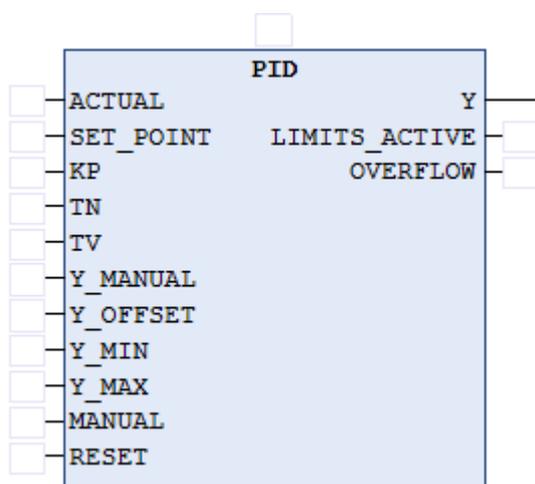


Рисунок 3 – Функциональный блок «ПИД»

Описание входов и выходов функционального блока «ПИД» представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Описание входов/выходов функционального блока «ПИД»

Наименование	Тип	Описание
ВХОДЫ		
ACTUAL	REAL	Текущее значение контролируемой переменной
SET_POINT	REAL	Задание
KP	REAL	Коэффициент передачи
TN	REAL	Постоянная интегрирования, в секундах
TV	REAL	Постоянная дифференцирования, в секундах
Y_MANUAL	REAL	Определяет значение выхода Y, если MANUAL = TRUE
Y_OFFSET	REAL	Стационарное значение Y
Y_MIN, Y_MAX	REAL	Значение выхода Y ограничено Y_MIN и Y_MAX. При достижении Y границ ограничения, выход LIMITS_ACTIVE, (BOOL) принимает значение TRUE. Ограничение работает только при Y_MIN < Y_MAX.
MANUAL	BOOL	Значение TRUE, включает режим ручного регулирования по входу Y_MANUAL
RESET	BOOL	TRUE сбрасывает регулятор; в это время Y = Y_OFFSET
ВЫХОДЫ		
Y	REAL	Выход регулятора
LIMITS_ACTIVE	BOOL	TRUE означает что Y ограничивается пределами (Y_MIN, Y_MAX)
OVERFLOW	BOOL	TRUE – знак переполнения

Выходной сигнал ПИД-регулятора рассчитывается по формуле:

$$Y = Y_OFFSET + KP \left(e\ t + \frac{1}{TN} \int_0^{TN} e\ t + TV \frac{de\ t}{dt} \right), \quad (15)$$

где Y_OFFSET – стационарное значение;

KP – коэффициент передачи;

TN – постоянная интегрирования;

TV – постоянная дифференцирования;

$e(t)$ - сигнал ошибки ($SET_POINT-ACTUAL$).

Также для осуществления управляющих воздействий на исполнительный механизм клапанов был разработан функциональный блок «ШИМ» (рисунок 3) для каждого контура регулирования на языке программирования ST.

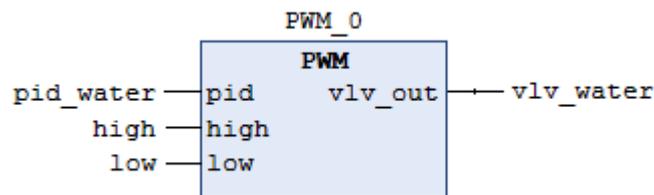


Рисунок 4 – Функциональный блок «ШИМ»

Для работы данного блока входными данными являются выходы с регуляторов и пилообразные сигналы, которые отвечают за увеличение/уменьшение степени открытия клапана.

Реализация функционального блока ШИМ представлена в листинге 1.

Листинг 1 – Функциональный блок ШИМ

```
1. FUNCTION_BLOCK PWM
2. VAR_INPUT
3. pid:REAL;
4. high:REAL;
5. low:REAL;
6. END_VAR
7. VAR_OUTPUT
8. vlv_out:REAL;
9. END_VAR
10. VAR
11. END_VAR
12. IF pid>=high THEN
13. vlv_out:=vlv_out-0.01;
14. END_IF
15. IF pid<=low THEN
16. vlv_out:=vlv_out+0.01;
17. END_IF
```

```
18. vlv_out:=LIMIT(0,vlv_out,1);
```

Объявление переменных и используемых функциональных блоков представлено в приложении А, итоговый код программы – приложение Б.

3.2. Разработка человеко-машинных интерфейсов

Разработка человеко-машинных интерфейсов проводилась в среде Aveva InTouch HMI. Помимо того, что данная программа позволяет производить построение ЧМИ с традиционным дизайном, в ней есть возможность использования символов библиотеки ситуационной осведомленности.

3.2.1 Интерфейс с традиционным дизайном

Человеко-машинный интерфейс с традиционным дизайном разрабатывался с помощью графических объектов библиотеки Smart Symbols среды InTouch.

Разработанная мнемосхема с традиционным человеко-машинным интерфейсом представлена в приложении В.

Для взаимодействия оператора с ЧМИ были разработаны окна, позволяющие изменять значения уровней воды и нефти, а также квитировать алармы (рисунки 5,6,7) Данные окна открываются по нажатию левой кнопки мыши по соответствующим элементам на главном экране.



Рисунок 5 – Окно для задания уровня воды и квитирования алармов



Рисунок 6 – Окно для задания уровня воды и квитирования алармов

3.2.2 Интерфейс с применением концепции ситуационного восприятия

Разработка мнемосхемы с применением концепции ситуационного восприятия подразумевает соблюдение следующих ее принципов:

- монохромная палитра;
- представление данных в контексте;
- комплексная сигнализация;
- дизайн должен быть ориентирован на пользователя.

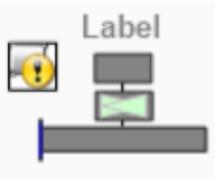
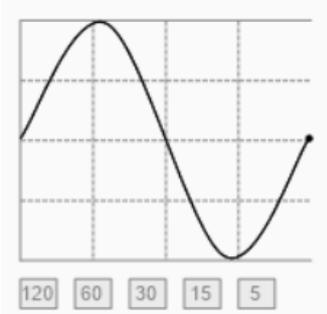
Ввиду ограниченного использования цветов, внимание оператора акцентируется только на событиях, связанных с отклонением технологического процесса от нормального или ожидаемого состояния.

Когда состояние системы соответствует норме, графика процесса не должна это подчеркивать и привлекать внимание оператора, так как это лишь бы создавала зрительную перегрузку. Анимация также должна применяться только в той мере, в какой это нужно для привлечения внимания оператора, а не попросту для эффектной визуализации. При этом цвет не должен служить единственным способом индикации значения или состояния, он должен применяться именно для привлечения внимания. В дополнении, для создания оптимального дизайна НМІ важно установить стандарты применения цвета и строго.

При разработке стандартов цвета для приложения НМІ очень важно исключить его неоднозначное использование. Если один цвет будет иметь не одно значение, то оператор не сможет однозначно воспринять и оценить информацию. Одним из вариантов является использование серого цвета для отображения процесса в нормальном состоянии и применения других цветов только для индикации отклонений.

Элементы, используемые для разработки мнемосхемы представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Используемые элементы библиотеки ситуационной осведомленности

Элементы	Описание
 <p>Расход м3/с, Уровень %, Температура °C, Давление МПа</p>	<p>Уникальное отображение аналоговых параметров, соответствующее физике сигнала</p>
	<p>Отображение технологического оборудования и объектов автоматизации</p>
	<p>Графическое отображение данных в виде тренда</p>

Для взаимодействия оператора с ЧМИ была разработана панель управления с детальным отображением пределов аварийных ситуаций, рабочего и оптимального диапазонов технологического параметра (рисунок 7).



Рисунок 7 – Панель управления для взаимодействия с ЧМИ

Разработанная мнемосхема с применением концепции ситуационного восприятия представлена в приложении Г.

3.3 OPC-сервер

Организация информационного обмена данными между CodeSys 3.5 и InTouch HMI осуществляется через сервис Wondeware OPCLink. Эта программа является отдельным приложением, не входящим в состав программного продукта InTouch и выполняет функции сопряжения OPC и SCADA-системы.

Для осуществления привязки приложения к локальному OPC-серверу используется эмулятор OPC-сервера MatriconOPC Explorer. Также необходимо настроить OPC Configurator.

На рисунке 8 представлено подключение ПК к виртуальному контроллеру CODESYS Control Win .

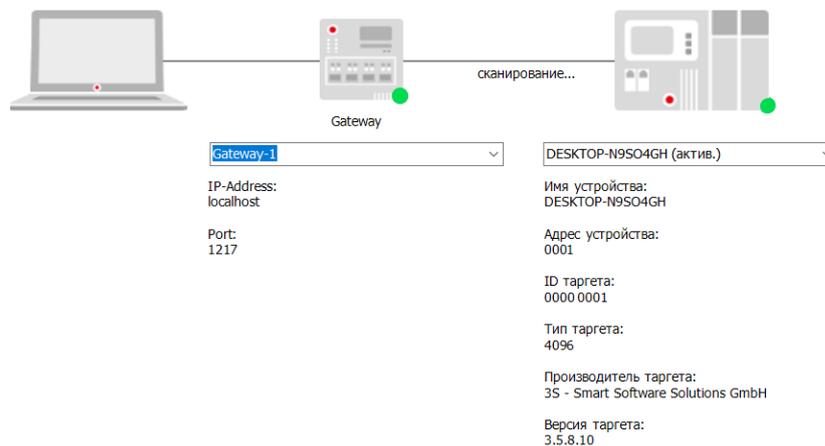


Рисунок 8 – Подключение ПК к виртуальному контроллеру CodeSys Control Win

Добавление переменных CodeSys в эмулятор OPC-сервера MatriconOPC Explorer представлено на рисунке 9.

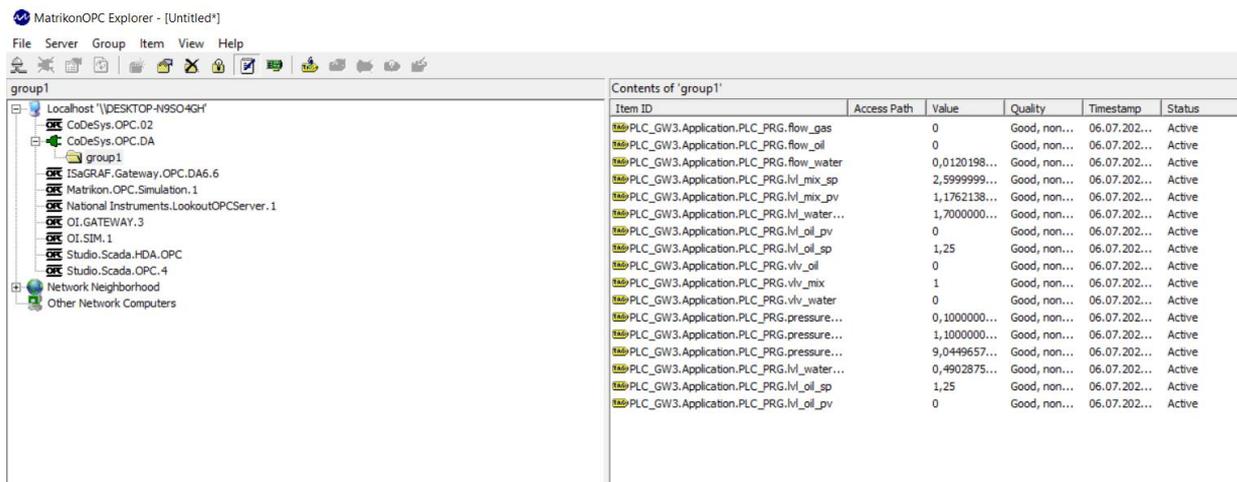


Рисунок 9 – Экспорт переменных CodeSys в эмулятор OPC-сервера

Для получения данных из CodeSys в InTouch HMI необходимо назначить имя доступа (Access Name) для тэгов. Настройка имени доступа представлена на рисунке 10.

Modify Access Name

Access Name: CODESYS_INTOU OK

Node Name: Cancel

Application Name: OPCLINK Failover

Topic Name: CodesysTopic

Which protocol to use

DDE SuiteLink Message Exchange

When to advise server

Advise all items Advise only active items

Enable Secondary Source

Рисунок 10 – Настройка имени доступа для связи с CodeSys 3.5

Чтобы удостовериться в обмене данными между CodeSys 3.5 и InTouch HMI откроем встроенный компонент TagViewer в WindowViewer (рисунок 11).

The screenshot shows two windows from MatrikonOPC Explorer. The left window, 'Tag Reference', displays a table of tags with their values and timestamps. The right window, 'Contents of 'group1'', displays a table of PLC tags with their access paths, values, and quality.

Tag Reference	Value	Timestamp
flow_gas	0	07.06.2022 11:45:38
flow_oil	0	07.06.2022 11:45:38
flow_water	0.001272744	07.06.2022 11:45:38
hl_mix_sp	0.006984128	07.06.2022 11:44:57
hl_mix_pv	2.6	07.06.2022 11:45:38
hl_oil_pv	0	07.06.2022 11:44:57
hl_oil_sp	0	07.06.2022 11:45:38
hl_water_pv	1.25	07.06.2022 11:45:38
hl_water_sp	0.01388636	07.06.2022 11:44:57
pressure_sep_pv	0	07.06.2022 11:45:16
pressure_sep_sp	0	07.06.2022 11:44:57
pressure_sep_pv	0	07.06.2022 11:45:38
pressure_sep_sp	1.1	07.06.2022 11:45:38
pressure_vn	0.1	07.06.2022 11:45:38
temper_sep	-30	07.06.2022 11:44:57
vlv_gas_pv	0	07.06.2022 11:45:38
vlv_gas_sp	0	07.06.2022 11:45:38
vlv_mix_pv	0.32	07.06.2022 11:45:38
vlv_oil_pv	0	07.06.2022 11:45:38
vlv_oil_sp	0	07.06.2022 11:45:38
vlv_water_pv	0	07.06.2022 11:45:40

Item ID	Access Path	Value	Quality
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.flow_gas		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.flow_oil		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.flow_water		0.0012727...	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.hl_mix_sp		2.5999999...	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.hl_mix_pv		0.0069841...	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.hl_water_sp		1.7000000...	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.hl_oil_sp		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.hl_oil_pv		1.25	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.vlv_oil_sp		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.vlv_oil_pv		0.0138863...	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.vlv_water		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.pressure_vn		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.pressure_sp		1.1000000...	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.pressure_pv		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.vlv_gas		0.0138863...	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.vlv_gas_sp		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.vlv_gas_pv		0	Good, non
PLC_GW3.Application.PLC_PRG.vlv_water		0	Good, non

Рисунок 11 – Обмен данными между CodeSys 3.5 и InTouch HMI

4 Проведение исследования

Для оценки эффективности разработанных человеко-машинных интерфейсов были приглашены 6 человек, которые не имеют опыта работы оператором АСУ ТП. Перед тем как начать исследование, данной группе людей был рассказан порядок действия по работе с разработанными ЧМИ двух видов при возникновении аварийных и предупредительных сообщений.

В ходе проведения исследования были получены значения времени, которые рассчитываются как разность между временем появления аларма и моментов его квитирования. Полученные данные представлены в таблице 5.

Используемые обозначения в таблице:

НГСВ1 – мнемосхема с традиционным человеко-машинным интерфейсом;

НГСВ2 – мнемосхема, разработанная по принципам концепции ситуационной осведомленности.

Таблица 5 – Данные, полученные при исследовании

Аварийные сообщения		Предупредительные сообщения	
НГСВ1	НГСВ2	НГСВ1	НГСВ2
10,149	5,846	13,229	5,738
10,67	5,871	12,482	7,404
11,616	5,984	13,169	8,026
11,428	5,294	12,668	7,444
12,215	5,511	10,81	8,256
12,542	8,082	13,739	6,625

Продолжение таблицы 5

Аварийные сообщения		Предупредительные сообщения	
НГСВ1	НГСВ2	НГСВ1	НГСВ2
11,935	6,01	11,36	6,078
11,44	5,612	11,215	8,464
10,418	6,766	12,178	6,951
11,335	5,787	10,645	6,619
10,887	8,619	12,792	7,704
12,294	6,581	12,937	9,222
11,024	6,701	11,439	8,294
11,335	6,595	15,01	9,398
12,718	7,471	11,655	9,142
12,937	7,373	12,249	8,132
11,343	7,715	13,901	7,658
10,714	6,914	14,521	8,085

Для исследования полученных данных был использован метод однофакторного дисперсионного анализа с использованием пакета Statgraphisc.

Суть данного метода заключается в том, что выявляется наличие зависимости одной зависимой переменной, в нашем случае это время, от другой независимой номинальной переменной – вид человеко-машинного интерфейса.

Данный метод основывается на сравнении дисперсии двух выборок, в случае, если дисперсии приблизительно равны в доверительном интервале, то нет зависимости от вида человеко-машинного интерфейса.

Для проведения дисперсионного анализа необходимо, чтобы выборки имели нормальное распределение, следовательно, проведем проверку выборок в среде Statgraphics.

Сначала исследуем выборку для НГСВ 1 в случае появления аварийных сообщений. Для этого введем полученные данные в Statgraphics (рисунок 12).

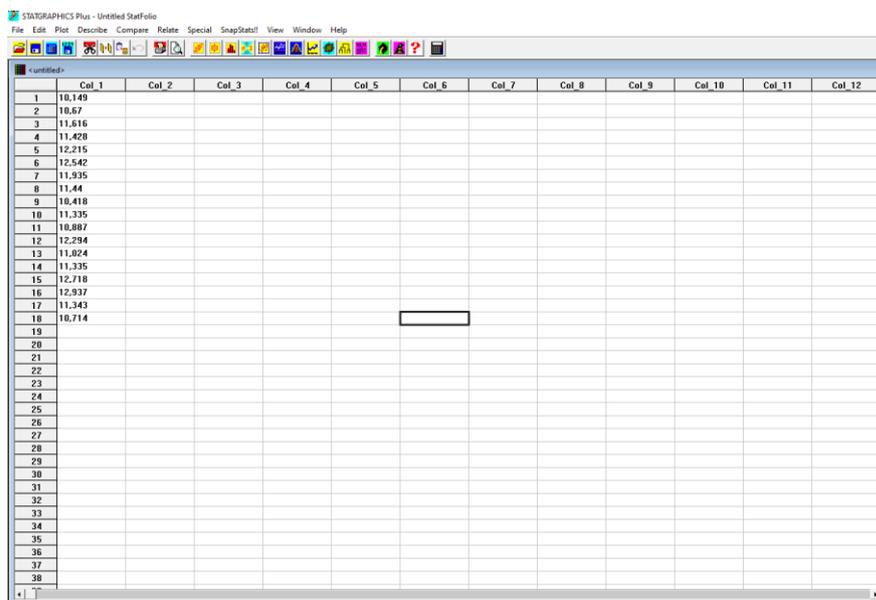


Рисунок 12 – Ввод данных выборки НГСВ1

Далее, вызовем программную функцию «DISTRIBUTION FITTING», в результате получим следующий отчет, представленный на рисунке 13.

Goodness-of-Fit Tests for Col_1

Chi-Square Test					
	Lower Limit	Upper Limit	Observed Frequency	Expected Frequency	Chi-Square
at or below		10,7228	4	3,00	0,33
	10,7228	11,154	2	3,00	0,33
	11,154	11,5	5	3,00	1,33
	11,5	11,846	1	3,00	1,33
above	11,846	12,2772	2	3,00	0,33
	12,2772		4	3,00	0,33

Chi-Square = 3,99998 with 3 d.f. P-Value = 0,261463

Estimated Kolmogorov statistic DPLUS = 0,140882
 Estimated Kolmogorov statistic DMINUS = 0,0910504
 Estimated overall statistic DN = 0,140882
 Approximate P-Value = 0,867299

EDF Statistic	Value	Modified Form	P-Value
Kolmogorov-Smirnov D	0,140882	0,624528	>=0,10*
Anderson-Darling A^2	0,250058	0,262213	0,7040*

*Indicates that the P-Value has been compared to tables of critical values specially constructed for fitting the currently selected distribution. Other P-values are based on general tables and may be very conservative.

Рисунок 13 – Результат функции «DISTRIBUTION FITTING»

Поскольку значение P-value больше или равно 0,1, то мы не можем отвергнуть гипотезу о нормальности распределения.

Аналогично, была проведена проверка на нормальность оставшихся трех выборок – все выборки имеют нормальное распределение.

Далее, приступим к дисперсионному анализу One-Way ANOVA. Введем зависимые и независимые переменные выборки НГСВ1, где x – значение времени, а factor – вид человеко-машинного интерфейса.

	X	Factor	Col. 3	Col. 4	Col. 5
1	10,149	1			
2	10,67	1			
3	11,616	1			
4	11,428	1			
5	12,215	1			
6	12,542	1			
7	11,935	1			
8	11,44	1			
9	10,418	1			
10	11,335	1			
11	10,887	1			
12	12,294	1			
13	11,024	1			
14	11,335	1			
15	12,718	1			
16	12,937	1			
17	11,343	1			
18	10,714	1			
19	5,846	2			
20	5,871	2			
21	5,984	2			
22	5,294	2			
23	5,511	2			
24	8,082	2			
25	6,01	2			
26	5,612	2			
27	6,766	2			
28	5,787	2			
29	6,619	2			
30	6,581	2			
31	6,701	2			
32	6,595	2			
33	7,471	2			
34	7,373	2			
35	7,715	2			
36	6,914	2			
37					

Рисунок 14 – Ввод переменных НГСВ1 и НГСВ2 (аварийные сообщения)

Результат для выборок НГСВ1 представлен на рисунке 15.

ANOVA Table for X by Factor					
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	216,423	1	216,423	279,48	0,0000
Within groups	26,3362	34	0,774594		
Total (Corr.)	242,76	35			

Рисунок 15 – Результат дисперсионного анализа One-Way ANOVA для выборок НГСВ1

Исходя из полученного отчета, так как значение P-value меньше 0,05, то гипотеза о том, что значения средних выборок аварийных сообщений равны –

отклоняется, следовательно, время реакции оператора имеет зависимость от вида человеко-машинного интерфейса.

Аналогичным образом, проведем дисперсионный анализ для выборок НГСВ1 и НГСВ2 (предупредительных сообщений), в результате которого, был получен аналогичный вывод о зависимости времени реакции оператора от вида человеко-машинного интерфейса.

Далее, построим диаграммы размаха для НГСВ1 и НГСВ2 при аварийных и предупредительных сообщениях (рисунок 16, 17).

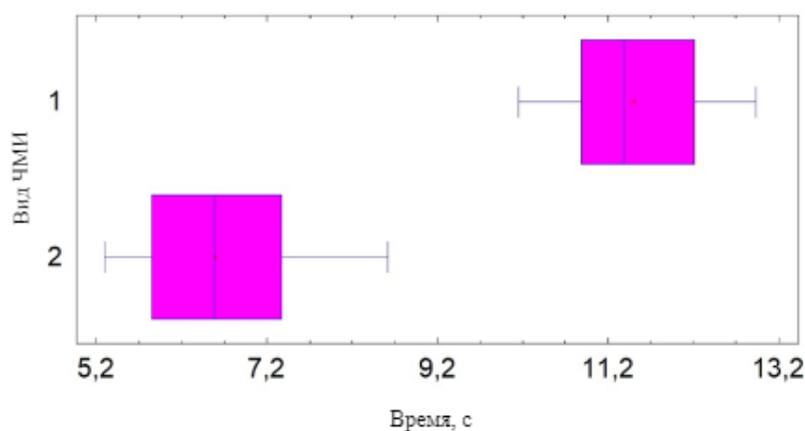


Рисунок 16 – Диаграмма размаха для НГСВ1 и НГСВ2 (аварийные сообщения)

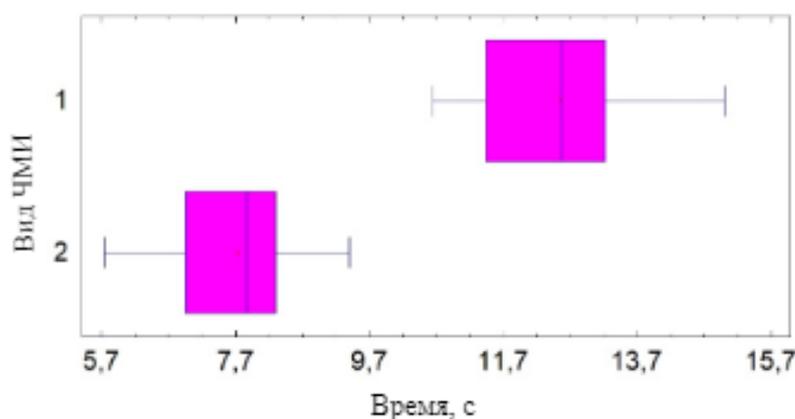


Рисунок 17 – Диаграмма размаха для НГСВ1 и НГСВ 2 (предупредительные сообщения)

На основе полученных диаграмм размаха, можно сделать вывод, что время реакции оператора на аварийные и предупредительные сообщения при

взаимодействии с ЧМИ с ситуационным восприятием меньше, чем с ЧМИ с традиционным дизайном.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8Б	Хазиевой Камиле Ринатовне

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «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	Бюджет проекта – не более 450 066,371 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 262 299,423 руб.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс Российской Федерации; Размер страховых взносов – 30%; Коэффициент накладных расходов – 0,16; Коэффициент дополнительной заработной платы – 0,15; Районный коэффициент – 1,3 (для Томска); Премияльный коэффициент – 0,3; Коэффициент доплат и надбавок – 0,2.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Определение потенциальных потребителей; 2. SWOT-анализ.
2 Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей; 2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования; 3. Расчет общего бюджета проектного решения.
3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Обоснование невозможности проведения оценки экономической эффективности НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Определение потенциальных потребителей
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	ОСГН Креницына Васильевна	Зоя К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Хазиева Камиле Ринатовна		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является определение коммерческой привлекательности научно-исследовательской работы.

Достижение цели обеспечивается при выполнении следующих задач:

- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В данной работе будет описано применение концепции ситуационного восприятия для построения человека-машинного интерфейса автоматизированных систем управления и проведено исследование, оценивающее эффективность и превосходство использования данной концепции в сравнении с традиционным человеко-машинным интерфейсом.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Оценка коммерческого потенциала разработки позволяет определить перспективность научного исследования на первых этапах его жизненного цикла. Данная оценка является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Помимо этого, следует помнить, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров аналогичных конкурентных разработок, но и тем, насколько быстро

удастся найти ответы на такие вопросы – будет ли разработка востребована рынком, какова будет ее цена, каков бюджет научного исследования, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для определения потенциальных потребителей результатов исследования следует рассмотреть целевой рынок и провести его сегментацию.

Результаты данной работы будут использоваться на предприятиях нефтегазовой отрасли, специализирующихся на разработке и проектировании АСУ ТП (разработка SCADA-систем) и внедрении их в производство.

Для сегментирования рынка были выбраны два критерия: размер предприятия, занимающаяся разработкой и проектированием АСУ ТП и промышленная отрасль применения.

Выбор критериев основан на данных о том, в каких отраслях промышленности России наблюдается наибольший спрос в разработке и внедрении автоматизированных систем управления.

По данным маркетингового агентства «MegaReserch» на 2020 год наибольший объем спроса на АСУ ТП в России приходится на предприятия нефтегазовой промышленности. В среднем ежегодно на предприятия данной отрасли приходится 25% спроса на рынке. На втором месте предприятия энергетической промышленности, на них приходится порядка 15% спроса на рынке. На третьем месте предприятия военно-промышленного комплекса, они обеспечивают на данный момент порядка 12% спроса на российском рынке АСУ ТП.

По размеру предприятия делятся на три категории:

- крупное – более 250 человек;
- среднее – от 101 до 250 человек;
- малое – до 100 человек;

Результат сегментирования рынка представлен на рисунке 18.

		Виды отрасли промышленности		
		Нефтегазовая	Энергетика	Военно-промышленный комплекс
Размер предприят	Крупный	В	В	
	Средний	Г	Г	
	Малый	А, Б	А	

А – АО «Атомик Софт» Б – ООО «Автоматизация производств» В – АО «ЭлеСи» Г – ООО «Элком+»

Рисунок 18 – Карта сегментирования рынка по разработке и проектированию АСУ ТП

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что результаты исследования будут востребованы на малых или крупных предприятиях, занимающихся разработкой и проектированием АСУ ТП в нефтегазовой отрасли. В дополнении, результаты исследования могут быть предложены предприятиям, оказывающим услуги по разработке и проектированию АСУ ТП в энергетике. Отсутствие предприятий, которые выполняют заказы для военно-промышленного комплекса, обусловлено тем, что в городе Томск данная отрасль промышленности не является основной. Вдобавок, большая часть предприятий Томска являются малыми.

5.1.2 SWOT-анализ

SWOT – комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Данный анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Задачами SWOT-анализа является определение всех сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Сильными сторонами научно-исследовательского проекта являются: отсутствие затрат на приобретение специализированного оборудования (все работы проводят на персональном компьютере и дополнительное оборудование не нужно), использование специализированного ПО ведущей компании-поставщика ПО для разработки АСУ ТП (использование имеющейся библиотеки с элементами ситуационного восприятия), актуальность исследования (на данный момент влияния человеческого фактора при управлении автоматизированными системами управления является главной проблемой, которая приводит к экономическому ущербу), наличие необходимой документации в большом объеме для разработки проектного решения.

Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Так как проект исследовательский, следовательно, применяется индивидуальный подход к каждой задаче. Перед тем как перейти к реализации исследования, необходимо изучить информацию о концепции ситуационного восприятия, и выявить причины ее применения, соответственно, на данный этап нужно много времени.

Возможности. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды, проекта.

Ввиду того, что автоматизированные системы управления становятся сложнее, а объем информации, поступающей на АРМ оператора увеличивается, соответственно, наблюдается тенденция совершенствования АРМ операторов АСУ ТП. Результаты исследования позволят предприятиям быстро принимать решения о использовании человеко-машинного интерфейса с применением

концепции ситуационного восприятия, что породит большой спрос на них в разных отраслях промышленности.

Угроза. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Угрозами данного исследования являются: отсутствие коммерческой прибыли (исследование носит дидактический характер) и потеря актуальности и спроса результатов исследования так как со временем, концепция ситуационного восприятия в человеко-машинном интерфейсе автоматизированных систем управления окончательно вытеснит традиционную, и не будет являться инновационной.

В результате была составлена итоговая матрица SWOT-анализа. Матрица SWOT представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Отсутствие затрат на приобретение специализированного оборудования.</p> <p>С2. Использование специализированного ПО ведущей компании-поставщика ПО для разработки АСУ ТП;</p> <p>С3. Актуальность исследования;</p> <p>С4. Наличие необходимой документации в большом объеме для разработки проектного решения.</p>	<p>Сл1. Проект исследовательский, соответственно, индивидуальный подход к каждой задаче;</p> <p>Сл2. Сложная предметная область.</p>

Продолжение таблицы 6

Возможности:		
<p>V1: Тенденция совершенствования АРМ операторов АСУ ТП;</p> <p>V2: Высокий спрос результатов исследования в различных отраслях промышленности.</p>	<p>C1C2C3C4B1B2 позволяют использовать исследовательскую перспективу проекта.</p>	<p>Сл1Сл2B1B2 большой спрос результатов исследования и тенденция совершенствования АРМ операторов АСУ ТП нейтрализуют слабые стороны проекта.</p>
Угрозы:		
<p>У1. Отсутствие явной коммерческой прибыли.</p> <p>У2. Потеря актуальности и спроса результатов исследования.</p>	<p>C2У2 – так как компания-поставщик является ведущей в мире, соответственно, будут появляться новые решения в совершенствовании человеко-машинного интерфейса АСУ ТП, тем самым возобновляя актуальность исследования.</p>	<p>Сл1Сл2У1У2 являются взаимосвязанными факторами.</p>

На основании матрицы SWOT была выявлена стратегия C1C2C3C4B1B2 – дальнейшее развитие исследовательского проекта для совершенствования полученных знаний, а также улучшения навыков построения человеко-машинного интерфейса с концепцией ситуационного восприятия с целью дальнейшего обучения студентов или сотрудников нефтегазовых компаний, проходящих курсы по повышению квалификации на базе Томского Политехнического Университета.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- планирование комплекса предполагаемых работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика поведения научных исследований.

Исполнителями проекта являются студент и научный руководитель. Научный руководитель определяет цели и задачи студента, направляет и контролирует его работу, оценивает результаты проделанной работы и дает рекомендации. Студент полностью отвечает за выполняемую работу.

Перечень работ и их распределение между исполнителями представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер
Выбор направления исследования	2	Определение объекта и предмета исследования	Научный руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ предметной области	Инженер
	6	Выбор объекта моделирования и описание технологического процесса	Научный руководитель, инженер
	7	Построение математической модели трехфазного сепаратора	Научный руководитель, инженер

Продолжение таблицы 7

Основные этапы	№	Содержание работы	Должность исполнителя
	8	Разработка человеко-машинных интерфейсов с традиционным интерфейсом и с учетом концепции ситуационного восприятия	Инженер
	9	Проверка выполненной работы	Научный руководитель
	10	Устранение ошибок и доработка экранных форм	Инженер
	11	Проведение исследования и сбор данных	Инженер
	12	Обработка данных и выполнение расчетов	Инженер
Обобщение и оценка результатов	13	Анализ результатов и формулирование выводов	Инженер
Оформление отчета по НИР	14	Составление пояснительной записки	Инженер

5.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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 используется следующая формула

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (16)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположения наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

5.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным отображением графика проведения научного исследования является диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{kal}, \quad (17)$$

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

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

k_{kal} – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{kal} = \frac{T_{kal}}{T_{kal} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (18)$$

где T_{kal} – количество календарных дней в году;

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

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

Согласно производственному календарю на 2022 год (для 6-дневной рабочей недели) в 2022 году 365 календарных дней, 247 рабочие дни, 52 выходных дня, 14 праздничных дней.

Тогда, коэффициент календарности для 6-дневной рабочей недели:

Рассчитанные значения сведем в таблицу 8.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
		t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Научный руководитель, инженер	1,4	2
2	Определение объекта и предмета исследования	1	2	1,4	Научный руководитель, инженер	0,7	1
3	Подбор и изучение материалов по теме	5	10	7	Инженер	7	9
4	Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	Научный руководитель, инженер	0,7	1
5	Анализ предметной области	7	14	10	Инженер	10	12
6	Выбор объекта моделирования и описание технологического процесса	1	2	1,4	Научный руководитель, инженер	0,7	1
7	Построение математической модели трехфазного сепаратора	10	20	14	Научный руководитель, инженер	14	17
8	Разработка человеко-машинных интерфейсов с традиционным интерфейсом и с учетом концепции ситуационного восприятия	20	30	24	Инженер	24	29
9	Проверка выполненной работы	1	3	2,2	Научный руководитель	2,2	3
10	Устранение ошибок и доработка экранных форм	7	10	9	Инженер	9	11

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8
11	Проведение исследования	1	2	1,4	Инженер	1,4	2
12	Обработка данных и выполнение расчетов	3	5	4	Инженер	4	5
13	Анализ результатов и формулирование выводов	1	2	1,4	Инженер	1,4	2
14	Оформление пояснительной записки	7	14	10	Инженер	10	12
Всего						96,9	107

Для построения диаграммы Ганта округлим полученные значения трудоемкостей работ из таблицы 3.

Диаграмма Ганта представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Диаграмма Ганта

№ работы	T_{ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ											
		Февраль			Март			Апрель			Май		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2		■										
2	1		■										
3	8			■									
4	1				■								
5	12				■								
6	1					■							
7	17					■							
8	29						■						
9	3									■			
10	11										■		
11	2											■	
12	5												■
13	14												■

В таблице 10 приведены обозначения для диаграммы Ганта.

Таблица 10 – Обозначение для диаграммы Ганта

Исполнитель	Обозначение
Инженер	
Научный руководитель	

В результате разработки графика проведения работ по научно-исследовательскому проекту время исследования составляет 107 дней. В состав рабочей группы входят научный руководитель и инженер.

5.2 Бюджет научно-исследовательской работы

При планировании бюджета научно-исследовательского проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.2.1 Расчет материальных затрат

Данный подраздел включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
1	2	3	4	5
Ноутбук	шт.	1	40000	40000

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
Лицензионное ПО Microsoft Office 2021	шт.	1	6999	6999
Итого				46999

Итоговые затраты за используемые материалы при разработке проекта составляют 46999 руб.

5.2.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-исследовательской работы, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (19)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (20)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (21)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

Результат баланса рабочего времени представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	52	52
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	56	28
– невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	271

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot 1 + k_{np} + k_{\text{д}} \cdot k_p, \quad (22)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 от Z_{mc} ;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

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

Для расчетов был взят коэффициент доплат и надбавок равный 0,2.

Рассчитаем заработную плату научного руководителя за месяц:

$$Z_m = 37700 \cdot 1 + 0,3 + 0,2 \cdot 1,3 = 73515 \text{ руб.}$$

Далее, рассчитаем заработную плату инженера за месяц:

$$Z_m = 19200 \cdot 1 + 0,3 + 0,2 \cdot 1,3 = 37440 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя будет равна:

$$Z_{дн} = \frac{73515 \cdot 10,4}{243} = 3146,3 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера:

$$Z_{дн} = \frac{37440 \cdot 10,4}{271} = 1436,8 \text{ руб.}$$

Рассчитаем основную заработную плату научного руководителя:

$$Z_{осн} = 3428,5 \cdot 25 = 78658,025 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера:

$$Z_{осн} = 1436,8 \cdot 104 = 149428,43 \text{ руб.}$$

Сведем результаты расчетов в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	k_p	$k_д$	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$,руб
Научный руководитель	37700	0,3	1,3	0,2	73515	3428,5	25	78658,025
Инженер	19200	0,3	1,3	0,2	37440	1436,8	104	149428,43
Итого (с 14.02.2022 по 31.05.2022)								228086,455

Таким образом, за период с 14.02.2022 по 31.05.2022 затраты на основную заработную плату научного руководителя и инженера равны 228 086,455рублей.

5.2.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительно заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (23)$$

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

Результаты расчета затрат на дополнительную заработную плату сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Расчет затрат на дополнительную заработную плату

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$k_{доп}$
Научный руководитель	78658,025	11798,704	0,15
Инженер	149428,43	22414,264	0,15
Итого: 262299,423 руб.	228086,455	34212,97	

Исходя из полученных расчетов, затраты на дополнительную заработную плату составляют 34 212,97 рублей.

5.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (24)$$

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 15.

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	78658,025	11798,704
Инженер	149428,43	22414,264
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Научный руководитель	27137,02	
Инженер	51552,808	

В сумме отчисления во внебюджетные фонды от затрат на оплату труда научного руководителя и инженера составляют 78 689,828 рублей.

5.2.5 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = \text{сумма статей} \cdot k_{\text{нр}}, \quad (24)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициент накладных расходов равна – 16% (или 0,16).

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 262299,423 + 78689,828 + 46999 = 62078,12 \text{ руб.}$$

5.2.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат

Наименование затрат	Сумма, руб
Материальные затраты НТИ	46999
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	228086,455
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	34212,97
Отчисления во внебюджетные фонды	78689,828
Накладные расходы	62078,12
Бюджет затрат НТИ	450066,371

5.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Данное проектное решение разрабатывается для исследования возможности применения концепции ситуационного восприятия при построении человеко-машинного интерфейса автоматизированных систем управления и проведения оценки ее эффективности, соответственно, экономический эффект от исследования и применения несет дидактический характер и прямая оценка экономической эффективности невозможна.

Вывод по разделу

В ходе выполнения раздела ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был составлен календарный график проведения научно-исследовательской работы. Согласно данному графику проведение исследования составило 107 дней. В ходе планирования научно-исследовательских работ был определен перечень работ, выполняемый рабочей группой. В данном случае рабочая группа состоит из двух человек: научный руководитель и инженер. Помимо этого, в ходе проведения SWOT-анализа была выявлены наиболее эффективные и слабые в сложившейся ситуации стратегии, что поможет в ходе исследования.

В дополнении, были рассчитаны сметы затрат на разработку проектного решения. В результате общий затрат на научно-исследовательскую работу составил 450 066,371рублей.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
8Т8Б		Хазиевой Камиле Ринатовне	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Применение концепции ситуационного воздействия при построении человеко-машинного интерфейса	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования – применение концепции ситуационного восприятия при построении человеко-машинного интерфейса автоматизированного рабочего места оператора;</p> <p>Область применения – нефтяная и газовая промышленности;</p> <p>Рабочая зона – аудитория 106 корпуса 10 ТПУ;</p> <p>Размеры помещения – 5,6*6,2 м.;</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны – рабочий стол (1шт.), рабочий стул (кресло) (1шт.), ПК (1шт.);</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне – построение человеко-машинного интерфейса с применением концепции ситуационного восприятия, проведение исследования эффективности применения концепции ситуационного восприятия при проектировании человеко-машинного интерфейса, базирующего на анализе реакции на аварийные и предаварийные ситуации процесса управления.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 25.02.2022); – ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; – ГОСТ 22269-76 Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего стола. Общие эргономические требования; – ГОСТ 21889-76 Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. – ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком;
<p>2. Производственная безопасность при разработке:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата; – Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения; – Перенапряжение анализаторов зрения; – Статические перегрузки, связанные с рабочей позой; – Повышенный уровень электромагнитного излучения. <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

	<p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Коллективные средства защиты от поражения электрическим током: предохранительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, устройства автоматического отключения. – Средства нормализации освещения рабочего места: осветительные приборы, источники света, светофильтры; – Средства нормализации воздушной среды рабочего места: устройства для кондиционирования, вентиляции и очистки воздуха, отопления; – Средства защиты от повышенных или пониженных температур воздуха, температурных перепадов: устройства для обогрева и охлаждения; – Средства защиты от повышенного уровня электромагнитных излучений: защитные покрытия, оградительные устройства, знаки безопасности.
3. Экологическая безопасность при разработке	<p>Воздействие на литосферу – утилизация элементов оборудования рабочей зоны.</p> <p>Воздействие на атмосферу – при производстве составных элементов оборудования возможны выбросы вредных веществ;</p> <p>Воздействие на гидросферу – попадание ионов металлов, хлора, органических соединений при выпуске микросхем, используемых для компьютерной техники;</p> <p>Воздействия на сельтебную зону не были выявлены.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природного характера – землетрясение;</p> <p>Техногенного характера – пожар, внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения.</p> <p>Наиболее типичная ЧС – пожар.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8Б	Хазиева Камиля Ринатовна		

6 Социальная ответственность

Целью выпускной квалификационной работы является исследование применения концепции ситуационного восприятия для человеко-машинного интерфейса автоматизированных систем управления.

В результате выполнения данной работы разработаны человеко-машинные интерфейсы, отображающие технологический процесс, на базе специализированного программного обеспечения, и проведено исследование, позволяющее оценить эффективность применения концепции ситуационного восприятия при построении человеко-машинного интерфейса автоматизированных систем управления.

Потенциальными потребителями результатов исследования являются предприятия, специализирующиеся на разработке, проектировании и внедрении автоматизированных систем управления в нефтегазовой отрасли.

Сейчас системы автоматизированного управления усложняются, а рост объема информации заставляет операторов работать на пределе возможностей. Оператору все сложнее ориентироваться в них, а принятие решений отнимает все больше времени. Зачастую упущенное время может обернуться серьезной аварией на производстве. В результате человеческих ошибок возникают нарушения работы технологических процессов. Применение концепции ситуационного восприятия при построении ЧМИ позволяет увеличить скорость реакции оператора на возникающие внештатные ситуации, тем самым оператор более оперативно и правильно принимает решения и не допускает серьезных аварий на производстве.

Местом выполнения ВКР является аудитория 106 корпуса №10 Томского политехнического университета. Площадь данного помещения составляет 34,2 м². Рабочая зона представляет собой рабочий стол, рабочий стул и персональный компьютер. Процессами, осуществляющимися в рабочей зоне, являются контроль и управление параметрами технологического процесса.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Трудовой кодекс Российской Федерации содержит положения об отношениях между организацией и сотрудниками, информацию об оплате труда, о нормировании труда, выходных и т.д.

Разработка проектного решения производится за персональным компьютером, соответственно, данный вид трудовой деятельности относится к группе В – творческая работа в режиме диалога с компьютером. Суммарное время непосредственной работы за компьютером составляет не более 6 часов за рабочую смену.

В соответствии с Трудовым кодексом РФ:

- продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю;
- продолжительность рабочей смены не более 8 часов;
- продолжительность непрерывной работы за ПК без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часа.

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв на отдых и питание продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Указанный перерыв может не предоставляться работнику, если установленная для него продолжительность ежедневной работы (смены) не превышает четырех часов.

Заработная плата каждого работника зависит от его квалификации, сложности выполняемой работы, количества и качества затраченного труда и максимальным размером не ограничивается. Запрещается какая бы то ни было дискриминация при установлении и изменении условий оплаты труда.

Месячная заработная плата работника, полностью отработавшего за этот период норму рабочего времени и выполнившего трудовые обязанности, не может быть ниже минимального размера оплаты труда. Оплата труда

работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, производится в повышенном размере.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Основными элементами рассматриваемого рабочего места разработчика являются: рабочий стол, рабочий стул (кресло), ПК.

Требования по компоновке рабочей зоны при выполнении работ сидя устанавливают стандарты ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие требования», ГОСТ 21889-76 «Система человек-машина. Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования», ГОСТ 22269-76 «Система человек-машина. Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего стола». Согласно данным стандартам выделим основные моменты, касающиеся конструкции рабочего места и кресла человека-оператора:

- рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и методических указаний по безопасности труда;
- взаимное расположение элементов рабочего места должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы;
- взаимное расположение элементов рабочего стола должно способствовать оптимальному режиму труда и отдыха, снижению утомления оператора, предупреждению появлению ошибочных действий;
- кресло должно обеспечивать человеку-оператору соответствующую характеру и условиям труда физиологически рациональную рабочую позу и ее длительное поддержание в процессе трудовой деятельности;
- конструкция кресла не должна затруднять рабочих движений.

Также, согласно ГОСТ Р ИСО «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком» при разработке проектного решения следует учитывать то, что

интерфейс человек-машина должен быть информативным, тем самым оператор может легко понимать основной процесс.

6.2 Производственная безопасность

На человека в процессе разработки могут воздействовать опасные и вредные факторы, перечень которых утвержден стандартом ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Данные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизические.

Руководствуясь ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», был определен перечень опасных и вредных факторов при разработке проектного решения. Данный перечень представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте в аудитории

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1	2
1. Отклонение показателей микроклимата	– СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	– СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

Продолжение таблицы 17

1	2
3. Перенапряжение анализаторов зрения	– МР 2.2.9.2311-07 Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности
4. Статические перегрузки, связанные с рабочей позой	– Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
5. Повышенный уровень электромагнитного излучения	– СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания; – Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	– ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды

обитания» показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей ограждающих устройств конструкций (стены, потолок, пол), устройств, а также технологического оборудования или ограждающих его устройств;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Данные показатели по отдельности и в комплексе могут оказывать как положительное (повышение работоспособности, комфортный отдых), так и отрицательное влияние (головная боль, тошнота, слабость, повышение уровня давления) на организм человека. Причины отклонения показателей микроклимата могут быть связаны с нарушением функционирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

Для комфортного осуществления трудовой деятельности в производственном помещении должны поддерживаться оптимальные параметры микроклимата, исходя из требований СанПиН 1.2.3685-21.

Работы, связанные с разработкой проектного решения, относятся к категории Ia: работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

На основании таблицы 5.28 пункта 95 СанПиН 1.2.3685-21 в таблице 18 приведены оптимальные параметры микроклимата в обслуживаемой зоне помещений общественных зданий для 2 категории помещений, в которых люди заняты умственным трудом, учебной.

Таблица 18 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в обслуживаемой зоне помещений общественных мест

Период года	Температура воздуха, °С	Результирующая температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-21	18-20	45-30	0,2
Теплый	23-25	22-24	60-30	0,15

В таблице 19, в соответствии с таблицей 5.2 пункта 29 СанПиН 1.2.3685-21, приведены допустимые величины параметров микроклимата на рабочем месте производственных помещений для категории работ Ia.

Таблица 19 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,2	0,4

Для регулирования параметров микроклимата в помещении должны применяться исправные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

В рассматриваемой аудитории есть только естественная вентиляция, т.е. воздух поступает через приоткрытые окна и двери, через стыки оконных рам и зазоры в дверных блоках, а отработанный воздух удаляется из помещения либо

тем же способом, либо через вытяжные каналы. В зимнее время используется водяное отопление для обеспечения достаточного, постоянного и равномерного нагревания воздуха.

6.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Несоблюдение требований и не правильный расчет системы искусственного освещения могут привести к такому фактору, как недостаточная освещенность рабочей зоны. При работе с персональным компьютером данный фактор пагубно сказывается на функционировании зрительного аппарата, что впоследствии может привести к развитию близорукости, более того снижается работоспособность и наступает быстрая утомляемость. Поэтому в помещениях, где происходит эксплуатация ПК, должно быть искусственное освещение, которое осуществляется системой равномерного освещения. Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенность – горизонтальная, на поверхности стола

Нормативные показатели освещения для помещений, оборудованных индивидуальными рабочими местами с персональным компьютером приведены в таблице 20, которые указаны в таблице 5.54 пункта 161 СанПиН 1.2.3685-21.

Таблица 20 – Нормативные показатели естественного, искусственного и совместного освещения

Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение			
КЕО, е _н , %		КЕО, е _н , %		Освещенность, лк		Объединенный показатель дискомфорта R _{UG} , не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении	При общем освещении		
3,5	1,2	2,1	0,7	500	400	14	10

Для нормализации освещенности рабочих мест используются средства коллективной защиты: осветительные приборы, световые проемы, светозащитные устройства и светофильтры. В качестве средств индивидуальной защиты выступают защитные очки в случае превышения показателей освещения.

6.2.1.3 Перенапряжение анализаторов зрения

Длительная работа с компьютером, высокая точность выполняемой работы, необходимость высокой координации сенсорных и моторных элементов зрительной системы приводят к повышенным нагрузкам на органы зрения человека. Развивается зрительное утомление, способствующие возникновению близорукости, головной боли, раздражительности и нервного напряжения.

Требования безопасности к визуальным параметрам дисплеев указаны в таблице 21 согласно пункту 5 стандарта ГОСТ Р 50948-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования к безопасности».

Таблица 21 – Требования безопасности к визуальным параметрам дисплеев

Показатель	Допустимое значение
1. Яркость белого цвета, кд/м ²	35
2. Неравномерность яркости рабочего поля экрана, %	±20
3. Контрастность для монохромного режима, отн. ед.	3
4. Пространственная (дрожание) и временная (мелькание) нестабильность изображения	Не должна визуально фиксироваться

Руководствуясь МР 2.2.9.2311-07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности», с целью снижения перенапряжения анализаторов зрения следует выполнять упражнения для глаз во время регламентированных перерывов

6.2.1.4 Статические перегрузки, связанные с рабочей позой

Разработка проектного решения производится в сидячем положении. Статические перегрузки, связанные с рабочей позой, являются одним из

основных факторов, которые ведут к развитию остеохондроза и появлению болевого синдрома в спине. В результате нее возникает длительное статическое напряжение определенных групп мышц, в частности шейного и грудного отделов.

Согласно Р 2.2.2006-05 рабочая поза – свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Нахождение в позе стоя до 40% времени смены.

Также для предотвращения статической перегрузки рекомендуется выполнять физические упражнения во время регламентированных перерывов.

6.2.1.5 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Персональный компьютер является источником электромагнитного излучения. Электромагнитные поля (ЭМП) оказывают специфическое воздействие на ткани человека, при воздействии этих полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и кровеносной систем. Также эти излучения могут негативно влиять на работу электроприборов.

Допустимые уровни электромагнитного поля на рабочих местах, на которых осуществляются работы с источниками ЭМП устанавливает ГОСТ 12.1.006-84 «Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» (таблица 22).

Таблица 22 – Предельно допустимые уровни электромагнитного поля на рабочих местах

Параметр	Предельные значения в диапазонах частот, МГц		
	От 0,06 до 3	св. 3 до 30	св. 30 до 300
1	2	3	4
Напряженность электрического поля, В/м	500	300	80

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4
Напряженность магнитного поля, А/м	50	-	-
Энергетическая нагрузка от электрического поля в течении дня, (В/м) ² .ч	20000	7000	800
Энергетическая нагрузка от магнитного поля в течении дня, (В/м) ² . ч	200	-	-

Коллективная защита людей от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется временем, расстоянием, экранированием источника и защитой рабочего места от излучения.

6.2.1.6 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором. Основным источником возникновения данного фактора является электричество, необходимое для питания компьютерной техники. Помимо этого, есть опасность короткого замыкания. Протекание электрического тока через органы человека могут вызвать остановку сердца, дыхания; разрывы мышц, поражение мозга и ожоги.

Предельно допустимые значения силы переменного и постоянного тока и напряжения регламентируются в пункте 1.2 ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения соприкосновения и токов» (таблица 23).

Таблица 23 – Предельно допустимые значения силы тока и напряжения

	Переменный ток при частоте 50 Гц	Переменный ток при частоте 400 Гц	Постоянный ток
Напряжение, В	2,0	3,0	8,0

Продолжение таблицы 23

	Переменный ток при частоте 50 Гц	Переменный ток при частоте 400 Гц	Постоянный ток
Сила тока, мА	0,3	0,4	1,0

Для защиты от повышенной напряженности электрических полей следует использовать оградительные устройства, защитные заземления, системы автоматического отключения питания, знаки безопасности, изолирующие устройства и покрытия.

6.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Прямого негативного влияния проектное решение на окружающую среду не имеет, однако, персональный компьютер, за которым проводится исследование, а именно его производство, оказывает пагубное влияние на нее.

6.3.1 Защита атмосферы

Источником загрязнения являются выбросы, возникающие в ходе процессов диффузии, очистки, травления при производстве полупроводниковых приборов и электронной аппаратуры для компьютерной техники. Выбросы содержат парниковые газы, токсичные, химически и коррозионно-активные. Помимо этого, компоненты компьютера, выброшенные на свалку, в которых есть свинец, ртуть, олово, в процессе разрушения отравляют атмосферу. Нормирование выбросов и требования регламентируется Федеральным Законом Российской Федерации «Об охране атмосферного воздуха» от 4 мая 1999 года и СанПин 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений,

организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». Методами защиты от выбросов в атмосферу будут являться внедрение экологически чистых технологий, совершенствование методов газоочистки и утилизации отходов.

6.3.2 Защита гидросферы

В ходе выпуска микросхем возможно негативное воздействие на окружающую среду, а именно водные объекты. Для предотвращения попадания в природные воды ионов металла, хлора, органических соединений на предприятиях должны быть установлены локальные очистные сооружения. Нормативы и требования по качеству и безопасности воды установлены СанПиН 1.2.3685-21 и стандартом ГОСТ 17.1.3.06-82 «Охрана труда. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений».

6.3.3 Защита литосферы

Заводы, специализирующиеся на выпуске компьютерной техники, являются источником загрязнения почвы, ввиду того, что большое количество используемого вредного химического мусора, который зачастую не утилизируется правильным образом, помещается на общие свалки. Соответственно, при разложении данного типа мусора выделяется огромное количество вредных веществ, которые пагубно влияют на состояние литосферы. В данном случае мерой по предотвращению загрязнения литосферы будет являться сдача электронных компонентов перерабатывающим предприятиям, имеющим лицензии на деятельность по ликвидации объектов и отходов, а также руководствующимся стандартом ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» и «Методикой проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники».

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы и т.п. По происхождению чрезвычайные ситуации бывают природного, техногенного, экологического, биологического и социального характера.

На рассматриваемом рабочем месте возможны чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера. К чрезвычайным ситуациям природного характера можно отнести землетрясение, к чрезвычайным ситуациям техногенного характера – пожар, внезапное обрушение здания и аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения.

Ввиду того, что основная работа производится на и в аудитории, снабженной компьютерной техникой, наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности в СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности», анализируемое в данной работе помещение относится к категории В1.

Возникновение пожара может произойти вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

Наиболее распространенные причины электрического характера:

- искрение;
- короткое замыкание;
- перегрузка в электроэнергетической системе;
- статическое электричество.

К причинам неэлектрического характера относят:

- небрежное отношение разработчика с ноутбуком;
- нарушение противопожарного режима;
- самовоспламенение.

С целью недопущения возникновения пожаров необходимо соблюдать все правила и требования, которые установлены Федеральным законом Российской Федерации №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 и стандартом ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

В случае возникновения пожара согласно «Правилам противопожарного режима в Российской Федерации» необходимо:

- немедленно сообщить об этом по телефону в пожарную охрану с указанием наименования объекта защиты, адреса места его расположения, места возникновения пожара, а также фамилию сообщаемого информацию;
- принять меры по эвакуации людей, а при условии отсутствия угрозы жизни и здоровью меры по тушению пожара в начальной стадии (отключить источники электричества и воспользоваться средствами тушения пожара – огнетушитель).

После полной локализации и ликвидации пожара проводится оценка обстановки и на основе этого составляется план ремонтно-восстановительных работ.

Согласно ФЗ РФ №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 класс возможного пожара – Е (пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением). Для данного класса пожара первичными средствами пожаротушения будут являться углекислотные и порошковые огнетушители, а также термостойкое противопожарное полотно.

Вывод по разделу

В результате выполнения раздела по социальной ответственности были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте при разработке. При выполнении ВКР на представленном рабочем месте нарушений правовых и организационных норм не было, рабочее

место оборудовано согласно эргономическим нормам, организация рабочего времени согласно регламентированным нормам.

Был сформирован перечень вредных и опасных производственных факторов, возникающих при разработке проектного решения. По тяжести труда согласно СанПиН 1.2.3685-21 разработка проектного решения относится к категории Ia. Был проведен анализ вредных и опасных факторов, в котором в соответствии с категорией тяжести работы, были приведены оптимальные и допустимые параметры, и предложены требуемые средства коллективной и индивидуальной защит. Категория аудитории по электробезопасности согласно ПУЭ относится к классу «помещения без повышенной опасности», т.е. условия данного помещения не создают повышенную и особую опасность. Согласно «Правил по охране труда при эксплуатации» группа персонала по электробезопасности – I (не относящиеся к электротехническому и электротехнологическому персоналу).

Помимо того, было рассмотрено влияние проектного решения на окружающую среду. При анализ чрезвычайных ситуаций были определены 2 возможные категории чрезвычайных ситуаций: техногенного и природного характера.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Также были определены источники возникновения пожара и предложены порядок действий при возникновении чрезвычайной ситуации и меры по ликвидации её последствий. Аудитория, в которой проводится разработка проектного решения, относится к категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности В1 согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Объектом, оказывающим значительное негативное влияние на окружающую среду, будет являться производители компьютерной техники, категория которого по «Критериям отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» – II.

Заключение

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы была построена математическая модель трехфазного сепаратора. В среде программирования CODESYS V3.5 была разработана программа, имитирующая процесс работы трехфазного сепаратора, на языках программирования FBD и ST.

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы была построена математическая модель трехфазного сепаратора. В среде программирования CODESYS V3.5 была разработана программа, имитирующая процесс работы трехфазного сепаратора, на языках программирования FBD и ST. Также были разработаны человеко-машинные интерфейсы двух видов: с традиционным дизайном и с применением концепции ситуационного восприятия в среде Aveva InTouch HMI.

Для оценки эффективности разработанных человеко-машинных интерфейсов было проведено исследование, в ходе которого проводилось измерение времени реакции оператора на квитирование аварийных и предупредительных сообщений. Обработка полученных данных проводилась на базе метода однофакторного дисперсионного анализа с применением программного средства Statgraphics. В результате исследования человеко-машинный интерфейс с концепцией ситуационного восприятия оказался эффективнее ЧМИ с классическим дизайном, так как время реакции оператора существенно меньше.

Список использованных источников

1. Ситуационное восприятие. Новый подход дизайну человеко-машинных интерфейсов. – Текст: электронный. – URL: <https://isup.ru/articles/2/5410/> (дата обращения 20.02.2022).
2. Сепараторы нефтегазовые НГСВ. – Текст : электронный. – URL: [http://promelectromash.ru/catalog/emkostnoe_oborudovanie/emkostnoe_oborudovani_e_pod_davleniem/separatori/separatori_neftegazovie_ngsv_\(so_sbrosom_vodi\)](http://promelectromash.ru/catalog/emkostnoe_oborudovanie/emkostnoe_oborudovani_e_pod_davleniem/separatori/separatori_neftegazovie_ngsv_(so_sbrosom_vodi)) (дата обращения 25.02.2022).
3. Среда программирования CODESYS. – Текст : электронный. – URL: https://owen.ru/product/codesys_v3 (дата обращения 30.04.2022).
4. РТМ 108.711.02-79 Руководящий технический материал. Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики: дата введения 1979-12-24. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200065012> (дата обращения 25.04.2022). – Текст : электронный.
5. Общие сведения о языке FBD. – Текст : электронный. – URL: https://sm1820.github.io/beremiz/iec_guide/fbd_guide.html (дата обращения 30.04.2022)
6. Sources: сайт. – URL: <https://www.asmconsortium.net/defined/sources/Pages/default.aspx> (дата обращения 20.04.2022). – Текст : электронный.
7. Ситуационная осведомленность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aveva.com/ru-ru/solutions/operations/situational-awareness/>
8. Руководство по работе со SmartSymbols Intouch HMI. – Текст : электронный. – URL: http://old.intouch.su/support/pub/ITSmartSymbols_ru_10_300408.pdf (дата обращения 30.04.2022).

9. Руководство по визуализации Intouch HMI. –Текст : электронный. – URL: http://old.intouch.su/support/pub/ITSmartSymbols_ru_10_300408.pdf (дата обращения 30.04.2022).
10. Wonderware System Platform 2014 Руководство по новым функциям. – Текст : электронный. – URL: https://www.dropbox.com/s/yoqfte1ri01yx8c/Wonderware_SP2014_New_Features_Guide_v10_ru.pdf?dl=0 (дата обращения 30.04.2022).
11. Камило Фадул, Синди Скотт Базовые элемента современного HMI. – Текст : электронный. – URL: <https://controleng.ru/wp-content/uploads/7361.pdf> (дата обращения 30.04.2022).
12. Захаров М.В., Ситов А.А. High Perfomance HMI и стандарт ISA-101. Текст : электронный. – URL: <https://moluch.ru/archive/313/71176/> (дата обращения 30.04.2022).
13. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалов, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына. – Томск: Из-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
14. Структура рынка АСУ ТП по отраслям потребления. – Текст: электронный. – URL: https://www.megaresearch.ru/knowledge_library/struktura-rynka-asu-tp-po-otraslyam-potrebleniya-3119 (дата обращения 29.04.2022).
15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_34683/ (дата обращения 14.05.2022). – Текст : электронный
16. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения 14.05.2022). – Текст : электронный.
17. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения

2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения 14.05.2022). – Текст : электронный.

18. ГОСТ 22269-76 Система человек-машина. Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего стола. Общие эргономические требования: дата введения 1978-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012834> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

19. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

20. ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействия с человеком: дата введения: 2010-12-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200076090> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

21. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 2021-01-28. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.

22. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация: дата введения: 1990-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000277> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст: электронный.

23. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 15.05.2022). – Текст : электронный.

24. МР 2.2.9.2311-07. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния

работников при различных видах профессиональной деятельности: дата введения 2008-03-18 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200072234> (дата обращения 15.05.2022). – Текст : электронный.

25. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: дата введения:2005-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

26. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов: дата введения 1983-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

27. ГОСТ Р 50948-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования к безопасности»: дата введения 2002-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028904> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

28. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»: дата введения 1986-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200272> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

29. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности: дата введения 2009-05-01. – <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

30. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности": дата введения 2010-08-26. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

31. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов: дата введения 2011-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200081740> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

32. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений: дата введения 1986-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003200> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

33. Приказ Минприроды России N 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I - V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду»: дата введения: 2014-12-04. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420240163> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

Приложение А

(Обязательное)

Объявленные переменные и функциональные блоки

```
1. PROGRAM PLC_PRG
2. VAR
3. TM:DWORD:=100; //скорость интегрирования
4. //функциональные блоки
5. GEN_0: GEN;
6. GEN_1: GEN;
7. INTEGRAL_0: INTEGRAL;
8. PID_0: PID;
9. PWM_M_0:PWM_M;
10. PWM_0: PWM;
11. PWM_1: PWM;
12. PWM_G_0:PWM_G;
13. INTEGRAL_1: INTEGRAL;
14. INTEGRAL_2: INTEGRAL;
15. INTEGRAL_3: INTEGRAL;
16. INTEGRAL_4: INTEGRAL;
17. PID_1: PID;
18. PID_2: PID;
19. PID_3: PID;
20. // ШИМ
21. high: INT;
22. low: INT;
23. //параметры сепаратора
24. s1:REAL:=35; //площадь 1ой полости,м^2
25. s2:REAL:=23.8185; // площадь 2ой полости, м^2
26. h_p: REAL := 2.5;// высота перегородки
27. T: REAL; // температура в сепараторе
28. vl_sep: REAL := 200;// объем сепаратора, м^3
29. //регулирование уровня эмульсии
30. vlv_mix:REAL;
31. lvl_mix_pv:REAL; // текущий уровень эмульсии в 1ой полости
сепаратора,м
32. lvl_mix_sp:REAL:=2.6; // заданный уровень эмульсии в 1ой полости
сепаратора,м
33. inflow_mix:LREAL; // приток эмульсии, м^3/с
34. speed_mix:REAL:=1.5; // максимальная скорости эмульсии, м/с
35. vl_mix: REAL; // объем эмульсии в 1ой полости
36. pid_mix: REAL;
37. KpM: REAL:=1;
```

```

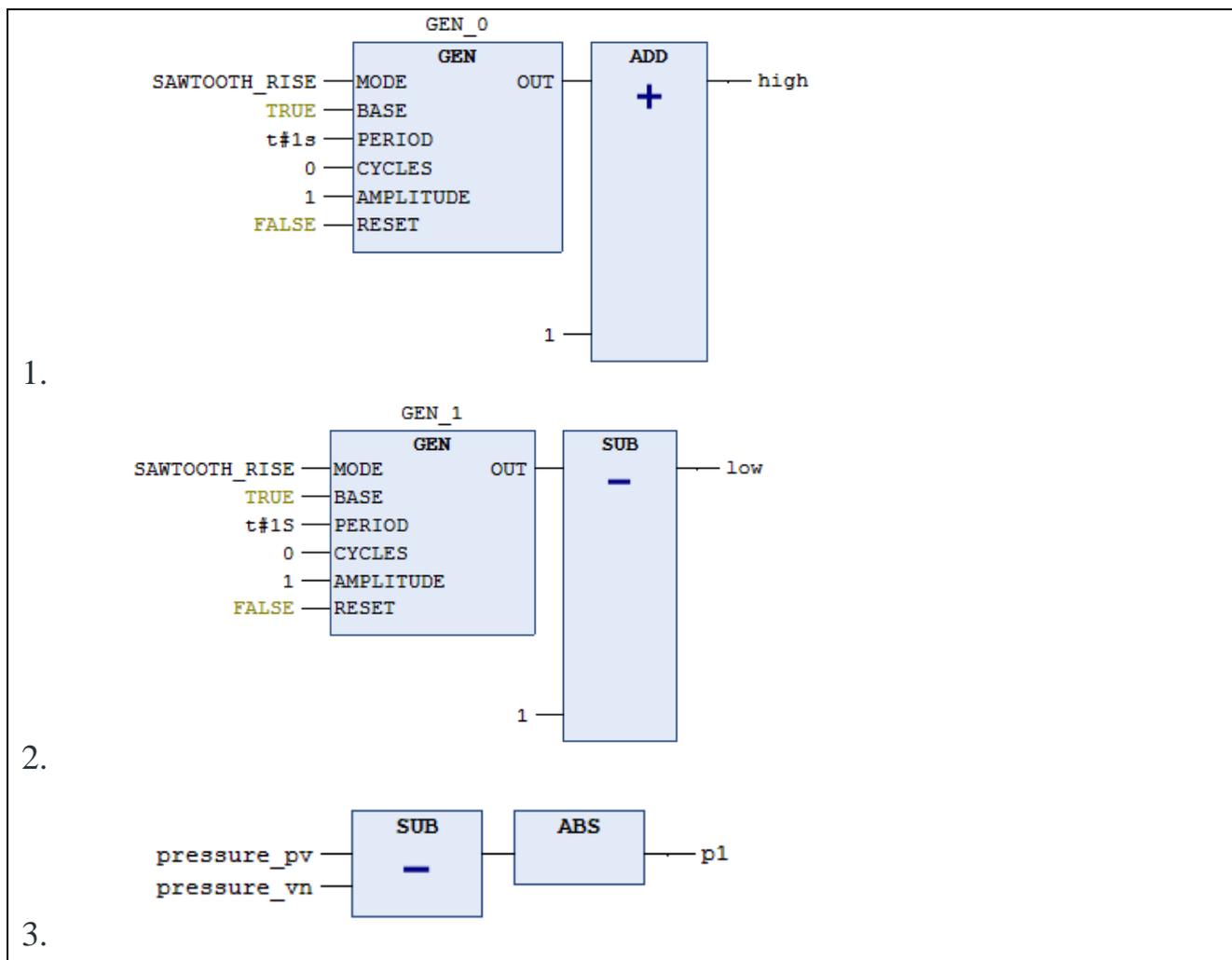
38. KiM: REAL:=0.1;
39. KdM: REAL:=0;
40. Ymin: REAL:=0;
41. Ymax: REAL:=1;
42. // регулирование уровня воды в 1ой полости
43. flow_water: REAL;// расход воды, м^3/с
44. vlv_water: REAL;// степень открытия/закрытия клапана для воды
45. lvl_water_pv: REAL;// текущее значение уровня воды в 1ой полости
46. lvl_water_sp:REAL:=1.7;// уставка уровня воды в 1ой полости
47. vl_water: REAL;// объем воды
48. KpW: REAL:=1;
49. KiW: REAL:=0.5;
50. KdW: REAL:=0;
51. pid_water: REAL;
52. // регулирование уровня нефти во 2ой полости
53. flow_oil: REAL; // расход нефти, м^3/с
54. lvl_oil_pv: REAL;// текущее значение уровня нефти во 2ой полости
55. lvl_oil_sp: REAL := 1.25;// уставка уровня нефти во 2ой полости
56. vlv_oil: REAL;// степень открытия/закрытия клапана для нефти
57. pid_oil: REAL;
58. KpO: REAL:=1;
59. KiO: REAL:=0.5;
60. KdO: REAL:=0;
61. //регулирование давления в сепараторе
62. flow_gas: REAL; // расход газа, м^3/с
63. p1:REAL;
64. pressure_sp: REAL:=1.1;// уставка давления в сепараторе, МПа
65. pressure_pv: REAL;//давление в сепараторе, МПа
66. pid_gas: REAL;
67. KpG: REAL:=1;
68. KiG: REAL:=0.5;
69. KdG: REAL:=0;
70. vl_gas: REAL;// объем газа, м^3
71. vl_oil: REAL;// объем нефти во 2ой полости, м^3
72. vlv_gas: REAL;// степень открытия/закрытия клапана для газа
73. pressure_vn: REAL:=0.1;// давление внешней среды, МПа
74. END_VAR

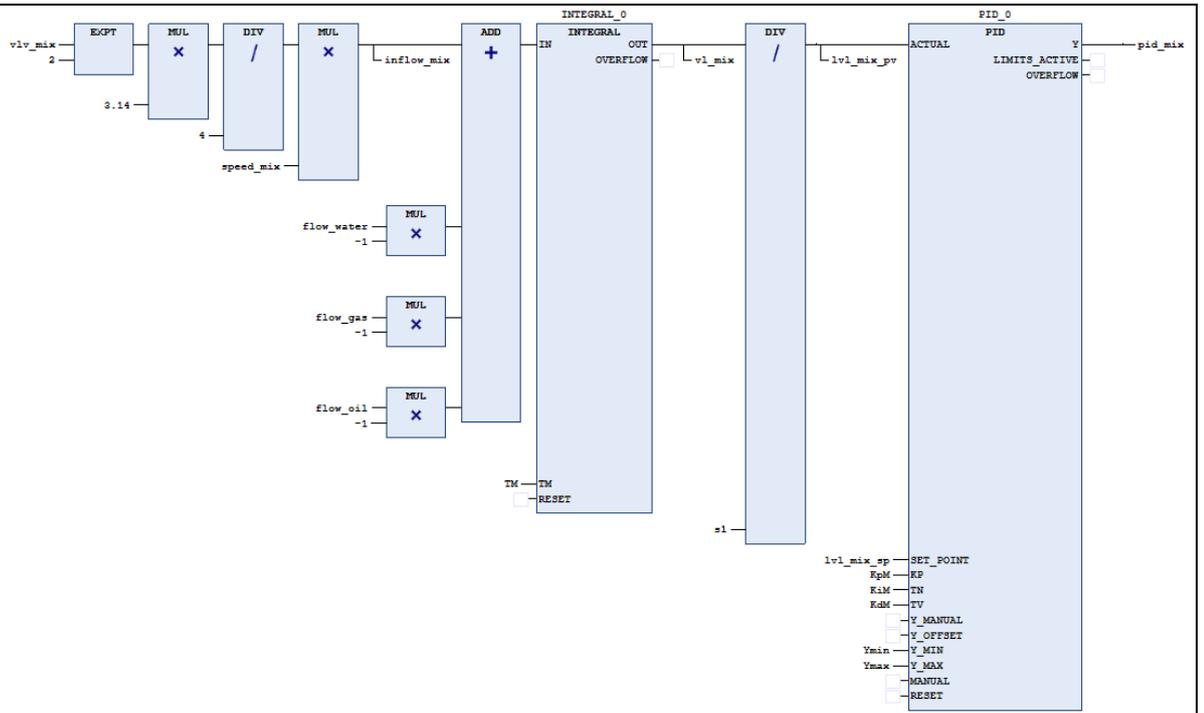
```

Приложение Б

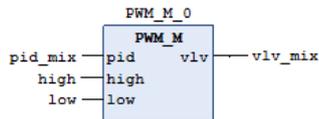
(Обязательное)

Код программы в среде CODESYS V3.5

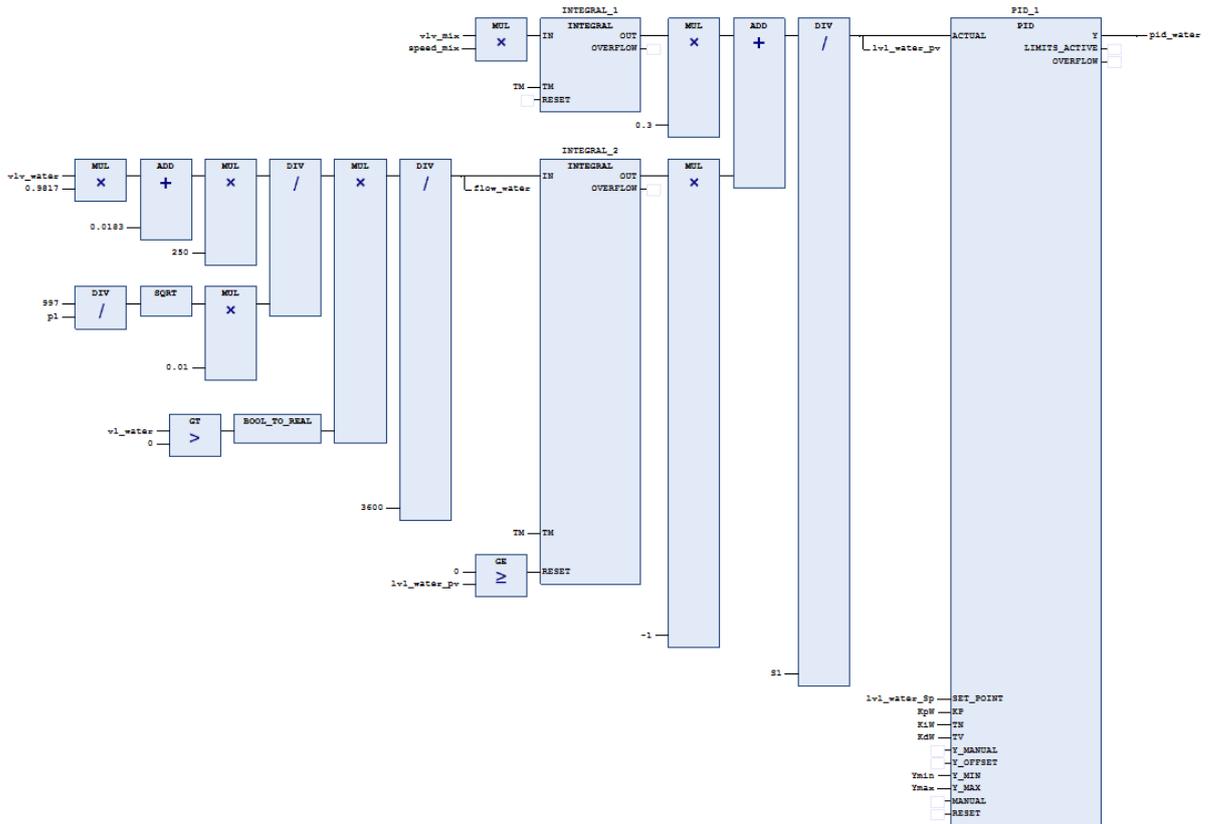




4.

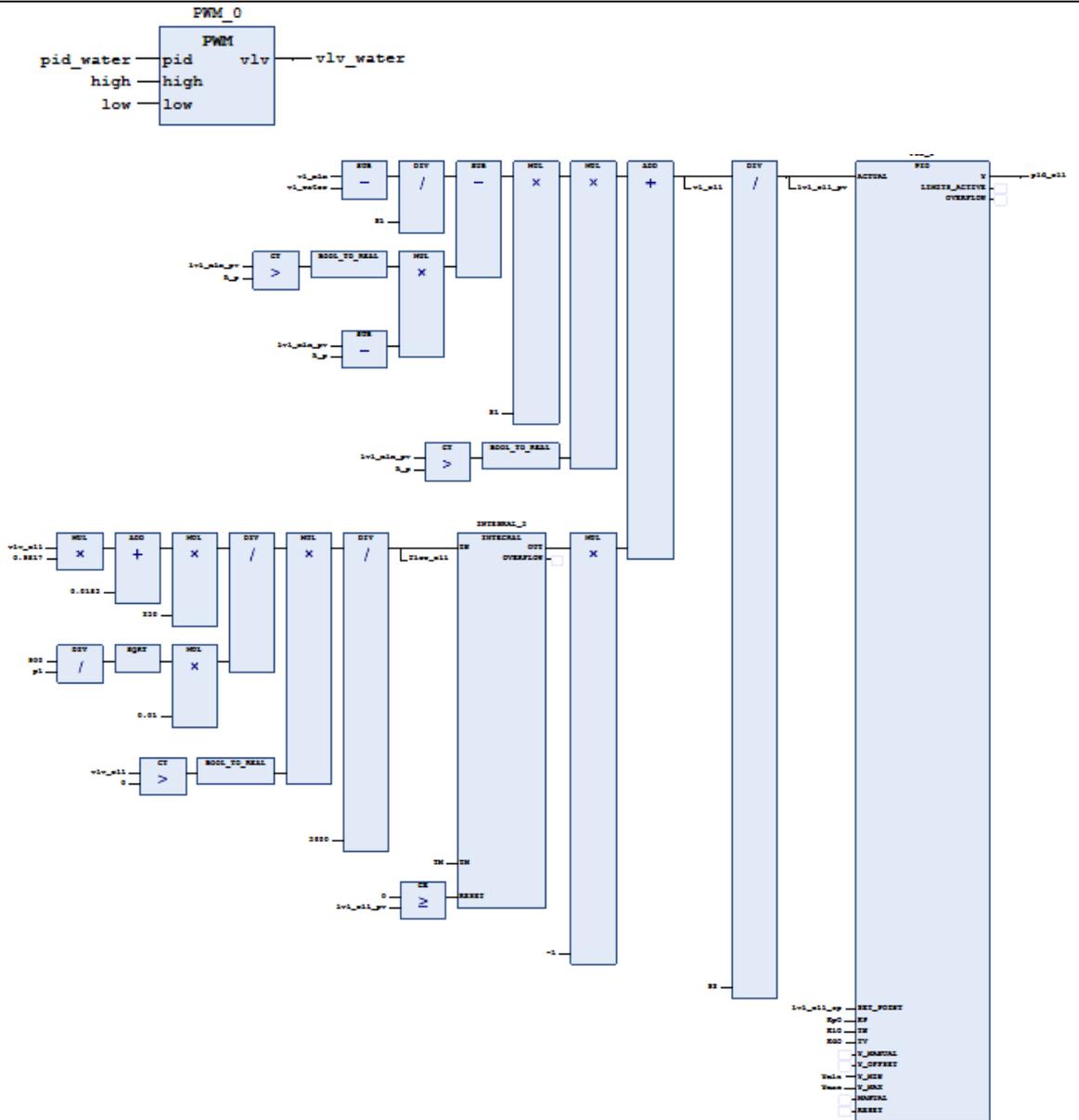


5.

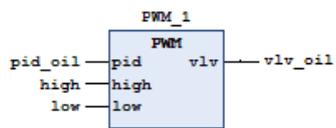


6.

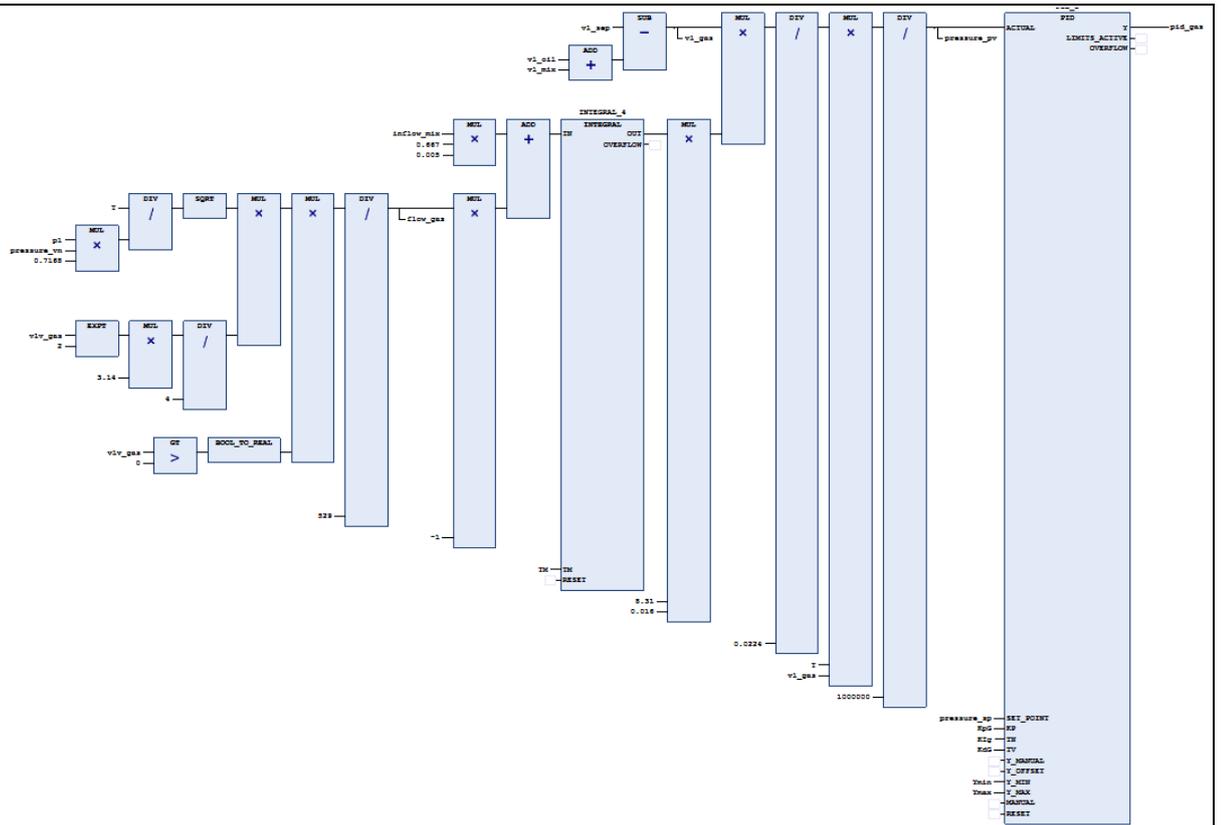
7.



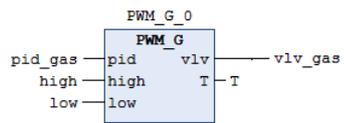
8.



9.



10.

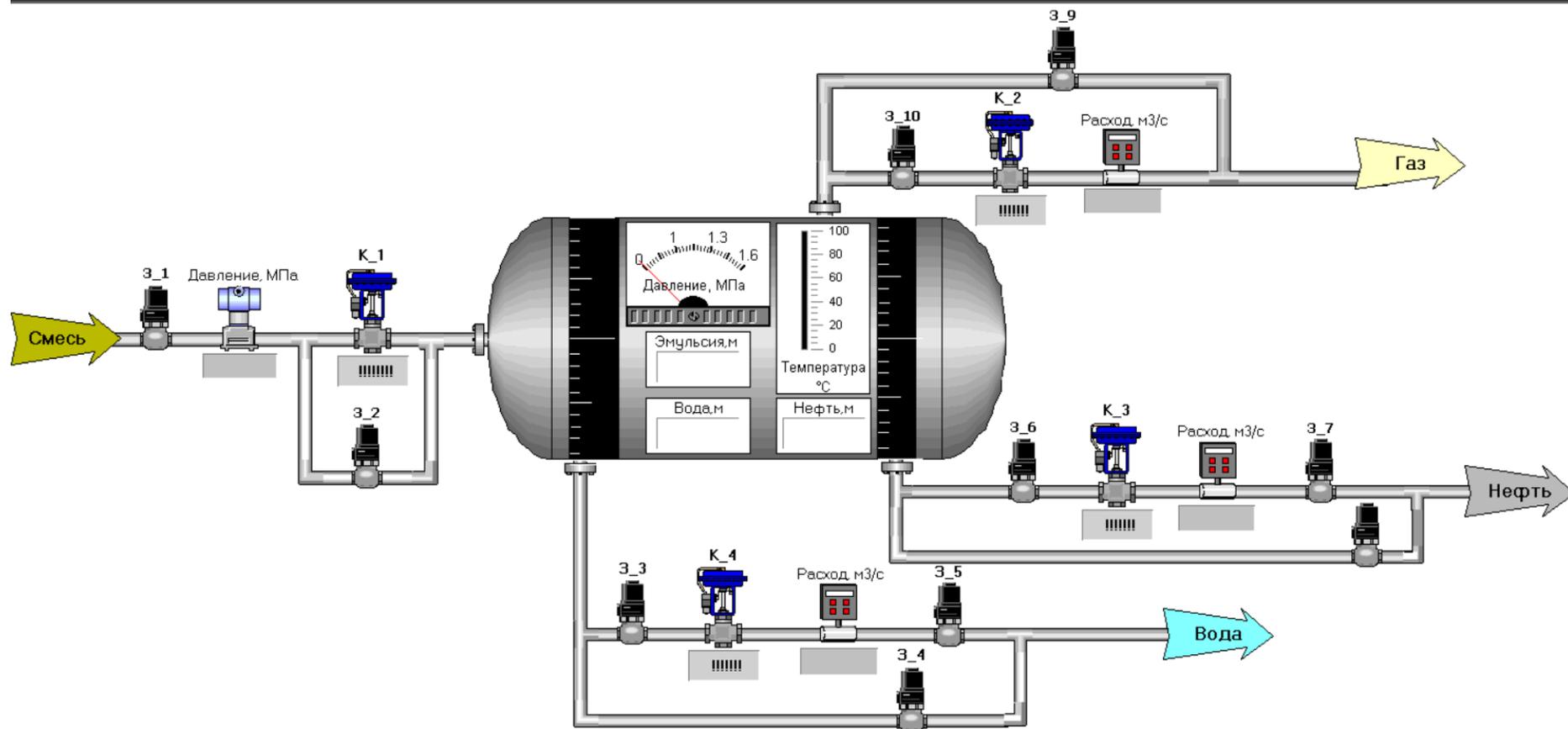


11.

Приложение В

(Обязательное)

Человеко-машинный интерфейс с традиционным дизайном



Дата и время /	Сообщение	Статус	Тип	Текущее значение	Комментарий тега
06/10/2022 02:27:47		UNACK	LO	0	текущий уровень нефти во 2 полости
06/10/2022 02:27:47		UNACK	LO	0	текущее значение уровня воды в сепараторе
06/10/2022 02:27:47		UNACK	LO	0	-----

Приложение Г

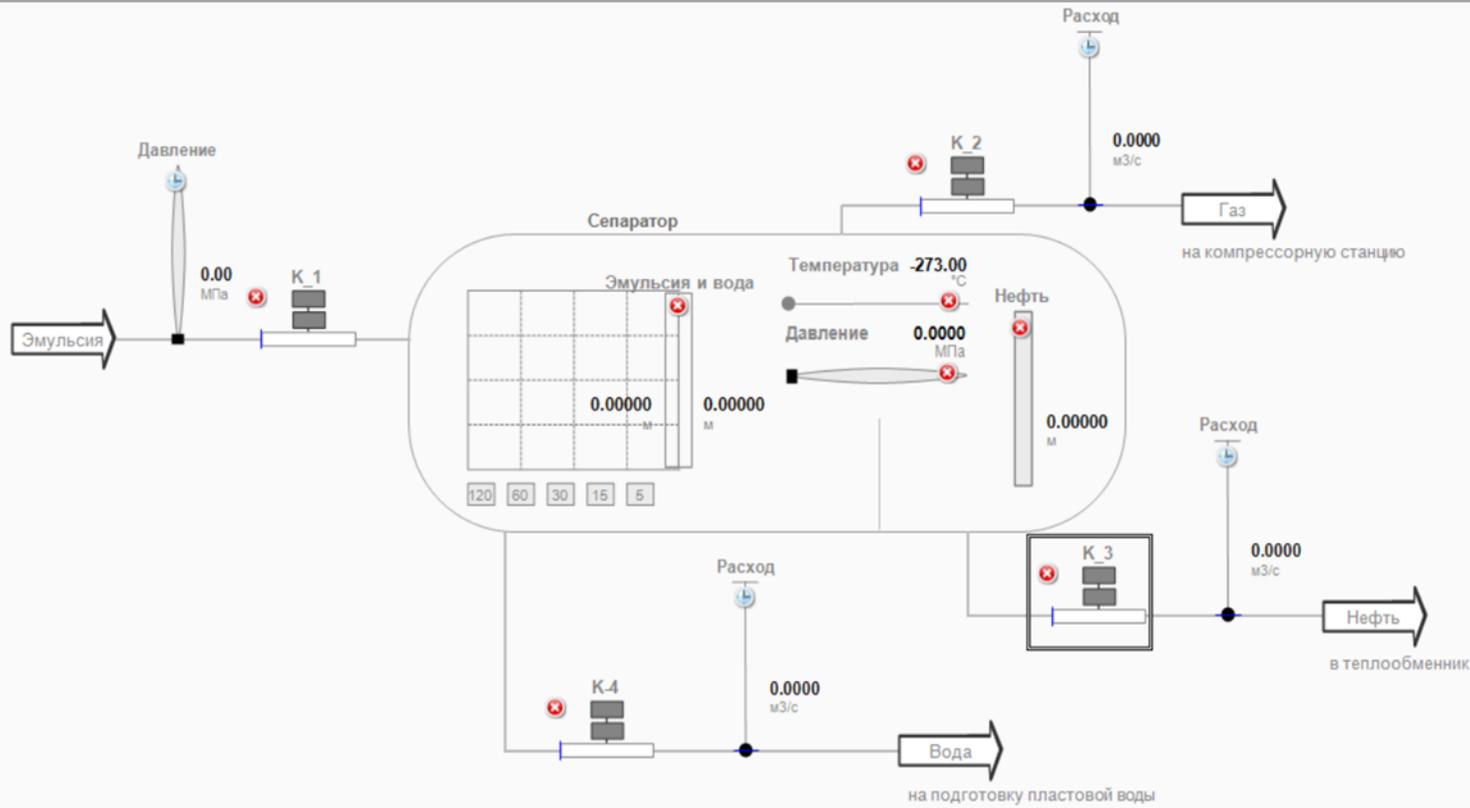
(Обязательное)

Человеко-машинный интерфейс с концепцией ситуационного восприятия

Площадка сепаратора

Хазиева К.Р.

10.06.2022 10:02:17



Панель управления

Давление в сепараторе

0.0000 МПа

Уставка 0.0000 МПа

LoLo 0.1000 МПа HiHi 1.30 МПа

Lo 0.9000 МПа Hi 1.20 МПа

Температура в сепараторе

-273.00 °C

Уставка 0.0000 °C

LoLo -10.00 °C HiHi 85.00 °C

Lo 10.00 °C Hi 80.00 °C

Уровень эмульсии

HiHi 2.50 м

Hi 2.00 м

Уставка 0.0000 м

Lo 1.50 м

LoLo 0.1000 м

Уровень воды

HiHi 2.10 м

Hi 1.90 м

Уставка 0.0000 м

Lo 0.7200 м

LoLo 0.1000 м

Уровень нефти

HiHi 2.50 м

Hi 2.30 м

Уставка 0.0000 м

Lo 0.8000 м

LoLo 0.6000 м

Время и дата	Сообщение	Статус	Тип	Текущее значение	Комментарий тега
--------------	-----------	--------	-----	------------------	------------------