

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Применение виртуальных агентов систем управления для обнаружения и ликвидации аварийных ситуаций на объектах НГО

УДК 004.946:681.51:622.276:614.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM71	Чимров Антон Вячеславович		

Руководитель ВКР

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

Нормоконтроль

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2019 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации автоматизированных систем, включая подсистемы управления и их программное обеспечение.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации автоматизированных систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных автоматизированных систем и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий машинного обучения, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации автоматизированных систем, устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации систем управления технологическим процессом и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в автоматизированных системах и знать области их применения, в том числе в составе безлюдного производства.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		
P7	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласо-

		ванный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Уровень образования магистратура
 Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения - весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.19
--	----------

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения автоматизации и робототехники ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения автоматизации и робототехники ИШИТР	Суходоев Михаил Сергеевич	К.Т.Н		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8TM71	Чимрову Антону Вячеславовичу

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.02.2019 №1099/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Объект исследования: блочная кустовая насосная станция; Режим работы – круглосуточный, круглогодичный. Вид сырья: вода; Объекты процесса: технологический трубопровод, насосный агрегат; Повышенные требования к пожаробезопасности; Требования к диагностике технологического процесса.
--	---

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>	1 Разработка онтологии системы противоаварийной защиты 2 Разработка онтологии системы технического обслуживания и ремонта 3 Разработка сервисов системы противоаварийной защиты 4 Разработка сервисов системы технического обслуживания и ремонта 5 Моделирование дискретно-событийной системы в пакете «StateFlow» ПО «Matlab» 6 Создания виджета визуализации процесса в платформе «AggreGate»
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 Схема онтологии системы противоаварийной защиты 2 Схема онтологии системы технического обслуживания и ремонта 3 Функциональная схема автоматизации в соответствии со стандартом ANSI/ISA-5.1-2009 4 Виджет визуализации процесса
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Татьяна Гавриловна
«Социальная ответственность»	Исаева Елизавета Сергеевна
Раздел на иностранном языке	Пичугова Инна Леонидовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
История развития онтолого-ориентированного подхода	
Разработка функциональной схемы автоматизации в соответствии со стандартом ANSI/ISA-5.1-2009	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM71	Чимров А.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8TM71	Чимров Антон Вячеславович

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Диаграмма FAST
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM71	Чимров Антон Вячеславович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ71	Чимров Антон Вячеславович

Школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение школы	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистрант	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Тема диссертации:

«Применение виртуальных агентов систем управления для обнаружения и ликвидации аварийных ситуаций на объектах НГО»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является блочная кустовая насосная станция (БКНС). Помещение выполнено в виде блоков, а именно машинного зала с насосными агрегатами, энергетического зала и помещения диспетчера. В работе рассматриваются передовые технологии для предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций на рассматриваемом объекте.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Трудовой кодекс РФ; 2. Закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии; 3. ППБ 01-93; 4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. 5. СП. 5.13130.2009
2. Профессиональная социальная безопасность:	Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения: – микроклимат; – шум; – освещение; – электромагнитной и электростатическое излучение.
3. Экологическая безопасность:	Анализ влияния на экологическую безопасность окружающей среды. В качестве предметов воздействия могут выступить различные части электронных устройств. Областью воздействия является территория месторождения.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наибольшую угрозу представляют пожар и выход из допустимых диапазонов значений технологических параметров.
--	--

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ71	Чимров А.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа в форме магистерской диссертации, содержащая:

- 153 страницы;
- 43 рисунка;
- 34 таблиц;
- 30 источников;
- 3 приложения.

Ключевые слова: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АГЕНТЫ, МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ, ВИРТУАЛЬНЫЕ АГЕНТЫ, СИСТЕМА ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ, СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА, ОНТОЛОГИЯ, СЕРВИСЫ, БЛОЧНАЯ КУСТОВАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ, ANSI/ISA-5.1-2009, TIBBO AGGREGATE, MATLAB, STATEFLOW, ВИДЖЕТЫ, OPC-СЕРВЕР.

Объектом исследования является блочная кустовая насосная станция.

Цель работы – разработка системы на основе онтолого-ориентированного подхода для управления и анализа систем противоаварийной защиты и систем технического обслуживания и ремонта.

В данном проекте были разработаны онтологии для систем противоаварийной защиты и систем технического обслуживания и ремонта, созданы сервисы для связи агентов с онтологиями, проведено моделирования работы дискретно-событийной системы, рассматриваемый технологический процесс был визуализирован в платформе интернет вещей Tibbo Aggregate.

Спроектированная система предназначена для реального объекта требуемого проведения над ним управления, контроля и сбора данных. Данная система даст возможность повысить производительность, повысить надежность и точность измерений, уменьшить количество аварий.

Содержание

Введение	17
1 Теоретическая часть	19
1.1 История развития агентно-ориентированного подхода	19
1.2 Основные понятия интеллектуальных агентов	22
1.3 Классификация агентов	25
1.4 Типовые агентные архитектуры	28
1.5 Инструменты разработки	31
1.6 Нормативные документы в области ИА	36
2 Описание объекта исследования	42
2.1 Объект управления	42
2.2 Структура и функции систем БКНС	44
2.3 Описание работы системы ПАЗ	46
2.4 Описание работы системы ТОиР	48
3 Практическая часть	52
3.1 Разработка онтологии системы	52
3.1.1 Понятие онтологии	52
3.1.2 Онтология системы ПАЗ	55
3.1.3 Онтология системы ТОиР	60
3.2 Разработка сервисов	63
3.3 Разработка функциональной схемы автоматизации	71
3.4 Моделирование работы системы	76
3.4.1 Разработка SF-диаграммы процесса	76
3.4.2 Визуализация процесса в системе AggreGate	85
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	92
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	92
4.2 Анализ конкурентных технических решений	92
4.3 FAST-анализ	94
4.4 SWOT-анализ	97
4.5 Планирование научно-исследовательских работ	99
4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования	99
4.5.2 Разработка графика проведения научного исследования	100
4.5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	104
4.5.4 Расчет материальных затрат НТИ	104
4.5.5 Расчет стоимости основных средств для научного исследования	105
4.5.6 Основная заработная плата исполнителей темы	105

4.5.7	Дополнительная заработная плата	107
4.5.8	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	107
4.5.9	Накладные расходы.....	108
4.5.10	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	109
4.6	Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности проекта...	109
4.7	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	112
4.7.1	Расчет чистой текущей стоимости	112
4.7.2	Дисконтированный срок окупаемости	113
4.7.3	Внутренняя ставка доходности (IRR)	114
4.7.4	Индекс доходности (рентабельности) инвестиций.....	115
5	Социальная ответственность	117
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	118
5.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	119
5.3	Профессиональная социальная безопасность	119
5.4	Показатели микроклимата	120
5.5	Превышение уровня шума	122
5.6	Электромагнитное и электростатическое излучения	123
5.7	Экологическая безопасность	124
5.8	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	125
5.9	Вывод по разделу	128
	Заключение	129
	Список публикаций.....	131
	Список использованных источников	133
	Приложение А.....	136
	Приложение Б.....	151
	Графический материал: на отдельных листах	
	ФЮРА.420609.01 С2 Функциональная схема автоматизации	

Определения

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (АС): Это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации;

объект управления: Обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления;

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);

архитектура АС: Архитектура автоматизированной системы – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых komponуется АС;

ОРС-сервер: Это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС;

интеллектуальный агент: Это сущность, которая имеет возможность анализировать среду в которой она находится при помощи различных сенсоров, а

также воздействовать на эту среду при помощи различных исполнительных устройств;

система противоаварийной защиты: Это логическая контрольно-измерительная система, которая обнаруживает ненормальные события в технологическом процессе (АС) и инициирует автоматические действия по размыканию энергии, срабатыванию клапанов и останову технологического объекта для приведения нарушения технологического режима к безопасному уровню;

система технического обслуживания и ремонта: Это комплекс организационных и технологических мероприятий по обслуживанию и ремонту оборудования;

ER-модель: Модель данных, позволяющая описывать концептуальные схемы предметной области;

онтология: Представляет собой описание знаний, сделанное достаточно формально, чтобы быть обработано компьютерами;

сервис: Основной действующий субъект процесса многоуровневой самоконтекстуализации;

функциональная схема автоматизации: Представляет собой технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации;

StateFlow: Это инструмент логики управления, используемый для моделирования реактивных систем с помощью конечных автоматов и блок-схем в модели Simulink;

виджет: Примитив графического интерфейса пользователя, имеющий стандартный внешний вид и выполняющий стандартные действия.

интернет вещей: Концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой.

ANSI: Объединение американских промышленных и деловых групп, разрабатывающее торговые и коммуникационные стандарты. Входит в организации ISO и IEC.

SF-диаграмма: Это графическая диаграмма, создаваемая средствами графического интерфейса пакета расширения Stateflow. SF-диаграмма служит для визуального представления работы моделируемой системы.

Обозначения и сокращения

Аббревиатура	Краткая характеристика
ВА	Виртуальный агент
ИА	Интеллектуальный агент
НГО	Нефтегазовая отрасль
РИИ	Распределенный искусственный интеллект
МАС	Мультиагентная система
DVMT	Dynamic Video Memory Technology – технология динамической видеопамяти
JADE	Java Agent Development Framework
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents
IEEE	
ОУ	Объект управления
БКНС	Блочная кустовая насосная станция
НА	Насосный агрегат
ПАЗ	Противоаварийная защита
АПС	Автоматическая пожарная сигнализация
АПТ	Автоматизация пожаротушения
ТОиР	Система технического обслуживания и ремонта

КИПиА	Контрольно-измерительные приборы и автоматика
PCY	Распределенная система управления
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных
ИУ	Исполнительное устройство
АРМ	Автоматизированное рабочее место
OWL	Web Ontology Language – язык описания онтологий
XML	eXtensible Markup Language – расширяемый язык разметки
CPS	Cyber physical system – киберфизическая система
RDF	Resource Description Framework
ПЛК	Программируемый логический контроллер
ПО	Программное обеспечение
SF-диаграммы	StateFlow-диаграмма
SCL	Structured Control Language
HMI	Human-machine interface

Введение

В последние годы происходит активное падение цен на нефть и другие сырьевые товары, что не может не отражаться на финансовом положении многих предприятий в данной отрасли. И если для крупных и давно известных на российском и международном рынке компаний это всего лишь временные трудности, то для компаний поменьше, падение цен может угрожать их существованию. Путем выхода из сложившейся ситуации является поиск инновационных решений, а именно путей повышения эффективности, как текущей операционной деятельности, так и стратегического планирования.

Одним из таких направлений является применения виртуальных агентных систем или интеллектуальных агентов. Все технологии интеллектуализации месторождений нефти и газа – это новые концепции ценностей, моделей постановки проблем и их технических решений, направленных на динамичное развитие и рост капитализации компаний в режиме реального времени без которых сложно представить развитие предприятий.

Применение подходов и принципов основанных на интеллектуализации производства позволит сократить инвестиционные и производственные затраты за счет правильного планирования и оптимального управления, а также обеспечит непосредственный рост добычи нефти и газа. Сравнительный анализ показывает, что применение цифровых технологий увеличило все ключевые показатели эффективности в данной сфере относительно технологий прошлых лет примерно на 2-10 %, а применение интеллектуальных методов управления приведет к увеличению срока разработки и эксплуатации месторождения относительно применения цифровых технологий.

Хотя такие технологии искусственного интеллекта, как нейронные сети, генетические алгоритмы, машинное обучение, нечеткая логика, и, собственно, интеллектуальные агенты были разработаны еще в конце прошлого века, на сегодняшний день данные технологии кажутся чем-то сверхсовременным и

сложным, поэтому многие производители предпочитают работать с классическими способами управления, которые, конечно, имеют право на жизнь, поскольку доказывали свою работоспособность годами.

Таким образом, в работе рассматриваются основные понятия и концепции виртуальных агентных систем, проводится исследование возможности применения данной технологии для обнаружения и ликвидации аварийных ситуаций на объектах НГО. Планируется создание дискретно-событийной системы, разработка онтологии интеллектуальных агентов для обработки различных внештатных ситуаций. Для моделирования процессов применяется пакет «StateFlow» программного обеспечения «MATLAB». Кроме того, в работе проводится исследование экономической эффективности внедрения виртуальных агентных систем на объектах НГО и их преимущества перед другими методами контроля и управления производственными процессами.

1 Теоретическая часть

1.1 История развития агентно-ориентированного подхода

Для хорошего понимания специфики и концепции интеллектуальных агентов необходимо погрузиться в историю развития данной технологии, которая тесно переплетается с историей развития теории автоматического управления, теории конечных автоматов и других дисциплин, позволяющие моделировать и управлять процессами в реальной жизни.

Первые работы по изучению автоматов были предложены еще в середине прошлого века известным ученым Дж. фон Нейманом, однако, самые фундаментальные тезисы были опубликованы в работах А. Н. Колмогорова, а также в работах известных иностранных ученых [1]. Тем не менее, данные работы дают лишь общее описание терминов и структуры автоматов, что явно недостаточно для проектирования целой системы. Стоит отметить, весомый вклад в становление интеллектуальных агентов оказала отечественная школа изучения поведения конечных автоматов. В работах данной школы впервые был поставлен вопрос о способности целесообразного поведения в стационарной среде при рассмотрении коллектива реактивных агентов малой сложности. Расширение адаптивности агентов достигается за счет перехода к автоматам переменной структуры. Традиционные модели коллективного поведения автоматов имеют все шансы рассматриваться как крайний случай описания реактивных агентов, которые владеют низкой автономностью и наименьшим целеполаганием. М. Минский – также важная фамилия в области изучения искусственного интеллекта и применения его к реальным объектам [2]. Минский один из первых, кто изучил механизмы и способы возникновения интеллектуального поведения в результате взаимодействия вычислительных модулей – агентов. Каждый агент имеет различные интеллектуальные свойства, однако связь между агентами не имеет систематического порядка, в результате отсутствия координирующего агента. Недостатком данного исследования можно считать то, что в нем нет четких определений из области искусственного ин-

теллекта, хотя на тот момент уже были исследования в данной области. Тем не менее, идеи и труды Минского нашли отражения в более поздних трудах ученых в области исследования агентных систем.

Если выделять других зарубежных ученых, весомый вклад в развитие агентно-ориентированного подхода внёс американский ученый Карл Хьюитт, работавший в области изучения теории акторов. К. Хьюитт раскрыл значение процессов взаимодействия и управления в организации акторов, также ввел понятие распределенной системы и предложил структуру, где управление рассматривалась как сообщения, между активными объектами. Таким образом, можно сделать вывод, что актор – это агент, имеющий свой адрес и свои шаблоны поведения. В работах [3], [4] Хьюитта подробно рассмотрен вопрос архитектуры агента и дано множество примеров, иллюстрирующих процедуру взаимодействия со средой. Вышеупомянутые работы хоть и являлись базисом для развития агентных систем, но логично, что в силу неполноты информации и недостаточности исследований, к эти работы не могут быть оценены на основании требований, которые можно предъявить к относительно современным источникам.

Практическое внедрение агентно-ориентированных систем началось в 70-ых годах прошлого века западными учеными В.Лессером и Д. Ленатом [5]. В данной работе были предложены структурированные требования к архитектуре агентных систем. Как итог работы этих ученых, появилась система под названием «доска объявлений». Смысл её заключается в том, структура управления процессом взаимодействия агентов в начале неизвестна, а деятельность источников знаний связана с доставкой, модификацией и извлечением объектов с доски объявлений, которая выступает в роли базы знаний, где информация структурирована как пространство гипотез и решений. Также в данных работах было предложено устройство (особый агент), которое брало на себя функции координации взаимодействия агентов и разрешения конфликтов между ними.

С 80-х годов началось более активное изучение технологии агенто-ориентированного подхода. Впервые появилась модель распределенного решения задач, получившая широкую известность в области исследования агентных систем, позже данная модель была стандартизирована. С этого момента началось развитие организаций, которые занимаются регулированием и разработкой технологий с применением агентов. Смысл данной модели заключается в следующем: существуют три вида агентов: агент-исполнитель, агент-менеджер, агент-подрядчик. Агент-менеджер предоставляет информацию о задании и задает начальную цену. Агент-исполнитель – предлагает услуги за определенную цену, как правило, такого типа агентов большое количество, таким образом, задача агента-менеджера выбрать наилучшего потенциального исполнителя, который затем становится агентом-подрядчиком.

Период практического применения агентных систем начинался с создания системы DVMT, которая предназначалась для анализа обстановки на дороге. В данной системе агенты должны были выбирать единую точку зрения на различные дорожные ситуации (к примеру информацию о пробках или авариях, аналогами являются современные системы GPS карты). Информация предоставлялась с датчиков, однако сложность заключалось в том, что данной информации было слишком много и её качество оставляло желать лучшего.

Следующий прорыв в области изучения интеллектуальных агентных систем связан именем И. Шоэма и его работой «Агентно-ориентированное программирование» [6]. В работе приведены требования к семантическому определению, а также описаны требования к концептуальной информационной модели, такие как цели, намерения, мотивы, убеждения и т.д. Те или иные решения агента принимаются на основе мотивов, а убеждения накладывают ограничивающие условия на них. Впервые предложены единые протоколы коммуникации для общения агентов. Система АОП должна включать следующие базовые компоненты: ограниченный формальный язык с соответствующими синтаксисом и семантикой для описания внутреннего состояния агента; язык програм-

мирования для спецификации агентов; агентификатор, преобразующий нейтральные компоненты в программируемых агентов. Единственный минус данной работы – это отсутствие графического отображения разработанных агентных систем. Стоит отметить, что противоположностью агентно-ориентированного подхода является объектно-ориентированное программирование, концепции которого хорошо описаны в работах А. Элленса [7].

1.2 Основные понятия интеллектуальных агентов

Агент – это сущность, которая имеет возможность анализировать среду в которой она находится при помощи различных сенсоров, а также воздействовать на эту среду при помощи различных исполнительных устройств. На рисунке 1 показана схема взаимодействия агента со средой.



Рисунок 1 – Схема взаимодействия агента и среды

В общем случае порядок действий агента имеет следующую структуру:

- Активная фаза: в этой фазе агент наблюдает за средой для определения существующей ситуации (можете считать это сбором данных, то есть тем, чем мы обычно занимаемся при веб-аналитике), затем дает прогноз, какое из всех возможных действий окажется лучшим и в завершении совершает действие;
- Фаза обучения: агент снова наблюдает за средой, чтобы увидеть влияние произведенного действия, оценивает, насколько хорошим или плохим оказалось данное влияние и привело ли оно к цели, если нет, определяет, прибли-

зило оно к цели или, наоборот, отдалило по сравнению с той ситуацией, что была до совершения действия и в заключение обновляет модель прогнозирования согласно тому, насколько действие продвинуло агента ближе к цели либо отдалило его от нее.

Функция агента – математическое формулировка задач агента и его функционала.

Агентная программа – конкретная физическая реализация последовательности действия агента. Применение технологии искусственного интеллекта позволяет создавать программы агента без участия человека. Возникает ситуация, что для одинаковых исходных данных возможны различные варианты действий (соответственно, функций и программ агентов). Верным будет являться тот, при котором агент наиболее успешно решает поставленную задачу.

Рефлексный агент – агент, вырабатывающий выходное воздействие, основываясь только на текущей информации, не рассматривая какую-либо историю. Добавляя к рефлексному агенту модель объекта, можно получить «рефлексного агента, основанного на модели», добавляя цель – «агента на основе цели». Структурная схема рефлексного агента показана на рисунке 2.

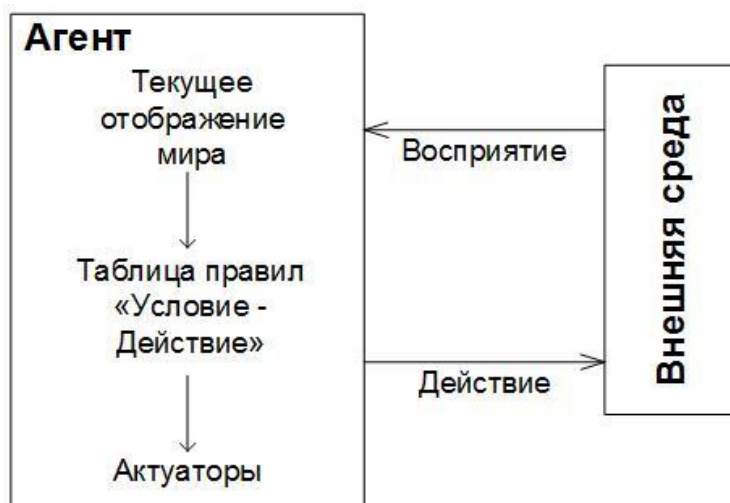


Рисунок 2 – Структурная схема рефлексного агента

Интеллектуальная система – это информационно-вычислительная система с элементами искусственного интеллекта, способная принимать решения без участия оператора. Можно выделить следующие свойства такого рода систем: прием и передачи информации, классификация и кластеризация, хранение и обработка; реакция на изменения в окружающей среде; выдача данных о состоянии системы. В процесс обучения входит наблюдение и управление собственным целенаправленным поведением. В состав аппаратно-программного комплекса входят сенсоры, исполнительные устройства, устройства среднего и третьего уровня автоматизации, включая программное обеспечение, протоколы и т.д. Часто определение интеллектуальных систем рассматривается через набор функциональных свойств, таких как, например, мониторинг, диспетчеризация и т.п. Более содержательное определение – это рассматривать интеллект как сочетание способности предсказания среды со способностью выбора соответствующей реакции из множества альтернатив с учетом результата предсказания и поставленной цели, т.е. определять интеллект в терминах поведения стремящейся к цели системы (живой или искусственной) и измерять степень ее интеллекта по адекватности принимаемых ей решений. Все вышеупомянутые определения даны в работе «Введение в мультиагентные системы», где можно найти требования к информационной модели, а также требования к реализации данных, то есть тому как система должна объединять множество данных о состоянии объекта и делать правильные выводы о его фактическом состоянии [8].

Свойства агентов – набор атрибутов, характеризующих данное понятие, стоит сразу отметить, что данный список не является конечным и по мере развития агентных систем свойства агентов пополняются новыми понятиями:

- автономность: способная принимать решения без участия человека, основываясь на других атрибутах и внутреннем состоянии;
- общественное поведение: способность координировать с другими агентами в определенных условиях;

- реактивность: способность получить данные из среды, а затем своевременно реагировать на изменения в данной среде;
- базовые знания: набор сведений агента о себе, о среде, о других агентах, которые являются постоянными в течении времени;
- убеждения: сведения агента о среде и других агентах, изменяющаяся во времени, однако, агент может об этом не знать и продолжать использовать их для своих целей;
- желания: важные для агента состояния, которые могут быть противоречивыми и не все будут достигнуты;
- цели: состояния, которые являются приоритетными для агента в данный момент времени;
- намерения: непротиворечивое подмножество желаний, выбранное по тем или иным причинам и совместимое с принятыми на себя обязательствами;
- обязательства: действия агента, переданные ему от других агентов;
- благожелательность: способность агентов оказывать помощь друг другу;
- правдивость: свойство агента не оперировать заведомо ложной информацией [9].

1.3 Классификация агентов

Существует множество классификаций систем интеллектуальных агентов, каждый автор делает эти классификации исходя из своего видения построения и иерархии агентных систем. На рисунке 3 показана классификация агентных систем данная В. Б. Тарасовым [10].



Рисунок 3 – Классификация агентных систем

Одно из основных направлений, выделяемых Тарасовым это распределенный ИИ. Основа РИИ это исследования взаимодействия – небольшого числа классических интеллектуальных систем, включающих базы знаний и решатели. РИИ основывается на разделении знаний и ресурсов между агентами. Другое направление – искусственная жизнь – то что понимается под классическим искусственным интеллектом, а именно свойства агента выбирать пути решения для обеспечения наибольшей производительности, достижения целей и желаний в незнакомой или изменяющейся среде.

Тарасов выделяет и ещё одно направление – децентрализованный ИИ. Главное отличие от распределённого ИИ то, что в децентрализованных системах главную роль играет взаимодействие между агентами. Объект исследования – это деятельность автономного агента в динамическом мультиагентном мире.

Однако, данная классификация агентных систем не является исчерпывающей и не раскрывает всего многообразия подобных систем, что конечно же является недостатком представленных исследований. Таким образом, для большего понимания рассмотрим следующую классификацию (рисунок 4) [11].

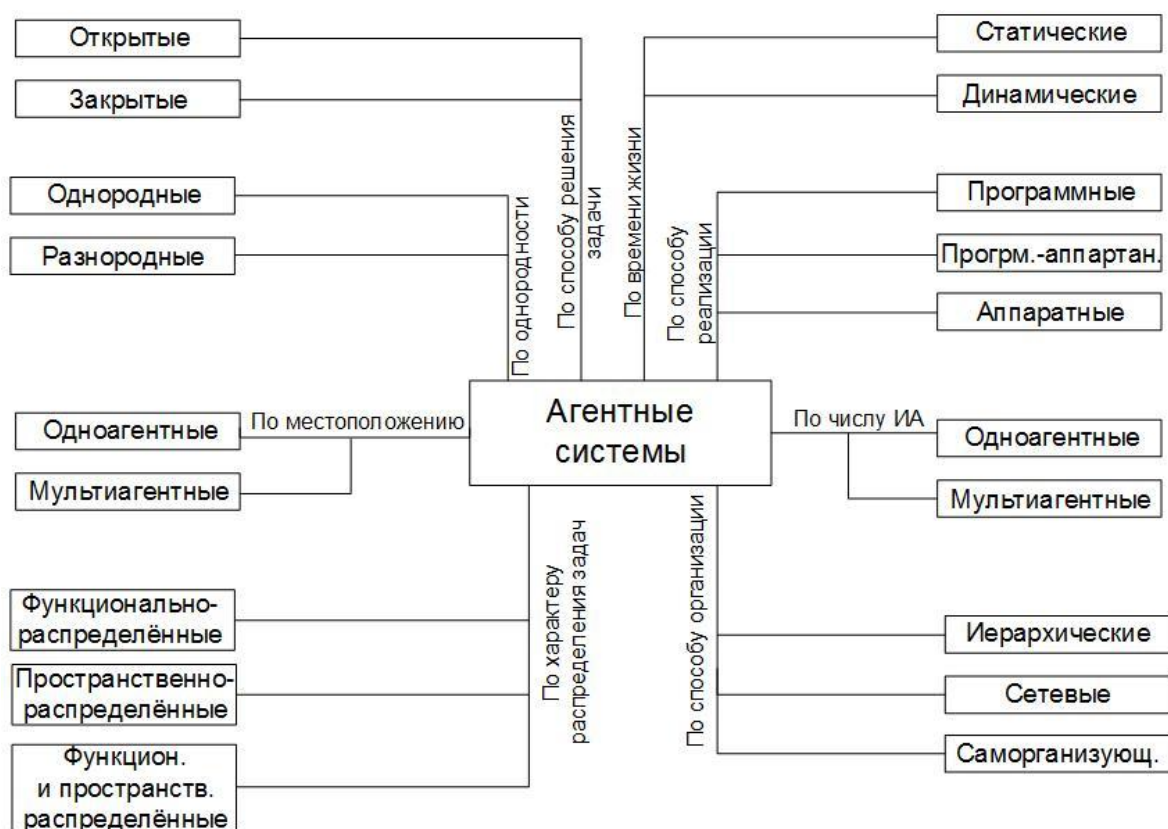


Рисунок 4 – Классификация агентных систем по различным признакам

Рассмотрим классификацию непосредственно агентов, а не агентных систем. Чаще всего разделение идет на следующие группы агентов: простой, смысловой, интеллектуальный, действительно интеллектуальный. Признаки и характеристики каждого из агентов приведены в таблице 1 [12].

Таблица 1 – Классификация агентов

Характеристики	Тип агента		
	Простой	Смысловой	Интеллектуальный
Автономность	+		+
Коммуникативность	+	+	+
Наблюдение за средой	+	+	+
Использование абстракций		+	+
База знаний		+	+
Адаптивность			+
Обучение из окружения			+

Продолжение таблицы 2 – Классификация агентов

Характеристики	Тип агента		
	Простой	Смышлёный	Интеллектуальный
Толерантность к ошибочным входным сигналам			+
Функционирование в режиме реального времени			+

Как видно из таблицы 1, наибольший функционал способны обеспечить агенты с классификацией «интеллектуальные», агенты разновидности «простой» – устройства, которые ушли недалеко от тривиальных регуляторов. Таким образом, оптимальным вариантом является использование либо «смышлёного», либо «интеллектуального агента» (в условиях возможности технической реализации, ограниченности финансовый ресурсов и рентабельности применения).

1.4 Типовые агентные архитектуры

В современном мире существует множество различных архитектур интеллектуальных агентов, однако базовыми являются, как правило, три класса архитектур агентных систем и соответствующих им моделей интеллектуальных агентов: делиберативные агенты, реактивные и гибридные. Все остальные чаще всего являются комбинациями перечисленных выше агентных архитектур.

Рассмотрим каждую из архитектур подробнее. Делиберативная архитектура имеет некую символическую модель мира, а решений принимаются на основе логических рассуждений агентов. Основой для построения делиберативной архитектуры являлась гипотеза физических символьных систем, разработанная Ньювеллом и Саймоном [13]. В данной работе описана физическая символьная система, физически реализуемая с помощью множеством сущностей или символов, которые образуют определенные структуры и имеют возмож-

ность запускать процессы, оперирующие на этих символах в соответствии с символически закодированными множествами инструкций. Данная теория утверждает, что системы подобного типа могут быть способны к обучению и адаптивному поведению, что являются признаком интеллектуальности. Делиберативный агент имеет следующие атрибуты:

- способность принятия решения о действиях, основываясь на логических рассуждениях;
- наличие базы знаний;
- способность функционировать в следующем порядке действий: наблюдение – рассуждение и логический вывод – действие.

Вулдридж и Дженнинг описывали делиберативного агента как «то, что содержит явно представленную символическую модель мира, и в котором решение принимается через логический вывод, основанный на сопоставлении с образом или символической манипуляции» [14], также в данной работе была предложена структура делиберативного агента показанная на рисунке 5.



Рисунок 5 – Структура делиберативного агента

Следующий тип архитектуры – реактивная архитектура агент. Данный тип архитектуры возник в результате развития агентно-ориентированного подхода и поиска путей разрешения проблем, возникающих при использовании в агентных системах классических методов ИИ. Основоположником этой архитектуры является Р. Брукса, сформулировавший следующие свойства интеллекта:

- интеллектуальное поведение может быть создано без явного символического представления знаний;

- интеллектуальное поведение может быть создано без явного абстрактного логического вывода;
- интеллект может быть внезапным свойством некоторых систем.

В реальности интеллект не является чем-то заранее определенным или заложенным в агента, интеллект возникает только в результате взаимодействия агента со средой. Вместо оперирования моделью мира и планирования реактивные агенты имеют набор поведенческих шаблонов, которые реагируют на изменения в среде в форме «стимул – реакция» (рисунок 6) [15].

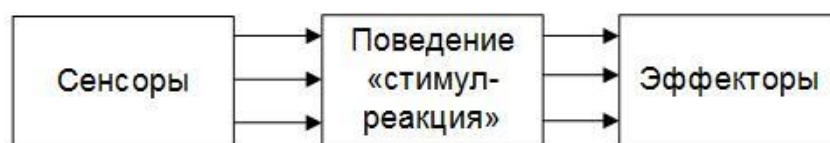


Рисунок 6 – Структура реактивного агента

Одно из преимуществ применения реактивной архитектуры – это возможность использования большого количества сценариев поведения агентов в соответствии с теми или иными событиями в окружающей среде. Из недостатков можно выделить то, что невозможно провести подробный ситуативного анализа всех возможных реакций других агентов. Отсюда возникает потребность в использование другого типа архитектуры, а именно гибридной архитектуры.

Все большую популярность набирает идея о том, что агент, обладающий высокоуровневым выводом и низкоуровневыми реактивными способностями может компенсировать недостатки вышеописанных архитектур. Таким образом, использование агента с реактивной составляющей с возможностью логического вывода может быть успешно применимо для более сложных нетривиальных задач. Структура гибридного агента показана на рисунке 7 [16].

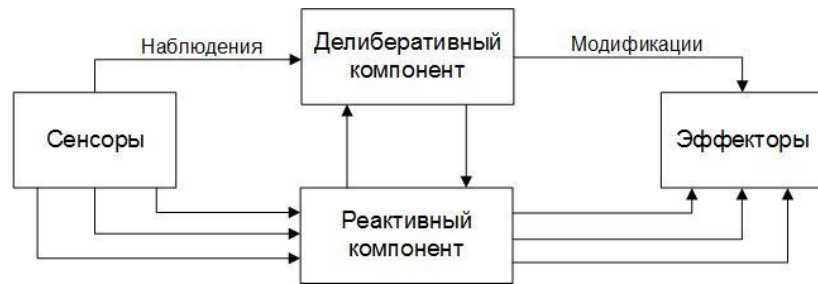


Рисунок 7 – Структура гибридного агента

1.5 Инструменты разработки

Прежде чем переходить непосредственно к инструментам разработки интеллектуальных агентов, необходимо понимать каким образом происходит проектирование всей агентной системы, её наладка и интеграция. Структурная схема данного процесса показана на рисунке 8.



Рисунок 8 – Схема разработка агента

Процесс разработки начинается с анализа проблемы, которую должна решать агентная система, это может любой технологический, бизнес или экономический процесс. На основе анализа, делается вывод о том какие данные будут исходными для системы и какой отклик стоит ожидать на выходе, другими словами составляется техническое задание на проектирование. Затем наступает наиболее сложная стадия – стадия создания агента (агентной системы). Определяется количество агентов и их группы (агенты исполнители, агент су-

первизор и т.д.). Для определения множества входных и выходных данных чаще всего используется математическая модель исследуемого объекта. Определение настроек агента является одним из самых трудоемких процессов из всех стадий создания агентной системы. Для этого могут быть использованы технологии искусственного интеллекта такие как нейронные сети, генетические алгоритмы и т.д. Затем происходит этап тестирования и проверки работоспособности системы. После получения необходимых результатов (в зависимости от поставленных целей), происходит процесс интеграции агентной системы в окружающую среду.

Однако, предложенная схема показывает лишь общие процессы проектирования интеллектуальных агентов. Создание агентной системы подразумевает под собой не только какую-то математическую основу, а также удобный пользовательский интерфейс и все другие атрибуты качественного программного обеспечения. Более подробная схема показана на рисунке 9.

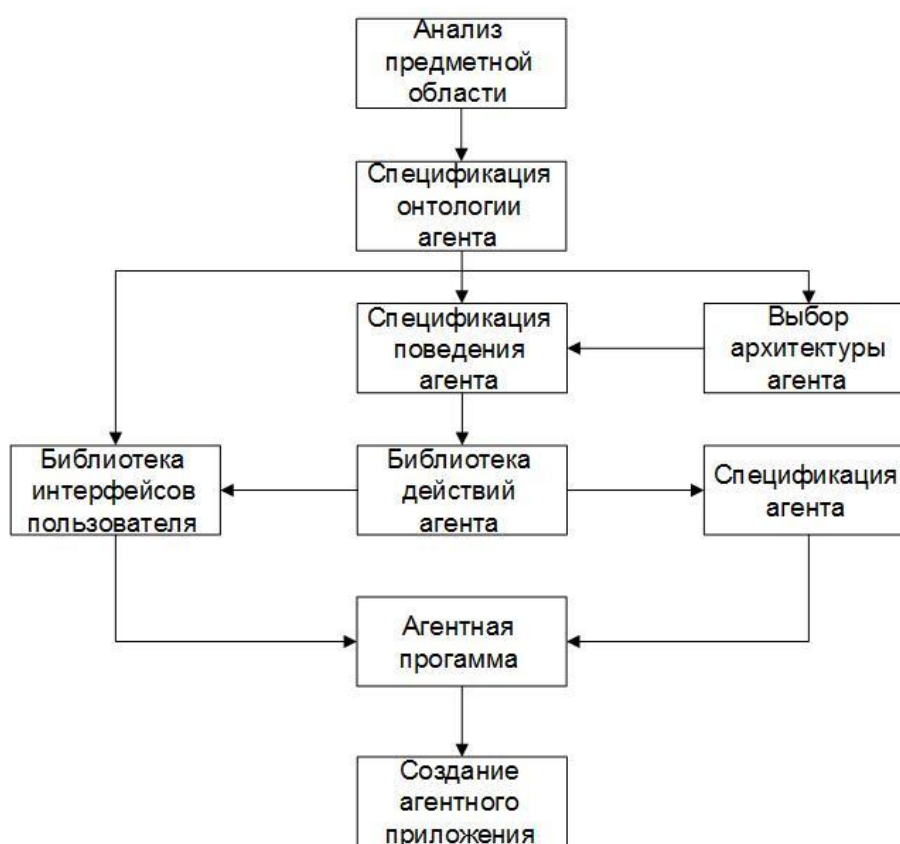


Рисунок 9 – Структура пользовательского приложения агентной системы

Таким образом, можно сделать вывод, что интеллектуальные агентные системы могут быть разработаны и осуществлять свои действия в так называемых агентных платформах. На сегодняшний день существует огромное количество агентных платформ, очевидно, каждая из них имеет свои плюсы и минусы. На сайте организации «AgentLink» доступен список различных агентных платформ: JADE, FIPA-OS, AOS, KADOMA, NOMADS, ARA, AGLETS, GRASSHOPPER, AJANTA, LEAP, JACK, SEMOA. Некоторые из представленных платформ являются коммерчески успешными реализациями и используются в проектах по всему миру, например, JADE [17].

В большинстве случаев агентные платформы применяют для создания системы любой агентной архитектуры, тем не менее, внесение изменений в существующие структуры и алгоритмы, с целью расширения функционала агента, и при этом сохранением его интеллектуальных свойств, вынуждает разрабатывающие организации использовать огромные трудовые и временные ресурсы при создании такой платформы. В итоге агентные платформы можно разделить на следующие группы:

- агенты, не выполняющие никакой реальной работы, то есть задействованные только в моделировании поведения агентов(Mason);
- агенты, выполняющие реальную работу, такие агенты требуют значительных затрат при разработке (JADE).

В данной работе рассмотрена вышеупомянутая система JADE. Данная платформа создана на языке программирования Java, а также с использованием других современных инструментов разработки. JADE основывается на использовании FIPA-спецификаций, которые будут рассмотрены ниже, это позволяет упростить разработку агентов за счет унифицированных требований к функционалу, архитектуре и способов передачи сообщений. Платформа поддерживает до 10 устройств в системе на разных операционных системах, кроме того платформа имеет свой графический интерфейс. Процессы настройки платформы гибкие и предоставляют пользователю множество опций. Базовым поняти-

ем данной платформы является «контейнер» (рисунок 10). Очевидно, что программное обеспечение, основанное на спецификациях FIPA должно соответствовать всем требованиям данной организации.

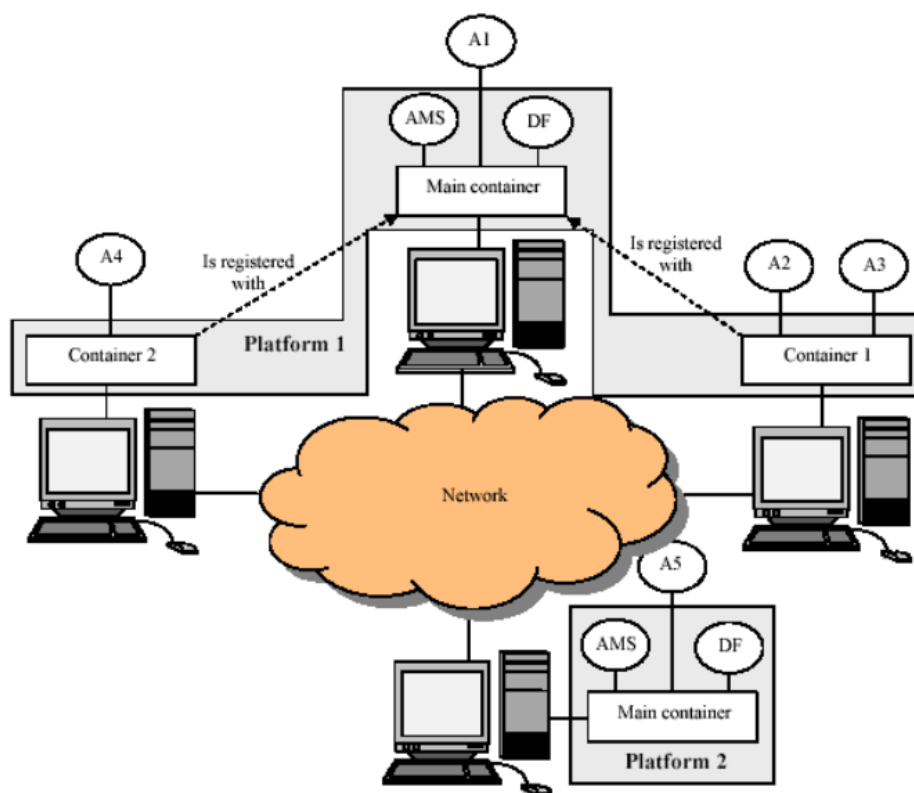


Рисунок 10 – Схема взаимодействия контейнеров в JADE

Контейнером называется динамическая среда исполнения мультиагентных приложений, в которой находятся агенты. Отдельный контейнер содержит до 5 агентов. Контейнеры могут быть активными и неактивными, в зависимости от требований пользователя. Обязательное требование при разработке агентной системы – в системе должен быть главный контейнер, для координации связи между другими агентами и регистрации в системе. Таким образом, при разработке первым делом создается главный контейнер, ему назначается хост и порт, то есть при создании последующих контейнеров можно сразу указать адрес по которому можно найти главный контейнер, что позволит избежать проблем со связью при первом запуске платформы. Другим важным требованием является уникальность имени агентов в системе. В ситуации, когда агенты знают имена других агентов, они могут обмениваться информацией да-

же если они располагаются в разных контейнерах, то есть независимо от их фактического местонахождения.

Ниже представлен набор средств для разработки агентных систем, которые имеет JADE:

- FIPA-compliant Agent Platform – платформа, реализованная на FIPA-спецификациях, включает системных агентов, которые запускаются при запуске системы и являются обязательными;
- Distributed Agent Platform – распределенная агентная платформа, использующая до 10 устройств в сети. Передача информации между агентами, в зависимости от их местонахождения, реализуется с помощью – Multiple Domains support , который также основан на FIPA-спецификациях;
- Multithreaded execution environment with two-level scheduling – многопоточная платформа с двухуровневым планированием, в которой каждый агент имеет собственный поток управления, однако может функционировать и в многопоточном режиме;
- Object-oriented programming environment – объектно-ориентированная среда программирования, необходимая для создания пользовательского интерфейса;
- Library of interaction protocols – библиотека протоколов взаимодействия. Использование стандартных интерактивных протоколов fipa-request и fipa-contract-net;
- Administration GUI – администрирование пользовательского интерфейса. Базовые действия по управлению платформой выполняются посредством графического интерфейса, который показывает активных агентов в сети, а также их контейнеры. Использование графического интерфейса позволяет не только наблюдать за состоянием агентов, а также создавать, удалять, прерывать и возобновлять действия агентов.

Задачи программирования агентов, которые позволяет решить платформа JADE можно представить в виде таблицы 2.

Таблица 3 – Программирование логики агента

Задача	Решение
Представление исследуемых объектов в программном коде.	Генерация промежуточного ПО для логики агента.
Сетевой доступ к нескольким агентам с интеграцией поступающих обновлений.	Интеграция поступающих обновлений.
Отслеживание изменений, вносимых в систему другими агентами и синхронизация изменений.	Синхронизация поступающих обновлений.
Локальная обработка с последующим внесением множественных изменений в систему.	Формирование общего запроса на внесение изменений.

1.6 Нормативные документы в области ИА

К моменту активного развития агентных систем и искусственного интеллекта в целом, в мире не существовало унифицированных стандартов на разработку и эксплуатацию агентных систем. Таким образом, в начале 90-ых годов были созданы две организации MASIF (Mobile Agent System Interoperability Facility) и FIPA (Foundation of Physical Intelligent Agents), а также стандарты, называемые в соответствии с именем организаций. Данные стандарты предоставляют основные рекомендации по созданию систем интеллектуальных агентов. Большую популярность получил стандарт FIPA, поэтому именно он будет рассмотрен подробнее.

FIPA – это стандартизирующая организация международного компьютерного сообщества, которая продвигает технологии на основе агентов и обеспечивает совместимость своих стандартов с другими технологиями.

FIPA, как организация для разработки интеллектуальных агентов и мультиагентных систем, была официально принята IEEE 8 июня 2005 года.

Изначально FIPA была основана как швейцарская организация в 1996 году для производства стандартов программного обеспечения для разнородных и взаимодействующих агентов и агентных систем. С момента своего основания FIPA играла решающую роль в разработке стандартов и способствовала ряду инициатив и мероприятий, которые способствовали развитию и внедрению технологий интеллектуальных агентов. Кроме того, многие из идей, возникших и разработанных в FIPA, в настоящее время находятся в центре внимания в новых поколениях технологий «интернет вещей».

Стандарты FIPA представляют собой набор стандартов, предназначенных для содействия коммуникации разнородных агентов и сервисов. В 2002 году FIPA завершила процесс стандартизации подмножества всех своих спецификаций. На официальном сайте организации можно найти около 25 стандартов, связанных с технологиями агентов. На рисунке 11 показан список этих стандартов.

Identifier	Title
SC00001	FIPA Abstract Architecture Specification
SC00008	FIPA SL Content Language Specification
SI00014	FIPA Nomadic Application Support Specification
SC00023	FIPA Agent Management Specification
SC00026	FIPA Request Interaction Protocol Specification
SC00027	FIPA Query Interaction Protocol Specification
SC00028	FIPA Request When Interaction Protocol Specification
SC00029	FIPA Contract Net Interaction Protocol Specification
SC00030	FIPA Iterated Contract Net Interaction Protocol Specification
SC00033	FIPA Brokering Interaction Protocol Specification
SC00034	FIPA Recruiting Interaction Protocol Specification
SC00035	FIPA Subscribe Interaction Protocol Specification
SC00036	FIPA Propose Interaction Protocol Specification
SC00037	FIPA Communicative Act Library Specification
SC00061	FIPA ACL Message Structure Specification
SC00067	FIPA Agent Message Transport Service Specification
SC00069	FIPA ACL Message Representation in Bit-Efficient Specification
SC00070	FIPA ACL Message Representation in String Specification
SC00071	FIPA ACL Message Representation in XML Specification
SC00075	FIPA Agent Message Transport Protocol for IIOP Specification
SC00084	FIPA Agent Message Transport Protocol for HTTP Specification
SC00085	FIPA Agent Message Transport Envelope Representation in XML Specification
SC00088	FIPA Agent Message Transport Envelope Representation in Bit Efficient Specification
SI00091	FIPA Device Ontology Specification
SC00094	FIPA Quality of Service Specification
SC00097	FIPA Design Process Documentation Template

Рисунок 11 – Список действующих стандартов FIPA

Большинство стандартов посвящено протоколам взаимодействия агентов, либо протоколы представления сообщений. Однако для разработки агент-

ной системы и моделирования её работы, необходимо изучить стандарты, которые посвящены архитектуре агентов (SC00001) и стандарт об онтологии агентов (SI00091).

Первый стандарт описывает абстрактную архитектуру агента. Такая архитектура не может быть реализована для реального агента, но может быть применена как основа для разработки конкретных шаблонов архитектуры агентов. Стандарт подробно описывают, как построить агентную систему, включая агентов и сервисы, с точки зрения конкретных программных платформ, языков программирования, интерфейсов прикладного программирования, сетевых протоколов, сервисов операционной системы и т.д. [18].

Чтобы конкретная архитектура соответствовала требованиям FIPA, она должна иметь определенные свойства. Во-первых, архитектура должна включать механизмы для регистрации и обнаружения агента, а также передачи сообщений между агентами. Эти действия должны быть явно описаны в терминах соответствующих элементов архитектуры FIPA.

Разработчик архитектуры агента имеет значительную свободу в том, как реализовать те или иные элементы. Если архитектура обеспечивает только одну кодировку для сообщений или только один транспортный протокол, реализация может упростить программное представление системы. И наоборот, реализация может включать в себя дополнительные опции или функции, которые требуют от разработчика обрабатывать как абстрактные, так и специфичные для платформы элементы. Иными словами, существование абстрактной архитектуры FIPA не запрещает внедрение элементов, полезных для создания хорошей агентской системы, а лишь устанавливает минимально необходимые элементы. На рисунке 12 показана абстрактная архитектура агента в соответствии с FIPA.



Рисунок 12 – Схема абстрактной архитектуры агентов

Второй стандарт содержит определение свойств устройства, которое является интеллектуальным агентом, кроме того, предоставлен пример, иллюстрирующий использование онтологии через гипотетический смартфон.

При условии, что два устройства D1 и D2 имеют соединение, они могут обмениваться информацией и получать список возможных действий, которые входят в функционал каждого агента. Функционал агента может включать в себя как аппаратные, так и программные службы, например, программный компонент, который обеспечивает доступ к аппаратному компоненту устройства (например, микрофону, гарнитуре или услуге GPS). Профиль должен поддерживать идентификацию служб для различных возможностей ввода и вывода, таких как ввод и вывод звука.

Онтология устройства в соответствии с FIPA может использоваться агентами при обмене данными об устройствах. Агенты передают информацию друг другу и проверяют их на соответствие онтологии устройства FIPA. Применение такого метода оправдано, например, в ситуации, когда выполняются действия, требующие большого объема памяти или обработки; агент A1 может спросить агента A2, имеет ли устройство D достаточные возможности для выполнения какой-либо задачи A1 [19].

В таблице 3 показан пример использования функций, являющихся частью онтологии устройства. Ниже представлены термины, используемые для описания функций домена FIPA-device:

- Функция – это символ или набор символов, который идентифицирует функцию агента;

- Онтология – описывает тип устройства в онтологии;
- Поддержка – тип агента, который поддерживает эту функцию;
- Описание – описание семантики функции на естественном языке;
- Диапазон – указывает диапазон, в который функция отображает символы домена, таким образом, результатом выполнения функции является символ, принадлежащий к набору, указанному диапазоном;
- Количество параметров функции – указывает на количество аргументов, которые принимает функция, если функция может принимать произвольное количество аргументов, то данный параметр не определен.

Таблица 4 – Пример описания функций

Функция	Информация об устройстве
Онтология	Устройство FIPA
Описание	Агент может сделать запрос, чтобы запросить информацию об устройстве
Диапазон	Устройство
Количество параметров функции	0

Также внимания заслуживает несколько российских стандартов ГОСТ Р ИСО 13374-3-2015 «Контроль состояния и диагностика машин. Обработка, передача и представление данных. Часть 3. Передача данных»

Данный стандарт устанавливает требования к передаче данных в открытой эталонной информационной архитектуре систем контроля состояния и диагностирования и эталонной архитектуре систем обработки данных, предназначен для разработчиков систем программного обеспечения процедур обмена данными между различными приложениями системы контроля состояния и диагностирования предприятия и обеспечивает операционную совместимость этих систем. Также стандарт даёт рекомендации по созданию архитектура обработки данных описывающей все интеракции и транзакции между внутренними модулями программной системы, которые одновременно являются внешни-

ми модулями для конечного пользователя и других программных средств. Как установлено в ГОСТ Р ИСО 13374-2, открытая архитектура обработки данных системы контроля состояния и диагностирования должна иметь вид, показанный на рисунке 13 [20].



Рисунок 13 – Блок-схема потока информации и этапов обработки данных

Эта архитектура определена в виде блоков, реализующих разные функции обработки данных. Каждый блок должен быть соответствующим образом конфигурирован. Данные, полученные из блока сбора данных в цифровом формате, после соответствующих преобразований приобретают вид соответствующих рекомендаций на выходе блока составления рекомендаций. По мере продвижения от блока сбора к блоку рекомендаций данные поступают на очередной блок преобразования вместе с дополнительной информацией от внешних систем, а с выхода этого блока также могут быть посланы внешним системам.

При этом данные, вовлекаемые в информационный поток, нуждаются в соответствующем стандартном отображении и простом графическом представлении. Многие приложения в целях сохранения результатов преобразования информации каждым блоком системы требуют, чтобы соответствующие данные были архивированы.

2 Описание объекта исследования

2.1 Объект управления

В качестве объекта управления выбрана блочная кустовая насосная станция. БНКС необходима для закачки воды из различных источников, будь то пластовая вода или очищенные сточные воды в нагнетательные скважины с целью поддержания пластового давления в разрабатываемом месторождении. БКНС выполняется в виде отдельных блоков, поскольку это самый удобный способ для транспортировки, монтируется непосредственно на месторождении в единое здание и функционально связанных между собой технологическими, электрическими линиями. Блоки имеют законченный внутренний электромонтаж приборов и оборудования. Условно БКНС можно разделить на машинный зал (насосные блоки) и энергетический зал (блоки энергообеспечения). Блоки насосные выполняют функцию повышения давления технологической воды до уровня, обеспечивающего нагнетание воды в скважины системы поддержания пластового давления. Энергоблоки служат для автоматического управления работ насосных агрегатов, контроля параметров и сигнализации состояния технологического оборудования, защиты технологического оборудования при изменении параметров технологического процесса сверх допустимых пределов, автоматического отключения насосного агрегата и включения резервного.

В состав БКНС входят следующие узлы:

- насосные блоки;
- станция фильтрации воды;
- блок управления;

- электрощитовая;
- аппаратная;
- операторная;
- блок дренажных емкостей;
- площадки обслуживания;
- гребенки;
- межблочные кабельные связи.

БКНС представляет собой сложный технологический объект со сложной системой управления, которая включает в себя следующие точки автоматизации (таблица 4):

Таблица 5 – Точки автоматизации системы

Параметр	Функции системы				
	Индикац.	Сигнализ.	Измер.	Управл.	ПАЗ
Перепад давления на входном фильтре	+	+	+		
Давление на приеме/выкиде насоса	+	+	+		+
Давление масла в системе смазки	+	+			+
Розлив воды в блоке		+			
Температура подшипников		+	+		+
Температура масла в системе охлаждения			+		+
Температура железа и меди фазы электродвигателя насоса			+		+
Расход воды по насосному агрегату		+			
Повышенная вибрация подшипниковых узлов насосного агрегата			+		+
Осевое смещение вала насосного агрегата			+		+
Ток электродвигателя насоса		+			+
Двигатель насосного агрегата		+		+	+
Привод задвижки на выкиде насоса		+		+	+

Продолжение таблицы 6 – Точки автоматизации системы

Температура в блоке		+			+
Пожар		+			+
Загазованность		+			+
Вентиляция		+		+	+
Электрообогрев		+		+	+

2.2 Структура и функции систем БКНС

Систему управления БКНС, основанную на агентно-ориентированном подходе, можно разделить на следующие подсистемы:

- система управления технологическим процессом;
- система информационной безопасности;
- противоаварийная защита (ПАЗ);
- система пожарной сигнализации и пожаротушения (АПС, АПТ);
- система технического обслуживания и ремонта (ТОиР).

В качестве систем для разработки были выбраны системы ПАЗ и ТОиР, поскольку они являются наиболее подходящими для реализации концепции дискретно-событийного моделирования. Очевидно, что для проектирования системы необходимо знать функции которые данные системы выполняют.

Функции системы противоаварийной защиты:

- безопасность технологического процесса;
- защита оборудования и людей;
- регулирование значений параметров технологического процесса при выходе их за установленные пороговые значения в различных режимах работы, перевод в безопасное состояние для исключения полного останова процесса;
- оповещение и сигнализация о различных чрезвычайных ситуациях или возможности их появления на экране оператора;

- световое и звуковое оповещение персонала о различных чрезвычайных ситуациях;
- диагностика технических средств системы ПАЗ, и идентификацию неисправности;
- перезапуск технологического процесса после снятия аварийного режима, выяснения причины аварии и устранения последствий;
- анализ причин возникновения аварийной ситуации.

Функции системы противоаварийной защиты осуществляются на следующих принципах:

- многоуровневой системы аварийного останова;
- учета взаимного влияния отдельных агрегатов и установок;
- диагностики приборов и технологического оборудования.

Функции системы технического обслуживания и ремонта:

- непрерывный мониторинг состояния сенсоров и других измерительных приборов;
- непрерывный мониторинг состояния технологического оборудования;
- обеспечение возможности удаленной настройки и калибровки средств КИПиА;
- предупреждение аварий и отказов КИПиА;
- метрологическая поддержка – учет всех средств измерений, планирование и автоматизация процедур поверок/калибровок КИПиА;
- архивирование всех событий системы, изменений параметров КИПиА;
- хранение электронных копий эксплуатационной и технической документации в привязке к позициям КИПиА.

2.3 Описание работы системы ПАЗ

Система противоаварийной защиты – это логическая контрольно-измерительная система, которая обнаруживает ненормальные события в технологическом процессе и инициирует автоматические действия по размыканию энергии, срабатыванию клапанов и останову технологического объекта для приведения нарушения технологического режима к безопасному уровню [21].

Существует несколько вариантов реализации ПАЗ на технологическом объекте: технически выделенная система, входящая в состав РСУ на среднем уровне или как система, входящая в РСУ на нижнем уровне управления. Реализация системы ПАЗ, основанная на агентно-ориентированном подходе предусматривает подключение всех уровней автоматизации, таким образом, могут быть задействованы и операторы (посредством SCADA), контроллеры среднего уровня и исполнительные механизмы и датчики нижнего уровня. Схема организации систем показана на рисунке 14.

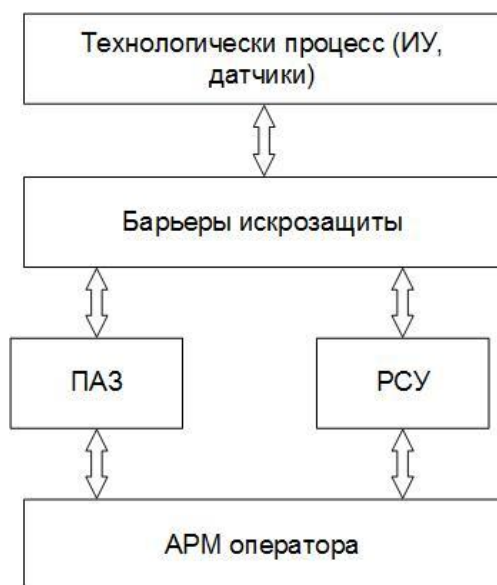


Рисунок 14 – Схема организации систем

Рассмотрим основные опасности аварий, их причины, а также способы их устранения, то есть разберем последовательностей действий систему при возникновении той или иной аварийной ситуации (таблица 5).

Таблица 7 – Перечень основных аварийных ситуаций

Отклонение	Причина	Последствие	Устранение
Отсутствие жидкости на входе насоса.	Состояние входной задвижки на подающей линии «Закрыто».	Сухой ход насоса, поломка привода, деформация рабочих элементов.	Проверка состояния входной задвижки. Отключений насоса и переход на резервный.
Увеличение температуры жидкости на входе насоса.	Неисправность работы системы теплообмена.	Перегрев насоса, как следствие выход из строя.	Проверка температуры жидкости в системе теплообмена. Отключение насоса и переход на резервный.
Уменьшение давления на выходе насоса.	Кавитация, наличие воздуха во всасывающем трубопроводе.	Выход насоса из строя.	Отключение насосного агрегата. Переход на резервный насосный агрегат.
Увеличение перепада давления на очистном фильтре.	Засорение фильтра.	Сухой ход насоса, поломка привода, деформация рабочих элементов.	Отключение насосного агрегата. Переход на резервный насосный агрегат.
Увеличение температуры подшипников.	Малое количество смазывающей жидкости, инородные тела в систем смазки.	Износ/разрушение подшипникового узла.	Отключение насосного агрегата. Переход на резервный насосный агрегат.
Увеличение вибраций подшипниковых узлов насосов/двигателей.	Кавитация, плохая центровка осей насоса и двигателя.	Выход из строя подшипниковых узлов, изгиб/излом вала, повреждение опорной рамы и фундамента.	Отключение насосного агрегата. Переход на резервный насосный агрегат.

Продолжение таблицы 8 – Перечень основных аварийных ситуаций

Увеличение осевого сдвига ротора двигателя.	Износ упорного подшипникового узла.	Осевые задевания вращающихся деталей о неподвижные.	Отключение насосного агрегата. Переход на резервный насосный агрегат.
Неконтролируемый разгон привода насоса.	Авария частотного преобразователя, изменение питающего напряжения.	Поломка насоса и его основных частей.	Отключение насосного агрегата. Переход на резервный насосный агрегат.

Как видно из таблицы 5 все аварии связаны с работой насосных агрегатов и причинами данных аварий могут быть не только отклонения технологический параметров, а также износ оборудования и его основных частей. Для избежания аварий по причине неудовлетворительного состояния оборудования вводится система ТОиР, которая будет рассмотрена ниже.

2.4 Описание работы системы ТОиР

Проблема абсолютно любого производства – это частый выход оборудования из строя по причине неправильной эксплуатации, простоя или наоборот слишком активного использования. Очевидно, что поломки ведут к различным материальным потерям для предприятия. Однако, существует способ, если не свести поломки к нулю, но как минимум значительно их сократить – это введение на производстве системы управления техническим обслуживанием и ремонтами.

В общем случае, система технического обслуживания и ремонта – это комплекс организационных и технологических мероприятий по обслуживанию и ремонту оборудования. Система ТОиР включает планирование, подготовку, реализацию технического обслуживания и ремонта с заданными последовательностью и периодичностью. Для этих целей в Системе ТОиР при-

ведены нормативы продолжительности межремонтных периодов, ремонтных циклов, простоев и трудоемкости в ремонте (техническом обслуживании) оборудования и технологических агрегатов, примерное содержание ремонтных работ отдельных видов оборудования, даны указания по организации его ремонта и технического обслуживания [22].

Система ТОиР обеспечивает следующее:

- продление срока службы оборудования;
- увеличение производительности ремонтных бригад;
- увеличение производительности оборудования;
- оперативное выполнение восстановительных ремонтов;
- оптимизация хранения запасных деталей;
- сокращение простоев оборудования;
- уменьшение числа поломок;
- повышение рентабельности и дохода предприятия.

Система состоит из следующих компонентов:

- Датчики, размещенные на оборудование и передающие значения параметров для обслуживаемого оборудования;
- контроллеры;
- системы визуализации, аварийного предупреждения и архивации информации о состоянии оборудования;
- экспертные базы знаний, позволяющие предупреждать возникновение аварийных ситуаций на основании знаний, введенных в БД.

Для определения оптимального графика вывода в ремонт и сокращения необоснованных простоев периодичности, необходим сбор всей эксплуатационной информации, данных по отказам.

Ниже представлен список основных неисправностей насосных агрегатов:

- неисправность преобразователя температуры;
- неисправность датчика вибрации;
- неисправность датчика осевого смещения;
- неисправность преобразователя давления;
- превышение уровня шума насосного агрегата;
- неисправность преобразователя перепада давления на фильтре.

Концептуальная модель базы данных или ER-модель – это модель, представленная множеством понятий и связей между ними, определяющих смысловую структуру рассматриваемой предметной области или её конкретного объекта. ER-модель позволяет описывать концептуальные схемы предметной области.

ER-модель используется при высокоуровневом (концептуальном) проектировании баз данных. С её помощью можно выделить ключевые сущности и обозначить связи, которые могут устанавливаться между этими сущностями.

ER-модель представляет собой конструкцию, которая сама по себе не предписывает никаких графических средств её визуализации. В качестве стандартной графической нотации, с помощью которой можно визуализировать ER-модель, была предложена диаграмма «сущность-связь».

После определения предметной области были созданы сущности:

- Измерительное устройство;
- Насосный агрегат;
- Деталь;
- Операция;
- Сотрудник;
- Устройства на складе;
- Агрегаты в резерве;
- Деталь на складе.

В результате анализа предметной области была разработана концептуальная модель базы данных, показанная на рисунке 15.

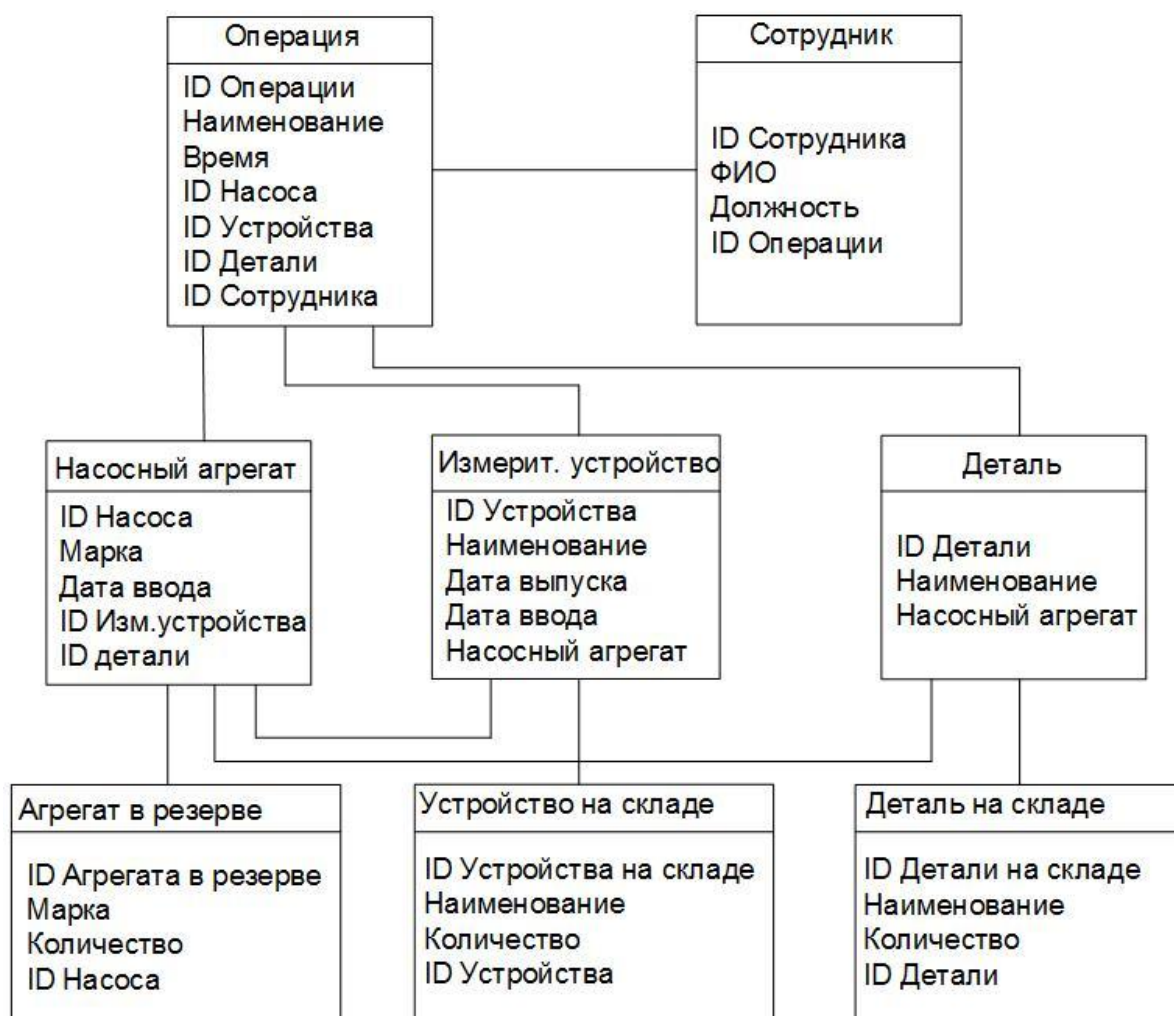


Рисунок 15 – Модель базы данных ТОиР

3 Практическая часть

3.1 Разработка онтологии системы

3.1.1 Понятие онтологии

Онтология – понятие, которое пришло в сферу интеллектуальных систем из философии, и в общем случае означает учение обо всем существующем. Данное учение затрагивает все области жизни человека: существование и не существование, истина – ложь, качество, количество и так далее. Однако, в контексте применения к агентным системам онтология имеет более конкретное определение, поскольку компьютерные системы не могут оперировать с абстрактными понятиями, им необходимо четкое представление об окружающем мире и о вещах в этом мире. Таким образом, понятие онтологии тесно связано с развитием технологии «интернета вещей». Такие технологии открывают возможности предоставления новых типов ресурсов при тесной интеграции с физическими системами. В эпоху Интернета вещей все больше устройств наделяются функциональностью, позволяющей им осуществлять доступ к общей сети. Данная функциональность ориентирована в первую очередь на поиск и извлечение информации, однако развитие информационно-коммуникационных технологий привело к появлению новых требований и возможностей. Многие современные устройства помогают человеку в различных видах его деятельности, не только извлекая информацию, но и анализируя ее, а также принимая собственные решения в зависимости от текущей ситуации. Данные возможности стали одной из движущих сил развития киберфизических систем. Киберфизические системы представляют собой множество ресурсов, взаимодействующих между собой в информационном пространстве и управляющих устройствами в физическом пространстве в режиме реального времени [23]. Как видно из вышесказанного, система, разрабатываемая на основе агентно-ориентированного подхода является киберфизической системой.

Формальная модель онтологии может быть представлена в следующем виде (формула 1):

$$O = \langle C, R, F \rangle, \quad (1)$$

где C – конечное множество концептов (понятий) предметной области, которую определяет онтологий;

R – конечное множество отношений между понятиями предметной области;

F – конечное множество функций интерпретации.

Онтология представляет собой формальное описание (концептуализацию) предметной области и правил принятия решений, которое служит для упрощения программирования поведения агентов и используется ими при их взаимодействии [24]. Онтолого-ориентированный подход к проектированию системы обладает следующими преимуществами:

- предоставляет собой обобщенное описание предметной области;
- упрощает восприятие агентами знаний о предметной области;
- является расширяемой, что позволит в разрабатываемых экспериментах на установке ее периодически дополнять при необходимости.

Онтологии описываются с использованием различных языков: основанные на исчислении предикатов первого порядка, другие языки математической логики, компьютерные языки – семейство языков Semantic Web, основанных на XML RDF, RDFS и наиболее перспективный из них – OWL. Ввиду того, что в любой онтологии определяются термины и задаются логические связи между ними, точная семантика описываемых терминов и связей в различных языках будет одна и та же. Таким языком является LBase - это исключительно математический язык, который опирается на аппарат математической логики и предикатов, и предназначен для машинных низкоуровневых логических выводов. Язык OWL записывает ту же самую онтологию, но более «человеческим» языком в формате XML.

На сегодняшний день применение онтологий при разработке агентно-ориентированных систем набирает всё большую популярность в первую оче-

редь за счет того, что они позволяют отделить базу знаний предметной области от программного кода и сделать их повторно исследуемыми.

Специализация каждого агента отражается подмножеством узлов онтологии. Некоторые узлы онтологии могут быть общими для нескольких агентов. Обычно только один из агентов CPS обладает детально структурированным описанием онтологии (содержит фрагменты базы знаний). В то же время некоторая часть онтологической базы знаний является общей для всех агентов участников процесса, и именно эта часть знаний является тем фрагментом.

Цель создания онтологии – обеспечение аккумуляции, разделения, анализа знаний. Исходя из данной цели можно выделить следующие требования к проектируемой онтологии:

- Прозрачность – онтология должна эффективно передавать заложенное значение конкретного термина;
- Связность – онтология должна позволять делать выводы, которые согласуются с исходными определениями понятий;
- Расширяемость – онтология должна быть спроектирована с возможностью пополнения базы знаний;
- Независимость от синтаксиса – онтология должна быть специфицирована на уровне знания максимально независимо от представления понятий на уровне символов;
- Минимальный базис при высокой выразительности – онтология должна вводить минимальный базовый набор понятий, но их должно быть достаточно, чтобы моделировать мир в требуемых целях.

Однако при внедрении онтологий в агентно-ориентированных системах имеет ряд проблем. Наиболее существенная из них – это отсутствие единого стандарта на описание и представление онтологий, с чем связано и отсутствие универсальных инструментов и библиотек для создания и поддержки онтологий. Отсутствие нормативной документации приводит к невозможности инте-

грации онтологий между собой. В данной работе разработаны отдельные онтологии для системы противоаварийной защита и для системы технического обслуживания и ремонта.

3.1.2 Онтология системы ПАЗ

Онтология системы противоаварийной защиты разработана на базе нормативного документа ГОСТ Р МЭК 61511-1-2011 и включает в себя такое базовое понятие как полнота безопасности. Полнота безопасности – средняя вероятность того, что система удовлетворительно выполняет требуемые функции безопасности при всех заданных условиях и в течение заданного периода времени.

Онтологическая платформа управления системы безопасности предполагает хранение данных в виде RDF-онтологий, в которых информация представлена в виде триплетов типа «субъект–предикат–объект». Субъект тройки описывает сущности участвующие в обеспечении безопасности БКНС. Сущности представляют собой механизмы, обеспечивающие данную безопасность. Каждая из этих сущностей обладает свойством или может выполнять действие, описанное в тройке. Объект одной тройки может быть субъектом другой тройки. Предикат тройки описывает тип связи между субъектом и объектом. Это может определять тип функции, выполняемой субъектом, или соотношение субъект-объект. Тройки, содержащиеся в онтологии, представлены в виде совокупности сущностей и стрелок, соединяющих их: сущность, из которого стрелка выходит, обозначает субъект; сама стрелка обозначает предикат, а сущность, в который стрелка входит, обозначает объект. Онтология системы ПАЗ показана на рисунке 16.

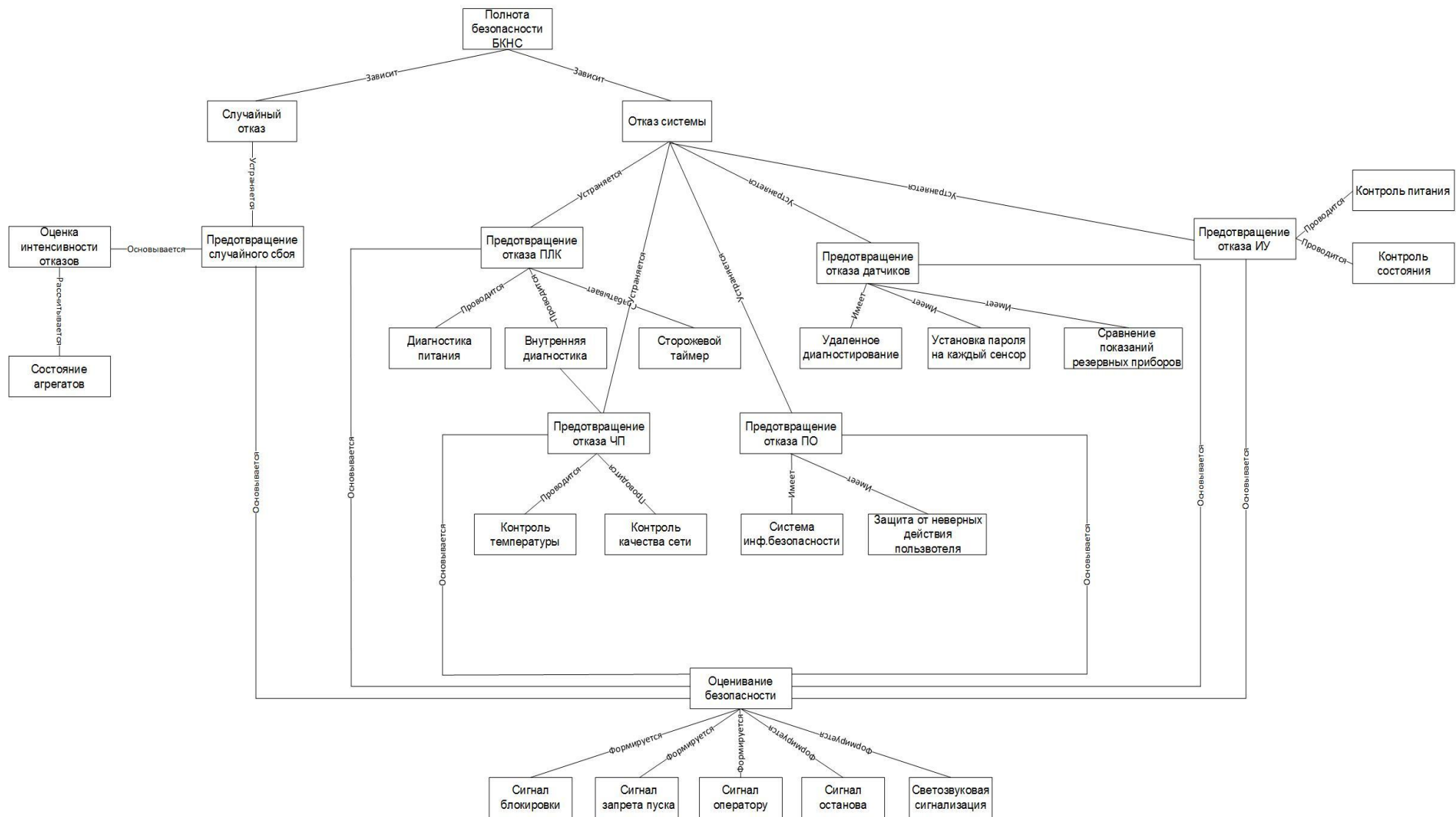


Рисунок 16 – Онтология системы ПАЗ

Особенность случайных отказов состоит в том, что интенсивность отказов системы (или другие подобные характеристики таких отказов), связанная со случайными отказами аппаратных средств, может быть прогнозируема с достаточной степенью точности. Это означает, что интенсивность отказов системы, вызванных случайными отказами аппаратных средств, может быть оценена количественно с достаточной степенью точности. Таким образом, данный параметр может рассчитываться в системе исходя из формулы интенсивности отказов (формула 2).

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_{cp} \Delta t} = \frac{n(t)}{[N - n(t)] \Delta t} = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (2)$$

где N – общее число рассматриваемых изделий;

$f(t)$ – количество изделий, отказавших к моменту времени t в единицу времени;

$P(t)$ – количество изделий, не отказавших к моменту времени t ;

$n(t)$ – число отказавших образцов в интервале времени от $t - \left(\frac{\Delta t}{2}\right)$ до $t + \left(\frac{\Delta t}{2}\right)$;

Δt – интервал времени;

N_{cp} – среднее число исправно работающих образцов в интервале Δt .

В большинстве систем основными компонентами защиты ПЛК являются сторожевой таймер и блок контроля питания. Сторожевой таймер контролирует простейший отклик от микросхем, выполняющих обработку данных, и при обнаружении проблемы (в случае прекращения отклика) отключает питание и переводит систему в безопасное состояние. Кроме того, сторожевой таймер может контролировать уровень питания и выдавать аналогичную команду на отключение при опасном отклонении питания от заданного уровня. Перевод EUC в

безопасное состояние, как правило, заключается в снятии системой безопасности питания с выходных аналоговых и дискретных выходов.

Другой способ – это самодиагностика, которая при обнаружении критической проблемы (например, отказ аппаратных узлов, нарушение конфигурации аппаратных или программных средств, нарушение передачи данных и т.п.), выдает команду на перевод системы в безопасное состояние, которая выполняется так же, как если бы команда поступила от основной управляющей логики.

Оснащение датчиков несет на себе значительную долю ответственности за безопасность. Каждый сенсор, определяющий безопасность процесса должен иметь свою собственную связь с контроллером. Сенсоры должны иметь сертификацию на право использования в системах защиты данного класса. Если качество датчика хуже, чем необходимо для требуемого класса безопасности, то датчик должен резервироваться и подключаться через два канала. Необходимо использовать датчики с возможностью удаленного диагностирования и конфигурирования.

Исполнительные устройства, такие как запорная арматура, отсечные клапаны, насосные агрегаты должны снабжаться устройствами, позволяющими диагностировать наличие питания и текущее состояние устройства. Работа частотного преобразователя чрезвычайно важна в системах безопасности, поскольку именно он управляет и регулирует параметры электродвигателя насосного агрегата, следовательно, от его состояния зависит безопасность всей системы в целом. Основная проблема с ЧП это излишняя тепловая энергия, которая выделяется при их работе, таким образом, необходимо организовывать вентиляцию шкафа или помещения, где они расположены, а также обеспечивать приемлемое качество электроэнергии.

Все отказы программного обеспечения происходят из-за дефектов проекта, так как программное обеспечение не изнашивается и не подвержено физическим отказам. Так как пусковые сигналы, которые активизируют неисправ-

ности программного обеспечения, возникают произвольно во время работы системы. Это могут быть действия пользователя, которые не предусмотрены программой, либо нарушение безопасности программного обеспечения из вне.

На основании всех вышеперечисленных типов отказов делается вывод в целом о состоянии безопасности системы. В зависимости от этого состояния система может выполнять ряд действий по предотвращению чрезвычайной ситуации:

- Блокировка – запрет на внесение каких-либо действий в текущую работу системы;
- Запрет пуска – невозможность ручного или автоматического пуска насосных агрегатов;
- Сигнал оператору – в случае изменения состояния системы на небезопасное выдается аварийный сигнал оператору, кроме того оператор может видеть текущее состояние системы в любой момент времени;
- Аварийный останов – в случае опасности для оборудования и окружающих система сама принимает решение об остановке технологического процесса;
- Светозвуковая сигнализация – при изменении состоянии системы на аварийное должен быть уведомлён не только оператор, но также и все работники, которые не имеют доступа к АРМ в данный момент, с этой целью запускается светозвуковое оповещение.

3.1.3 Онтология системы ТОиР

Онтология системы технического обслуживания и ремонта строится на базе стандарта ГОСТ Р ИСО 13374-2-2011, который был частично рассмотрен в разделе о нормативных документах. В целом, стандарт устанавливает требования к информационной модели и к модели обработки информации, которым должна соответствовать открытая архитектура систем контроля состояния и диагностики машин в целях обеспечения их совместимости. Создаваемая онтология может использоваться в целях поддержки эксплуатации, обслуживания, ремонта и модернизации технических систем.

Так же, как и предыдущем случае, онтология представлена в виде триплетов типа «субъект–предикат–объект». Онтология системы ТОиР показана на рисунке 17.

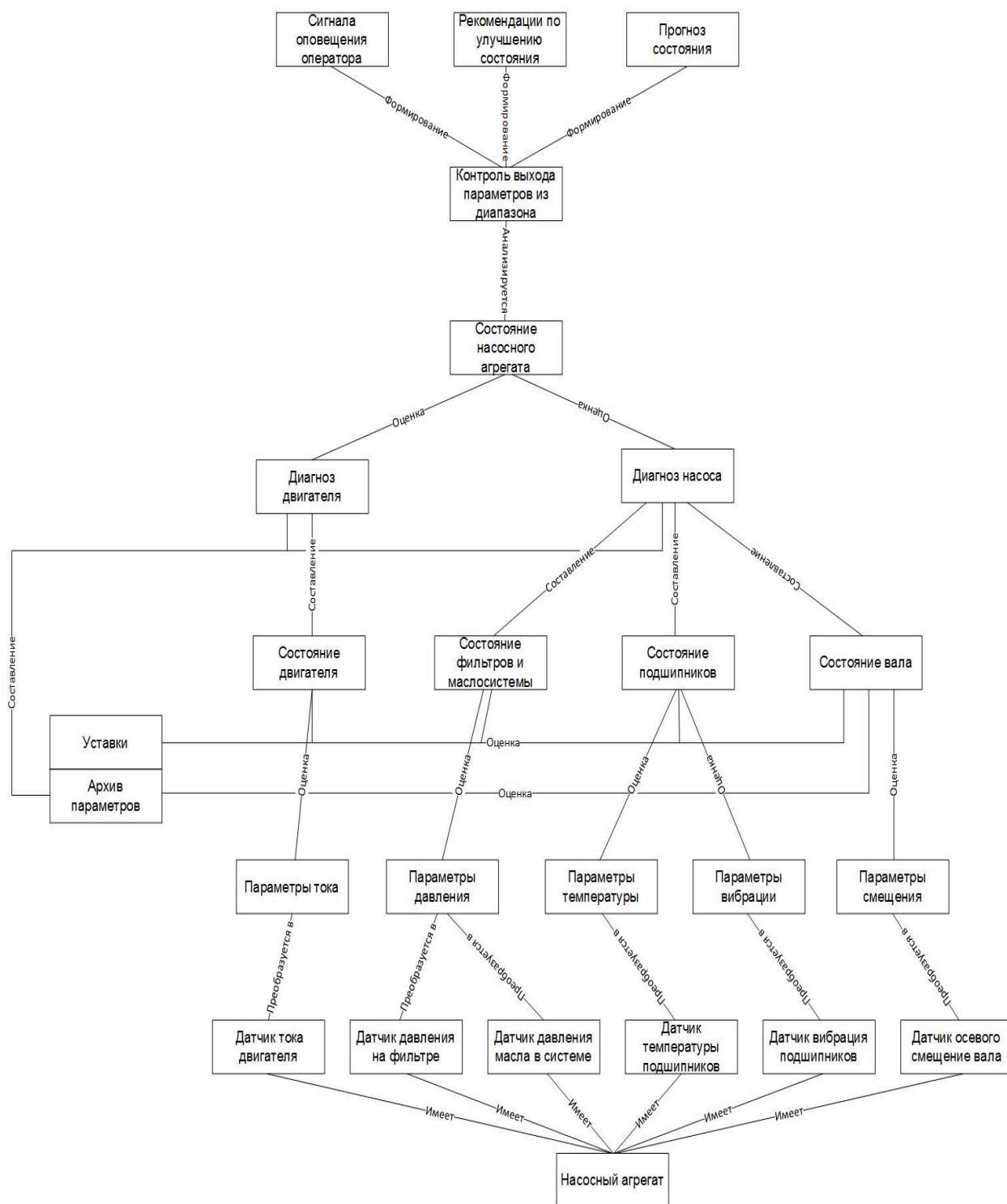


Рисунок 17 – Онтология системы ТОиР

На нижнем уровне обеспечивается поступление в систему оцифрованных данных. Данные могут быть приняты в виде аналогового сигнала с датчиков или для приема информации по шине данных, собирающей сигналы с разных датчиков. В более современных системах программный интерфейс блока может обеспечить поступление данных с микропроцессорного датчика. Таким

образом, на этом уровне собирается информация о техническом состоянии системы.

Следующий блок онтологии необходим для обработки цифровых данных, полученных с сенсоров, для преобразования их в параметры (признаки), используемые в процедурах контроля состояния и диагностирования. Зачастую в этом блоке используются несколько специализированных алгоритмов обработки сигнала.

Далее делается вывод о состоянии различных частей насосного агрегата (двигателя, подшипников и т.д.). Исходными данным для этого являются преобразованные данные с сенсоров, которые сравниваются со значениями базовой линии или предельными значениями эксплуатационных параметров, чтобы сформировать сигнал оповещения при превышении соответствующих границ. Выходные данные данного блока могут быть использованы следующим блоком для формирования сигналов уведомления и предупреждения. Оценочные значения, должны быть получены с учетом предшествующей истории работы машины, текущего рабочего режима и условий эксплуатации.

Как показано на рисунке 17, блок диагноза является информационным блоком, использующим экспертные правила или вычислительные процедуры для определения текущего состояния машин и выявления возможных неисправностей. Заключение о текущем состоянии и возможных неисправностях формируется на основе данных с предыдущих блоков. Результатом работы блока диагноза являются оценка технического состояния узлов (систем) и выявленные неисправности и отказы с указанием доверительного уровня диагноза. Выходная информация может также содержать уровень приоритета риска отказа. Диагноз может включать в себя альтернативные версии. Выходная информация может также содержать пояснения, почему был составлен данный диагноз или получена данная оценка технического состояния. После составления диагноза делается вывод о состоянии насосного агрегата в целом.

Следующий блок вырабатывает рекомендации для персонала для улучшения состояния агрегата. Это делается на основе информации, поступающей с предыдущих блоков онтологии, а также внешних ограничений (требований безопасности, возможностей бюджета и пр.) для выработки оптимальных рекомендаций и возможных альтернатив для персонала и внешних систем.

Кроме того, блок может создавать прогноз будущего состояния агрегата при помощи использования разнообразных прогностических моделей и алгоритмов, включая модели развития будущих отказов. Заключение о вероятном техническом состоянии в будущие моменты времени и возможном развитии неисправностей конкретных видов формируется на основе данных с предыдущих блоков с учетом планируемого использования машины. Алгоритмы и модели блока могут использовать накопленные данные об истории эксплуатации машины и имевших место отказах, а также информацию о расчетной частоте отказов в конкретных условиях эксплуатации.

В случае, когда агрегат находится в критическом состоянии которое может привести к аварийным последствиям, формируется аварийный сигнал оператору, который принимает решение об остановке или не остановке процесса. В случае, если решение принято не было, система самостоятельно останавливает насосный агрегат, если это необходимо.

3.2 Разработка сервисов

Сервис – основной действующий субъект процесса многоуровневой самоконтекстуализации. Сервис может представлять сенсор, транспортное средство, компанию – поставщика услуг и т. п. Сервис обладает структурными знаниями, параметрическими знаниями и профилем. Сервис характеризуется такими свойствами, как самоконтекстуализация, самоадаптация, автономность и проактивность и выполняет некоторые действия.

Важным параметром сервиса является окружение киберфизической системы, частью которой является рассматриваемый сервис. Такая среда способна взаимодействовать с данной системой. Окружение влияет на контекст сервиса. Сервис может воздействовать на окружение, если он имеет соответствующую функциональность.

Помимо физической (аппаратной) части и онтологии насосного агрегата, каждый агрегат также содержит сервис взаимодействия. Такой сервис необходим для управления и обменом информацией с общей онтологией системы ПАЗ или ТОиР. Сервис взаимодействия получает задачи, публикуемые в интеллектуальном пространстве для выполнения, определяет, нужно ли их выполнять, а затем отправляет конкретные команды в контроллер. Сервисы взаимодействуют синтаксическим пространством с использованием онтологий, что позволяет им распознать ситуацию, при которой они должны выполнять вычисления. Пример дополнительного сервиса – облачный сервис, хранящий информацию о препятствиях и используемый для автоматического преодоления препятствий, которые уже были преодолены ранее. Все коммуникации между интеллектуальным пространством и пользователями, агрегатами, дополнительными сервисами могут осуществляться как через локальную сеть, так и через сеть Интернет. В начале работы агент каждого насосного агрегата публикует в интеллектуальном пространстве информацию о своих функциях и ограничениях, которая содержится в его собственной онтологии. На рисунке 18 показана структурная схема взаимодействия сервиса, агентов и онтологий.



Рисунок 18 – Структурная схема взаимодействия сервиса и агентов

Как видно из рисунка можно выделить следующие типы процессов для работы с сервисами: опубликование, обнаружение, селекция, композиция, вызов.

Опубликование сервиса позволяет агенту пользователя обнаружить сервис на основе анализа конечного назначения сервиса и его свойств. Опубликование происходит через семантический регистр, в котором регистрируются описания сервисов с использованием онтологии.

Обнаружение сервиса представляет собой поиск семантического соответствия между описанием запроса и описанием опубликованного сервиса. Запросы могут включать имя сервиса, входные, выходные данные, предварительные условия, необходимые для выполнения сервиса, и прочие атрибуты, используемые для поиска по семантическому регистру.

Для вызов сервиса сначала осуществляется определение онтологий сервиса и онтологии предметной области, затем проверка входных данных через инициализированные онтологии. Вызов сервиса (или инициализация некоторого потока в случае композиции сервисов) выполняется через сведение описания сервиса к физическим данным (машина, порт и т.д.) и обращения к полученным данным.

Для выполнения вышеуказанных процессов требуется решение проблемы согласования онтологий (онтологии задач агентов и онтологии супервизора) в процессах поиска, селекции, композиции и вызова сервиса. С целью решения этой задачи в рассматриваемую архитектуру вводится такой элемент, как агент координатор. Его задача сводится к процессу выравнивания онтологий — нахождение соответствующих друг другу сущностей в онтологиях.

В общем случае сервис может быть представлен как некоторая функция, правило, осуществляющее преобразование набора входных параметров в выходные согласно формуле 3.

$$F : Inp \rightarrow Out, \quad (3)$$

где Inp – конечное множество входных параметров,

Out – конечное множество выходных параметров.

С использованием сервисов существует особенность, которая заключается в эффективном описании изменений окружающей среды, порождаемых выполнением сервиса, и условий, предшествующих выполнению действия, так называемых предусловий, которые специфицируют условия (на основании входных данных) выполнения действий.

Таким образом, выходное множество Out делится на два подмножества:

– $Output$ – непосредственно выходные параметры;

– $Effects$ – эффекты, которые сервис может оказывать на предметную область, изменяя состояние окружающей его среды.

Тогда необходимое условие выполнения сервиса может быть записано в виде формулы 4:

$$S : Pre \cap Inp \rightarrow Output \cap Effects \quad (4)$$

Смысл этой формализации заключается в том, что при выполнении всех предусловий и корректном вводе входных параметров будут получены выходные параметры и эффекты от выполнения запланированной задачи. Семантику перехода от множества входных данных (и предусловий) к множеству выходных данных (и эффектов) можно определить, как логическую программу (правило).

Сервисы разработаны отдельно для системы ПАЗ и системы ТОиР и представлены в виде таблицы 6 и таблицы 7 соответственно.

Таблица 6 – Сервисы для системы ПАЗ

Сервис	Входные параметры	Предусловия	Выходные параметры	Эффекты
Контроль питания ПЛК.	Сигнал о наличии питания.	Если питание отсутствует.	Сигнал переключения на резервный источник питания.	—
Контроль внутреннего состояния ПЛК.	Сигналы состояния ПЛК.	Если есть сигнал «Ошибка».	Сигнал переключения на резервный ПЛК.	Возможны потери данных.
Контроль работы сторожевого таймера.	Сигнал о работе таймера.	Если таймер не срабатывает.	Сигнал переключения на резервный ПЛК.	—
Контроль состояния датчиков.	Сигнал о состоянии датчика.	Если состояние «Ошибка».	Сигнал оператору, о необходимости проверки или замены датчика.	Уменьшение надежности во время ремонтных работ.
Контроль показаний.	Сигналы с датчиков и их резервов.	Если показания отличаются на установленное значение.	Сигнал «Останов», сигнал «запрет пуска».	Изменение состояния насосного агрегата.
Контроль питания ИУ.	Сигнал о наличии питания.	Если питание отсутствует.	Сигнал переключения на резервный источник питания или сигнал на обходной ИУ.	Уменьшение надежности системы.

Продолжение таблицы 6 – Сервисы для системы ПАЗ

Сервис	Входные параметры	Предусловия	Выходные параметры	Эффекты
Контроль состояния ИУ.	Сигнал о состоянии ИУ.	Если состояние «Ошибка» или состояние не соответствует необходимому.	Сигнал оператору, о необходимости проверки ИУ.	Изменение состояния системы в целом.
Контроль температуры вблизи ЧП.	Сигнал с преобразователя температуры в помещении.	Если температура больше установленной.	Сигнал оператору, включение вентиляторов охлаждения.	Изменение температуры внутри помещения.
Контроль качества сети.	Сигнал с реле контроля фаз.	Если есть перекос фаз, обрыв фаз, обрыв нуля.	Сигнал оператору, переход на резервную линию питания.	—
Информационная безопасность.	Попытки несанкционированного доступа в систему.	Если попытки обнаружены.	Сигнал в службу безопасности, сигнал оператору.	Изменения состояния системы, изменение состояния агрегатов.
Защиты от неверных действий пользователя.	Различные манипуляции пользователя в системе.	Если пользователь вводит неверные или недопустимые данные.	Блокировка действия пользователя.	—
Оценка безопасности.	Данные от всех сервисов.	Если уровень безопасности не соответствует норме.	Сигналы блокировки, останова и т.д.	Изменение параметров технологического процесса.

Таблица 7 – Сервисы для системы ТОиР

Сервис	Входные параметры	Предусловия	Выходные параметры	Эффекты
Сбор и преобразование данных о состоянии насосного агрегата.	Сигналы с датчиков, установленных на насосном агрегате.	Если параметр существует.	Преобразованные и отфильтрованные данные с датчиков.	—
Определение состояния двигателя.	Параметры тока электродвигателя.	Если параметры тока не соответствуют установленному значению.	Сигнал оператору об изменении параметра тока. Данные для определения состояния двигателя.	—
Определение состояния фильтров и маслосистемы.	Параметры давления.	Если параметры давления не соответствуют установленному значению.	Сигнал оператору, данные сервиса определения состояния насосного агрегата.	—
Определение состояния подшипников.	Параметры температуры и вибрации подшипников.	Если параметры давления не соответствуют установленному значению.	Сигнал оператору, данные сервиса определения состояния насосного агрегата.	—
Определение состояния вала насоса.	Параметры смещения вала.	Если параметры давления не соответствуют установленному значению.	Сигнал оператору, данные сервиса определения состояния насосного агрегата.	—

Продолжение таблицы 7 – Сервисы для системы ТОиР

Сервис	Входные параметры	Предусловия	Выходные параметры	Эффекты
Составление диагноза двигателя.	Архив параметров, данные с сервиса определения состояния, экспертные правила.	Если состояние двигателя и его параметры не соответствуют значениям, полученным в результате экспертных расчетов.	Оценка технического состояния, выявленные неисправности.	—
Составление диагноза насоса.	Архив параметров, данные с сервиса определения состояния составляющих насосного агрегата, экспертные правила.	Если состояние двигателя и его параметры не соответствуют значениям, полученным в результате экспертных расчетов.	Оценка технического состояния, выявленные неисправности.	—
Определение состояния насосного агрегата	Данные с сервиса диагноза двигателя и насоса.	– Если состояние двигателя и насоса исправное – состояние агрегата исправное; – Если состояние двигателя или насоса неисправное исправное – состояние агрегата частично исправное; – Если состояние и двигателя и насоса неисправное – состояние агрегата неисправное.	Данные о состоянии насосного агрегата.	—

Продолжение таблицы 7 – Сервисы для системы ТОиР

Сервис	Входные параметры	Предусловия	Выходные параметры	Эффекты
Контроль выхода параметров из диапазона.	Параметры состояния насосного агрегата.	Если параметры не находятся в диапазоне.	Сигналы оператору.	—
Определение прогноза.	Данные о состоянии насосного агрегата, прогностические модели.	Расчет будущего состояния на основе модели.	Данные о будущем состоянии насосного агрегата.	Изменение состояния агрегата.
Составление рекомендаций.	Данные с предыдущих сервисов, история работы агрегата.	Если данные существуют.	Предложения по управлению и обслуживанию агрегата.	Изменение состояния агрегата.

3.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

Для разработки корректной функциональной схемы необходимо понимание работы её частей. Работу БКНС можно описать следующим образом: вода по входному коллектору через задвижки и фильтры, функцией которых является очистка от механических примесей и других тел, которые могут повредить работе насосов, поступает на вход насосных агрегатов. Пройдя насосные агрегаты, жидкость под определенным давлением 21 через приборы учета расхода воды (массового или объемного), обратные клапаны и задвижки, поступает в напорный коллектор. Через обратные клапаны и задвижки отводящих водоводов блока коллекторов жидкость направляется к нагнетательным скважинам. Чаще всего БКНС состоит из нескольких насосных агрегатов одного типа.

Не менее важной системой насосных агрегатов БКНС является система маслоснабжения, которая необходима для обеспечения смазки и охлаждения

подшипников основных насосных агрегатов. Подача масла к подшипникам электродвигателей осуществляется следующим образом: масло из маслобака, по приёмному трубопроводу, поступает на вход насосного агрегата. Пройдя насосный агрегат, масло под давлением по напорному трубопроводу, через маслоохладители поступает к подшипникам электродвигателей. От подшипников электродвигателей масло самотёком, через вентили, сливается в маслобак.

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений. Стоит отметить, что на разработанной функциональной схеме показаны все средства автоматизации БКНС без дифференциации по системам, поскольку системы могут использовать данные из смежных систем для выполнения своих алгоритмов и команд [25].

Функциональная схема автоматизации выполнена в соответствии с международным стандартом ANSI/ISA-5.1-2009. Рассмотрим основные отличия, преимущества и недостатки относительно отечественного стандарта ГОСТ 21.408-2013:

- В соответствии с отечественным стандартом не обязательно приводит условные обозначения ни кодов потоков вещества, ни правила переноса потоков с одного листа на другой, ни соединения трубопроводов;

- В стандарте ГОСТ 21.408-2013 весьма ограниченный список условных и позиционных обозначений приборов автоматизации;
- В стандарте ANSI/ISA-5.1-2009 данные по каждой значащей букве сведены в единую таблицу, в то время как в ГОСТ 21.408-2013 они разделены;
- Графические обозначения элементов. В связи с различием принципов построения схем автоматизации в России и за рубежом, номенклатура условных обозначений в отечественном ГОСТ 21.408-2013 была существенно сокращена. Это касается как изображения приборов и первичных преобразователей, так и клапанов, включая приводы, управляющие их состояниями;
- Один из самых либеральных пунктов стандарта ANSI/ISA-5.1-2009 (п.2.8.2) говорит о том, что если проектировщику что-либо не нравится в этом стандарте, то имеет право выполнить свою таблицу условных обозначений и работать с предложенными условными обозначениями.

Всю функциональную схему автоматизации можно разделить на локальные объекты, которые включают в себя различные элементы и выполняют определённые функции:

- Блок коллектора – предназначенный для фильтрации воды от механических примесей и ее распределения к нагнетательным скважинам и на приём насосных агрегатов;
- Блок насоса – является основным технологическим элементом БКНС. Данный блок необходим для повышения давления воды, для обеспечения необходимого напора воды в нагнетательных скважинах системы поддержания пластового давления. Блок насоса включает следующие элементы: насосный агрегат; всасывающий трубопровод насоса; нагнетательный трубопровод насоса с обратным клапаном и счётчиком количества воды; маслосистема для смазки подшипников насоса.

При построении функциональной схемы использовались следующие типы элементов:

- 1)  – Преобразователь перепада давления системы ПАЗ;
- 2)  – Преобразователь температуры системы ПАЗ;
- 3)  – Преобразователь давления системы ПАЗ;
- 4)  – манометр показывающий;
- 5)  – контроллер системы ПАЗ;
- 6)  – Датчик вибрации системы ПАЗ;
- 7)  – Датчик смещения системы ПАЗ;
- 8)  – клапан на выходе насоса;
- 9)  – Преобразователь тока электродвигателя системы ПАЗ;
- 10)  – преобразователь частоты;
- 11)  – кнопка ручного останова двигателя;
- 12)  – Преобразователь загазованности.

Функциональная схема автоматизации в соответствии с международным стандартом ANSI/ISA-5.1-2009 представлена на листе с шифром ФЮ-РА.420609.01 С2. Из схемы видно, что отличительной особенностью является отсутствие «подвала» схемы автоматизации, это позволяет разделить схему на конкретные контуры управления и облегчает читабельность схемы (в случае небольшого количества контуров управления). Однако, существенная проблема

в том, что не совсем очевидно, что означает то или иное условное обозначения и какой локальной части всего объекта оно относится. Таким образом, было решено показать подробно все условные обозначения, приведенные на схеме (таблица 8).

Таблица 8 – Расшифровка условных обозначений

Поз. обозначение	Наименование
PDT*01	Преобразователь перепада давления на входе насоса;
TZT*01	Преобразователь температуры на входе насоса;
PZT*01	Преобразователь давления на входе насоса;
PG*01	Манометр показывающий на входе насоса;
UC*01	Входы контроллера ПАЗ для подключения оборудования на входе насоса;
TZT*03	Преобразователь температуры масла;
PZT*03	Преобразователь давления масла;
PG*03	Манометр показывающий в системе маслоснабжения;
UC*03	Входы контроллера ПАЗ для подключения оборудования системы маслоснабжения;
TZT*04	Преобразователь температуры подшипников насоса;
VZT*04	Датчик вибрации подшипников насоса;
ZZT*04	Датчик смещения вала насоса;
UC*04	Входы контроллера ПАЗ для подключения оборудования контроля состояния насоса;
PG*02	Манометр показывающий на выходе насоса;
PZT*02	Преобразователь давления на выходе насоса;
PV*02	Клапана на выходе насосы;
PC*02	Входы контроллера ПАЗ для подключения оборудования на выходе насоса;
TZT*05	Преобразователь температуры фазы электродвигателя;
IZT*05	Датчик тока электродвигателя;
SZC*05	Частотный преобразователь электродвигателя;
HZ*05	Кнопка ручного останова электродвигателя;

Продолжение таблицы 8 – Расшифровка условных обозначений

Поз. обозначение	Наименование
UC*05	Входы контроллера ПАЗ для подключения оборудования контроля электродвигателя;
TZT*06	Преобразователь температуры помещения;
AST*06	Датчик загазованности помещения;
UC*06	Входы контроллера ПАЗ для подключения оборудования контроля параметров помещения.

3.4 Моделирование работы системы

3.4.1 Разработка SF-диаграммы процесса

Моделирование систем и устройств, поведение которых зависит от внешних событий, называется событийным моделированием. В системе Simulink + MATLAB данный вид моделирования реализуется с помощью специального расширения Stateflow.

Поскольку реализация всех сервисов и всей онтологии является достаточно громоздкой задачей в пакете StateFlow, хотя и реализуемой, было принято решения моделировать несколько сервисов, иллюстрирующих работы системы ПАЗ и системы ТОиР.

Для иллюстрации работы системы противоаварийной защиты был выбран сервис, реализующий отключение насосного агрегата по сигналу превышения допустимого уровня давления перед насосом. Таким образом, для моделирования входного сигнала использовались блоки линейно возрастающего сигнала (для обеспечения динамики процесса) и блок постоянного значения, чтобы показать поведение системы без возмущающего события. Для переключения между режимами преобразователя давления используется двух позиционный ключ. Содержимое блока «Давление перед насосом» показано на рисунке 19.

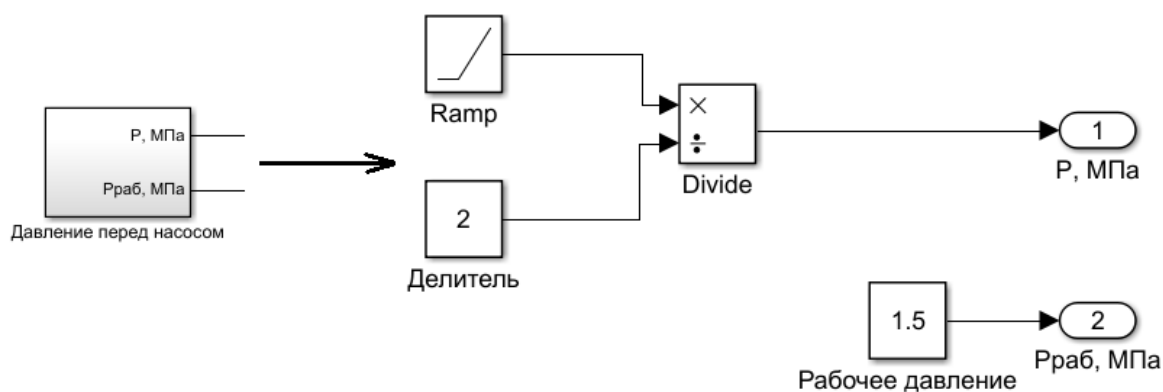


Рисунок 19 – Блок «Давление перед насосом»

Для иллюстрации работы системы технического обслуживания и ремонта был реализован сервис, отвечающий за оценку состояния насоса на основании данных с датчиков вибрации подшипников и преобразователей температуры подшипников. В работе принято, что уровень вибрации постоянно повышается, поскольку так или иначе происходит старение и износ подшипников (динамика реализована также с помощью блока линейного возрастания сигнала). Важным моментом является, что равномерное повышение вибрации не является поводом для останова насоса, однако если данное повышение сопровождается изменением температуры подшипников, то это может привести к поломке насоса или нарушению технологического режима. Содержимое блока «Вибрация подшипников» показано на рисунке 20, содержимое блока «Температура подшипников» показано на рисунке 21, в данном блоке также возможно переключение режимов с динамичного на статичное с помощью двухпозиционного ключа.

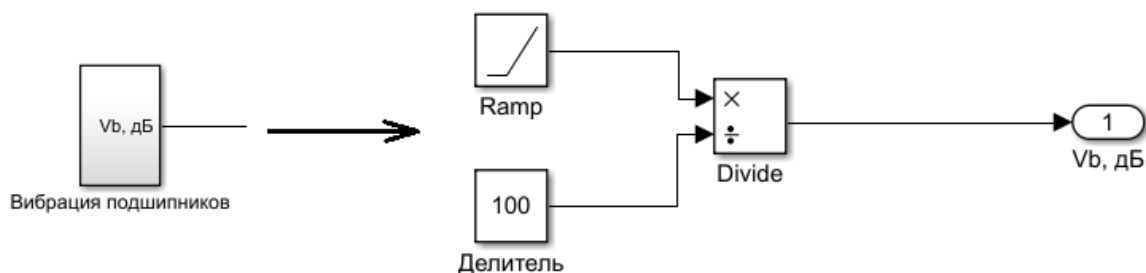


Рисунок 20 – Содержимое блока «Вибрация подшипников»

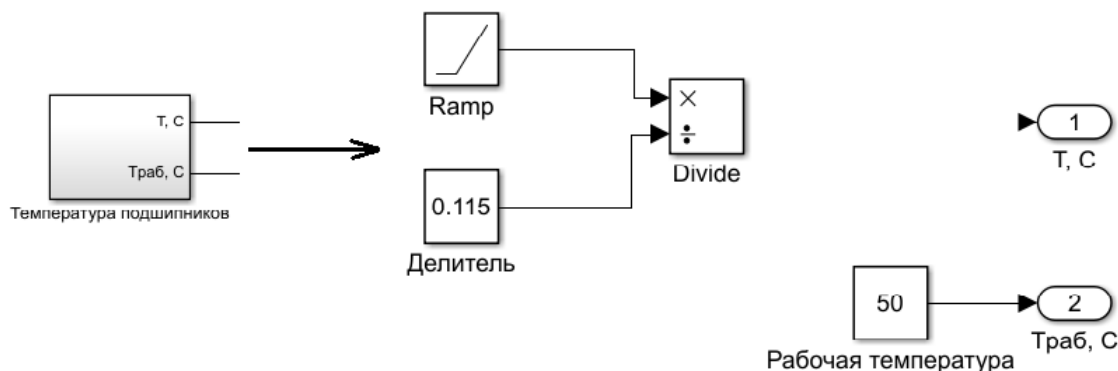


Рисунок 21 – Содержимое блока «Температура подшипников»

Блок «Контроллер» представляет собой разработанную SF-диаграмму. Блоки «Основной насос» и «Резервный насос» принимают на вход сигнал включения или отключения и транслируют данные сигналы на выход блока. Все необходимые сигналы отслеживаются на блоке осциллографа «Scope». Полная структурная схемы моделируемых процессов показана на рисунке 22.

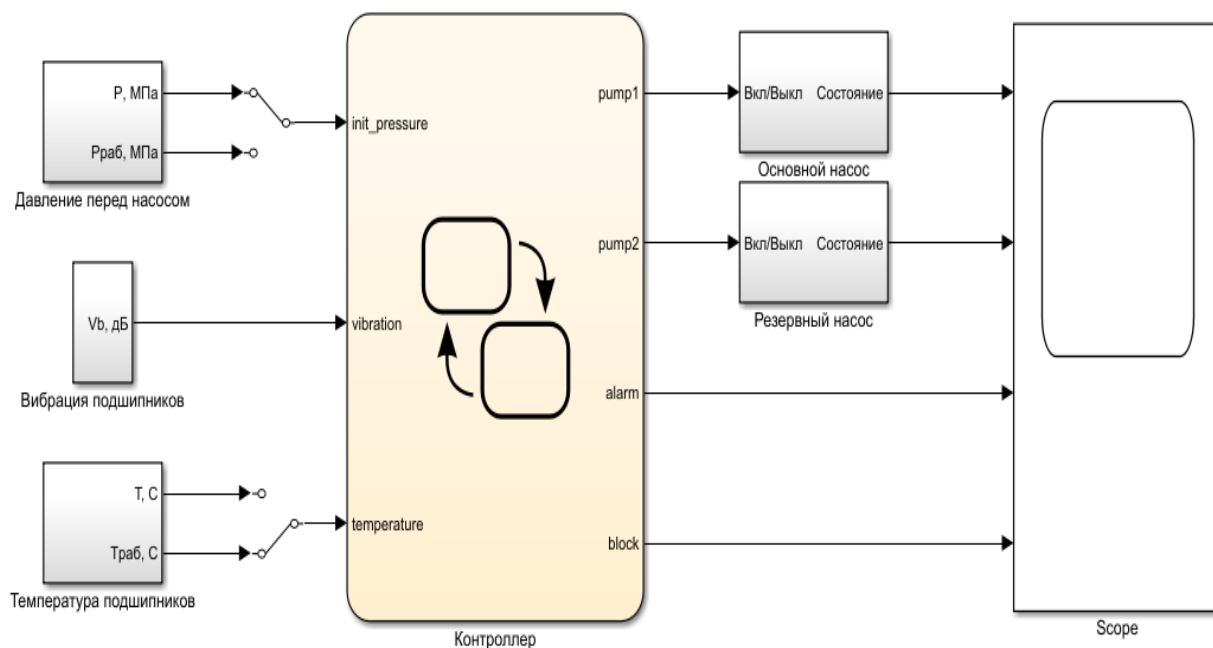


Рисунок 22 – Структурная схема моделируемых процессов

Работу системы противоаварийной защиты в данной случае можно описать следующим образом: в режиме линейного нарастания сигнала, когда давление превышает значение 2МПа, формируется сигнал тревоги, который виден

оператору, затем в течении некоторого времени ожидаются ответные действия оператора по устранению тревоги, если данных действия не произошло, систем формирует сигнал блокировки основного и резервного насосов, в режиме рабочего давления система работает в штатном режиме, то есть на протяжении всего времени один из насосов включен. Результаты работы системы ПАЗ в режиме изменения давления показан на рисунке 24, процесс изменения входного сигнала давления показан на рисунке 23.

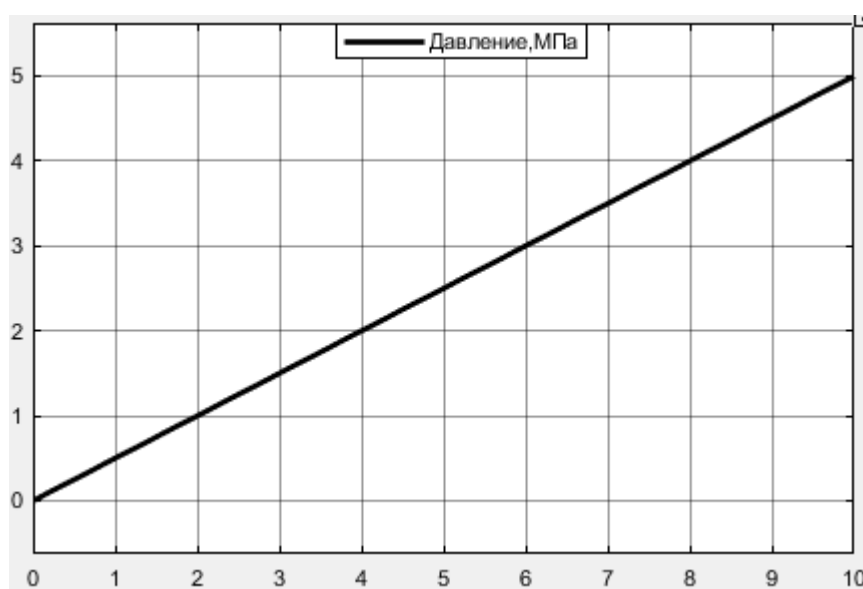


Рисунок 23 – Изменение входного давления

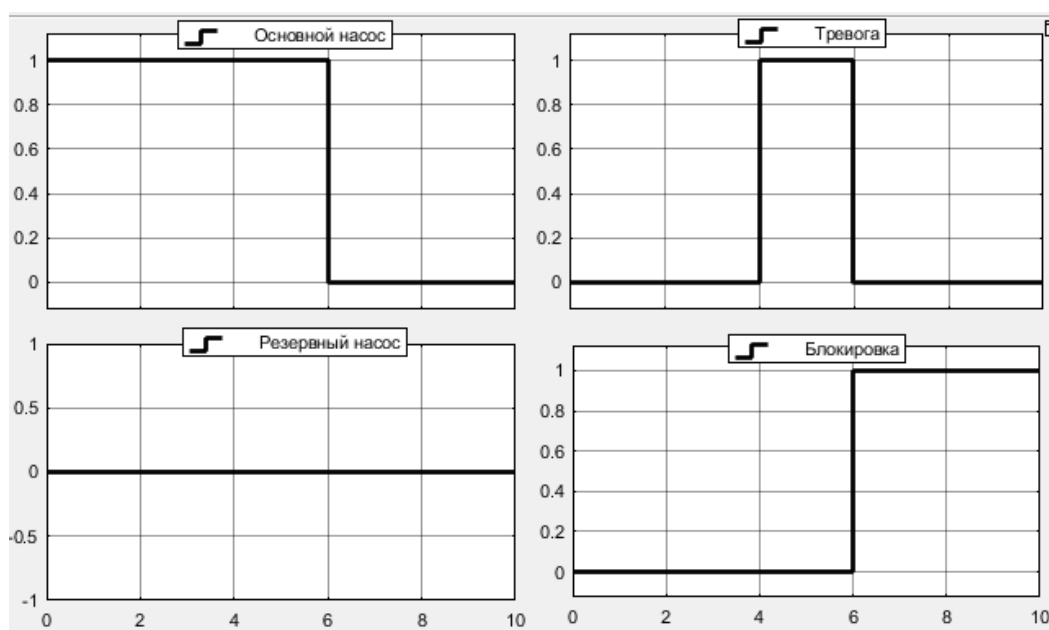


Рисунок 24 – Результат работы системы при изменении давления

Как видно из рисунка 24, при превышении давления отметки в 2МПа, в момент времени 4 секунды, сформировался сигнал тревоги оператору, который держался в течении 2 секунд, после того как ответа не последовало, система остановила насос и возник сигнал блокировки.

Система технического обслуживания и ремонта работает следующим образом: при отсутствии сигналов противоаварийной защиты идет анализ данных с датчика вибрации подшипников и преобразователя температуры подшипников, при линейной возрастании вибрации в силу износа подшипников, по достижению критического уровня вибрации формируется сигнал тревоги для оператора, который говорит о том, что подшипники скорее всего нуждаются в замене, но основной насос продолжает работать, однако, если данное значение сопровождается повышением температуры подшипников это говорит о более серьезных проблемах либо с самими подшипниками, либо с системой маслоснабжения, в этом случае основной насос выключается и включается резервный. На рисунке 25 и рисунке 26 показаны входные сигналы с датчика вибрации и преобразователя температуры подшипников. На рисунке 27 показан результат работы системы ТОиР.

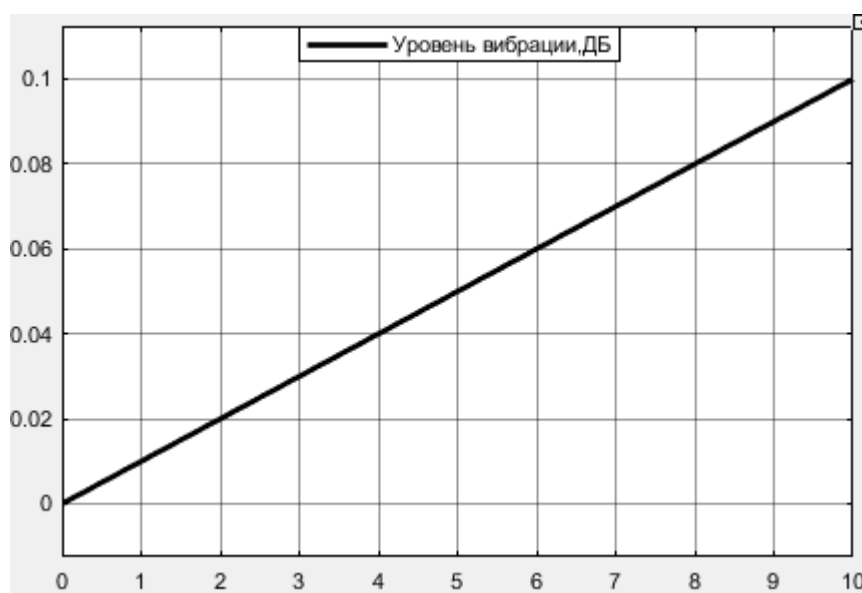


Рисунок 25 – Изменение уровня вибрации подшипника

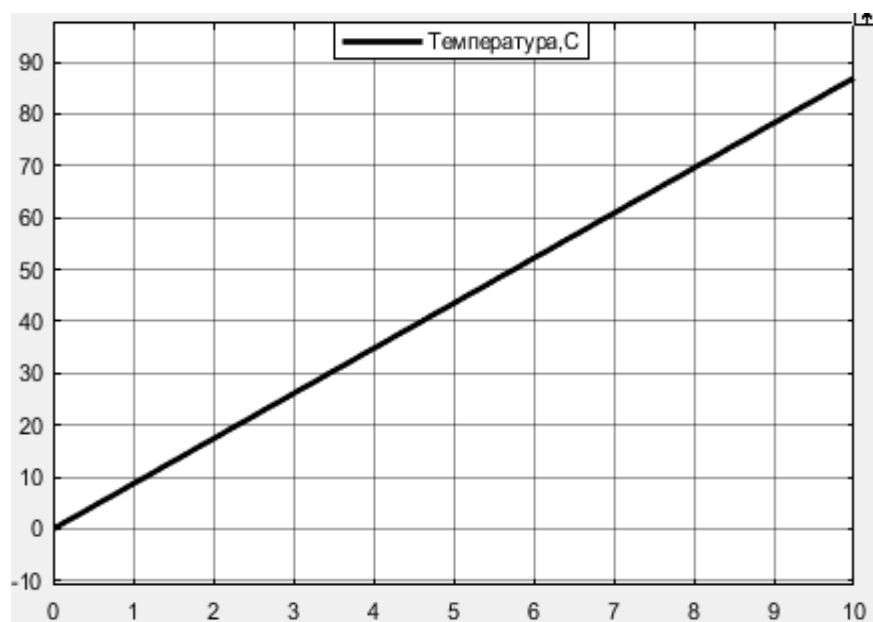


Рисунок 26 – Изменение температуры подшипника

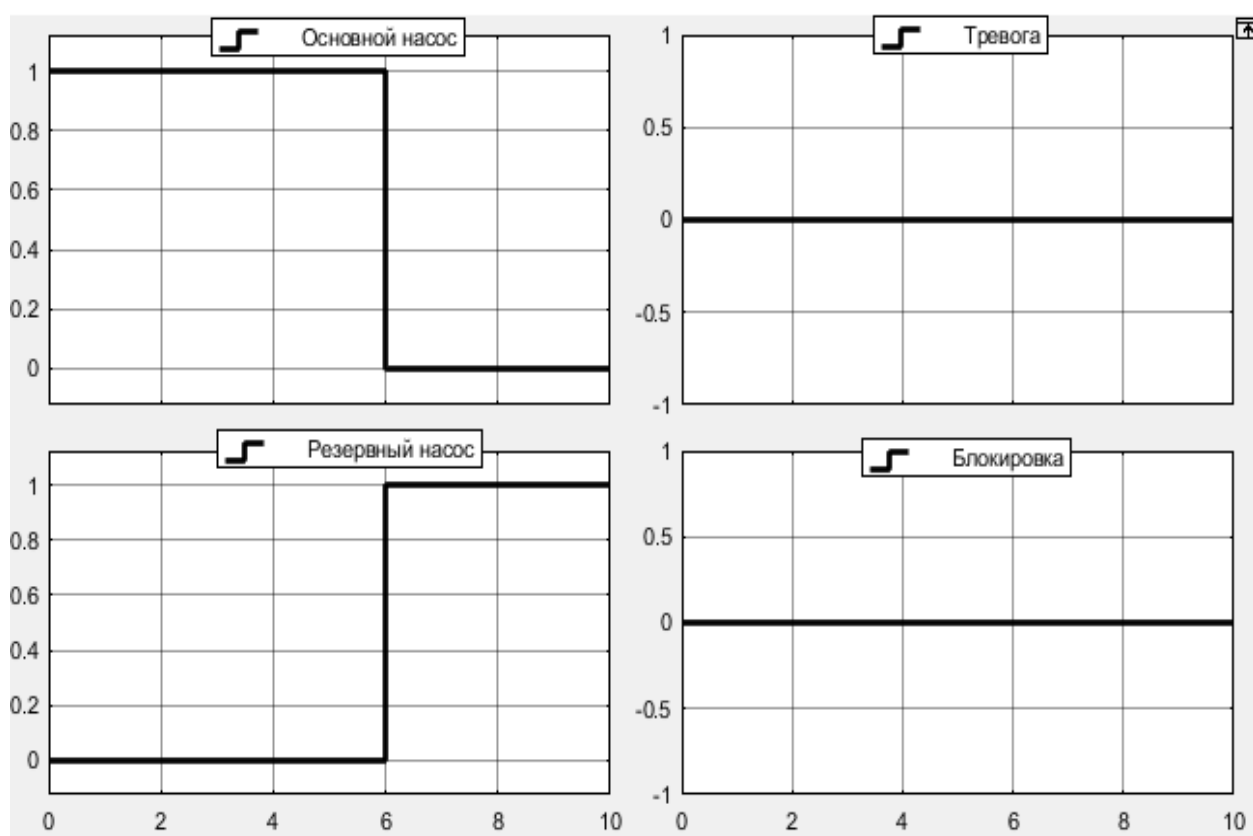


Рисунок 27 – Работа системы ТОиР

Важной особенностью данного моделирования является масштаб времени, очевидно, что старение и износ подшипников — это достаточно долгий процесс, таким образом, время моделирования условно принято кратным меся-

цам. Таким образом, в момент времени 6 месяцев, мы имеем повышенный уровень вибрации, а также повышенный уровень температуры, следовательно, основной насос должен быть остановлен, а резервный введен в эксплуатацию. На рисунке 28 показан штатный режим работы насосного агрегата, то есть при рабочем давлении и рабочей температуре.

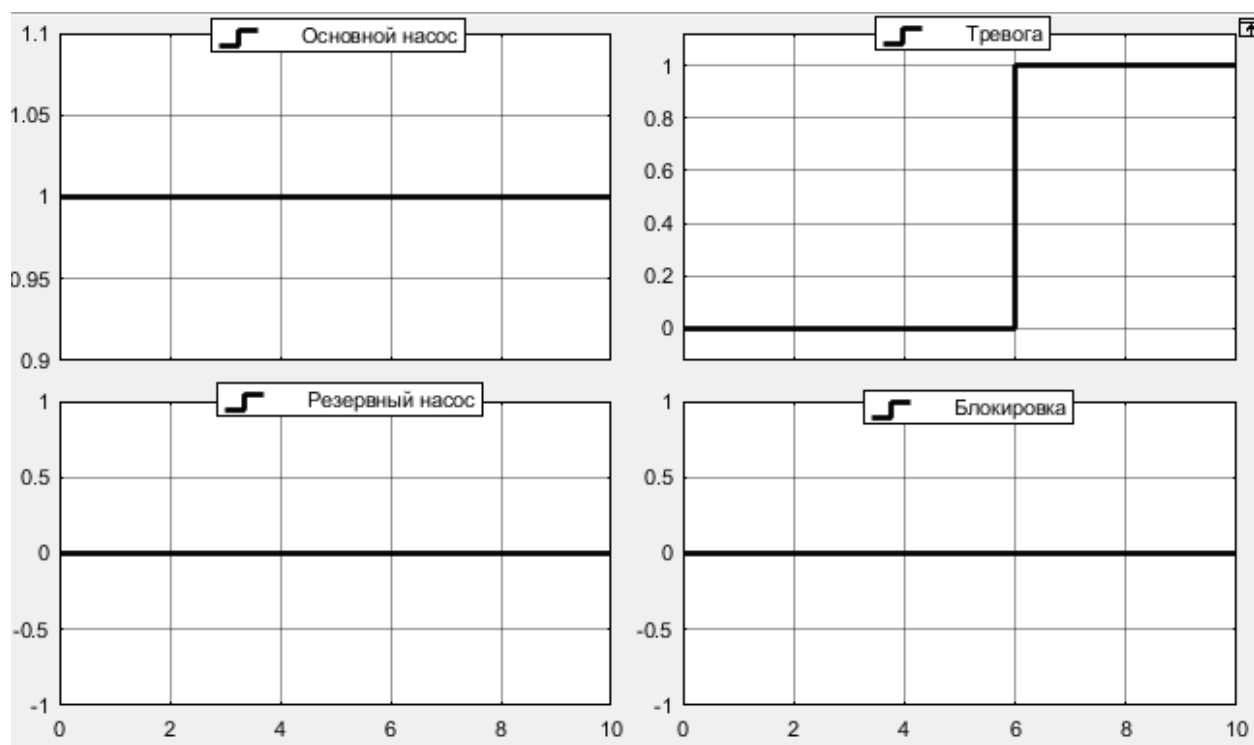


Рисунок 28 – Работа системы в штатном режиме

Как видно из рисунка 28 на протяжении всего времени работы системы основной насос включен, при достижении порогового уровня вибрации подшипников насоса, включается сигнал для оповещения оператора, насос продолжает работать.

Далее перейдем к описанию SF-диаграммы, которая является по сути программным кодом близким по реализации к языку программирования контроллеров SCL. Содержимое блока контроллер показано на рисунке 29.

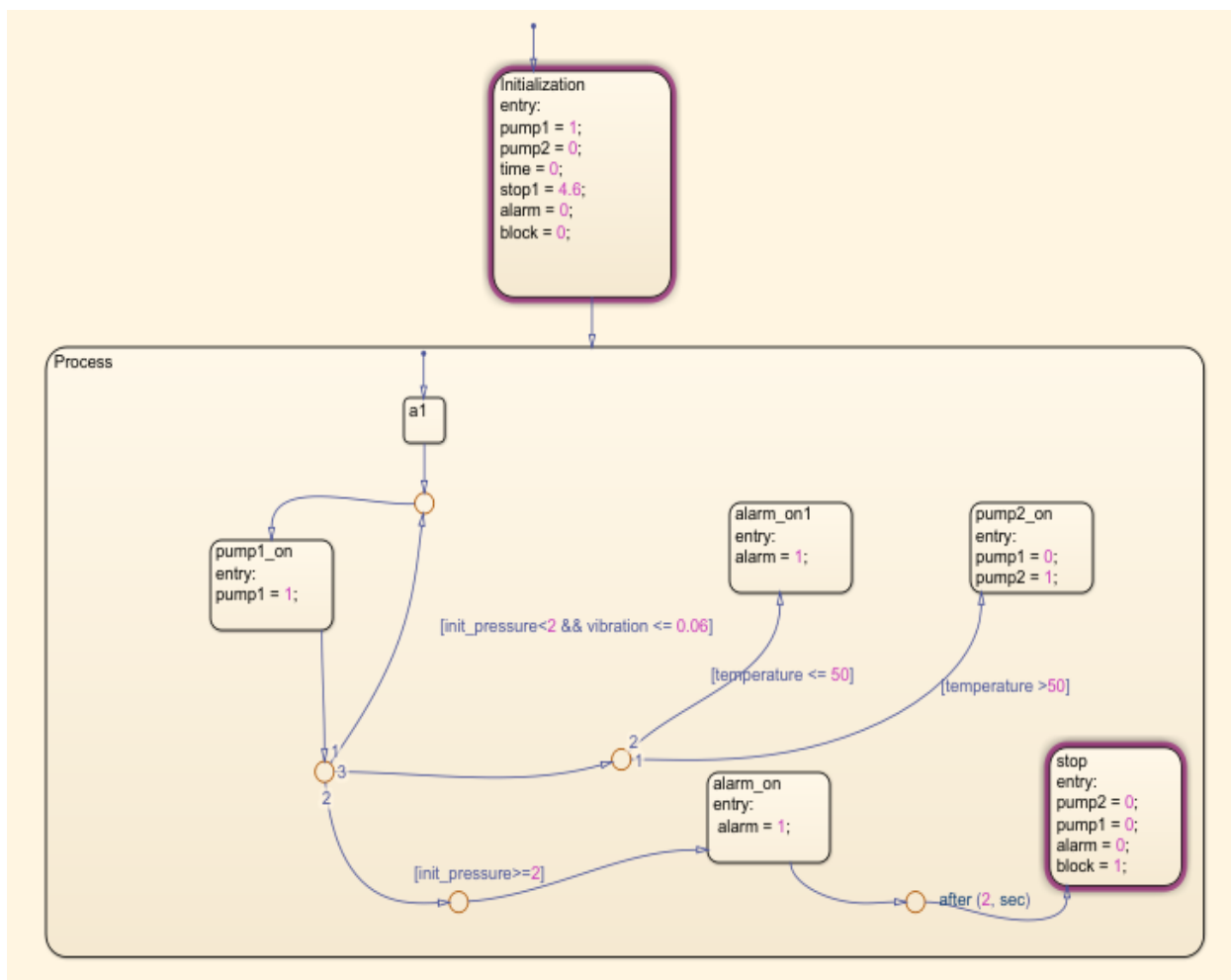


Рисунок 29 – Содержимое блока «Контроллер»

В данной диаграмме существуют два состояния – «Initialization», которое необходимо для начального объявления переменных процесса, а также состояние «Process», в котором реализуется программа.

Состояние «Process» состоит также из состояний, переход и условий переходов. Таким образом, первое состояние это «Pump1_on», как следует из названия, необходимо для включения основного насоса, далее идёт безусловный переход в точку необходимую для указания альтернативных путей перехода систем из одного состояния в другое (junction), после чего проверяется условие достижения давления и вибрации пороговых значений, если данные значения не достигнуты, программа работает по данному циклу. После выхода значений давления или вибрации за пороговые значений проверяется условие превышения давления (поскольку система противоаварийной защиты должны быть

в приоритете по исполнению кода), таким образом, при превышении давления активируется состояние «alarm_on» и программа ждет заданное время до перехода в следующее состояние (условное время отклика оператора), по истечению времени активируется состояние «Stop» в результате чего останавливается насос, который сейчас в работе и включается сигнал блокировки.

По второму приоритету идет выполнение той части кода, которая реализует системы ТОиР. Таким образом, сначала проверяется превышение температуры подшипников порогового значения, если оно превышено, переходим в состояние «rump2_on», которое активирует резервный насос и останавливает основной. Иначе, то есть, при температуре подшипников ниже порогового значения, активируется состояние «alarm_on1», в результате чего активируется сигнал оповещения оператора.

Однако представление данного алгоритма с помощью SF-диаграммы является не единственным вариантом, также возможно отображение в соответствии с международными стандартами в виде графической нотации алгоритма противоаварийной защиты (рисунок 30). Данное отображение показывает алгоритм в более лаконичном виде, нежели чем SF-диаграмма, однако при большом количестве сигналов этот вариант теряет данное достоинство.

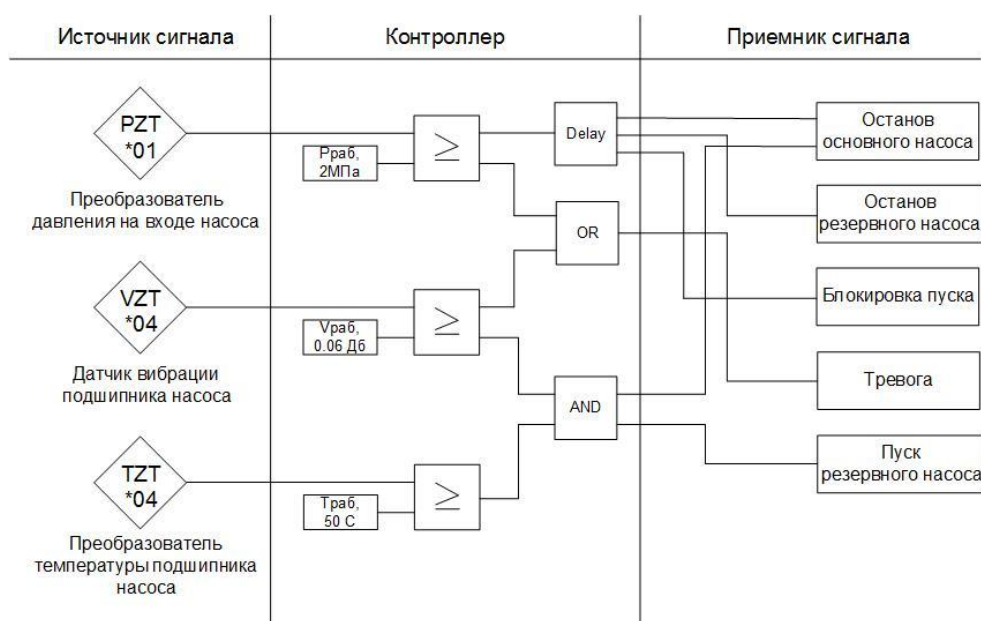


Рисунок 30 – Алгоритмы ПАЗ и ТОиР в виде графической нотации

3.4.2 Визуализация процесса в системе AggreGate

Tibbo AggreGate – это комплексное решение для управления устройствами, в котором используются современные сетевые технологии, настройки и мониторинга различных электронных устройств. Платформа позволяет объединять данные устройства в общую базу данных, где можно оперировать данными исходя из необходимости, а также предоставить другим корпоративным приложениям прозрачный доступ к ним. AggreGate экономит средства и упрощает настройку при попытке создания больших сетей устройств и компьютеров.

Основная часть AggreGate, называемая AggreGate Server, решает проблему связи между устройствами, установленными в различных защищенных локальных сетях и сетях с динамической адресацией, выступая в качестве посредника. AggreGate Server предоставляет богатый набор функций для управления сетями устройств и маршрутизации данных.

AggreGate предоставляет два пользовательских интерфейса: графический, кроссплатформенное клиентское приложение и веб-интерфейс. Оба могут быть использованы для системного администрирования и нормальной работы.

Для работы необходимы следующие устройства:

- AggreGate Server;
- AggreGate Client – программа для конфигурирования и настройки сервера, данное приложение по сути является основным при работе с данным ПО, поскольку именно в нем осуществляется настройка связи, создание виджетов и других инструментов визуализации;
- OPC Server – промежуточный элемент для связи модели в Matlab и AggreGate;
- Matlab – модель процесса, созданная в предыдущем разделе.

В качестве OPC сервера был выбран Master OPC Modbus Server. После успешной конфигурации настроек связи с данным сервером в Matlab (при по-

мощи пакета OPC Toolbox) были созданы теги, отражающие все параметры процесса (рисунок 31).

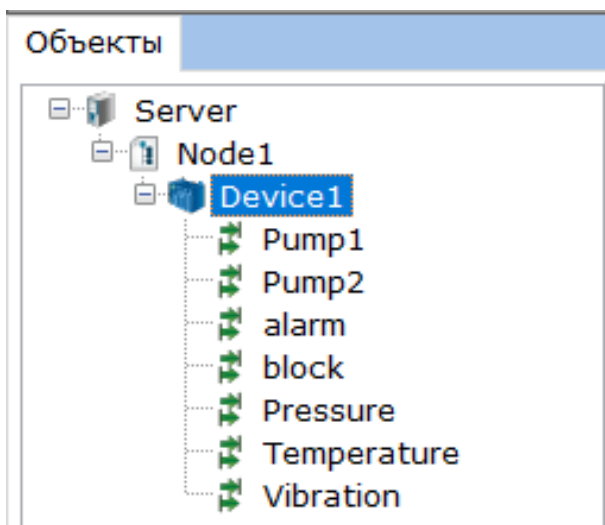


Рисунок 31 – Теги в OPC сервере

Следующим шагом была настройка связи между OPC сервером и AggreGate Client. Это выполнялось следующим образом: первым делом необходимо было добавить устройство в соответствующем контексте слева главного окна, так как использовался OPC, то соответствующий драйвер называется OPC UA, после добавления данных для подключения создается соответствующее устройство, в окне «Data» которого можно наблюдать все созданные теги и отслеживать их значения (рисунок 32).

Objects		
Server		
Node1		
Device1		
Свойство		Значение
✓ Pump1	☒	
✓ Pump2	☐	
✓ alarm	☐	
✓ block	☐	
✓ Pressure		1.5
✓ Temperature		45.0
✓ Vibration		0.03

Рисунок 32 – Теги и их значения в AggreGate Client

Самое простое из возможностей визуализации – это визуализация тревог, поскольку для этого в AggreGate Client создан отдельный инструмент. Тре-

вога создается как отдельный объект, после чего её необходимо настроить, сюда входит выбор текста сообщения, условия возникновения тревоги, то есть активирующее событие, событие для снятия тревоги, возможно даже создания корректирующего события, а также оповещение необходимых лиц по электронной почте и посредством sms-рассылки.

Тревогу можно создать буквально по любому событию в системе, будь то изменения значения контролируемого параметра или же потеря питания на устройстве или отсутствие связи с сервером и т.д. Это очень удобно для реализации различных частей созданной онтологии. Для примера смоделируем превышение допустимого предела температуры подшипников насосного агрегата (рисунок 33).

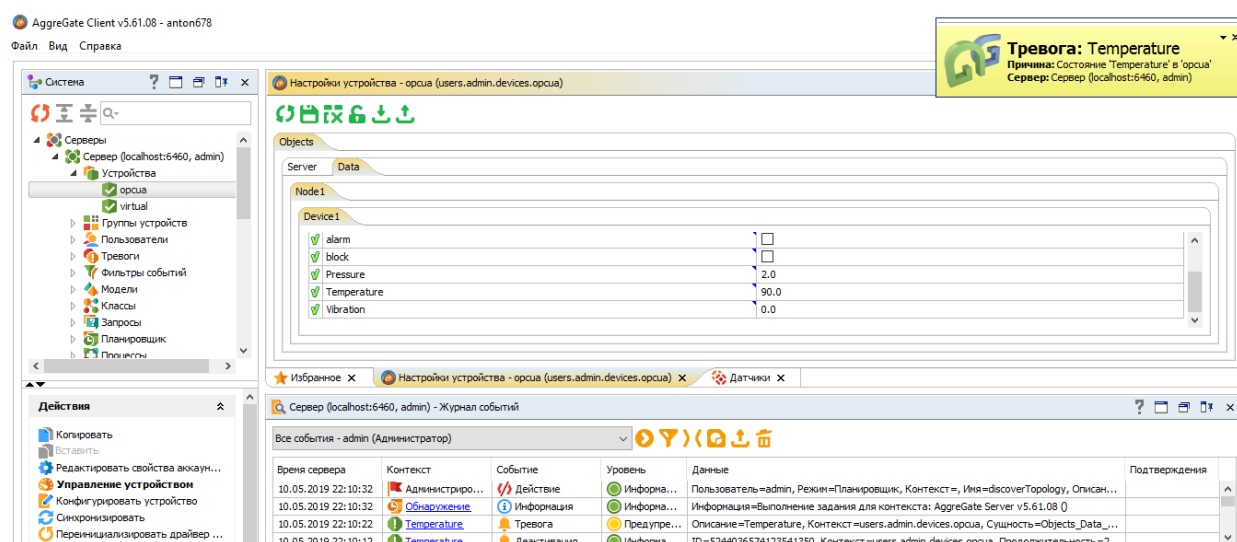


Рисунок 33 – Активация тревоги в AggreGate

Как видно из рисунка 33 при достижении тэга «Temperature» значения 90 градусов в окне появляется окно тревоги, сообщающее о данном событии вместе со звуковой сигнализацией.

Перейдем к созданию виджета для визуализация описанного ранее процесса. Виджет представляет собой специальное «подприложение» с графическим интерфейсом пользователя, определяемое количеством компонентов виджета и их макетом. Виджеты хороши для создания пользовательских форм ввода данных, диаграмм и трендов, динамических карт и человеко-машинных

интерфейсов. Эти формы и интерфейсы могут использоваться для управления, настройки и мониторинга различных аппаратных устройств или компонентов системы.

Виджеты могут быть сгруппированы в приборную панель, чтобы действовать как пользовательский интерфейс оператора. Компоненты виджета привязываются к данным сервера и устройства с помощью привязок данных. Привязки могут также связывать компоненты вместе и определять различные шаблоны преобразования данных на основе выражений. Привязки могут быть активированы:

- Во время запуска виджета;
- При серверном событии или изменении состояния, например, когда поступают новые данные устройства;
- При изменении события или состояния компонента виджета, например, нажатие кнопки;
- Периодически.

Создание виджета начинается с размещения графических элементов. Основными графическими элементами являются насосные агрегата и трубопроводные изделия, стоит отметить, что AggreGate предоставляет обширную библиотеку векторных изображений различного оборудования, что позволяет реализовать изображение хорошего качества. Однако, также есть возможность использования растровых изображений, в данной случае окно датчики было выполнено именно в данном типе изображений.

Анимация цвета насосных агрегатов (зеленый – состояние «в работе», красный – состояние «остановлен») реализуется с помощью ранее описанных привязок, то есть свойства цвета имеют прямую связь с состоянием соответствующего тэга (рисунок 34).

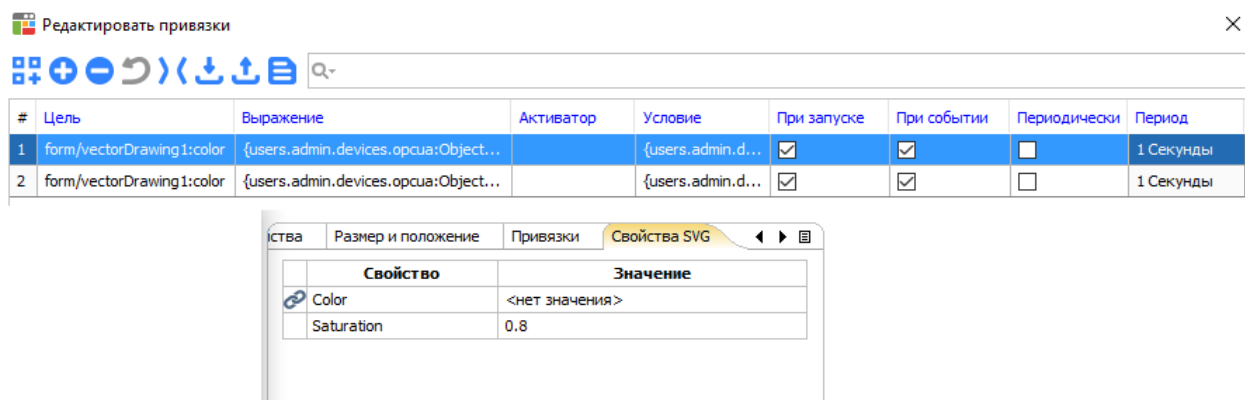


Рисунок 34 – Пример создания привязки

После размещения всех графических элементов, создания цветowych привязок и создания текстовых объектов имеем объект, представленный на рисунке 35.

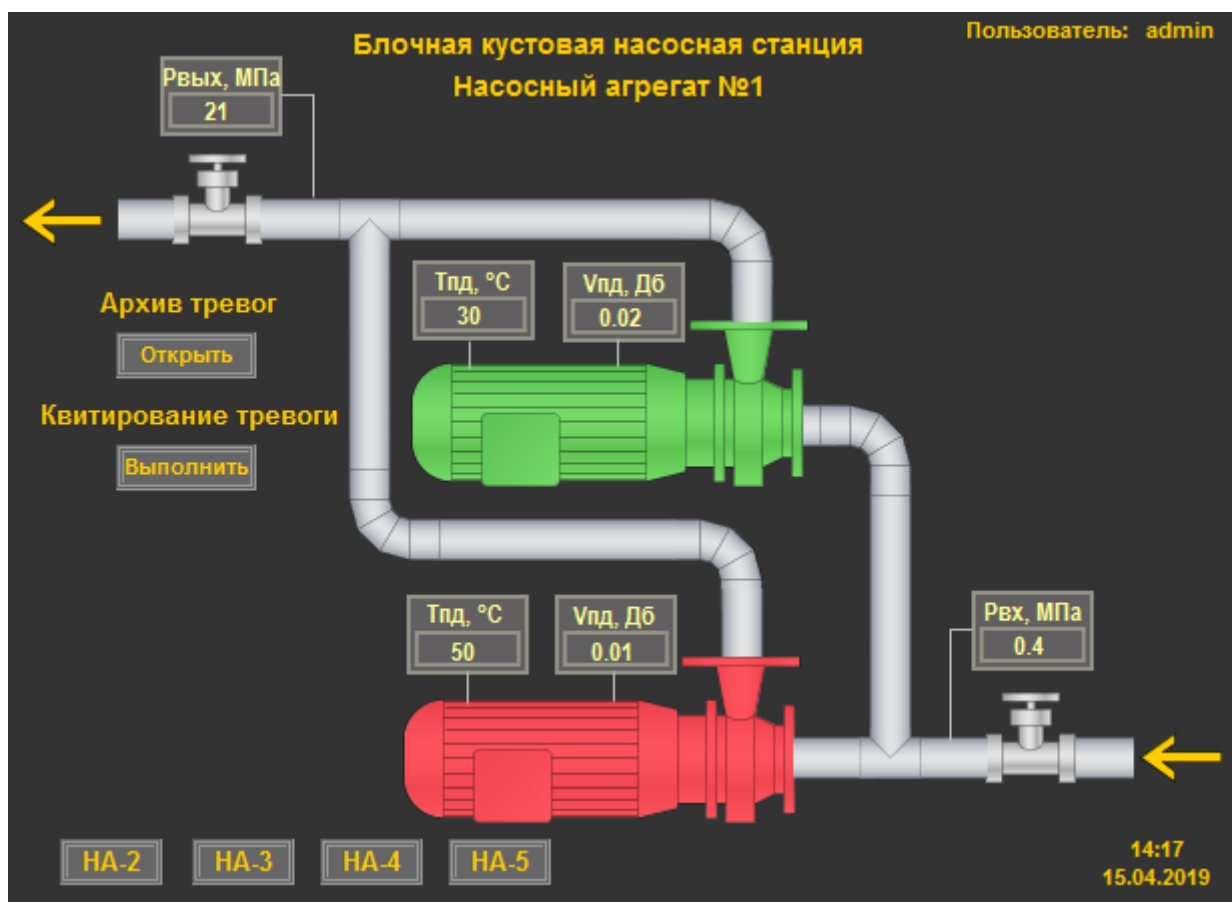


Рисунок 35 – Главное окно виджета

Отдельно стоит описать функционал кнопок. Кнопки с текстом «НА-2»-«НА-5» необходимы для переключения окна между различными насосными аг-

регатами БКНС. Кнопка «Квитирование тревоги» предназначена для выключения светозвуковой сигнализации и подтверждения принятия тревоги. Кнопка «Архив тревог» вызывает внешний для виджета объект, а именно включение окна с историей тревоги (рисунок 36).

Время	Урове	Причина	Сообщение	Триггер	Подтве
18.05.19 18:57	Предупреждение	Состояние 'Temperature' в 'орсуа'			
18.05.19 18:38	Предупреждение	Состояние 'Temperature' в 'орсуа'			
18.05.19 14:47	Предупреждение	Состояние 'Temperature' в 'орсуа'			
10.05.19 22:10	Предупреждение	Состояние 'Temperature' в 'орсуа'			
10.05.19 21:33	Предупреждение	Состояние 'Temperature' в 'орсуа'			
10.05.19 20:12	Предупреждение	Состояние 'Temperature' в 'орсуа'			

Рисунок 36 – История тревоги

Следующим важным графическим элементом является панель управления насосом. Данная панель вызывается нажатием мыши на изображение насоса (рисунок 37).

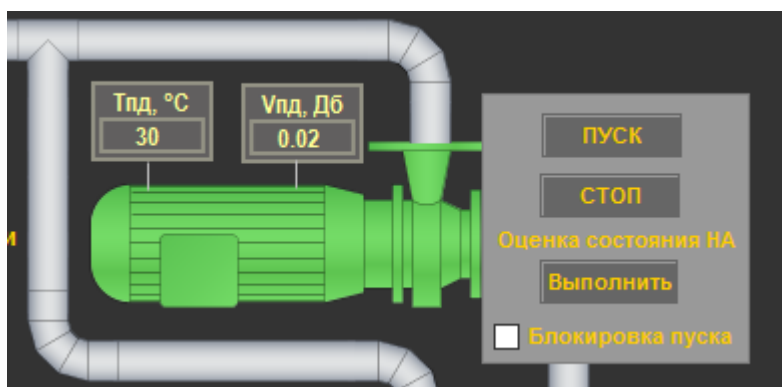


Рисунок 37 – Панель управления

Помимо стандартных элементов управления, таких как пуск-стоп насоса, возможно проведение оценки технического состояния насосного агрегата на основании алгоритмов онтологии, описанной в предыдущих разделах. Кроме того, имеет элемент «Блокировка пуска», который может быть активирован как автоматически, так и вручную оператором с соответствующим уровнем доступа.

Заключительным элементом виджета является график изменения величины, который вызывается щелчком мыши по изображению датчика (рисунок 37).

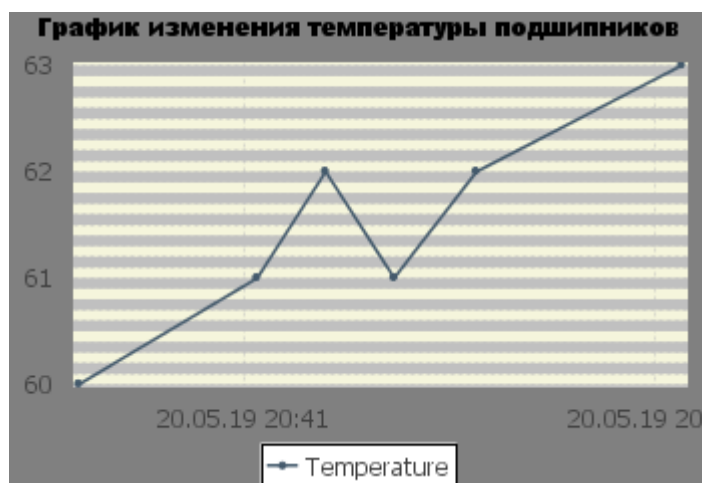


Рисунок 37 – График изменения температуры

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются предприятия нефтегазовой и нефтехимической отрасли. Научное исследование рассчитано на предприятия, имеющие в своем составе установки и оборудование, которое в результате аварийной ситуации может выйти из строя причинив урон окружающей среде и работникам данного предприятия. Таким образом, в работе разрабатывается система противоаварийной защиты и система технического обслуживания и ремонта для блочной кустовой насосной станции на основе технологии с применением интеллектуальных агентов.

В таблице 9 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности.

Таблица 9 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Разработка АСУТП	Разработка ПАЗ	Разработка ТОиР	Внедрение систем
Размер компании	Мелкие				
	Средние				
	Крупные				

Фирма А



Фирма В



Фирма С



4.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты (таблица 10). Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая система ПАЗ и ТОиР, основанная на технологии с применением интеллекту-

альных агентов, существующая система управления, основанная на классических технологиях и ПЛК, а также система ПАЗ на база релейной автоматики.

Критерии подобраны так, чтобы показать необходимость и преимущества применения современных и интеллектуальных технологий в системах производственной безопасности и технического обслуживания, относительно существующих и устаревших систем, применяемых в данной области.

Таблица 10 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,07	4	4	3	0,28	0,28	0,21
Повышение производительности	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
Надежность	0,08	4	4	5	0,32	0,32	0,4
Потребление ресурсов	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
Безопасность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Простота в пуско-наладке	0,07	5	5	3	0,35	0,35	0,21
Гибкость	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
Возможность самоорганизации	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
Диагностика и самодиагностика	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность системы	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	3	0,28	0,35	0,21
Цена	0,08	4	4	5	0,32	0,32	0,4
Послепродажное обслуживание	0,09	5	4	3	0,45	0,36	0,27
Срок выхода на рынок	0,08	4	5	2	0,32	0,4	0,16
Итого	1	62	56	47	4,41	4,01	3,37

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: гибкость разрабатываемой системы, возможности самодиагностики и самоорганизации, а также удобство в обслуживании за счет

уменьшения вовлеченности человека в процесс технического обслуживания. Однако, разработка находится на стадии исследования и немного компаний, которые уже ввели похожие системы на своих производство, поэтому мы не можем делать точные прогнозы на такие экономические показатели, как срок выхода на рынок и уровень проникновения на рынок в условиях современной ситуации на рынке.

4.3 FAST-анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций.

В таблице 11 приведены описания главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Таблица 11 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование устройства	Кол-во деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Насосный агрегат	6	Закачка воды в пласт	X		
Приборы КИ-ПиА	10	Контроль технологических параметров		X	
Система вентиляции	1	Вентиляция помещения БКНС			X
Система обогрева	1	Обогрев помещения БКНС			X

Далее необходимо определить значимость выполняемых функций объектом. В таблице 12 приведена матрица смежности функций. В таблице используются обозначения значимости функций: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая.

Таблица 12 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4
Функция 1	=	=	>	>
Функция 2	<	=	>	>
Функция 3	<	<	=	=
Функция 4	<	<	=	=

В таблице 13 проведено преобразование матрицы смежности в матрицу количественных соотношений. Преобразование проводится по принципу: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=».

Таблица 13 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Итого
Функция 1	1	1	1,5	1,5	5
Функция 2	0,5	1	1,5	1,5	4,5
Функция 3	0,5	0,5	1	1	3
Функция 4	0,5	0,5	1	1	3

Проведем определение относительной значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям:

функция 1 – $5/15,5=0,32$;

функция 2 – $4,5/15,5=0,29$;

функция 3 – $3/15,5=0,19$;

функция 4 – $3/15,5=0,19$.

Следующим этапом анализа предусмотрено определение стоимости функций, выполняемых объектом. В таблице 14 приведен примерный расчет стоимости каждой функции.

Таблица 14 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование устройства	Кол-во деталей на узел	Выполняемая функция	Стоимость детали, тыс.р.	Себестоимость, тыс.р.	Отн-ая стоимость
Насосный агрегат	6	Закачка воды в пласт	100	600	0,524
Приборы КИПиА	10	Контроль технологических параметров	50	500	0,435
Система вентиляции	1	Вентиляция помещения БКНС	30	30	0,026
Система обогрева	1	Обогрев помещения БКНС	15	15	0,013

Построим функционально-стоимостную диаграмму объекта и проведем ее анализ. На рисунке 38 приведена функционально-стоимостная диаграмма.

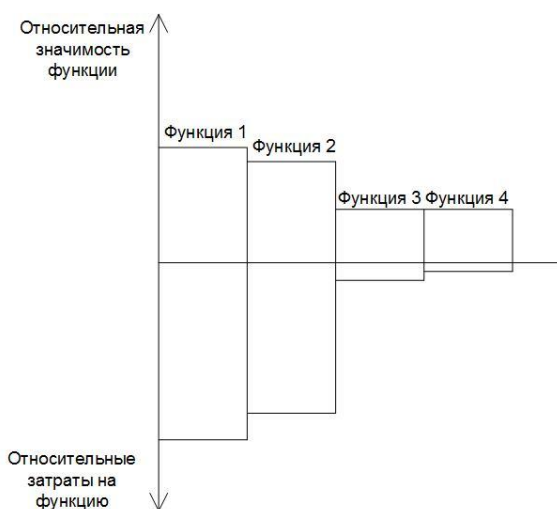


Рисунок 38 – Функционально-стоимостная диаграмма

Построенная функционально-стоимостная диаграмма имеет перекоc в сторону затрат для главной и основной функции, это объясняется тем, что данное оборудование наиболее дорогостоящее и представлено в наибольшем количестве относительно других. Для вспомогательных функций виден перекоc в сторону относительной значимости функции.

4.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта (таблица 15).

Таблица 15 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Снижение человеческого фактора при проведении работ; С2. Увеличение срока службы оборудования; С3. Интеллектуализация производства; С4. Самоорганизация и самонастройка систем; С5. Привлечение молодых ученых и квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1: Недостаточная осведомленность у заказчиков о возможностях технологии; Сл2: Необходимость применения самого качественного оборудования; Сл3: Недостаток квалифицированных кадров для осуществления обслуживания; Сл4: Сложность тестирования и моделирования работы разработки; Сл5: Недостаток русскоязычных исследований в данной области.
--	--	---

Продолжение таблицы 15 – Матрица SWOT-анализа

Возможности: В1: Использование данных мировых научных издательств; В2: Использование лицензионного программного обеспечения; В3: Возможность получения патента на разработку; В4: Получение грантов для исследования.	В1С3С4 – каталогизация и систематизация научных статей по тематике для создания интеллектуальных и самоорганизующихся систем; В2С2С3 – приобретение лицензионного ПО у компаний с мировым именем; В3С3, В4С3 – формирование заявок на гранты и патенты за счет недостаточного исследования данной области.	В1Сл1Сл3Сл5 – продвижение технологии на рынке через создание презентаций, показывающих плюсы внедрения технологии; В3Сл1 – обретение доверия к технологии через получение патента; В4Сл2Сл4 – закупка хорошего оборудования для разработки и тестирования; В5Сл2Сл4 –привлечение капитала за счет растущего спроса для внедрения и дальнейшего исследования технологии.
Угрозы: У1: Отсутствие спроса на разработку; У2: Разработки конкурентов; У3: Отсутствие достаточного финансирования; У4: Несоответствие мировым и отечественным стандартам.	У1С3С5 – приглашение на работу молодых специалистов, заинтересованных в развитии технологии приведет к более широкому спросу и развитию разработки; У3С5 – продвижение разработки в ВУЗах для привлечения квалифицированных работников может препятствовать развитию конкурентных разработок; У4С3С4 – стандартизация и сертификации в области данной технологии поможет не отклоняться от нормативных документов.	У1Сл1Сл3Сл5 – создание новой и интересной информации и подтверждающих исследований приведет к повышению спроса; У4Сл1Сл2 – подтверждение соответствия разработки всем нормативным документа поможет убедить заказчика в покупке разработки.

4.5 Планирование научно-исследовательских работ

4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для реализации проекта необходимы два исполнителя – научный руководитель и студент. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1.	Выбор направления научного исследования	Студент
	2.	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Студент
Анализ предметной области	3.	Календарное планирование работ по теме	Студент
	4.	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	5.	Анализ отобранного материала	Студент Руководитель
Разработка системы	6.	Описание технологического процесса	Студент
	7.	Разработка архитектуры системы	Студент
	8.	Разработка онтологии	Студент
	9.	Анализ возможных сервисов системы на основе онтологии	Студент
	10.	Разработка функциональной схемы	Студент

Продолжение таблицы 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

	11.	Проведение моделирования работы системы в MATLAB	Студент
	13.	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Студент
	14.	Написание раздела «социальной ответственности»	Студент
	15.	Проверка работы с руководителем	Студент Руководитель
Оформление отчета	16.	Составление пояснительной записки	Студент
	17.	Подготовка презентации дипломного проекта	Студент

4.5.2 Разработка графика проведения научного исследования

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

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула 5:

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

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

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

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 6).

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{q_i}, \quad (6)$$

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

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

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 7).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (7)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 8:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8)$$

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

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

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

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 118) = 1,478$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполни- тели		Длитель- ность работ в раб. днях T_{pi}	Длитель- ность работ в раб. днях T_{pi}
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел- дни		$t_{ож\bar{i}}$, чел-дни					
	Студент	Препода- ватель	Студент	Препода- ватель	Студент	Препода- ватель	Студент	Препода- ватель		
Выбор направ- ления научного исследования	7	0	12	0	9	0			12	17,76

Продолжение таблицы 17 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполни- тели		Длитель- ность работ в раб. днях T_{pi}	Длитель- ность работ в раб. днях T_{pi}
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел- дни		$t_{\text{ожи}}$, чел-дни					
	Студент	Препо- даватель	Студент	Препо- даватель	Студент	Препо- даватель	Студент	Препо- даватель		
Составление и утверждение технического задания	2	3	7	5	4	3,8			3,9	5,772
Календарное планирование работ по теме	1	0	4	0	2,2	0			2,2	3,256
Подбор и изу- чение материа- лов по теме	15	0	20	0	17	0			20	29,6
Анализ ото- бранного мате- риала	5	3	19	6	10,6	4,2			7,4	10,952
Описание тех- нологического процесса	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Разработка ар- хитектуры си- стемы	6	0	12	0	8,4	0			8,4	12,432
Разработка он- тологии	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Анализ возмож- ных сервисов	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Разработка функциональ- ной схемы	5	0	10	0	7	0			10	12,432
Проведение мо- делирования в MATLAB	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216

Продолжение таблицы 17 – Расчеты по трудоемкости выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполни- тели		Длитель- ность работ в раб. днях T_{pi}	Длитель- ность работ в раб. днях T_{pi}
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел- дни		$t_{ожг}$, чел-дни					
	Студент	Препод- даватель	Студент	Препод- даватель	Студент	Препод- даватель	Студент	Препод- даватель		
Написание раз- дела «финансо- вый менедж- мент, ресур- сэффектив- ность и ресур- сосбережение»	3	0	8	0	5	0			5	7,4
Написание раз- дела «социаль- ной ответствен- ности»	5	0	11	0	7,4	0			7,4	10,952
Проверка рабо- ты с руководи- телем	6	5	12	9	8,4	6,2			7,3	10,804
Составление пояснительной записки	12	0	16	0	13,6	0			13,6	20,128
Подготовка пре- зентации ди- пломного про- екта	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Итого	79	11	155	20	109, 4	14,2	0	0	114	166,352

На основе таблицы 17 построим диаграмму Ганта, представляющую из себя горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (Приложение Б).

4.5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

4.5.4 Расчет материальных затрат НТИ

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой 9:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (9)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

Согласно диаграмме Гантта длительность работ составляет 167 дней, для расчёта потребляемой энергии примем, что в день для проведения исследования тратится около 4 часов работы за компьютером. Компьютер потребляет в среднем 60 Вт в час. Зная стоимость электроэнергии по городу Томск, можно рассчитать сумму, которую необходимо для этого потратить (таблица 18).

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена (руб.)
Электроэнергия	кВт.	41	141
Канцелярские товары	Шт.	1	500
Печатаная бумага	Пачка	1	300
Итого (руб.)	941		

4.5.5 Расчет стоимости основных средств для научного исследования

Основными средствами для проведения исследования являются: компьютер и программное обеспечение (MSVisio, Matlab, MicrosoftOffice) (таблица 19). Поскольку ТПУ предоставляет бесплатный доступ к разному виду программного обеспечения, в том числе Matlab и Visio, следовательно, затратами на основными средствами является покупка ноутбука и стандартного пакета Microsoft Office.

Таблица 19 – Основные средства проведения исследования

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

4.5.6 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (формула 10):

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (10)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 11:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}, \quad (11)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

при отпуске в 72 раб. дней $М = 9,6$.

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 20).

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника (формула 12):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (12)$$

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

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

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

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} ,руб.	T _{р.раб.} дн.	З _{осн} ,руб.
Руководитель	27484	1,3	57166,72	3233	15	48495
Студент	1692	1,3	2200	131	196	25676

4.5.7 Дополнительная заработная плата

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 10:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (13)$$

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

$$k_{\text{доп}} = 0,12.$$

Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 22.

Таблица 22 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата(руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	Дополнительная зарплата(руб.)
Руководитель	48495	0,12	5819,5
Студент	25676	0,12	3081,12
Итого:			8900,62

4.5.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 14:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (14)$$

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

На 2017 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная пла-та, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	48495	5819,5
Студент	25676	3081,12
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого		
Руководитель	16294,35	
Студент	8627,136	

4.5.9 Накладные расходы

В эту статью относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 15:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (15)$$

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

$$C_{\text{накл}} = 0,4 * (74171 + 8900,62) = 33228,64 \text{ руб.}$$

4.5.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Затраты по статьям						
	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты, руб.	Специальное оборудование для научных работ, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Накладные расходы, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Итого плановая себестоимость, руб.
1	941	34000	74171	8900,62	33228,64	24921,48	176162,74
2	941	39000	74171	8900,62	33228,64	24921,48	181162,74

4.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 16:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (16)$$

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

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

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

$$I_{финр} = \frac{176162,74}{185000} = 0,9522$$

$$I_{фина1} = \frac{170000}{185000} = 0,918$$

$$I_{финр} = \frac{181162,74}{185000} = 0,979$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом (формула 17):

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (17)$$

где I_{pi} – интегральный финансовый показатель разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительная оценка характеристик проекта представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент	Проект	Аналог 1	Аналог 2
Материалоемкость	0,1	5	4	3
Надежность	0,2	4	4	5
Производительность	0,1	4	4	4
Удобство в эксплуатации	0,1	5	5	3
Энергосбережение	0,2	4	4	3
Безопасность	0,3	5	4	5
Итого	1	4,5	4,1	3,82

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финаi}^{ai}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 18, 19 соответственно:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{финр}^p}, \quad (18)$$

$$I_{финаi}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{финаi}^{ai}}, \quad (19)$$

Все необходимы параметры для оценки ресурсоэффективности сведены и рассчитаны в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная таблица показателей эффективности

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9522	0,918	0,979
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,1	3,82
3	Интегральный показатель эффективности	4,725	4,46	3,901
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,05	1,211

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве разработки на аналогом 2, в первую очередь в силу того, что технология, применяемая в аналоге 2 является устаревшей и редко встречается в современном производстве, несмотря на доказанную работоспособность. Незначительное отличие эффективности разработки и аналога 1 вызвано тем, что в обоих случаях, применяемое оборудование схоже по параметрам цены и технических требований, однако существует принципиальное различие в технологии, которая может доказать (или не доказать) свою эффективность лишь со временем.

4.7 Оценка абсолютной эффективности исследования

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

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

4.7.1 Расчет чистой текущей стоимости

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

Чем больше NPV , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия. Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если NPV является положительной величиной. Расчет текущей стоимости по проекту показан в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, тыс. руб.	0,000	123,313	123,313	123,313	123,313
2	Итого приток, тыс. руб.	0,000	123,313	123,313	123,313	123,313
3	Инвестиционные издержки, тыс. руб.	-176,162	0,000	0,000	0,000	0,000

Продолжение таблицы 27 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
4	Операционные затраты, тыс. руб. С+Ам+ФОТ	0,000	28,439	28,439	28,439	28,439
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0,000	94,874	94,874	94,874	94,874
6	Налоги, тыс. руб донал.приб*20%	0,000	18,975	18,975	18,975	18,975
7	Итого отток, тыс.руб. Опер.затр.+налоги	-176,162	47,414	47,414	47,414	47,414
	Чистая прибыль, т.р. (5-7)	-176,162	47,461	47,461	47,461	47,461
	Амортизация, т.р	0,000	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500
8	Чистый денежный поток, тыс. руб. ЧДП=Пчист+Ам	-176,162	46,961	46,961	46,961	46,961
9	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i = 20\%$)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
10	Дисконтированный чистый денежный поток, тыс. руб. (с8*с9)	-176,162	46,252	45,555	44,868	44,192
11	То же нарастающим итогом, тыс.руб. (NPV =4,705 тыс. руб.)	-176,162	-129,910	-84,355	-39,486	4,705

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 4,705 тыс. рублей, что позволяет его эффективности.

4.7.2 Дисконтированный срок окупаемости

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

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

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

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 28).

Таблица 28 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$)	-176,162	46,252	45,555	44,868	44,192
2	То же нарастающим итогом	-176,162	-129,910	-84,355	-39,486	4,705
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 1 + 39,486/44,192 = 1,89$ месяца				

4.7.3 Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 29 и графика, представленного на рисунке 39.

Таблица 29 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки	-176,162	46,961	46,961	46,961	46,961	
2	коэффициент дисконтирования						
	$i=0,1$	1	0,992	0,984	0,976	0,969	
	$i=0,2$	1	0,985	0,970	0,955	0,941	
	$i=0,3$	1	0,978	0,957	0,937	0,916	
	$i=0,4$	1	0,972	0,945	0,919	0,894	
	$i=0,5$	1	0,967	0,935	0,904	0,874	
	$i=0,6$	1	0,962	0,925	0,889	0,855	
	$i=0,7$	1	0,957	0,915	0,876	0,838	
	$i=0,8$	1	0,952	0,907	0,863	0,822	
	$i=0,9$	1	0,948	0,899	0,852	0,807	

Продолжение таблицы 29 – Зависимость **NPV** от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
	i=1	1	0,944	0,891	0,841	0,794	
3	Дисконтированный денежный поток, тыс. руб						NVP
	i=0,1	-176,162	46,589	46,220	45,855	45,492	7,994
	i=0,2	-176,162	46,252	45,555	44,868	44,192	4,705
	i=0,3	-176,162	45,945	44,951	43,979	43,028	1,741
	i=0,4	-176,162	45,662	44,400	43,172	41,978	-9,50
	i=0,5	-176,162	45,400	43,892	42,434	41,024	-3,412
	i=0,6	-176,162	45,157	43,422	41,754	40,151	-5,678
	i=0,7	-176,162	44,929	42,986	41,126	39,347	-7,773
	i=0,8	-176,162	44,716	42,578	40,543	38,605	-9,720
	i=0,9	-176,162	44,515	42,196	39,999	37,915	-11,537
	i=1	-176,162	44,325	41,837	39,489	37,273	-13,239

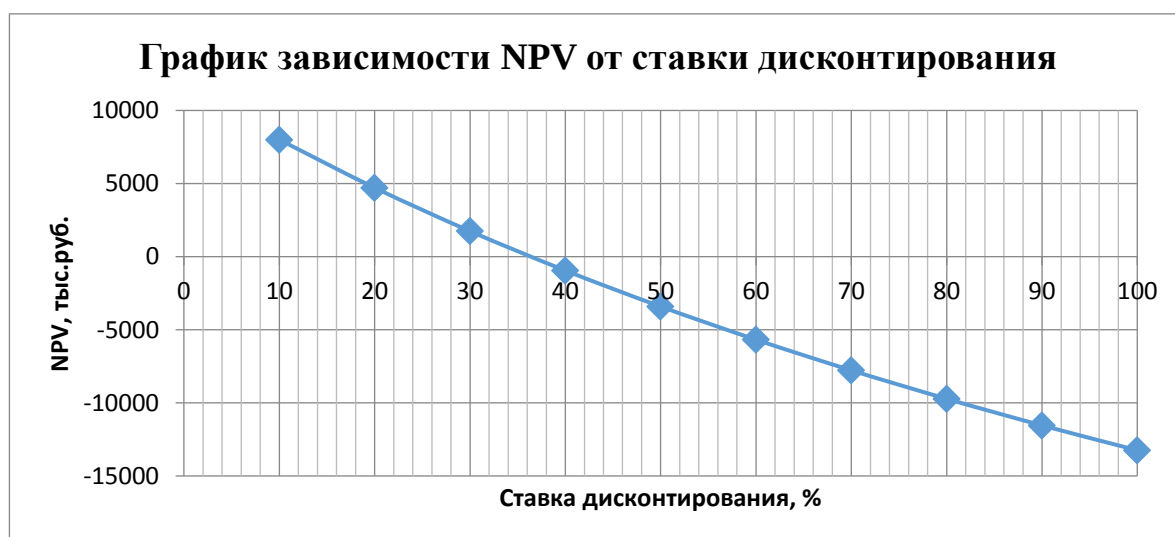


Рисунок 39 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования.

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой **NPV** обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 36%.

4.7.4 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций

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

Расчет этого показателя осуществляется по формуле 20

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (20)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{47,806 + 47,085 + 46,375 + 45,676}{176,162} = 1,06$$

$PI=1,06>1$, следовательно, проект эффективен при $i=0,2$;

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 30).

Таблица 30 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Проведение технического обслуживания вручную	Система на базе виртуальных агентов производит постоянный мониторинг состояниями технологического оборудования, следовательно, проведение ТО в ручную больше не требуется.
Исключение человеческого фактора в чрезвычайных ситуациях	В случае какой-либо ЧС система выполняет все действия по ликвидации последствий в случае недееспособности оператора.

Таким образом, на основании всех расчётов можно сделать вывод о том, что проект является рентабельным и эффективным для инвестиций в первую очередь потому что обслуживание инвестиций не требует больших капиталовложений, так как разрабатываемая система является автономной и требует точной настройки, следовательно, и финансовые вложения только на начальном этапе своего функционирования.

5 Социальная ответственность

В настоящее время происходит активное развитие и внедрение интеллектуальных технологий на объектах нефтегазовой отрасли. Одним из таких направлений являются виртуальные агентные системы или интеллектуальные агенты. Все технологии интеллектуализации месторождений нефти и газа – это новые концепции ценностей, моделей постановки проблем и их технических решений, направленных на динамичное развитие и рост капитализации компаний в режиме реального времени без которых сложно представить развитие предприятий.

Суть работы заключается во внедрении технологии интеллектуальных агентов для предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций с помощью систем противоаварийной защиты и систем технического обслуживания и ремонта, разработанных на основе онтолого-ориентированного подхода проектирования. Таким образом, предложенная система управления может упростить анализ технологического состояния объекта, выполнить прогноз будущего состояния объекта на основе его технического состояния в данный момент времени без визуального осмотра объекта.

Объектом исследования является блочная кустовая насосная станция, расположенная на территории нефтегазового месторождения и необходимая для поддержания пластового давления, путем закачки воды обратно в продуктивный горизонт.

Стейкхолдерами системы управления являются операторы БКНС, а также персонал, непосредственно контактирующий с технологическим оборудованием.

Целью данного раздела магистерской диссертации является анализ опасных и вредных факторов труда, анализ степени их влияния на человека и выявление потенциальных мер по нивелированию их воздействия на оператора. Кроме этого, были рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, пожарной безопасности, а также организационно-правовые вопросы.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

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

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

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

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

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

5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

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

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

5.3 Профессиональная социальная безопасность

Опасные и вредные факторы, которым подвержен оператор при эксплуатации БКНС отражены в таблице 31. Опасные факторы разделяются по этапам, также приведены нормативные документы, регулирующие данные опасные факторы.

Таблица 31 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изго- товле-	Эксплу- атация	
1.Отклонение показате- лей микроклимата	+	+	+	Требования к микроклимату, шуму, электромагнитному излучению устанавливаются СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [26]. Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [27].
2. Превышение уровня шума	+	+	+	
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+			
4. Электромагнитное и электростатическое излучения	+	+	+	

5.4 Показатели микроклимата

Для помещения в котором осуществляет свою деятельность оператор БКНС должно соответствовать определенным требованиям к температуре, влажности и наличию пыли. Требования представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Допустимые и оптимальные параметры микроклимата

Время года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодное	22-24	40-60	до 0,1
Тёплое	23-25	40-60	0,1-0,2

Представленные в таблице 32 условия являются оптимальными для обеспечения максимально комфортного теплового баланса температуры тела человека и его терморегуляции. Если температура выше нормы, кровеносные сосуды расширяются, и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении температуры кровеносные сосуды соответственно сужаются приток крови к телу замедляется, и теплоотдача уменьшается.

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

Принципиальным фактором в микроклимате помещения с компьютером является уровень пыли. Человеческий организм плохо адаптирован к условиям повышенной запыленности. Поскольку помещение БКНС находится на территории месторождения, которое является производственной площадкой, часто расположенной на открытой местности, в результате чего блок-бокс подвержен продуванию ветров и оседанию пыли.

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

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

5.5 Превышение уровня шума

При выполнении работ специалист может оказаться в зоне повышенного уровня шума, источником которого является оборудование, находящееся в рабочем помещении: персональные компьютеры, устройства поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция). Кроме того, оборудованием, которое значительно влияет на уровень шума являются насосные агрегаты, расположенные в том же здании, что и помещение оператора.

Как правило, уровень шума от работающего насоса или насосной станции достигает 60 – 90 дБ, а иногда и более. Естественно, такой уровень шума является недопустимым для работы оператора, поэтому выполняют ряд мер для снижения уровня шума:

- Установка качественной насосной техники, поскольку значительно меньше шумят насосы, выполненные из нержавеющей стали или чугуна.
- Использование звукоизолирующие материалы, например, пенопласт, который является и отличным теплоизолятором, что очень важно для эксплуатации БКНС в зимний период.
- Снижение на 30-40% ниже рекомендованных СНиП предельных значений скорости движения воды в трубах путем установки регуляторов давления.

Работы, выполняемые специалистом оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, и, следовательно, согласно санитарным нормам СН2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» уровень звука в рабочем помещении не должен превышать 50 дБА. В таблице 33 приведены предельные уровни звукового давления в октавных полосах, а также предельные уровни звука для видов работ, выполняемых специалистом в процессе работы [28].

Таблица 33 – Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96

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

Основным источником шума на рабочем месте является персональный компьютер, находящийся под рабочим столом. Измерения уровня шума не проводились, однако, в процессе работы шум работы ПК не слышен и не влияет на производительность труда. Однако, при накоплении пыли внутри системного блока система охлаждения начинает работать интенсивней и уровень шума повышается. Таким образом, необходимо своевременно проверять и прочищать от пыли всё оборудование необходимое для работы оператора.

5.6 Электромагнитное и электростатическое излучения

Рабочее место оператора подвержено влиянию электромагнитных полей (ЭМП). Источниками ЭМП является оборудование, в частности компьютеры. Большая часть электромагнитного излучения, создаваемого компьютерами, происходит от видеокабеля и системного блока. В составе современных персональных компьютеров практически все электромагнитное излучение идет от системного блока. Современные компьютеры выпускаются производителями со специальной металлической защитой внутри системного блока для уменьшения фона электромагнитного излучения. Электромагнитное поле обладает способностью биологического, специфического теплового воздействия на организм человека. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови.

Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот, интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительности облучения, характера излучения, режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма человека. Таким образом, электромагнитные поля контролируют в двух диапазонах: от 5 Гц до 2 кГц, от 2 до 400 кГц. Измерения проводят на рабочих местах пользователей стационарных и портативных персональных компьютеров. Контролируют следующие параметры: напряженность электрического и магнитного поля, напряженность электростатического поля.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет $T=50E-2$. Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов [29].

Существуют следующие способы защиты от ЭМП на путях распространения:

- применение поглотителей мощности;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения;
- подъем излучателей и диаграмм направленности излучения;
- блокировочные излучения;
- экранирование излучений.

5.7 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды является чрезвычайно важным пунктом в функционировании любого предприятия, особое внимание уделяется объектам

нефтегазовой отрасли. Однако, в силу специфики технологии функционирования БКНС (работа с водой не несет таких потенциально опасных последствий как работа с взрыво- и пожароопасными продуктами нефтегазового производства) сводится к устранению отходов бытового мусора и отходам жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

Одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения являются вышедшие из эксплуатации люминесцентные лампы. Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути. Поэтому отслужившие свой срок люминесцентные лампы, а также другие приборы, содержащие ртуть, представляют собой опасный источник токсичных веществ.

Утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства, например, тротуарной плитки.

Под хранением отходов понимается временное размещение их в специально отведённых для этого местах или объектах до их утилизации. Отработанные люминесцентные лампы, согласно Классификатору отходов ДК 005-96, утвержденному приказом Госстандарта № 89 от 29.02.96 г., относятся к отходам, которые сортируются и собираются отдельно, поэтому утилизация люминесцентных ламп и их хранение должны отвечать определенным требованиям.

5.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией для БКНС является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыва проводов, аварии насосных агрегатов, а также не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д. Основные организационные и технические требова-

ния по пожарной безопасности насосных станций изложены в СП. 5.13130.2009 п.5.10 [30].

Основными требованиями являются:

- Выбор типа пожарных насосных агрегатов и количества рабочих агрегатов надлежит производить на основе возможности обеспечения их совместной работы, максимальных требуемых значений рабочих расхода и давления;
- В зависимости от требуемого расхода могут использоваться один или несколько основных рабочих насосных агрегатов. При любом количестве рабочих агрегатов в насосной установке должен быть предусмотрен один резервный насосный агрегат, который должен соответствовать рабочему агрегату с максимальным расходом и давлением подачи. Резервный насосный агрегат должен автоматически включаться при аварийном отключении или несрабатывании любого из основных насосных агрегатов;
- В насосных установках могут применяться открытые или защищенные электродвигатели, которые должны быть заземлены, а также иметь защиту от токов перегрузки и повышения температуры. Защита от токов перегрузки и повышения температуры должна предусматриваться только для основного рабочего пожарного насоса. Если в процессе тушения пожара происходит переключение с основного рабочего пожарного насоса на резервный из-за токовых и температурных перегрузок, то в этом случае защита от перегрузок резервного пожарного насоса не должна осуществляться;
- Время выхода пожарных насосов (при автоматическом или ручном включении) на рабочий режим не должно превышать 10 мин.

Помещение оборудовано системой оповещения и сигнализации пожарной опасности. Для тушения пожаров на начальных стадиях широко применяются огнетушители. По виду используемого огнетушащего вещества огнетушители бывают, в основном, пенного, порошкового, углекислотного вида. В производственных помещениях ВЦ применяются главным образом углекислотные огнетушители, достоинством которых является высокая эффективность туше-

ния пожара, сохранность электронного оборудования, диэлектрические свойства углекислого газа, что позволяет использовать эти огнетушители даже в том случае, когда не удастся обесточить электроустановку сразу.

Помещение оборудовано датчиками пожарной сигнализации, реагирующие на появление дыма. В рабочем помещении вывешены «Планы эвакуации людей при пожаре», регламентирующие действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. В офисном помещении имеется порошковый огнетушитель типа ОУ-8. Средством оповещения сотрудников о пожаре служит пожарная сигнализация.

Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

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

В случае возникновения таких ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из здания в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения, возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Другой вид опасности, такой как выход из допустимых диапазонов технологических параметров, например, превышение давления в трубопроводе может привести к разрыву трубопровода и опасной ситуации для здоровья и жизни персонала. В первую очередь, потому что разрыв трубопровода приведет

к затоплению помещения, в котором находятся электроустановки. Кроме того, это может привести к разрушению конструкций здания. Во избежание данного типа опасностей и применяется рассмотренная в диссертации система противоаварийной защиты, которая отключает насосные агрегаты при недопустимом уровне безопасности системы, выдает сигналы оператору, а также сигналы сигнализации по всему помещению.

5.9 Вывод по разделу

В ходе работы по разделу «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, суть которых заключалось в анализе основных нормативных документов регулирующих и регламентирующих производственную деятельность оператора на рассматриваемом объекте. Также был выполнен анализ вредных факторов проектируемого решения, таких как микроклимат, шум, освещение, электромагнитной и электростатическое излучение. Не менее важными вопросами являются экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях. Практически на любых предприятиях (особенно связанных с эксплуатацией месторождений, где существует вероятность техносферных катастроф и гибели персонала) создаются целые отделы, занимающиеся техникой безопасности, инженеры которых следят за выполнением всех норм и регламентов безопасности. За несоблюдение данных регламентов грозят различного рода санкции вплоть до увольнения или уголовной ответственности работников предприятия.

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

Заключение

Проведенный анализ общего состояния АСУ ТП говорит о том, что в настоящее время происходят активные процессы интеллектуализации производства, в том числе и нефтегазового. Таким образом, в ходе выполнения магистерской диссертации была предложена концепция внедрения виртуальных агентов для построения онтолого-ориентированной киберфизической системы для проектирования и создания системы противоаварийной защиты и системы технического обслуживания и ремонта. Стоит отметить, что системы для исследования выбраны таким образом, чтобы наиболее полно отразить достоинства и недостатки исследуемой концепции.

В качестве основных результатов работы можно выделить следующие:

1. Разработаны онтологии системы ПАЗ и ТОиР на основе нормативных документов в данной области, также предложены возможные сервисы для установления связи между физической сущностью объектов и общей онтологией системы.

2. Разработана функциональная схема автоматизации в соответствии с международным стандартом ANSI/ISA-5.1-2009, проведен сравнительный анализ между данным стандартом и отечественным аналогом ГОСТ 21.408-2013.

3. Проведено моделирование части разработанной системы в программной обеспечении «Matlab», а именно в пакете «StateFlow», который необходим именно для работы с дискретно-событийными системами. В качестве примеров был реализован сервис по отключению насосного агрегата при превышении критического значения давления на входе и сервис по переходу на резервный агрегат в случае износа подшипников насоса. Программирование очень похоже язык программирования контроллеров SCL и при правильном подходе, можно реализовывать достаточно объемные и сложные программы.

4. Проведено исследование платформы для создания платформы интернет вещей Tibbo AggreGate. Целью работы с данным ПО была визуализация моделирования технологического процесса посредством установления связи

между Matlab и Tibbo AggreGate через внешний OPC-сервер. Как результат был создан виджет, реализующий функции сбора и анализа данных о состоянии технологического процесса. Более того, исследованы возможности применения ПО для реального процесса на реальном оборудовании, таким образом, можно говорить о том, что Tibbo AggreGate является идеальным вариантом для реализации функций сбора информации и автоматизированного управления, то есть реализации функций ТОиР, однако оперативное локальное управление (функции ПАЗ) необходимо реализовывать через специализированный ПЛК.

Применение агентного подхода к созданию автоматизированных систем, при правильной постановке задач и качественной реализации, несомненно, повысит производительность любого производства, а также снизит риски, связанные с различными аварийными событиями через своевременный и правильный анализ состояния оборудования, кроме того данный подход может быть применим практически к любой автоматической или автоматизированной системе производства.

Список публикаций

1. Элементы автоматизированной системы менеджмента качества для предприятий нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс] / А. В. Чимров, Е. И. Громаков // Инноватика 2015: сборник трудов конференции, 21-23 мая 2015 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский Государственный университет, Факультет инновационных технологий. — Томск: Изд-во ТГУ, 2015. — [С. 173-180]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа:

http://tic.tsu.ru/www/uploads/smartsection/459_Сборник_Инноватика-2015.pdf

2. Организация и управление предприятиями ТЭК, НГК, сферы ИКТ [Электронный ресурс] / А. В. Чимров, П.А. Селиверстов// Экономика России в XXI веке: сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции "Экономические науки и прикладные исследования", 17-21 ноября 2015 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники. — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 440-446]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/15458>

3. Электронный роликовый измеритель длины [Электронный ресурс] / А. В. Чимров // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 7-11 ноября 2016 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 323-324]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/36923>

4. Comparative analyses of different variants of standard ground for automatic control systems of technical processes of oil and gas production [Electronic resource] / E. I. Gromakov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. — 2017. —

Vol. 803 : Information Technologies in Business and Industry (ITBI2016). — [012052, 6 p.]. — Title screen. Свободный доступ из сети Интернет.

Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/803/1/012052>
<http://earchive.tpu.ru/handle/11683/38149>

5. Разработка модуля управления техобслуживанием и ремонтом [Электронный ресурс] / А. В. Чимров, В. А. Гилев, Е. И. Громаков // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 3-7 декабря 2018 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники. — Томск: Изд-во ТПУ, 2018. — [С. 251-252]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/52730>

Список использованных источников

- 1 Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987. – 214-217 с.
- 2 Minsky M. The Society of Mind. – New York: Simon and Schuster, 1986. – 335 p.
- 3 Hewitt C., Bishop P., Steiger R. A Universal Modular ACTOR Formalism for Artificial Intelligence // Proc. of the Third Int. Joint Conf. on AI (IJCAI-73). – Stanford, CA: Stanford University: 1973. – P. 235–245.
- 4 Hewitt C. PLANNER: a language for proving theorems in robots // Proc. of the First Int. Joint Conf. on AI (IJCAI-69). – Washington, DC: 1969. – P. 295–301.
- 5 Lesser V.R. Corkill D.D., The Distributed Vehicle Monitoring Testbed: A Tool for Investigating Distributed Problem Solving Networks / AI Magazine. – 4(3), 1983. – P. 15–33.
- 6 Shoham Y. Agent-Oriented programming / AI. – 60, 1993. – P.51– 92.
- 7 Элиенс А. Принципы объектно-ориентированной разработки программ: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 496 с.
- 8 Wooldridge M. An Introduction to Multi-Agent Systems. – John Wiley and Sons. – 2002. – 376 p.
- 9 Hayes-Roth B. An integrated architecture for intelligence agents / SIGART. – 1991. – 2(4). – P. 79–81.
- 10 Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
- 11 Franklin S. Artificial Minds. – Cambridge, Mass.; London: MIT press, 1995. – 449 p.
- 12 Nwana H. S. Software Agents: An Overview // Knowledge Engineering Re-view. – 1996. – Vol. 11, № 3. – P. 1–40.

13 Emerson, E. A. Branching time logic: REX School-Workshop on Linear Time, Branching Time and Partial Order in Logics and Models for Concurrency (LNCS Vol. 354). – Springer-Verlag: Heidelberg, 1988. – P. 123-172.

14 Wooldridge M., Jennings N. Intelligent Agents: Theory and Practice // Knowledge Engineering Review. – 1995. № 10 (2). – P. 115–152.

15 Gabriel Rojek, Renata Ciwa, Krzysztof Cetnarowicz: Algorithm of behavior evaluation in multi-agent system. Computational Science - ICCS 2005: 5th Int. Conference: Atlanta, GA, USA, May 22-25, 2005: Pt. 3 eds. Vaidy S. Sunderam [et al.]. Lecture Notes in Computer Science; LNCS 3516. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.

16 Денисов, В. В. Методы и средства построения интеллектуальных агентов реального времени // Труды 7 - й нац. конф. по искусственному интеллекту КИИ'2000. Т. 1–2. – М.: Изд-во физ.-мат. л-ры, 2000. – С. 805–813.

17 Д.Е. Намиот, В.А. Сухомилин, С.П. Шаргалин Программные агента в ERP системах // International Journal of Open Technologies ISSN:2307-8162 vol 4, no5, 2016.

18 SC00001L FIPA Abstract Architecture Specification – М.: FOUNDATION FOR INTELLIGENT PHYSICAL AGENTS, 2002. – 15 с.

19 SC00091E FIPA Device Ontology Specification – М.: FOUNDATION FOR INTELLIGENT PHYSICAL AGENTS, 2002. – 10 с.

20 ГОСТ Р ИСО 13374-3-2015 Контроль состояния и диагностика машин. Обработка, передача и представление данных. Часть 3. Передача данных – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2016. – 25 с.

21 Громаков Е. И., Лиепиньш А. В. Интегрированные компьютерные системы проектирования и управления: учебное пособие. Томск: ТПУ, 2013. – 212 с.

22 Котельников В.С., Шишков Я.А. Справочник по техническому обслуживанию, ремонту и диагностированию грузоподъемных кранов: руководство по эксплуатации и ремонту. Москва, ПИО ОБТ, 1996. – 56-57 с.

23 Шилов, Н. Г., Щекотов М.С. Онтологическое моделирование управляющих автоматов сервисов киберфизических систем // Информационно-управляющие системы: научный журнал. – М.: Санкт-Петербург, 2017. – С. 81-84.

24 Прохоров А.В., Пахина Е.М. Особенности использования онтологии при взаимодействиях агентов в системе имитационного моделирования производственных процессов // Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»: сборник научных статей. – М.: Харьков, 2018. – С. 167-168.

25 Андреева М.М, Зарипов А.Р. Разработка схем автоматизации технологических процессов нефтегазового комплекса на базе стандарта ANSI/ISA-S5.1-2009 // Вестник Технологического Университета: сборник научных статей. – М.: Казань, 2015. – С. 2-3.

26 Безопасность жизнедеятельности. Учебник. Под ред. Э.А. Арустамова /10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Дашков и К°», 2006. — 476 с.

27 Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 3-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 177 с

28 Строительные нормы и правила: СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва, 2003. – 16 с.

29 Санитарные норм и правила: СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва, 2003. – 13 с.

30 Свод правил: СП. 5.13130.2009. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва, 2009. – 19 с.

Приложение А
(обязательное)

The application of virtual agents of a control system to identify and treat operational emergencies in oil and gas facilities

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM71	Чимров Антон Вячеславович		

Руководитель ВКР

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

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

Introduction

Nowadays, there is a dramatic fall in the prices of gas and oil products and it has an influence on a financial situation of many enterprises in the industry. The way out is to find innovative solutions and ways to improve the efficiency of operating activity and strategic planning. One of these ways is the application of virtual agent systems or intelligent agents.

Artificial intelligence technologies such as neural networks, genetic algorithms, machine learning, fuzzy logic, and intelligent agents were developed at the end of the last century. Since today these technologies seem like a complicated way, many manufacturers prefer to work with classical methods of control.

A comparative analysis shows that the implementation of digital technologies has increased key performance indicators (KPI) in this area relative to outdated technologies by 2-10%. Moreover, the use of intelligent technologies will lead to the life-time extension of fields.

So this paper is devoted to the basic concepts of virtual agent systems and the application of virtual agents of a control system to identify and treat operational emergencies in oil and gas facilities. It is planned to create a discrete event system, to design ontology of intelligent agents for the emergency shut-down system. The MATLAB package «StateFlow» is used for simulating the processes.

1. Literature review

1.1 History of intelligence agents

The first papers in finite-state machines were proposed in the middle of the last century by J. von Neumann. However, the most fundamental concepts were published in the works of A. N. Kolmogorov [1]. These works provide only a general description of the terms and structure of finite-state machines. Of course, this information is not enough to design the whole system. Russian scientists made a significant contribution to the development of intelligent agents. In the works of these scientists, the ability of expedient behavior in a stationary environment when considering a group of reactive agents of low complexity was considered firstly. They said the flexibility of agents is achieved through the transition to finite-state machines of variable structure. The classical models of collective behavior of finite-state machines could be considered as an extreme case of describing reactive agents who have low autonomy and the least goal setting.

M. Minsky is also an important person in the study of artificial intelligence and its application to real objects [2]. Minsky is one of the first who proposed the mechanisms and ways of the emergence of intellectual behavior. He brought a term of agents like a result of the interaction of computational modules. Each agent has different intellectual properties, but the relationship between agents does not have a systematic order. The disadvantage of this study is absence of clear definitions from the field of artificial intelligence, although at that time there were already studies in this area. Nevertheless, the ideas and works of Minsky were reflected in the later works.

The American scientist Karl Hewitt, who worked in the field of the theory of actors, made a significant contribution to the development of the agent-based approach. K. Hewitt explained the importance of the processes of interaction and control in the organization of actors, also introduced the concept of a distributed system and proposed a structure. Therefore, we can say that an actor is an agent which has its own address and its own patterns of behavior. In works [3], [4] Hewitt considered in

detail the issue of the architecture of the agent and gave many examples of the procedure of interaction with the environment.

The works about the practical implementation of agent-oriented systems were proposed in the 70s of the last century by Western scientists V. Lesser and D. Lenat [5]. There were structured requirements for the architecture of agent systems. A system called a «bulletin board» was created like a result of the work of these scientists. The point of this system was the following: the structure of the interaction of agents is unknown at the beginning, and the activity of knowledge sources is connected with the delivery, modification from the bulletin board, which is a knowledge base in this case, where information is structured as a set of hypothesis and solutions. Also in these works, a device (special agent) was proposed. This type of agents was needed to provide functions of coordinating the interaction of agents and resolving conflicts between them.

A more active study of the technology of an agent-oriented approach began in the 1980s. A model of distributed problem solving was created. This model became widely known in the field of research of agent systems. The point of this model is as follows: there are three types of agents: executing agent, agent manager, contracting agent. Agent manager provides information about the task and sets the initial price. Agent-executor offers services for a certain price such a large number of agents, so the task of the agent-manager is to select the best potential executor, who then becomes the contracting agent. At that moment the development of organizations that were engaged in the regulation and development of technologies with the use of agents began.

The period of practical application of agent systems began with the creation of the DVMT system, which had to analyze the situation on the roads. In this system, agents had to choose a single point of view on various driving situations (for example information about accidents). Information was provided from sensors, but there was a lot of this information and its quality was not so good.

The next breakthrough in the field of studying intelligent agent-based systems is associated with the name of I. Shoem and his work «Agent-oriented programming» [6]. The paper presents the requirements for the semantic definition, the requirements for the conceptual information model, such as goals, intentions, motives, beliefs, etc. Some decisions of an agent are made based on motives and beliefs. Unified protocols for agent communication have been proposed for the first time. An AOP system should include the following basic components: a limited formal language with appropriate syntax and semantics for describing the internal state of agents, programming language for specification of agents. The disadvantage of this work is the lack of a graphical display of the developed agent systems.

At the same time, an object-oriented programming approach is being developed. This method is based on the representation of a program as a set of objects, an instance of a class, and classes [7]. In general, the concept of an object could be described by the following terms: encapsulation, class-instance relationship, inheritance.

However, agents are more complex, autonomous units. The computation process is a modular system in OOP. Interactions between modules have special structures and rules. In turn, AOP records the activity of agents through the analysis of intentions, beliefs, obligations, desires, etc. An agent can take on some obligations or refuse to do some work due to the lack of competence. At the same time, the agent can perform a creation, suppression and replacement of other agents, activation of functions (both our own and those of other agents), activation of scenario, memorization of the current state of other agents, etc.

1.2 Typical architecture of agents

These days, there are many different architectures of intelligent agents, however, we highlight only three classes of architectures of agent systems and models of intellectual agents: deliberative agents, reactive and hybrid. All the others are combinations of basic agent architectures.

Let us consider each of these architectures in more detail. The deliberative architecture has a symbolic model of the world, and decisions are made on the logical reasoning of the agents. The basis for creation the deliberative architecture was the hypothesis of physical symbol systems developed by Newell and Simon [13]. This theory confirms that systems of this type are willing to a learning and adaptive behavior, which is a sign of intelligence. The deliberative agent has the following attributes:

- the capability to make decisions about actions based on logical reasoning;
- existence of knowledge base;
- the capability to work in the following order of actions: observation – reasoning and logical conclusion – action.

Woldridge and Jennings described the deliberative agent like “a system which contains a clearly represented symbolic model of the world and decisions are made through a logical conclusion based on matching with the image or symbolic manipulation” [14], also the structure of the deliberative agent was proposed in this work (Figure 40).

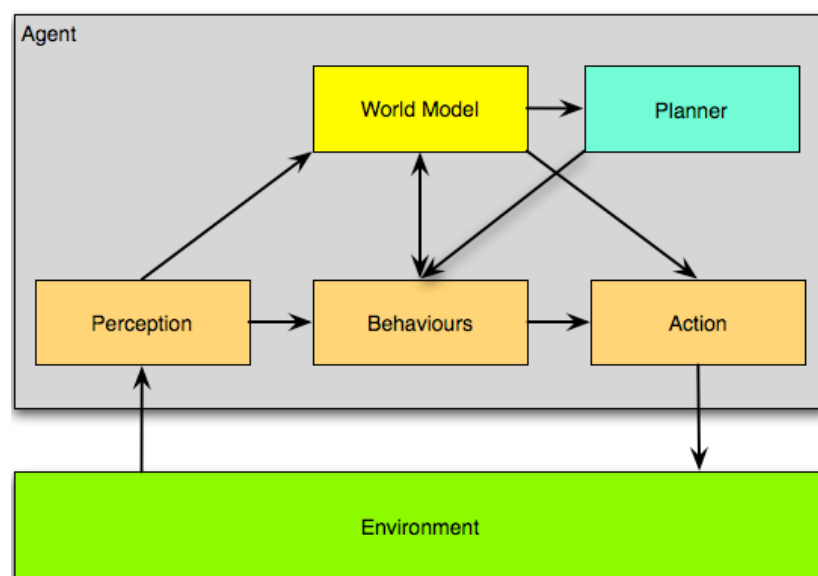


Figure 40 – Deliberative Agents

The next type of architecture is the reactive architecture agent. This type of architecture appeared as a result of the development of the agent-based approach and the search for ways to solve problems of classical artificial intelligence methods in agent systems. The founder of this architecture is R. Brooks, who formulated the following properties of intelligence:

- intellectual behavior can be created without an obvious symbolic representation of knowledge;
- intellectual behavior can be created without an explicit abstract logical conclusion;
- intelligence can be a property of some systems.

De facto, an intelligence is not something predetermined or embedded in an agent. The intelligence is a result of the agent's interaction with the environment. Instead of operating with a world model and planning, reactive agents have a set of behavioral patterns that respond to changes in the environment in the form of a «stimulus – response» (Figure 41) [15].

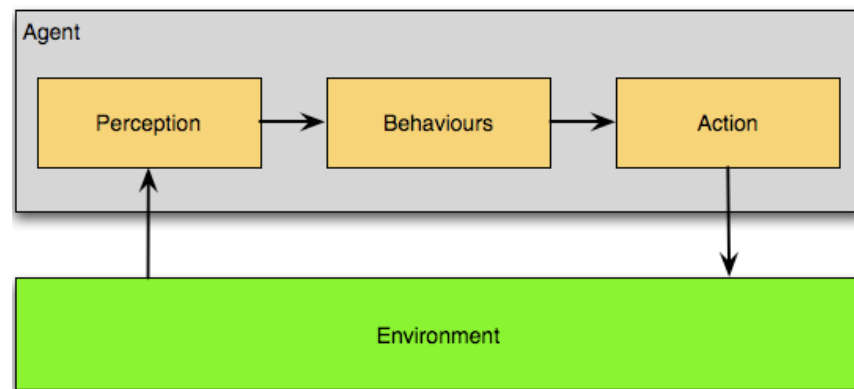


Figure 41 – Reactive Agents

One of the advantages of using a reactive architecture is the possibility to work with a large number of scenarios of the behavior in accordance with different events in the environment. Of course, this type of architecture has some disadvantages too, one of them is that it is impossible to provide a detailed situational

analysis of all possible reactions of other agents. Hence, there is the need to use a different type of architecture – the hybrid architecture.

The idea about an agent possessing high-level representation and low-level reactive properties can compensate disadvantages of the previous described architectures is becoming more and more popular in this sphere. Therefore, the use of an agent with a reactive component with the possibility of logical output can be successfully applied to more complex tasks. The structure of the hybrid agent is shown in Figure 43 [16].

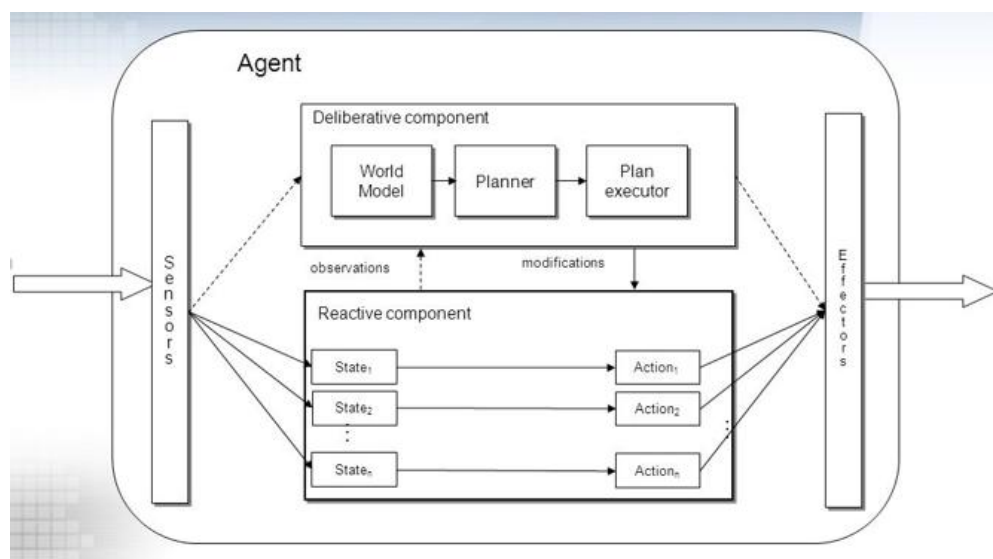


Figure 43 – Hybrid agents

1.3 Specification documents in the IA area

There were no unified standards in the world for the development and operation with agent systems by the time of active development of agent systems and artificial intelligence. Therefore, two organizations, the Mobile Agent System Interoperability Facility (MASIF) and the Foundation of Physical Intelligent Agents (FIPA), were created in the early 1990s. They created the standards, which were named according to the names of the organizations. These standards provide basic guidelines for creating intelligent agent systems. The FIPA standard is very popular nowadays, so it should be considered in more detail.

The Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) is a body for developing and setting computer software standards for heterogeneous and interacting agents and agent-based systems. The name FIPA is somewhat of a misnomer as the «physical agents» with which the body is concerned exist solely in software (and hence have no physical aspect) [27].

Initially, FIPA was founded like a Swiss organization in 1996 to produce software standards for heterogeneous and interoperable agents and agent systems. Since this moment, FIPA has played the main role in the development of standards and has promoted a number of initiatives and activities that have contributed to the development and implementation of intelligent agent technologies. Moreover, a lot of the ideas that were created and developed at FIPA are used in technologies Internet of Things.

FIPA standards are a set of standards designed to contribute the communication of agents and services. FIPA completed the standardization process for a subset of all of its specifications in 2002. On the official website of the organization, you can find about 25 standards related to agent technology. Some of them are shown below:

- FIPA Abstract Architecture Specification;
- FIPA Device Ontology Specification;
- FIPA Agent Management Specification;
- FIPA Request Interaction Protocol Specification;
- FIPA Query Interaction Protocol Specification;
- FIPA Communicative Act Library Specification;
- FIPA Agent Message Transport Service Specification;
- FIPA Quality of Service Specification;
- FIPA Design Process Documentation Template;

Most of the specifications are needed to agent interaction protocols, or message presentation protocols. However, we have to study the standards that are devoted to the architecture of agents (SC00001) and the standard ontology of agents (SI00091) to develop an agent system and simulate its work.

The first specification describes the abstract architecture of the agent. This architecture cannot be implemented for a real agent, but it can be used like a basis for developing patterns of the architecture of agents. The specification describes how to build an agent system, including agents and services, from the point of view of specific program platforms, programming languages, application programming interfaces, network protocols, operating system services, etc. By describing systems abstractly, one can explore the relationships between fundamental elements of these agent systems. By describing the relationships between these elements, it becomes clearer how agent systems can be created so that they are interoperable. From this set of architectural elements and relations, we can derive a broad set of possible concrete architectures, which will interoperate because they share a common abstract design [18].

There are some FIPA requirements for an architecture. First, the architecture should include mechanisms for registering and detecting the agent and transferring messages between agents as well. These actions have to be described in terms of the relevant elements of the FIPA architecture.

An agent architecture developer has some freedom in how to implement certain elements. If the architecture provides only one encoding for messages or only one transport protocol, the implementation can simplify the software representation of the system. And vice versa, an implementation may include additional options or functions that require the developer to handle both abstract and platform-specific elements. In other words, the existence of the FIPA abstract architecture does not prohibit the introduction of elements that are useful for creating a good agent system, but only establishes the minimum necessary elements.

The second specification contains the definition of the properties of an intelligent device. Moreover, there are examples, which illustrate the use of ontology through a smartphone.

Two devices D1 and D2 have a connection, they can exchange information and get a list of possible actions that are included in the functionality of each agent. Agent functionality can include both hardware and software services, for example, a software component that provides access to a hardware component of a device (for example, a microphone, a headset, or a GPS service). The profile has to support service identification for various input and output features, such as audio input and output.

A device ontology according to FIPA can be used by agents when exchanging data about devices. The agents transmit information to each other and check them for compliance with the ontology of the FIPA device. The use of such a method is very useful, for example, in a situation where actions that require large amounts of memory or processing are performed – agent A1 may ask agent A2 if device D has sufficient capacity to perform any task A1 [19].

Table 1 shows an example of using functions that are part of the device ontology. Below there are terms used to describe the functions of the FIPA-device domain:

- Function – this is the symbol that identifies the function in the ontology;
 - Ontology – this is the name of the ontology, whose domain of discourse includes the function described in the table;
 - Supported by – this is the type of agent that supports this function;
 - Description – this is a natural language description of the semantics of the function;
 - Domain – this indicates the domain over which the function is defined.
- The arguments passed to the function must belong to the set identified by the domain;

- Range – this indicates the range to which the function maps the symbols of the domain. The result of the function is a symbol belonging to the set identified by the range;
- Arity – this indicates the number of arguments that a function takes. If a function can take an arbitrary number of arguments, then its arity is undefined.

Table 94. An example of using functions

Function	device-information
Ontology	fipa-device
Description	An agent can make a query in order to request the device information.
Domain	None
Range	device
Arity	0

2. Designing the Piping and Instrumentation Diagrams (P&ID)

We have to understand the operation of all parts of a manufacturing plant to design a correct P&ID. Our plant is a modular cluster pump station and it works as follows: water through the inlet collector, valves and filters, goes to the input of pumping units. The functions of filters is to clean mechanical impurities and other bodies that can damage pumps. After passing pumping units, the liquid under a pressure through the metering devices of water, valves, enters the discharge header. The liquid goes to the injection wells through the valves of the discharge lines of the collector unit. More often modular cluster pump station consists of several pumping units of the same type.

No less important system of pumping units is the oil supply system, which is necessary to provide the lubrication and cooling of the bearings. The operation of oil supply system is not so complicated: the oil from the oil tank, through the receiving pipeline, enters the pump unit inlet. After passing through the pump unit, the oil in

the pressure pipe goes through the oil coolers to the bearings of the electric motors. Finally, the oil from the bearings of the electric motors flows through the valves into the oil tank.

Piping and Instrumentation Diagrams is a technical document, which is needed to define the functional block structure of individual components of automatic control. The P&ID shows the system of automatic control, regulation, remote control, alarm.

All elements of control systems are shown in the form of identification marks and are combined into a system by lines. The Piping and Instrumentation Diagrams of the automatic control and management contains a simplified image of the Process Flow Diagrams and Engineering Flow Diagrams.

The Piping and Instrumentation Diagram is designed in accordance with the international standard ANSI / ISA-5.1-2009. ANSI is a private non-profit organization that oversees the development of voluntary consensus standards for products, services, processes, systems, and personnel in the United States. ANSI accredits standards that are developed by representatives of other standards organizations, government agencies, consumer groups, companies, and others. Standard ANSI / ISA-5.1-2009 establishes a uniform means of depicting and identifying instruments or devices and their inherent functions, instrumentation systems and functions, and application software functions used for measurement, monitoring, and control, by presenting a designation system that includes identification schemes and graphic symbols.

- Let us consider the main differences, advantages and disadvantages between ANSI / ISA-5.1-2009 and Russian State Standard GOST 21.408-2013:
- In accordance with the national standard, it is not necessary to show the symbols for either the flow codes or rules of a connection of pipelines;
- In the State Standard GOST 21.408-2013 there is a very limited list of symbols and reference designations of automation devices;

- In the ANSI standard, data for each significant letter are summarized in a single table, while in GOST they are separated;
- One of the most liberal points of the ANSI standard (p.2.8.2) says that if the designer does not like something in this standard, he can create his own symbols table and work with it;
- Significant differences are the rules for constructing the positional designations of automation devices. The numbering started from left to right and from top to bottom – in the direction of reading the diagram in GOST. In ANSI diagrams, the binding of automation tools refers to the devices to control which they are installed. Therefore, each technological equipment is assigned a number, which consists of a site number (AN), a typical equipment code (AN) and a unique equipment serial number (SQ). The site number (ET) is taken from 1 to n, depending on the number of production nodes.

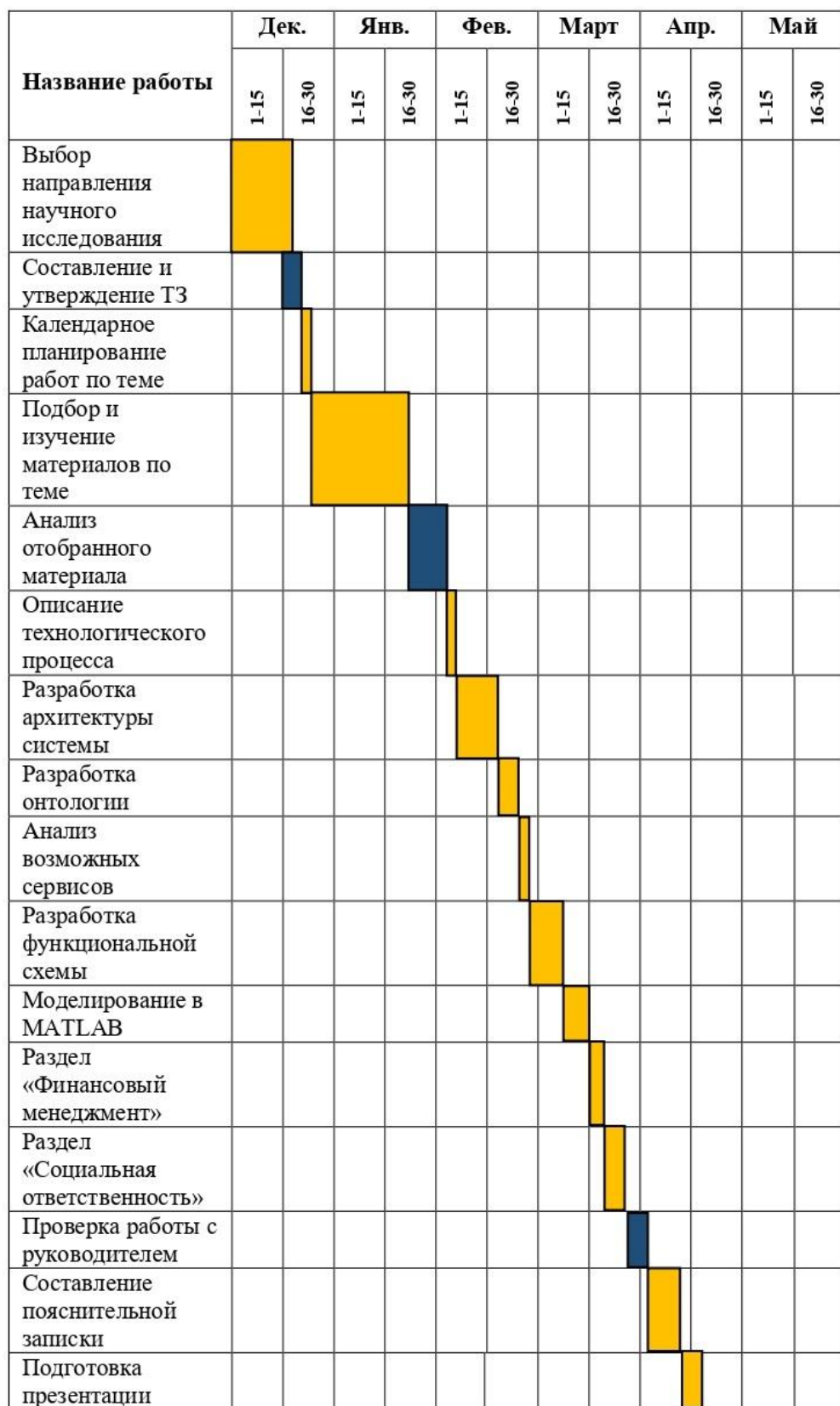
The following types of elements were used for designing of P&ID. SIS stands for Safety Instrument System and it is used for sensors from this system.

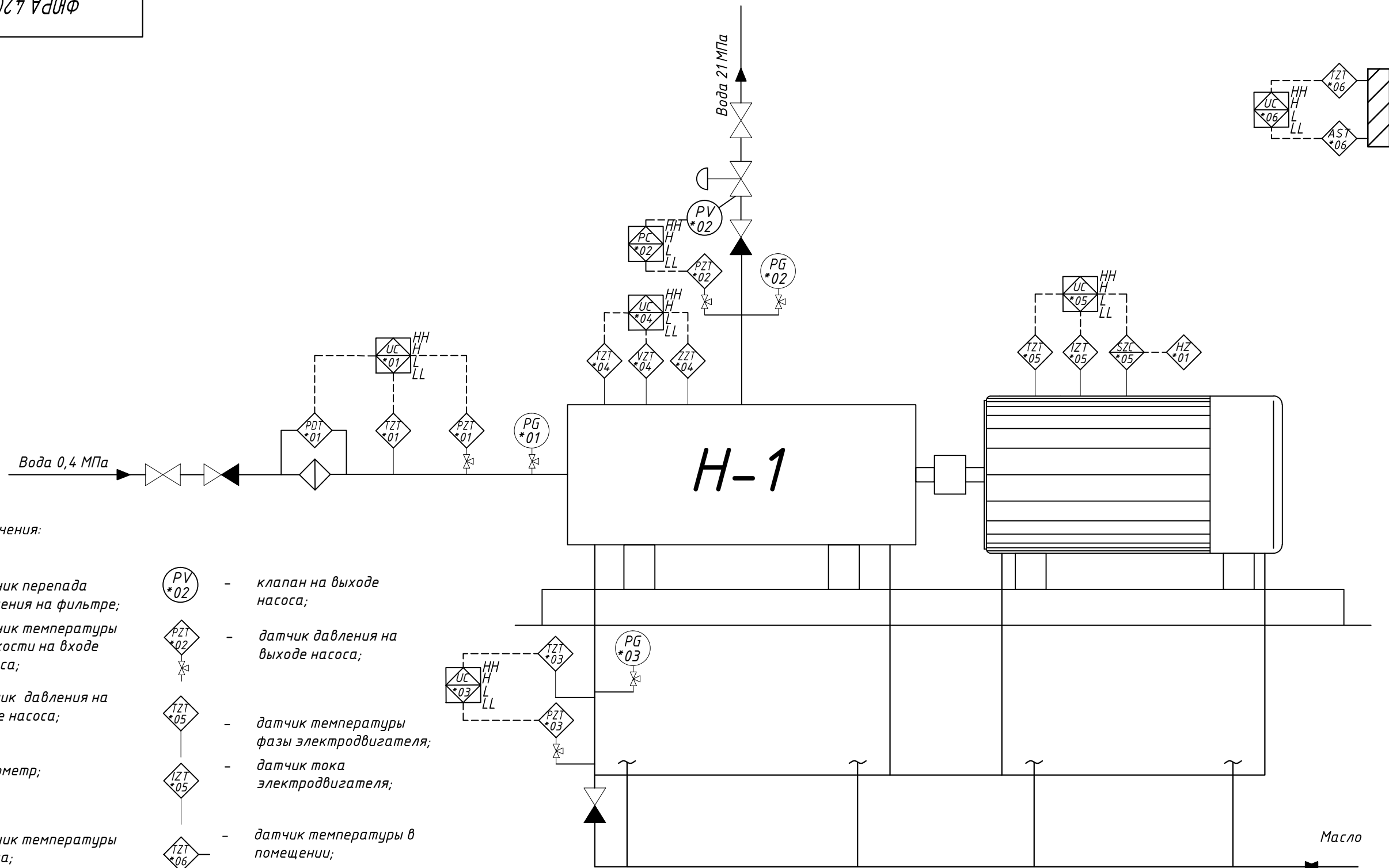
- 1)  – Pressure-difference transducer (SIS);
- 2)  – Temperature transducer (SIS);
- 3)  – Pressure transducer (SIS);
- 4)  – Manometer;
- 5)  – Controller (SIS);
- 6)  – Vibratory sensor (SIS);
- 7)  – Displacement sensor (SIS);

- 8)  – Valve;
- 9)  – Current converter of motor (SIS);
- 10)  – Frequency converter;
- 11)  – Manual control button (SIS);
- 12)  – Gas hazard sensor.

As a result, we can draw the conclusion: the designing of Piping and Instrumentation Diagram in accordance with international standards is a priority option for the design of this type of systems. Firstly, because these systems do not have a large number of control loops and automation so it can help to save time for designers and make their work more productive. Secondly, we can increase the readability of diagrams and make it more convenient for designing in different software like AutoCAD, Compass and etc.. In addition, working with the ANSI standard is a useful skill for further work in this area which is useful for working in the multinational companies and increase competitiveness in compare with other employees in automation sphere.

Приложение Б
(рекомендованное)
Диаграмма Гантта





Условны обозначения:

- | | | | |
|--|--|--|---|
| | - датчик перепада давления на фильтре; | | - клапан на выходе насоса; |
| | - датчик температуры жидкости на входе насоса; | | - датчик давления на выходе насоса; |
| | - датчик давления на входе насоса; | | - датчик температуры фазы электродвигателя; |
| | - манометр; | | - датчик тока электродвигателя; |
| | - датчик температуры масла; | | - датчик температуры в помещении; |
| | - датчик давления масла; | | - датчик загазованности в помещении; |
| | - датчик температуры подшипников насоса; | | - частотный преобразователя для управления электродвигателем; |
| | - датчик вибрации подшипников насоса; | | - контроллер ПАЗ; |
| | - датчик смещения вала насоса; | | - кнопка ручного останова электродвигателя. |

ФЮРА.420609.01 С2

Блочная кустовая насосная станция

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	Система противоаварийной защиты		
Разработал	Чимров				05.19	Стадия	Лист	Листов
Проверил	Громаков				05.19		1	1
Функциональная схема автоматизации						ТПУ ИШИТР Группа 8ТМ71		
Н. контр.								