

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре

УДК 004.415.2:004.744004.42:004.942

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6Б	Шекиш Рахим Бекболатулы		

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Доцент, к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомлённость о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
Универсальные компетенции	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации и управления техническими объектами, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Уровень образования – бакалавриат

Период выполнения – осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2020
--	------------

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

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

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

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6Б	Шекиш Рахиму Бекболатулы

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№62-55/с от 02.03.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> – Техническая документация по программируемому логическому контроллеру ПЛК110; – техническая документация по сигнализатору уровня БКК1-24; – документация по среде разработки для программируемых контроллеров CODESYS V2.3;
---------------------------------	--

	– документация по пакету прикладных программ MATLAB R2020a
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературы по теме; – описание объекта управления; – выбор среды программирования; – создание модели объекта управления; – настройка OPC-сервера; – разработка управляющего приложения; – тестирование работоспособности системы
Перечень графического материала	Презентация в формате *.ppt

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Матвиенко Владимир Владиславович

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

Conclusion

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6Б	Шекиш Рахим Бекболатулы		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6Б	Шекиш Рахиму Бекболатулы

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет – 121804 руб. Затраты на заработную плату – 50205 руб. Затраты на электроэнергию – 278 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнергию 5,8 кВт/ч
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налог во внебюджетные фонды 30,2% Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 16%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений, SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 4,7 Интегральный показатель эффективности – 4,7 Сравнительная эффективность проекта – 1,017

Перечень графического материала:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений 2. Матрица SWOT 3. План-график разработки и внедрения ИР 4. Материальные затраты 5. Расчет заработной платы 6. Расчет бюджета затрат 7. Сравнительная эффективность ИР
--

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6Б	Шекиш Рахим Бекболатулы		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6Б	Шекиш Рахиму Бекболатулы

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – система управления уровнем жидкости в резервуаре. Рабочим местом является лабораторный стенд в помещении (ТПУ, корпус №10). Рабочая зона – место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров управления системы.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.01.2001 N 197-ФЗ; – ГОСТ 12.2.032-79 «СССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»; – ГОСТ 12.2049-80 «ССБТ. Оборудование производственное»; – ГОСТ Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – электромагнитные излучения; – электрический ток.

3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – загрязнение атмосферы объектом исследования не выявлено; – загрязнение гидросферы объектом исследования не выявлено; – выявление загрязнения литосферы объектом исследования: утилизация оборудования.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – возникновение пожара.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6Б	Шекиш Рахим Бекболатулы		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 81 страницу, 38 рисунков, 15 таблиц, 29 источников и 3 приложения.

Ключевые слова: система, управление, параметр, уровень, время, алгоритм, CODESYS, MATLAB, OPC.

Целью работы является разработка автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре. Разработанная система осуществляет управление уровнем жидкости в резервуаре без непрерывного измерителя уровня при помощи приложения на базе MATLAB.

Объектом исследования является система управления уровнем жидкости в емкостях с помощью кондуктометрических датчиков.

В рамках работы осуществлен анализ существующих методов измерений уровня, выявлены их преимущества и недостатки.

Результатом работы является рабочий прототип системы.

Область применения: объекты промышленного производства, лаборатории, системы автоматизации.

Значимость работы заключается в снижении расходов производства на обслуживание систем средств измерения уровня жидкости за счет внедрения разработанной системы, а также расширение функционала существующих методов измерений.

В будущем планируется добавление новых функций, исполняемых данной системой управления.

Содержание

Введение	12
1 ОБЗОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ.....	13
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	20
2.1. Описание объекта управления	20
2.2. Среда программирования	23
2.2.2. Среда разработки MATLAB R2020a.....	24
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА	26
3.1. Создание модели объекта управления	26
3.2. Настройка OPC-сервера.....	31
3.3. Разработка в MATLAB	35
3.3.1. Подключение к OPC-серверу	36
3.3.2. Разработка управляющего приложения.....	39
4 РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ	41
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	42
5.1. Потенциальные потребители результатов исследования	42
5.2. Анализ конкурентных технических решений	43
5.3. SWOT-анализ	44
5.4.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	45
5.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	46
5.5. Бюджет научного-технического исследования	50
5.5.1. Расчет материальных затрат.....	50
5.5.2. Основная заработная плата исполнителей темы.....	51
5.5.3. Расчёт амортизационных отчислений	52
5.5.4. Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ.....	53
5.5.5. Отчисление во внебюджетные фонды.....	53
5.5.6. Прочие прямые затраты.....	54
5.5.7. Накладные расходы	54
5.5.8. Формирование бюджета затрат на реализацию НТИ	55
5.6. Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	55
Вывод по разделу 5	57
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	59

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	59
6.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	59
6.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	60
6.2. Профессиональная социальная безопасность.....	61
6.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	61
6.2.2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действий опасных и вредных факторов.....	62
6.3. Экологическая безопасность	64
6.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	64
6.3.2. Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду.....	64
6.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	64
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	65
6.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	65
6.4.2. Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований.....	65
6.4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	66
Вывод по разделу 6.....	66
Заключение	68
Conclusion	69
Список использованных источников	70
Приложение А (обязательное) Блок-схема алгоритма управления.....	73
Приложение Б (обязательное) Листинг функциональных блоков программы в CODESYS	74
Приложение В (обязательное) Листинг программы в MATLAB	77

Введение

Для гарантирования рентабельности и безопасности технологических процессов существует необходимость оснащения их измерительными приборами, обеспечивающих точное и надежное измерение уровня. Главная задача измерения уровня – идентификация положения поверхности среды внутри реактора, хранилища или резервуара другого назначения. Другими словами, измерение уровня – это определение расстояния по между точкой отсчета (обычно дно емкости) и поверхностью жидкости или границей раздела жидкостей или сыпучей среды. Уровень рабочей среды имеет важное значение, т.к. информация о нем необходима для технологического учета запасов, коммерческого учета и для повышения эффективности технологического процесса [1].

В данной ВКР для разработки автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре на базе лабораторного стенда используется электрический способ измерения посредством кондуктометрического уровнемера. Его преимущество заключается в простоте передачи сигнала об уровне в вычислительные устройства (ПЛК, ПК), но главным недостатком является отсутствие возможности измерения текущего уровня, т.к. такие уровнемеры выпускаются только как сигнализаторы уровня (обычно предельных).

В ходе исследования средствами инструментального программного комплекса промышленной автоматизации CODESYS и пакета прикладных программ для математических вычислений MATLAB был разработан алгоритм управления уровнем с помощью информации о времени заполнения и опустошения резервуара без непрерывного измерителя уровня.

1 ОБЗОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ

В различных отраслях промышленности используется множество способов измерения уровня, однако к наиболее используемым относятся:

- контактные: визуальные, гидростатические, буйковые, поплавковые средства измерения;
- бесконтактные: ультразвуковые, радиоизотопные средства измерения.

К визуальным средствам измерения уровня относятся мерные линейки, рейки, рулетки с цилиндрическими стержнями и стекла уровнемерные. Способы измерения уровня такими средствами относятся к неавтоматизированным способам, тем не менее, они получили большое распространение из-за достаточно высокой точности измерений и простоты их реализации. Из визуальных средств чаще используют уровнемерные стекла. Их принцип действия основан на законе сообщающихся сосудов, изображенного на рисунке 1.1 [1].

Недостатком уровнемерных стекол является сложность их изготовления вследствие их низкой механической прочности.

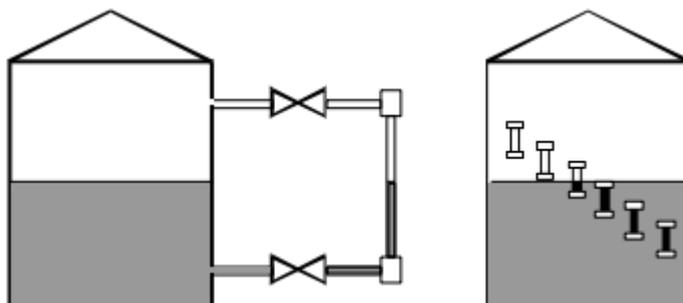


Рисунок 1.1 - Схемы установки уровнемерных стекол

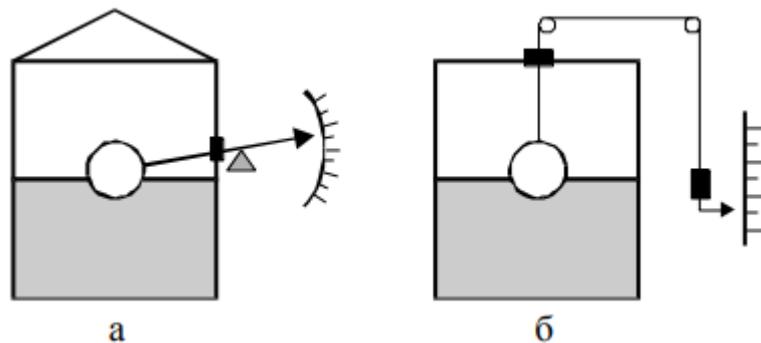
Поплавковые уровнемеры по конструкции делятся на уровнемеры узкого диапазона и уровнемеры широкого диапазона.

Первые представляют из себя шарообразный поплавок из нержавеющей стали, плавающий на поверхности жидкости. Поплавок соединён с измерительной системой через специальное сальниковое уплотнение. В зависимости от вида преобразователя измерения преобразование положения поплавка производится в пневматический или электрический сигнал для

последующей передачи дистанционно, или позицию стрелки измерительного прибора. Диапазон измерения таких уровнемеров составляет от минус 200 до 200 мм, что является относительно небольшим показателем.

Поплавковые уровнемеры с широким диапазоном измерения имеют конструкцию поплавка, связанного с противовесом (обычно пружиной) гибким тросом.

Конструкция поплавков-противовес выбирается так, чтобы положение поплавка в состоянии покоя определялось поверхностью жидкости. Изменение уровня жидкости влечет за собой изменение степени погружения поплавка, что ведет к нарушению равновесия. Движение конструкции в сторону изменения продолжается до тех пор, пока не наступит равновесие. Схемы поплавковых уровнемеров приведены на рисунке 1.2 [1].



а – уровнемер узкого диапазона, б – уровнемер широкого диапазона

Рисунок 1.2 – Схемы поплавковых уровнемеров

Принцип действия буйковых уровнемеров основан на изменении архимедовой силы, которая действует на буюк, погруженный в жидкость. Здесь буюк – это герметичный металлический цилиндр, причем с плотностью большей, чем плотность жидкости, для избегания расположения буюка на поверхности измеряемой жидкости. Подвесив буюк в вертикальном положении, он частично погружается в жидкость. Таким образом, минимальному уровню жидкости, когда буюк не погружен в жидкость, соответствует максимальный вес буюка. Следовательно, уровень определяется только конструкцией и материалом буюка. Схема измерения уровня буйковым уровнемером изображена на рисунке 1.3 [1].

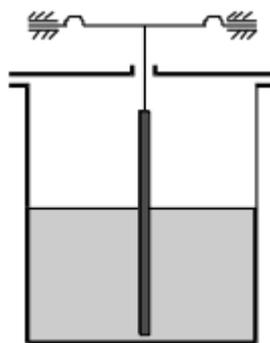


Рисунок 1.3 – Измерение уровня буйковым уровнемером

Гидростатический уровнемер функционирует за счет измерения давления или перепада давления в жидкости. Такой способ основан на факте существования гидростатического давления в жидкости и его изменения прямо пропорционально глубине. Специальные датчики позволяющие измерять уровень в открытых или закрытых резервуарах. Соответственно, одна мембрана устанавливается непосредственно на резервуаре, а вторая – в области избыточного давления (для закрытых емкостей) и на подаче атмосферного давления (в открытых). Устройства такого типа могут работать с вязкими жидкостями и при большом избыточном давлении. Однако важно, чтобы чувствительный элемент находился в непосредственном контакте с измеряемой средой [1].

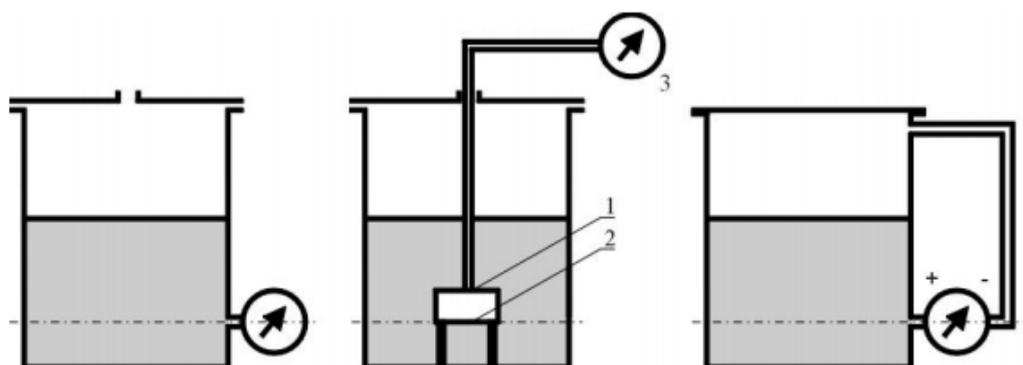


Рисунок 1.4 – Измерение уровня гидростатическими уровнемерами

Работа ультразвуковых уровнемеров основана на локационном принципе. Согласно нему, значение уровня определяется при помощи времени прохождения коротких ультразвуковых импульсов, излучаемых в направлении измеряемой среды и имеющих скорость звука, расстояния от излучателя (сенсора) до поверхности среды, затем обратно до сенсора [1].

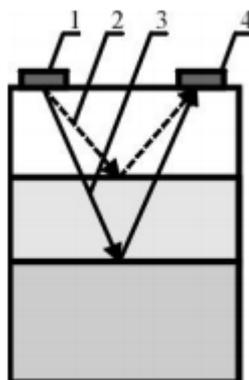


Рисунок 1.5 – Схема локации уровня

Принцип измерения уровня жидкости в радиоактивных уровнемерах основан на изменении интенсивности радиоактивного излучения при его прохождении сквозь слой жидкости. Приемник и источник излучения размещаются снаружи, с противоположных сторон аппарата, где измеряется уровень. При уровне жидкости ниже линии, которая соединяет источник и приемник, в приемнике происходит фиксирование большой интенсивности излучения, и также наоборот. Преобразование изменения интенсивности излучения в электрический сигнал, измеряемого вторичным прибором, происходит в электронном блоке [2].

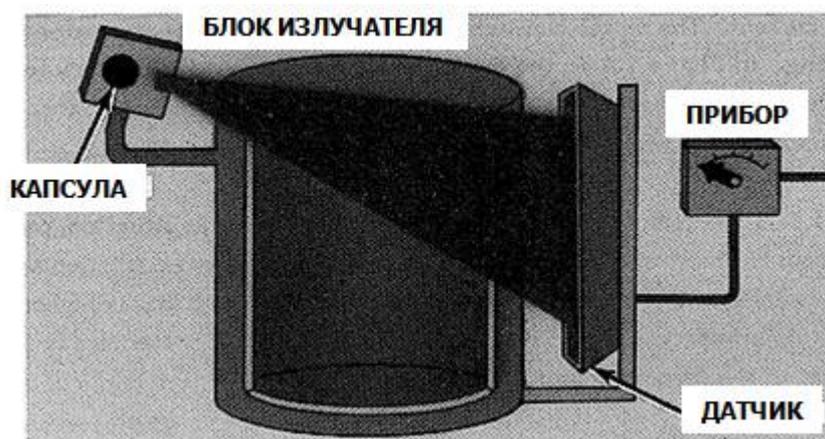


Рисунок 1.6 – Схема радиоактивного уровнемера

В электрических уровнемерах измерения уровня основано на изменении электрических параметров чувствительного элемента в соответствии с изменением уровня жидкости. По виду чувствительного элемента они делятся на кондуктометрические (омические) и емкостные.

Электрическая ёмкость чувствительного элемента изменяется в зависимости от уровня жидкости, заполняющей этот элемент. На этом основано функционирование емкостных уровнемеров. Конструктивно чувствительные элементы представляют собой электроды в виде соосных цилиндров или плоские электроды, расположенные параллельно. Основным источником погрешности – изменение диэлектрической проницаемости среды, которая заполняет конденсатор. Схема емкостного уровнемера изображена на рисунке 1.7 [1].

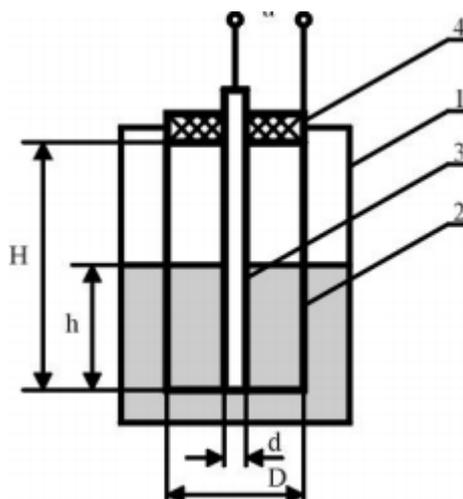


Рисунок 1.7 – Схема емкостного уровнемера

Уровнемеры кондуктометрические используются в качестве сигнализаторов уровня сыпучих и жидких сред, проводящих электрический ток. Действие сигнализаторов основано на замыкании электрической цепи электрод-электрод или электрод-корпус при их касании сыпучей средой или жидкостью.

Изменение сопротивления цепи электрод – корпус при их касании сыпучей средой или жидкостью происходит неравномерно и при последующем увеличении уровня изменяется незначительно. Это и является причиной использования кондуктометрических уровнемеров только как сигнализаторов уровня.

Кондуктометрические уровнемеры содержат электроды, изготавливаемые из специальных марок угля или стали. Электроды из угля используются только жидкостей.

Согласно классификации методов измерения уровня [3] к ручным / механическим приборам измерения относятся визуальные средства измерения уровня; к электромеханическим – поплавковые, буйковые, гидростатические; к электронным контактными – емкостные и кондуктометрические; к электронным бесконтактными – ультразвуковые и радиоактивные.

Критерии выбора того или иного уровнемера – цена прибора и измерительные характеристики – пропорциональны в неявном виде. Также стоит учитывать, что затраты на обслуживание техники обратно пропорциональны характеристикам измерения [3].

На рисунке 1.8 изображена зависимость эксплуатационных характеристик и первоначальных затрат для уровнемеров различных видов [3].

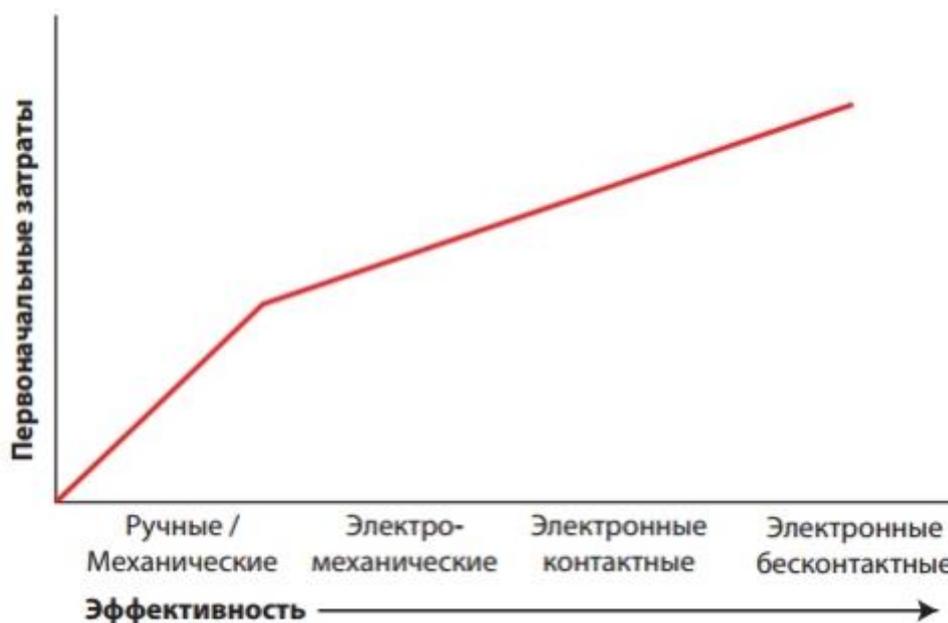


Рисунок 1.8 – График зависимости стоимости средств измерения от их эксплуатационных характеристик

На рисунке 1.9 представлена взаимосвязь затрат на техническое обслуживание и эксплуатационных характеристик у различных видов уровнемеров [3].

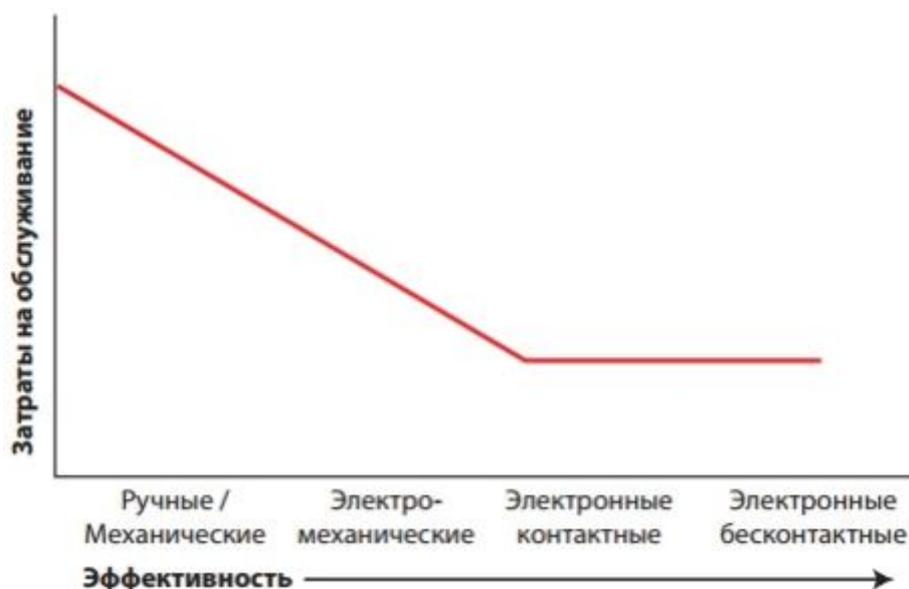


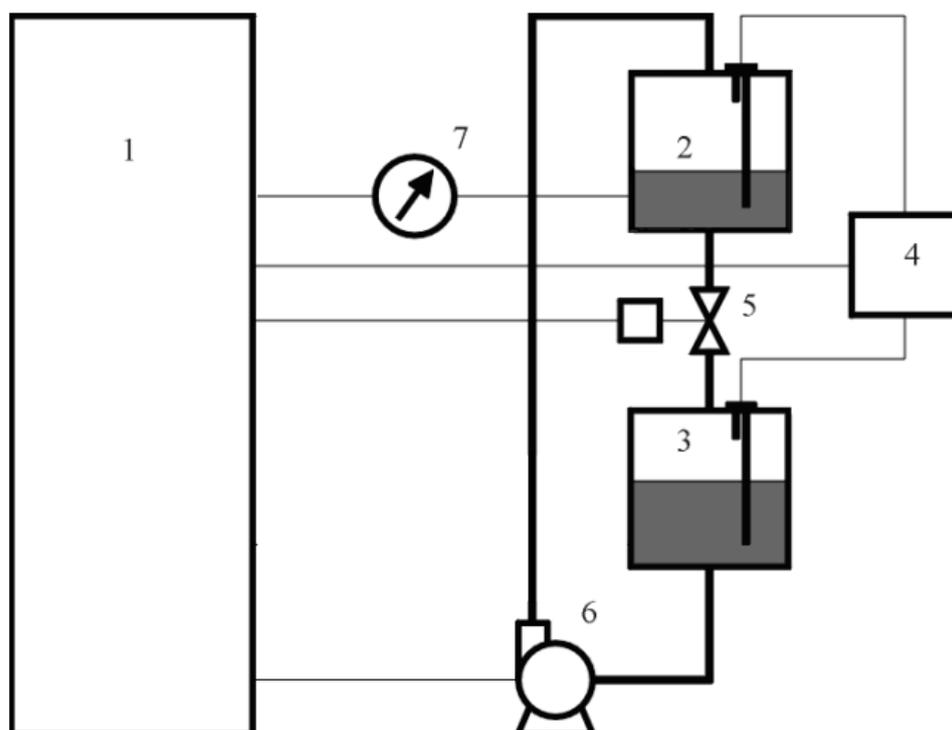
Рисунок 1.9 – График зависимости затрат на техническое обслуживание от эксплуатационных характеристик уровнемера

Таким образом, выбор применения электронного контактного, а именно кондуктометрического уровнемера, обусловлен меньшими затратами на обслуживание, которые со временем окупают первоначальные на него затраты. В связи с этим, рентабельно расширение функций автоматизированных систем управления уровнем жидкости на основе кондуктометрических уровнемеров, таких как, например, возможность измерения текущего уровня жидкости без непрерывного измерителя.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Описание объекта управления

Структурная схема объекта на основе лабораторной установки представлена на рисунке 2.1.1. Установка включает: 1 – поле коммутационное; 2, 3 – две емкости; 4 – сигнализатор уровня четырёхканальный; 5 – клапан отсечной; 6 – насос; 7– уровнемер кондуктометрический.



1 – поле коммутационное; 2, 3 – две емкости; 4 – сигнализатор уровня четырёхканальный; 5 – клапан отсечной; 6 – насос; 7– уровнемер кондуктометрический

Рисунок 2.1.1 – Структурная схема лабораторного стенда
Схема коммутационного поля изображена на рисунке 2.1.2.

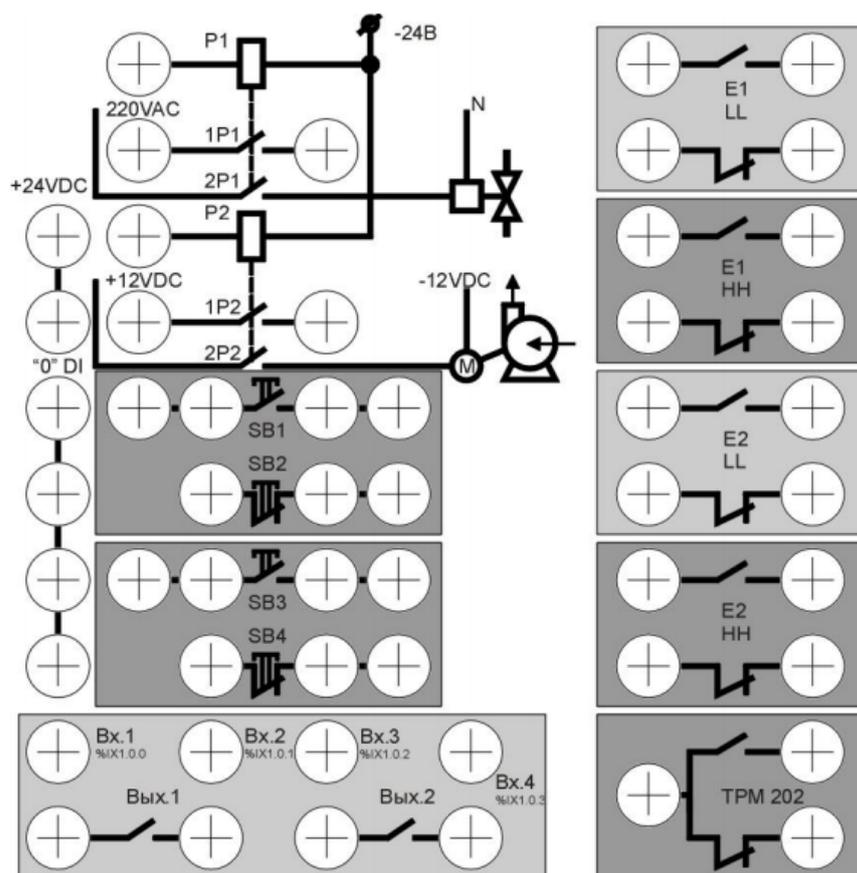


Рисунок 2.1.2 – Коммутационное поле установки

В левой части коммутационного поля находятся входы и выходы для управления насосом и отсечным клапаном, с помощью которых наполняются и опустошаются емкости. В правой части – выходы четырехканального сигнализатора БКК-24, служащего для отслеживания четырех уровней токопроводящей жидкости (воды). Схема управления насосом и отсечным клапаном изображена на рисунке 2.1.3, схема подключения электродов к четырехканальному сигнализатору уровня – на рисунке 2.1.4 [4].

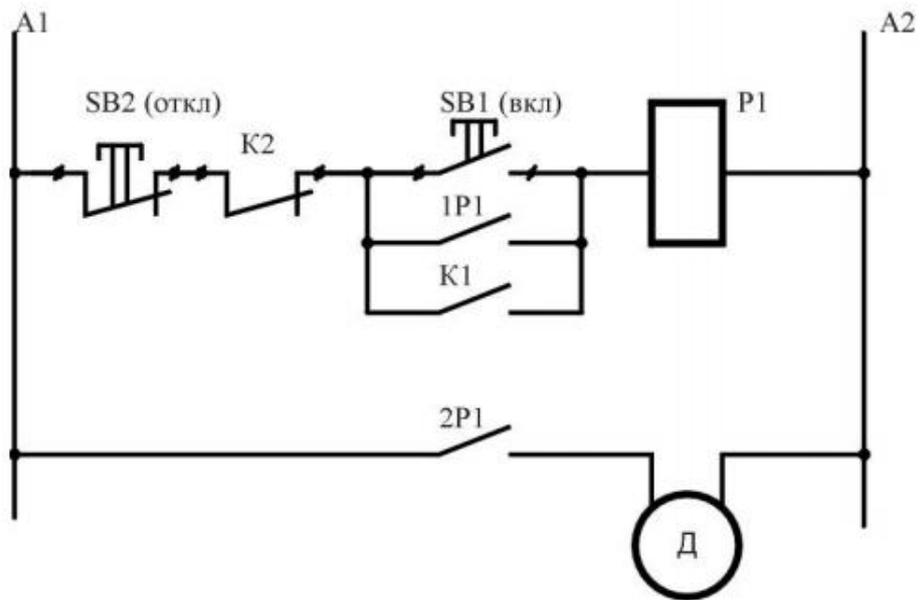


Рисунок 2.1.3 – Схема управления насосом и отсечным клапаном

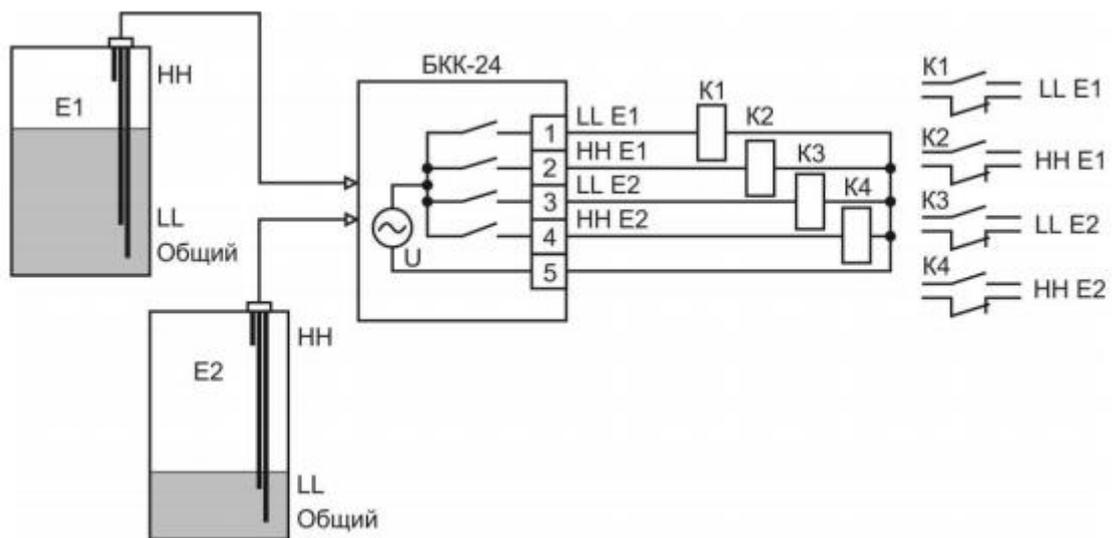


Рисунок 2.1.4 – Схема подключения электродов к четырехканальному сигнализатору уровня

Управление уровнем осуществляется с помощью программ, загружаемых в ПЛК. Схема подключения входных и выходных сигналов ПЛК110 изображена на рисунке 2.1.5 [4].

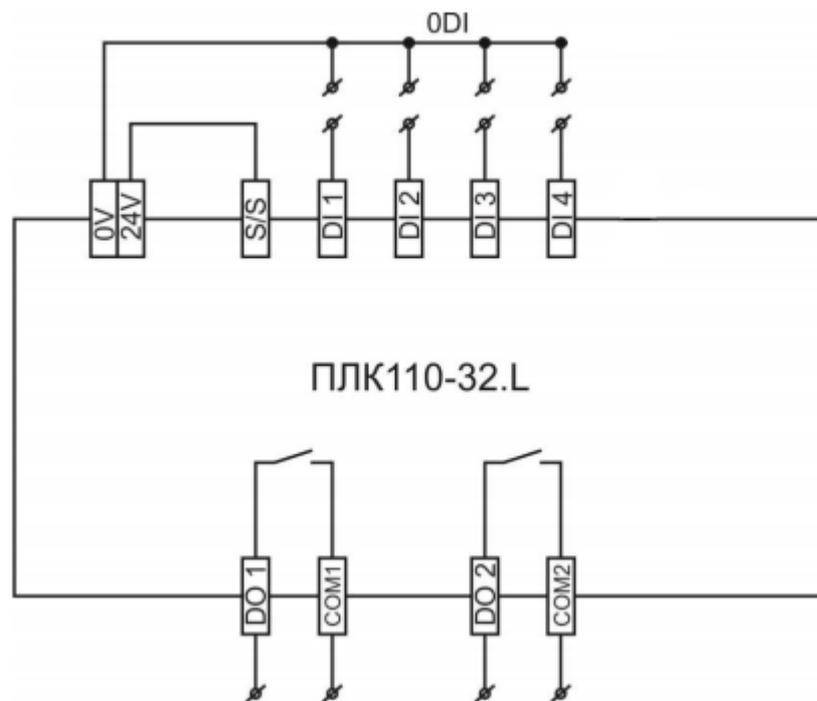


Рисунок 2.1.5 – Схема подключения входных и выходных сигналов ПЛК110

В свою очередь ПЛК соединяется с ПК посредством интерфейса связи RS-232.

2.2. Среда программирования

Для реализации алгоритмов управления используются средства инструментального программного комплекса промышленной автоматизации CODESYS версии V2.3 и пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB версии R2020a. Передача данных между программными продуктами осуществляется посредством OPC-сервера.

2.2.1. Среда разработки CODESYS V2.3

CODESYS V2.3 – это интегрированная среда разработки приложений для программируемых логических контроллеров.

В CODESYS используется 5 языков программирования стандарта МЭК 61131-3: LD (Ladder Diagram, язык релейно-контактных схем), FBD (Function Block Diagram, язык функциональных блоковых диаграмм), IL (Instruction List, список инструкций), ST (Structured Text, структурированный текст), SFC (Sequential Function Chart, язык последовательных функциональных диаграмм),

а также дополнительный язык CFC (Continuous Function Chart, язык непрерывных функциональных схем).

Также в состав CoDeSys входит редактор визуализации, конфигураторы протоколов обмена и средства отладки.

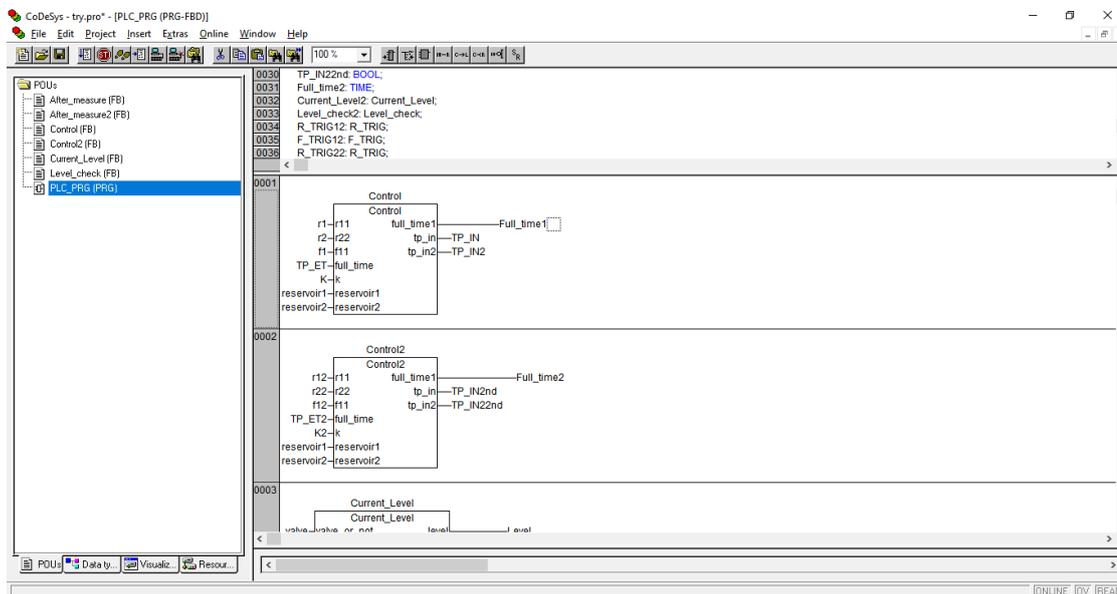


Рисунок 2.2.1.1 – Окно CODESYS V2.3 с открытым проектом

Встроенные компиляторы CODESYS генерируют двоичный код, загружаемый в контроллер. Им поддерживаются основные 16- и 32-разрядные процессоры, такие как Infineon C166, 80x86, ARM, SH, PowerPC, Analog Devices Blackfin, MIPS и другие.

Среда программирования при подключении к контроллеру переходит в режим отладки, в котором доступны такие инструменты отладки, как изменение, просмотр в реальном времени значений переменных, контроль выполнения, точки останова, построение графиков в реальном времени и другие [5].

2.2.2. Среда разработки MATLAB R2020a

MATLAB – среда и язык технических расчетов, предназначенный для решения инженерных и научных задач широкого спектра сложности и отраслей.

MATLAB включает в себя:

- язык инженерных расчетов;
- приложения с графическим интерфейсом;

- средства разработки программного обеспечения;
- профессиональных расширений системы и ее адаптации под решение определенных классов математических и научно-технических задач [6].

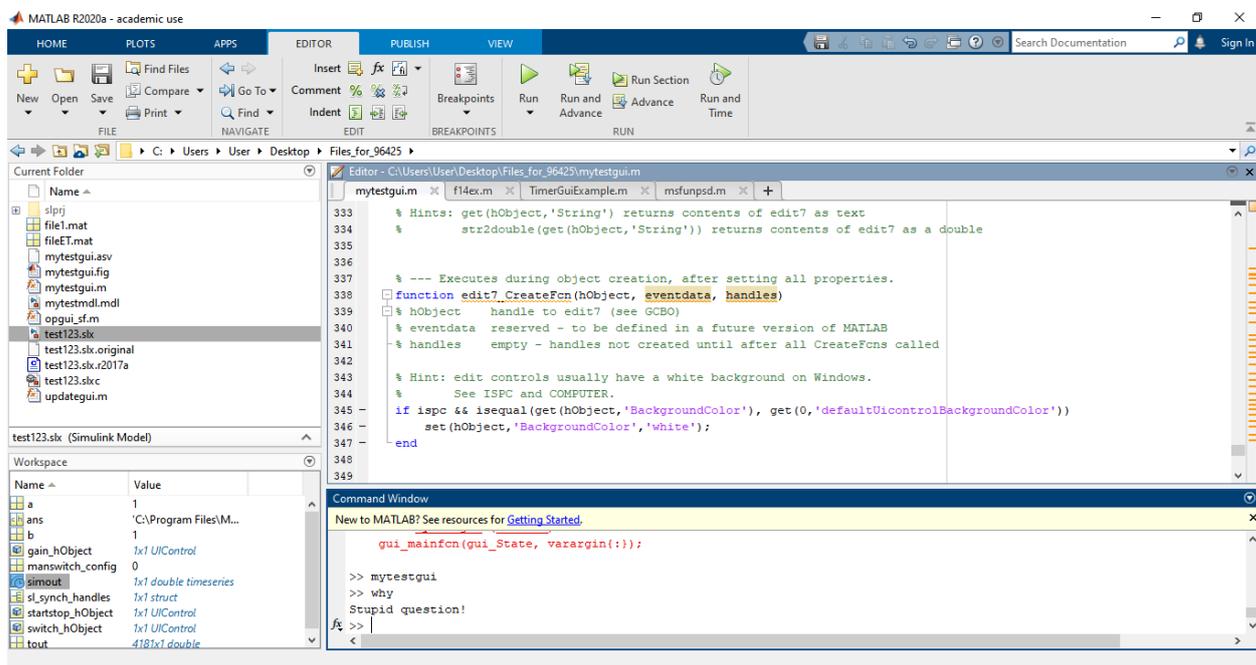


Рисунок 2.2.2.1 – Окно MATLAB 2020a с открытыми проектами

Расширения MATLAB содержат необходимые для реализации проекта наборы инструментов (англ. toolbox).

Для сбора и анализа экспериментальных данных применяются Data Acquisition Toolbox и OPC Toolbox. Они содержат объекты и функции, при помощи которых обрабатываются и сохраняются данные, получаемые во время экспериментов. Применимо к данным, изменяющимся в реальном времени.

Инструменты системы управления, такие как System Identification Toolbox и Control Systems Toolbox, позволяют с помощью своего набора объектов и функций осуществлять анализ и синтез изменяющихся систем, а также их проектирование, идентификацию и моделирование.

Посредством объектов и функций Communications System Toolbox, Signal Processing Toolbox, Image Processing Toolbox и DSP System Toolbox осуществляется цифровая обработка сигналов, изображений и данных [7].

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА

3.1. Создание модели объекта управления

Для осуществления управления уровнем жидкости в резервуаре был создан алгоритм в CODESYS, выполняющий симуляцию наполнения и опустошения емкостей, как на реальном объекте, а также позволяющий регулировать долю процента заполнения резервуара без информации об объеме, используя только дискретные сигналы LL (сигнал достижения нижнего предела) НН (сигнал достижения верхнего предела).

Программа, выполняющая этот алгоритм, изображена на рисунках 3.1.1 – 3.1.4. В ходе проектирования были использованы языки FBD и ST.

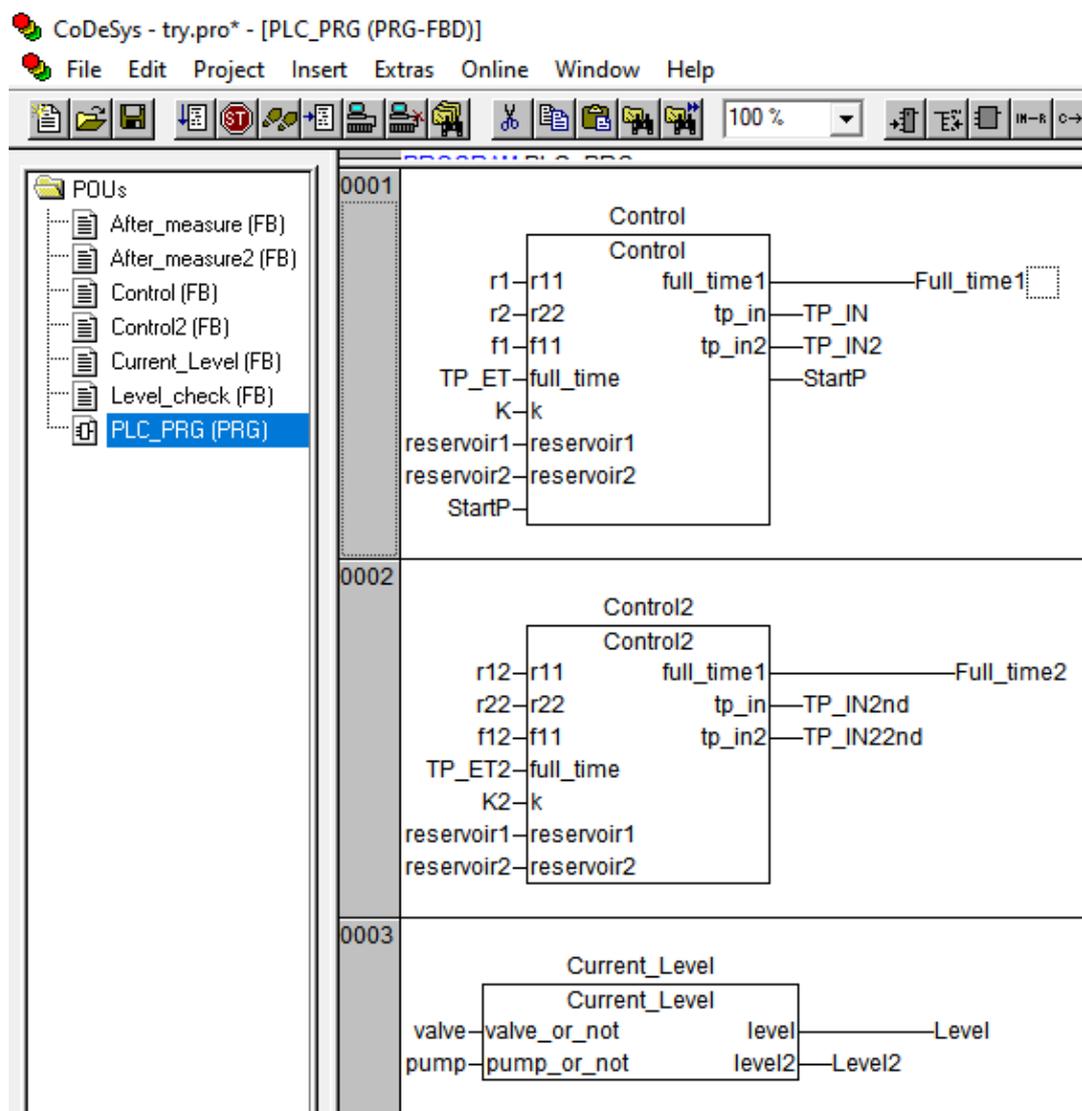


Рисунок 3.1.1 – Код программы на языке FBD (часть 1)

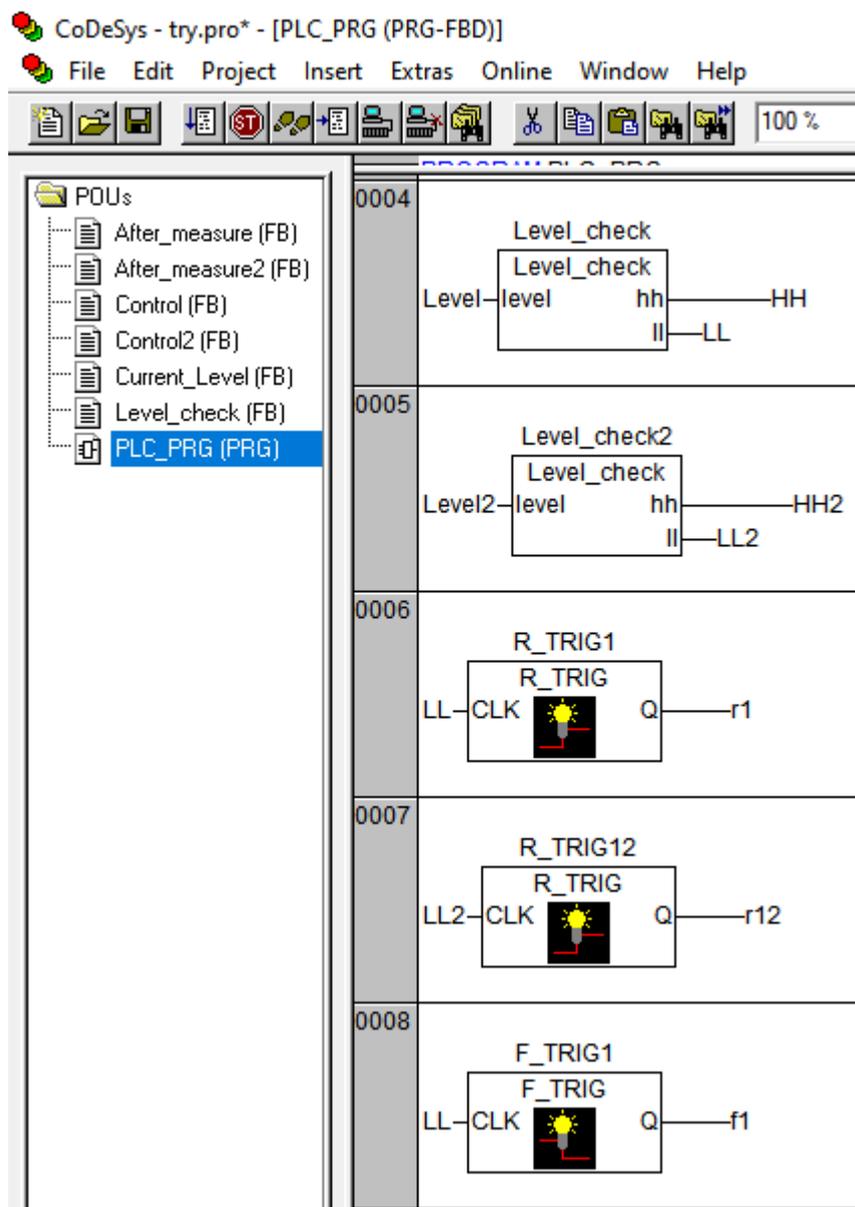


Рисунок 3.1.2 – Код программы на языке FBD (часть 2)

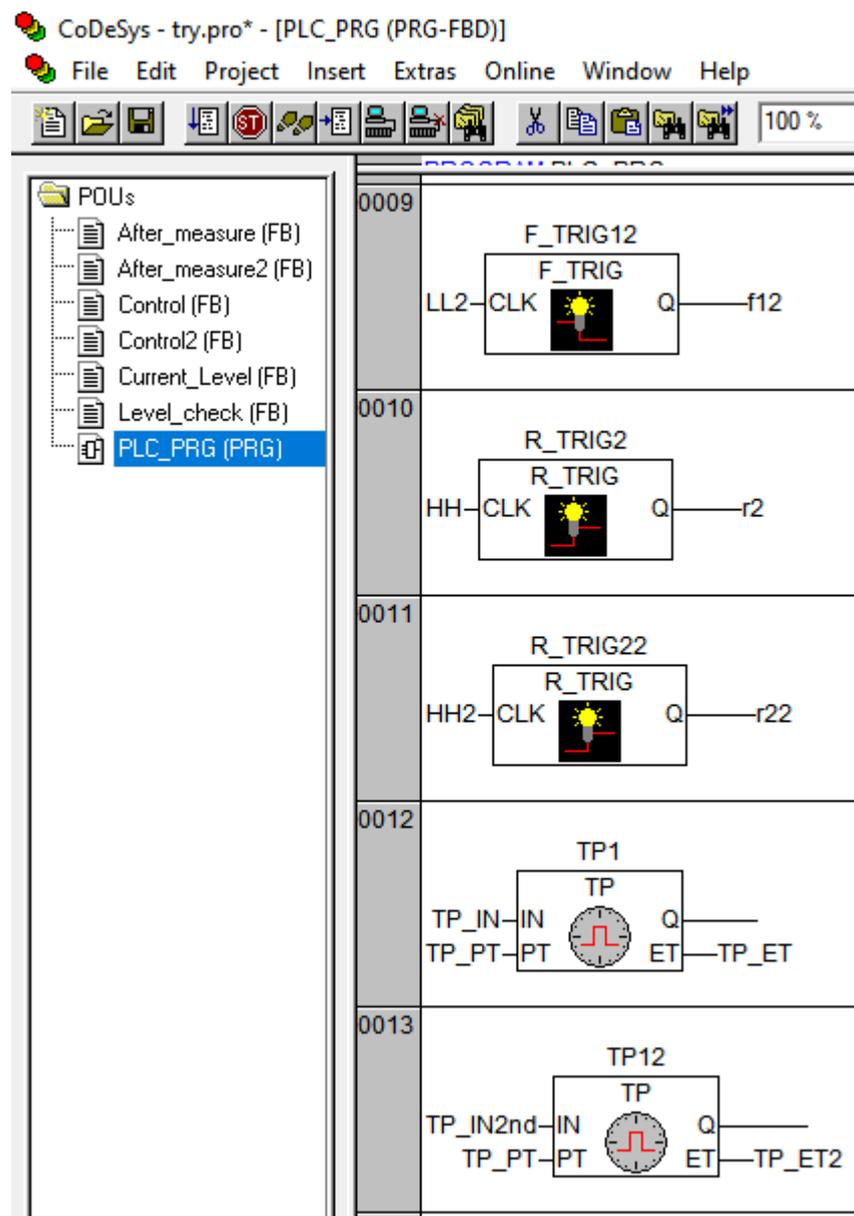


Рисунок 3.1.3 – Код программы на языке FBD (часть 3)

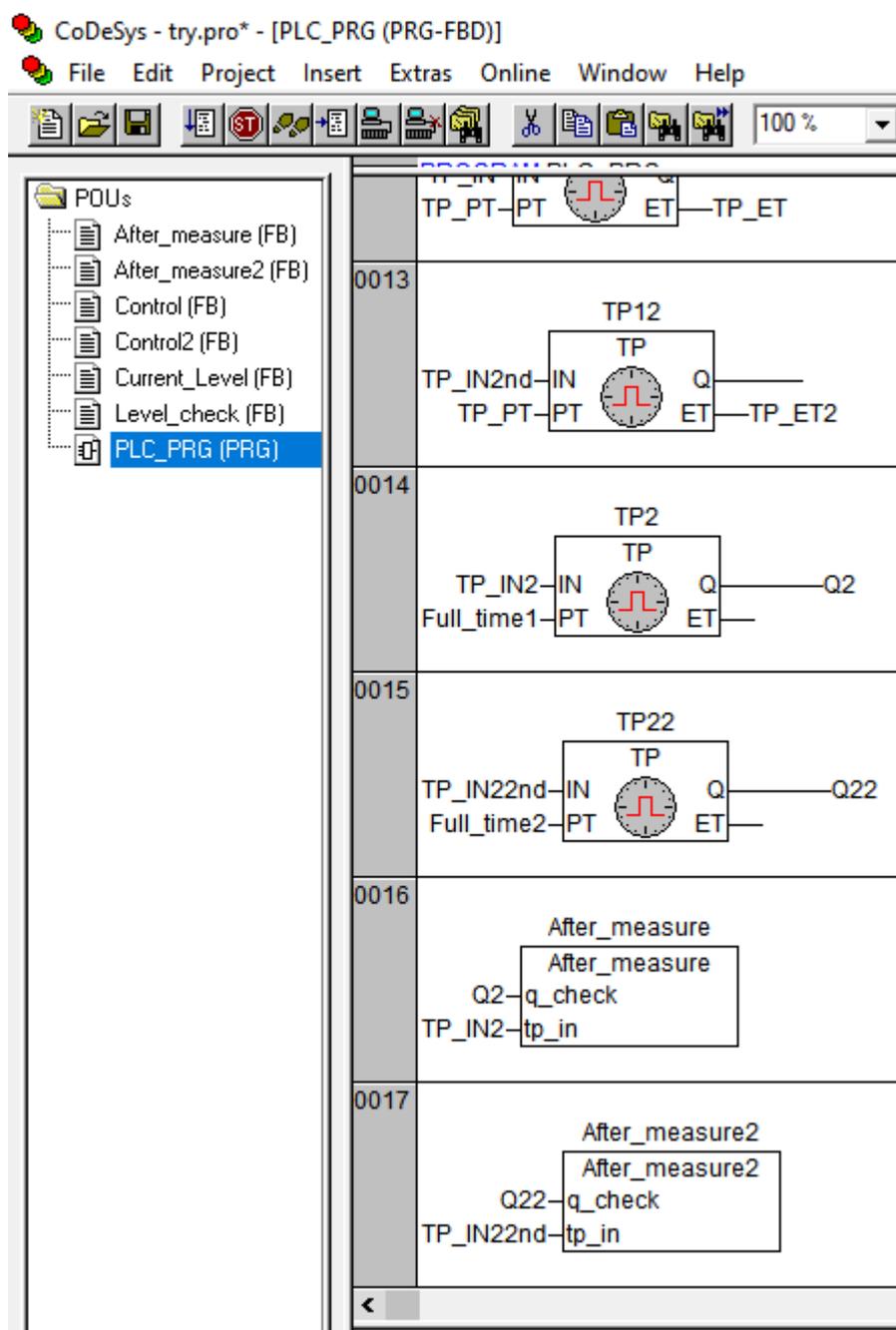


Рисунок 3.1.4 – Код программы на языке FBD (часть 4)

Блок-схема алгоритма приведена в приложении А.

Листинги функциональных блоков, реализованных на языке ST, представлены в приложении Б.

Согласно созданной блок-схеме, после запуска управляющей программы происходят следующие действия.

1. Ожидается ввод номера резервуара (емкости), в котором планируется наполнение или опустошение.

2. Далее проверяется условие пересечения жидкостью верхнего предела НН.

3. В случае невыполнения условия, в зависимости от выбранного резервуара, осуществляется управления насосом и клапаном, а именно: при наполнении / опустошении первого резервуара включается насос и закрывается клапан до тех пор, пока не выполнится условие пересечения НН; при наполнении / опустошении второго резервуара выключается насос и открывается клапан до тех пор, пока не выполнится условие пересечения НН.

4. Затем запускается таймер отсчета времени опустошения резервуара и вместе с этим, происходит закрытие / открытие вентиля, включение / отключение насоса, в зависимости от выбранного резервуара по аналогии с пунктом 3.

5. Далее проверяется условие достижения нижнего предела LL. При выполнении условия таймер останавливается, фиксируется полученное значение времени опустошения и задается время следующего наполнения для заполнения на заданный процент.

6. Наполнение происходит за время, полученное умножением заданного процента заполнения на значение времени, полученного в пункте 5.

7. По окончании наполнения завершается цикл алгоритма.

Далее приведены функции, выполняемые функциональными блоками программы.

В функциональных блоках Control, Control2 на основе входных данных в виде сигналов с триггеров достижения предельных уровней происходит вычисление времени, необходимого для наполнения первого или второго резервуара жидкостью на заданный процент заполнения.

Функциональный блок Current_Level отвечает за симуляцию заполнения / опустошения резервуаров в зависимости от сигнала открытия / закрытия вентиля и сигнала включения / выключения насоса.

Функциональные блоки Level_check и Level_check2 производят симуляцию срабатывания кондуктометрических датчиков в предельных значениях уровня жидкости в зависимости от текущего уровня.

Триггеры переднего фронта R_TRIG1, R_TRIG12 вырабатывают сигнал при достижении нижнего предельного значения уровней первого и второго резервуаров соответственно.

Триггеры заднего фронта F_TRIG1, F_TRIG12 вырабатывают сигнал при изменении уровня с нижнего предельного значения уровней первого и второго резервуаров соответственно.

Триггеры переднего фронта R_TRIG2, R_TRIG22 вырабатывают сигнал при достижении верхнего предельного значения уровней первого и второго резервуаров соответственно.

Группа таймеров TP1, TP12, TP2, TP22 и функциональные блоки After_measure и After_measure2 предоставляют данные о времени срабатывания триггеров для блоков вычисления Control и Control2.

3.2. Настройка OPC-сервера

OPC (Open Platform Communications) – это набор программных технологий, представляющих единый стандарт АСУ ТП.

OPC-клиент и OPC-сервер являются основными понятиями технологии OPC.

Для осуществления управления с помощью средств MATLAB необходима передача данных из CODESYS с использованием OPC-сервера.

OPC-сервер – это программа, которая получает данные во внутреннем формате системы или устройства и преобразует их в формат OPC. В свою очередь, OPC-сервер является источником данных для OPC-клиентов. В общих чертах, OPC-сервер представляет собой многофункциональный драйвер физического оборудования, осуществляющий взаимосвязь с OPC-клиентом любого формата.

OPC-клиент – это программа, принимающая данные в формате OPC от OPC-серверов.

Таким образом, технология OPC определяет интерфейс между OPC-серверами и OPC-клиентом.

Целью стандарта OPC является предоставление возможности совместной работы средств автоматизации, которые функционируют на разных аппаратных платформах, промышленных сетях и которые производятся различными фирмами [8].

Для запуска OPC-сервера необходимо наличие программ OPCConfig, PLCWinNT, которые поставляются вместе с CODESYS V2.3.

В OPCConfig CoDeSys задается конфигурация OPC и параметры связи. Задание конфигурации изображено на рисунках 3.2.1, 3.2.2. При симуляции процесса в качестве ПЛК используется персональный компьютер.

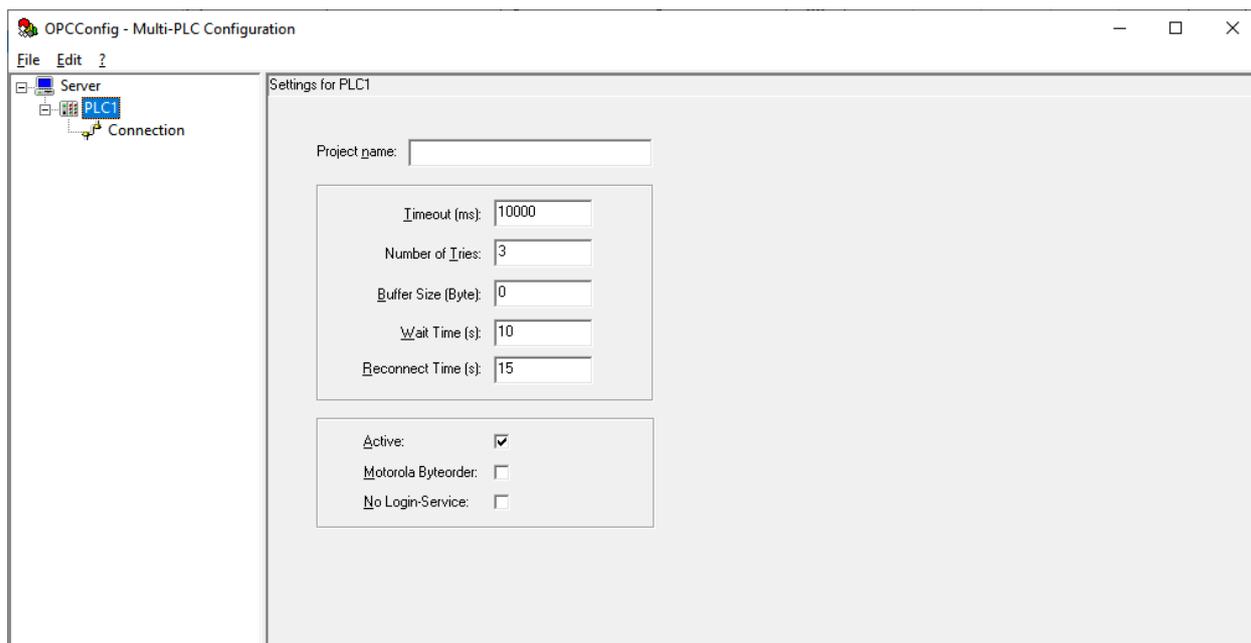


Рисунок 3.2.1 – Окно OPCConfig

В разделе Connection необходимо изменить коммуникационные параметры на показанные на рисунке 3.1.2.

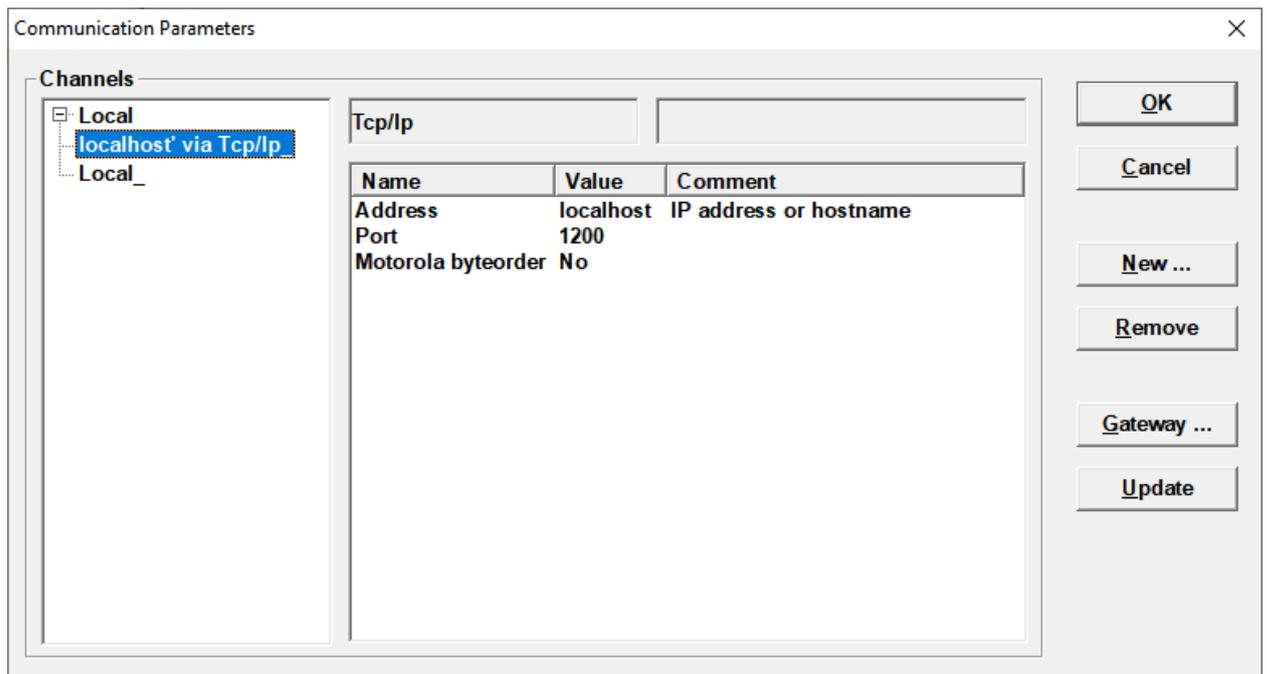


Рисунок 3.2.2 – Окно Communication Parameters

Далее выбираются созданные параметры связи в проекте CODESYS, как показано на рисунке 3.2.3.

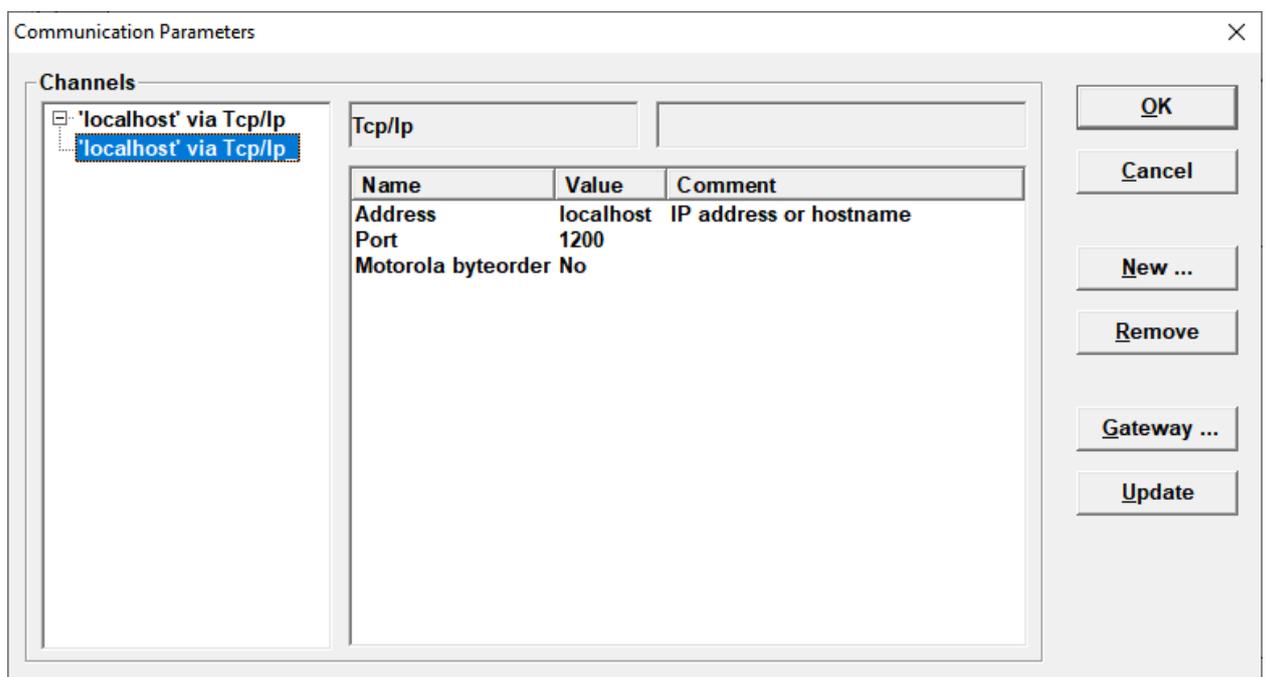


Рисунок 3.2.3 – Выбор заданных параметров в CODESYS

Затем запускается PLCWinNT. Окно запущенной программы показано на рисунке 3.2.5.

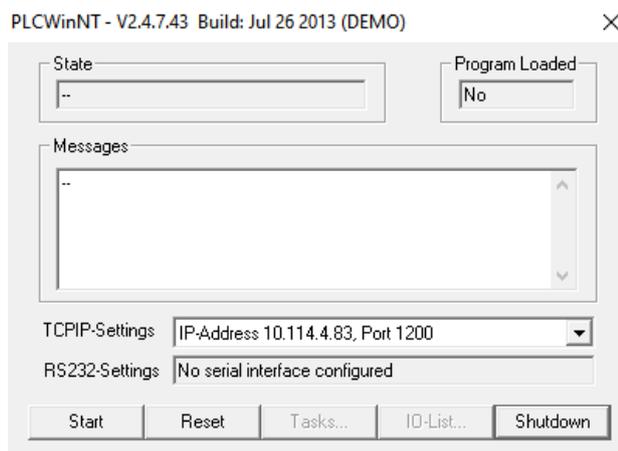


Рисунок 3.2.4 – Окно PLCWinNT

Объект «Target Settings» расположен на вкладке ресурсов (Resources) организатора объектов. Здесь выбирается, с какой целевой платформой должен использоваться текущий проект и задаются настройки выбранной платформы. При создании нового проекта диалог выбора целевой платформы открывается автоматически. Выбор платформы определяет базовые параметры генератора кода и функциональность доступных в системе команд. Параметры целевой платформы можно изменять в диалоге Target settings.

В окне Target Settings в проекте CODESYS выбирается соответствующая конфигурация (рисунок 3.2.6) и добавляется возможность загрузки символьных файлов (рисунок 3.2.7).

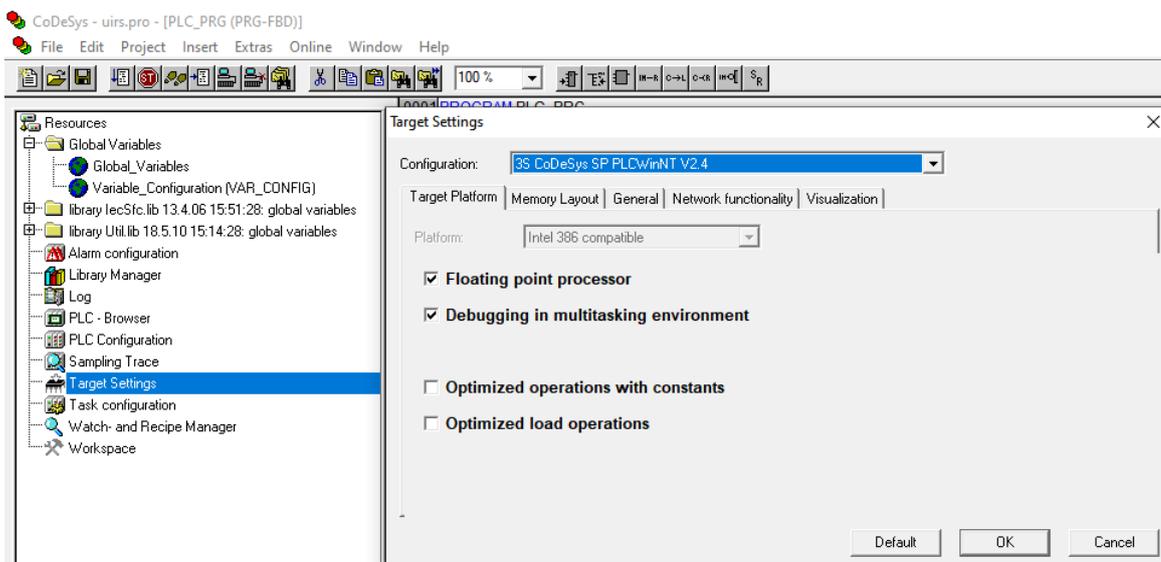


Рисунок 3.2.5 – Окно Target Settings

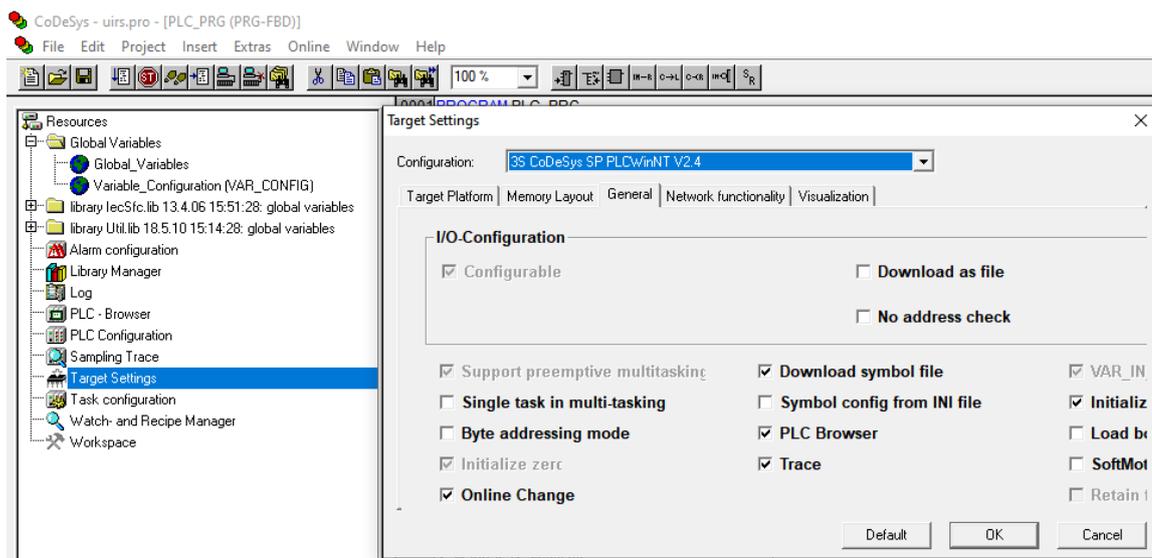


Рисунок 3.2.6 – Добавление возможности загрузки символьных файлов

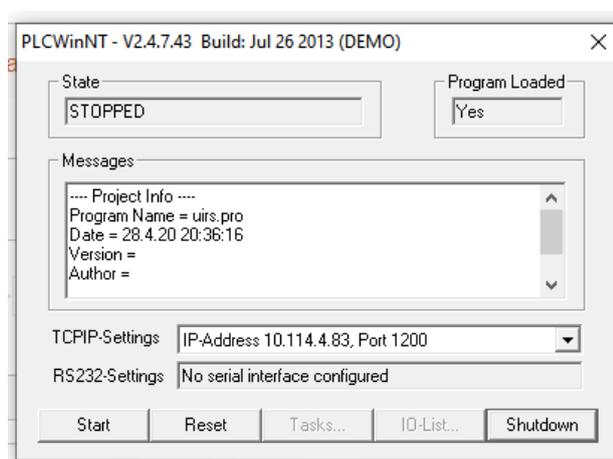


Рисунок 3.2.7 – Окно PLCWinNT после загрузки программы в ПЛК

На этом этапе заканчивается создание OPC-сервера. Последующие действия выполняются в программе MATLAB и ее расширениях.

3.3. Разработка в MATLAB

Мощности программного пакета MATLAB позволяют осуществлять обработку, сохранение и управление данными, том числе и в реальном времени. В ходе исследования в основном были использованы такие специальные наборы инструментов MATLAB, как Simulink, DSP System Toolbox и Matlab GUIDE.

Simulink - это среда графического программирования для моделирования, симуляции и анализа динамических систем, входящая в состав MATLAB как

устанавливаемое расширение. Интерфейс Simulink представляет собой графический инструмент с расширяющимся набором библиотек блоков, при помощи которых строятся блок-схемы. Simulink можно интегрировать с другими компонентами среды MATLAB или формировать сценарии из MATLAB. В настоящее время Simulink применяется в автоматическом управлении, обработке сигналов для моделирования и проектирования и др. [9]

Устанавливаемое расширение DSP System Toolbox содержит алгоритмы, дисплеи и приложения для проектирования, анализа и симуляции систем обработки сигналов в Simulink и MATLAB [10].

Графические пользовательские интерфейсы (GUI), также известные как приложения, обеспечивают управление программными приложениями по принципу point-and-click, исключая необходимость для других изучать язык или вводить команды для запуска приложения. Таким образом, он позволяет обмениваться приложениями как для использования в MATLAB, так и в качестве автономных настольных или веб-приложений [11].

3.3.1. Подключение к OPC-серверу

Для работы с OPC-переменными в MATLAB Simulink добавляются следующие компоненты: OPC Config Real-Time, OPC Read, OPC Write. Окно Simulink с добавленными компонентами изображены на рисунке 3.3.1.

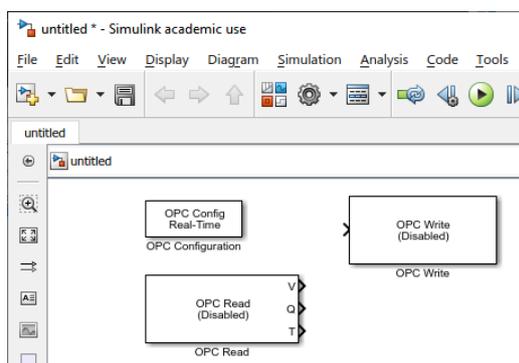


Рисунок 3.3.1.1 – Добавление компонентов OPC в Simulink

Далее производится конфигурация OPC (рисунки 3.3.2, 3.3.3).

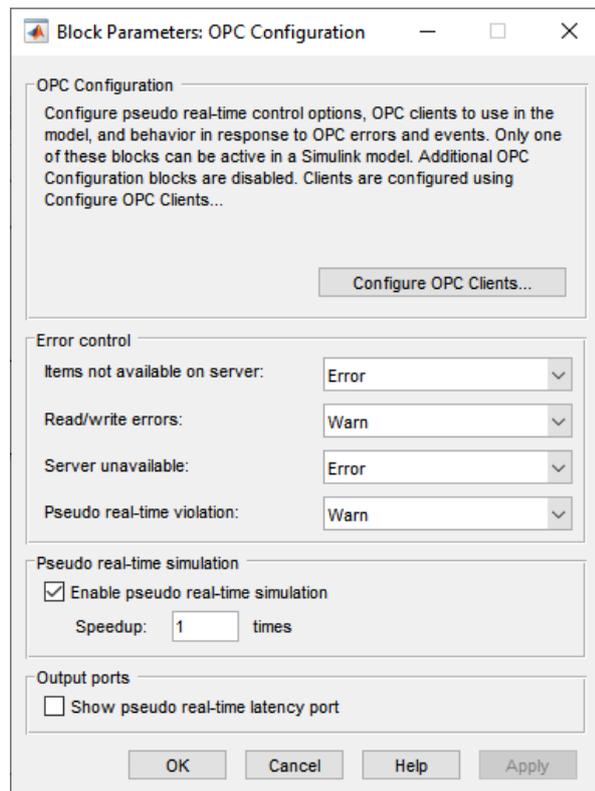


Рисунок 3.3.1.2 – Окно OPC Configuration блока OPC Config Real-Time

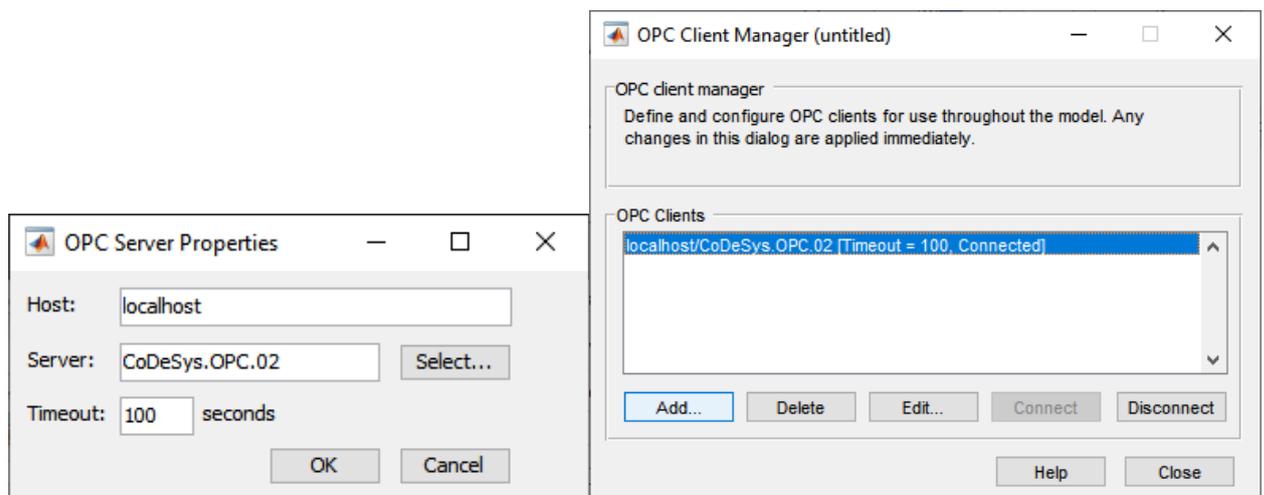


Рисунок 3.3.1.3 – Выбор OPC-клиента

Считываемые или записываемые переменные выбираются в OPC Read и OPC Write (рисунок 3.3.1.4).

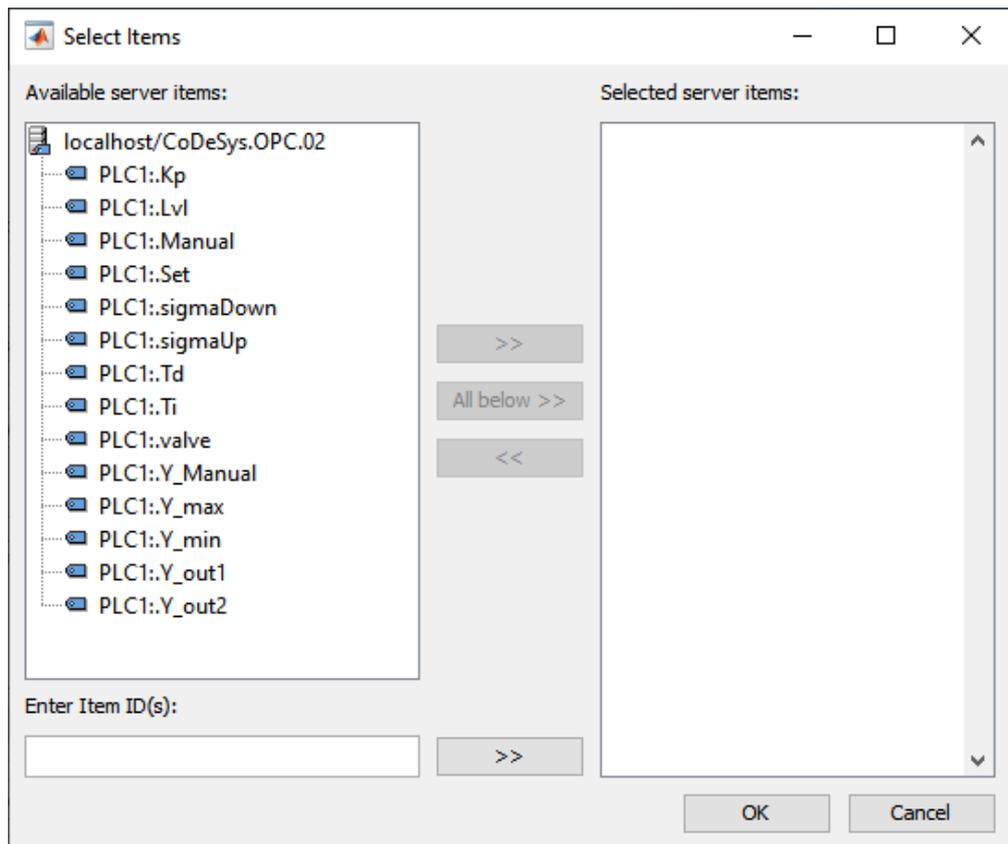


Рисунок 3.3.1.4 – Выбор необходимых переменных из OPC

Для работы программы в реальном времени необходимо установить время остановки симуляции в значение ∞ (рисунок 3.3.1.5).

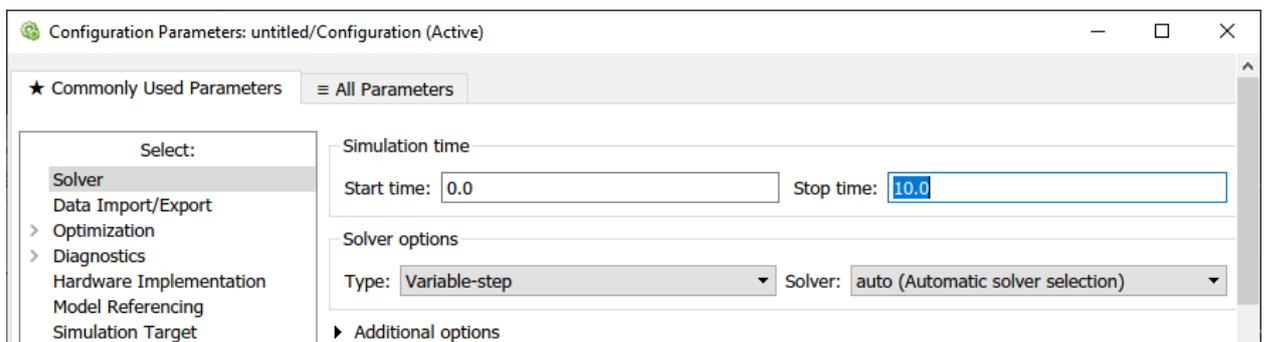


Рисунок 3.3.1.5 – Окно конфигурации параметров проекта

Выполнив представленные выше действия данные, поступающие в ПЛК, а затем в CODESYS на ПК, далее будут поступать в MATLAB, где осуществляется управление уровнем с помощью приложения-мнемосхемы.

3.3.2. Разработка управляющего приложения

В MATLAB Simulink после сопряжения с OPC-сервером созданы блоки, позволяющие записывать и считывать необходимые данные, а именно данные о коэффициенте заполнения резервуаров, текущие уровни жидкости в резервуарах и время заполнения / опустошения емкостей. На рисунке 3.3.2.1 представлена реализация считывания и записи данных OPC в Simulink.

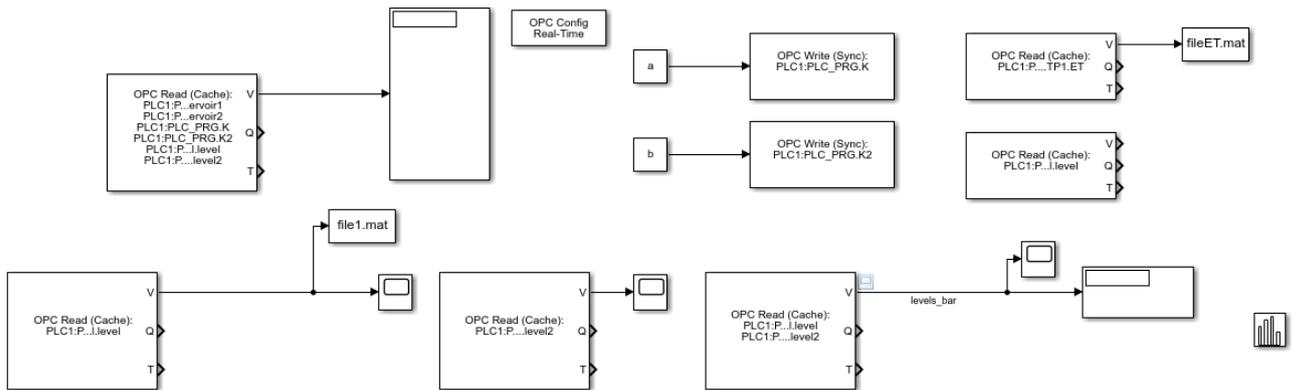


Рисунок 3.3.2.1 – Simulink-составляющая проекта

Для работы приложения, созданного в MATLAB GUIDE, с данными в реальном времени необходим буфер обмена в виде Workspace Browser, встроенного в MATLAB, т.к. инструменты MATLAB GUIDE не предусматривают возможности работы напрямую с данными из Simulink. Workspace Browser позволяет просматривать и интерактивно управлять содержимым рабочего пространства в MATLAB.

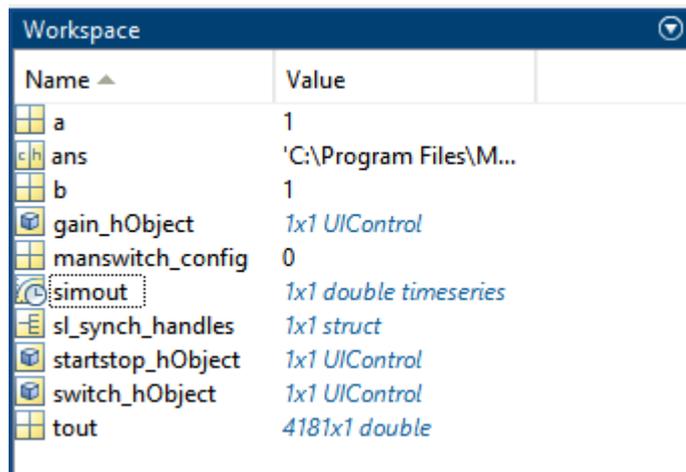


Рисунок 3.3.2.2 – Окно Workspace с переменными

Создание пользовательского интерфейса в MATLAB GUIDE может осуществляться с помощью написания скриптов или интерактивно, как показано на рисунке 3.3.2.3.

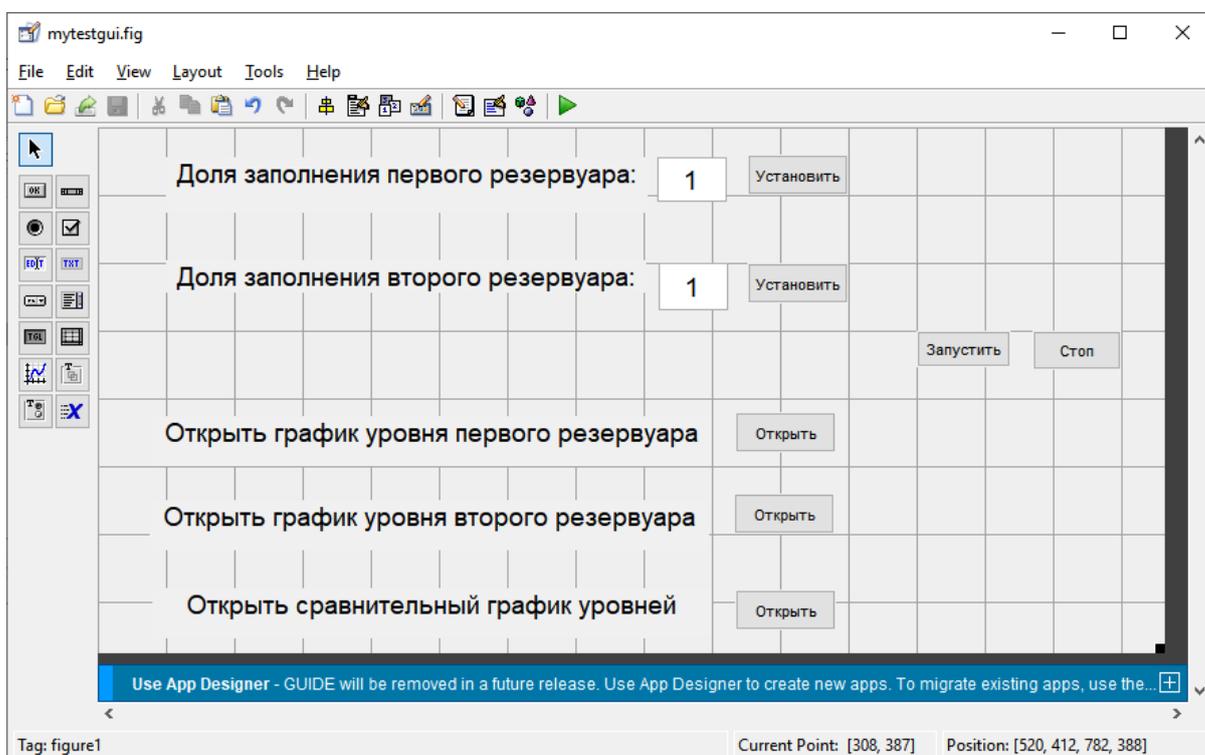


Рисунок 3.3.2.3 – Окно GUIDE проекта

Пользовательский интерфейс можно наполнять такими компонентами, как меню, панель инструментов, кнопки, переключатели, списки, ползунки. Пользовательские интерфейсы, созданные с помощью инструментов MATLAB, также могут выполнять любые типы вычислений, считывать и записывать файлы данных, связываться с другими пользовательскими интерфейсами и отображать данные в виде таблиц или графиков.

Листинги кодов компонентов пользовательского интерфейса представлены в приложении В.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В результате работы по созданию автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре был обоснован выбор компонентов системы и среды программирования.

В среде программирования CODESYS был создан алгоритм управления уровнем жидкости, загружаемый в программируемый логический контроллер объекта исследования.

Для организации связи данных из CODESYS, т.е. данных объекта, с приложением, созданным с помощью инструментов MATLAB, был использован OPC-сервер, позволяющий передавать данные из одной аппаратной платформы в другую.

В итоге был создан алгоритм и пользовательский графический интерфейс управления уровнем жидкости в резервуаре без применения непрерывного измерителя. Работа приложения изображена на рисунке 4.1.

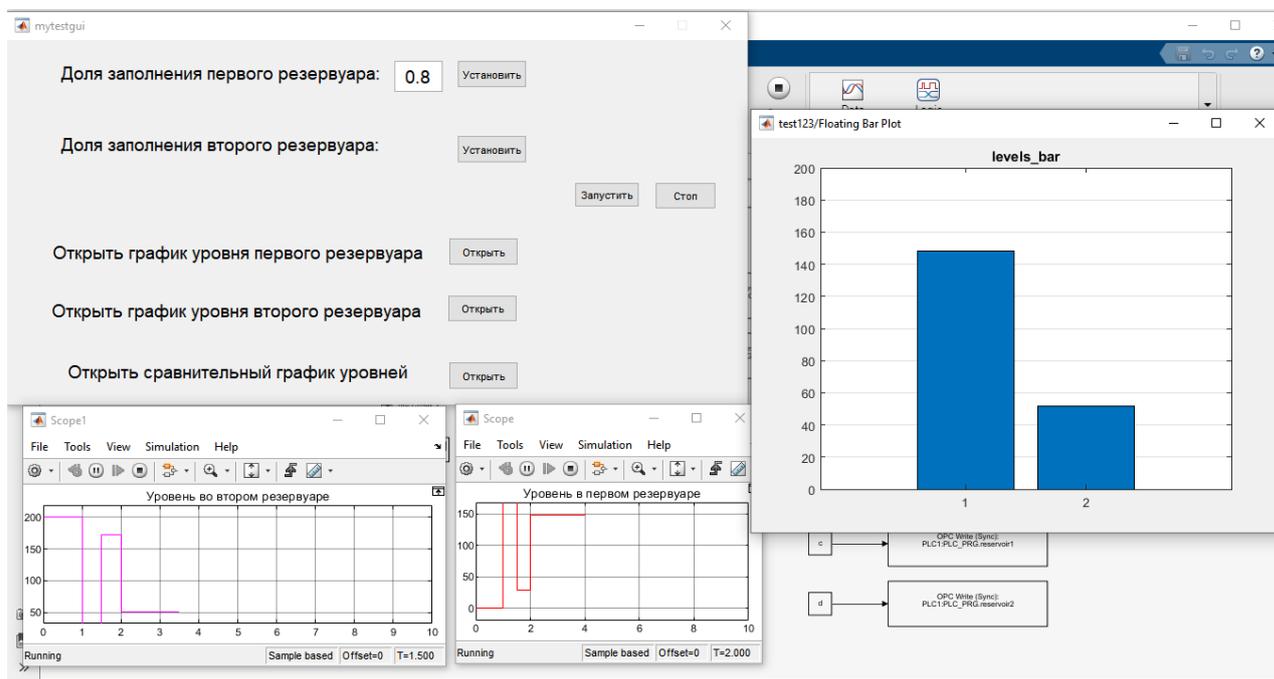


Рисунок 4.1 – Окно работающего приложения

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлен анализ конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёт бюджета проводимой разработки. Разработка проводится на лабораторном стенде в лаборатории основ автоматики (ауд. 025, 10 корпус ТПУ) и предполагает исследование эффективности способа решения поставленной задачи – применение программных пакетов MATLAB и CoDeSys в качестве средств для моделирования и отладки системы управления заполнением и опустошением резервуаров с жидкостью без использования непрерывного измерителя на основе измерения времени длительности цикла наполнения и слива. Анализ экономической эффективности научного исследования производится с помощью оценки перспективности, планирования и формирования его бюджета.

5.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом разработки является система автоматизированного управления уровнем жидкости в резервуаре. Потенциальными потребителями такой системы управления могут выступать промышленные предприятия (производство химических веществ, продуктов питания), объекты жилищно-коммунальной сферы, лаборатории. В таблице 5.1.1 приведена карта сегментирования.

Таблица 5.1.1 – Карта сегментирования

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Объекты ЖКХ	Лаборатории
Размер организации	Мелкие			
	Средние			
	Крупные			

Согласно составленной карте сегментирования, для реализации разработки подходят следующие организации: мелкие промышленные предприятия объекты

ЖКХ, мелкие и средние лаборатории. Для более крупных же объектов необходимо усложнение системы для интеграции в промышленные сети.

5.2. Анализ конкурентных технических решений

На российском рынке автоматизированные системы управления уровнем жидкости производятся такими компаниями, как «ОВЕН» [12], «Omron» [13].

Компании «ОВЕН» и «Omron» производят контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации для различных отраслей промышленности. Сейчас ими выпускается несколько моделей приборов с кондуктометрическими датчиками для поддержания уровня жидкости в герметичных и открытых емкостях, в том числе модели с режимом дистанционного управления насосом, который позволяет использовать прибор как ручной пульт управления.

Сравнительная таблица конкурентных решений приведена в табл. 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Сравнение конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Быстродействие	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
Безопасность	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Точность измерений	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
Ожидаемый срок эксплуатации	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Цена	0,2	5	3	3	1	0,8	0,8
Сервисное обслуживание	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Доступность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого	1	40	39	39	4,5	4,3	4,3

Слабыми сторонами разрабатываемого устройства можно считать:

- точность измерений;
- ожидаемый срок эксплуатации.

По показателям остальных критериев можно сделать вывод, что разрабатываемая система конкурентоспособна на рынке. К сильным сторонам можно отнести:

- быстродействие;
- удобство в эксплуатации;
- цена.

5.3. SWOT-анализ

Для комплексной оценки внешней и внутренней среды проекта проводится SWOT-анализ. В таблице 5.3.1 представлена итоговая матрица SWOT-анализа разрабатываемой системы.

Таблица 5.3.1 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Экономия на непрерывном измерителе уровня за счет реализуемого алгоритма.</p> <p>С2. Возможность более широкого управления.</p> <p>С3. Гибкость алгоритма управления.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Низкая масштабируемость системы.</p> <p>Сл2. Затраты на ПО (MATLAB, CoDeSys) для реализации алгоритма.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Увеличение спроса у небольших производств.</p>	<p>В2С1. Повышение востребованности у малых и средних организаций за счет</p>	<p>В1Сл1. Приток новых клиентов позволит увеличить масштаб разработок.</p>

В2. Расширение функциональных возможностей системы.	меньшей стоимости системы. В2С2С3. Повышение эффективности системы и выполнение дополнительных задач.	В2Сл2. Устанавливаемое ПО обеспечит увеличение выполняемых задач системой.
Угрозы: У1. Отсутствие финансирования. У2. Появление на рынке наиболее совершенных устройств от конкурентов.	У2С2С3. Введение дополнительных функций, исполняемых разрабатываемой системой управления, позволит оставаться конкурентоспособным на рынке.	У1Сл1. Отсутствие финансирования из-за небольшого рынка малых предприятий. У2Сл2. Появление аналогичных систем без необходимости установки дополнительного ПО.

Таким образом, посредством SWOT-анализа были выявлены возможности дальнейшего развития разрабатываемой системы управления при применении ее сильных сторон и угрозы, которые можно избежать с помощью избавления от слабых сторон и эксплуатации сильных сторон.

5.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для успешного завершения проекта необходимо грамотное планирование работ, осуществляемых в следующем порядке:

- определение структуры предстоящих работ в ходе НИИ;
- определение участников каждого вида работы;
- установление временных рамок и продолжительности всех работ;
- построение графика реализации НИИ.

Для реализации проектной работы по разработке автоматизированной системы управления необходимо сформировать рабочую группу, в которую входят научный руководитель и инженер (бакалавр). В таблице 5.4.1.1 представлен перечень этапов, работ, а также распределение исполнителей.

Таблица 5.4.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Загрузка исполнителей
1. Постановка целей и задач исследования	НР – 80% И – 20%
2. Обзор литературы	И – 100%
3. Разработка технического задания	НР – 30% И – 70%
4. Разработка календарного плана работ	НР – 20% И – 80%
5. Создание модели в CoDeSys	И – 100%
6. Настройка связи переменных CoDeSys и Matlab Simulink	НР – 10% И – 90%
7. Разработка мнемосхемы управления на базе Matlab Guide	И – 100%
8. Установка связи MATLAB с объектом и проведение испытаний	НР – 10% И – 90%
9. Обработка полученных результатов	НР – 20% И – 80%
10. Оформление расчётно-пояснительной записки	И – 100%
11. Подведение итогов	НР – 100%

Таким образом, реализация данной проектной работы необходимо достигается 11 этапами, в которых задействованы как научный руководитель, так и инженер.

5.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни.

Ожидаемая трудоемкость рассчитывается по формуле [14]:

$$t_{ож.і} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.4.2.1)$$

где $t_{ож.і}$ – ожидаемое время выполнения i -го этапа работ в человеко-днях;

$t_{\min i}$ – минимальная продолжительность работы, дней;

$t_{\max i}$ – максимальная продолжительность работы, дней.

Определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_r , исходя из ожидаемой трудоемкости работы, в которой учитывается параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож.і}}{Ч_i}, \quad (5.4.2.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ож.і}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дней;

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

Для представления графика в виде диаграммы Ганта необходимо перевести длительность всех этапов работ в календарные дни по формуле:

$$T_{календ.і} = T_{pi} \cdot k_{календ.}, \quad (5.4.2.3)$$

где $T_{календ.і}$ – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

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

$k_{календ.}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k_{календ.} = \frac{T_{календ.}}{T_{календ.} - T_{нераб.}} = \frac{366}{366 - 118} = 1.47, \quad (5.4.2.4)$$

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

$T_{нераб.}$ – количество не рабочих дней в году;

$k_{календ.}$ – коэффициент календарности.

С помощью полученных данных составим таблицу 5.4.2.

Таблица 5.4.2.1 – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

Название работы	Трудоемкость работы, чел-дн.						Длительность работы в рабочих днях T_{pi}		Длительность работы в календарных днях T_{ki}	
	t_{min}		t_{max}		$t_{ож}$		НР	И	НР	И
	НР	И	НР	И	НР	И				
Постановка целей и задач исследования	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	1,4	2,06	2,06
Обзор литературы		6		8	0	6,8	0	6,8	0	10,00
Разработка технического задания	3,6	12	6	20	4,56	15,2	2,28	7,6	3,35	11,17
Разработка календарного плана работ	0,6	3	1	5	0,76	3,8	0,38	1,9	0,56	2,79
Создание модели в CoDeSys		14		18	0	15,6	0	15,6	0	22,93
Настройка связи переменных CoDeSys и Matlab Simulink	0,5	5	0,7	7	0,58	5,8	0,29	2,9	0,43	4,26
Разработка мнемосхемы управления на базе Matlab Guide		14		18	0	15,6	0	15,6	0	22,93
Установка связи MATLAB с объектом и проведение испытаний	0,5	5	1	10	0,7	7	0,35	3,5	0,51	5,15
Обработка полученных результатов	1	5	2	10	1,4	7	0,7	3,5	1,03	5,15
Оформление расчётно-пояснительной записки		12		15	0	13,2	0	6,6	0	9,702
Подведение итогов	2		3		2,4	0	1,2	0	1,76	0
Итого:							6,6	65,4	9,70	96,14

Базируясь на данных, представленных в таблице 5.4.2.1, строится диаграмма Ганта, представленная на рисунке 5.4.2

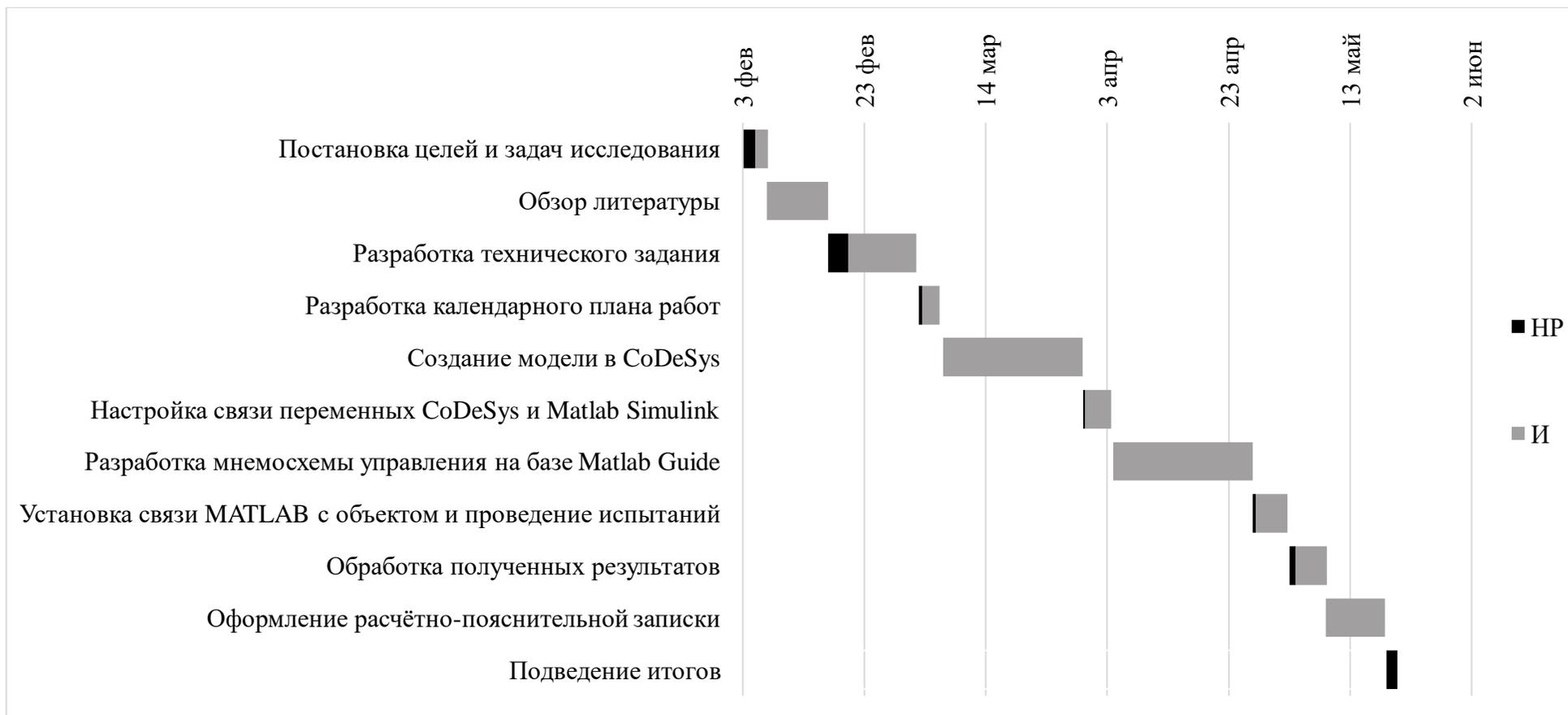


Рисунок 5.4.2.1 – Диаграмма Ганта

Таким образом, в рамках определения трудоемкости выполненных работ, был осуществлен расчет необходимых показателей и составлена диаграмма Ганта, из диаграммы которой видно, что практическая часть исследования занимает около двух календарных месяцев.

5.5. Бюджет научного-технического исследования

5.5.1. Расчет материальных затрат

В этом подразделе производится оценка стоимости всех материальных ценностей, расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования и моделирование системы производится с помощью таких программных продуктов, как Matlab, CoDeSys, Microsoft Office и др. Т.к. лицензии на эти продукты бесплатны для студентов ТПУ, то материальные затраты будут состоять из затрат на оборудование и транспортно-заготовительных расходов (ТЗР). Расчёт материальных затрат приведён в табл. 5.5.1.1.

Таблица 5.5.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Контроллер ПЛК110-220.32.P-M	24480,00	1	24480,00
Емкость (10л)	250,00	2	500,00
БКК1-220 4-уровневый сигнализатор жидкости	4092,00	1	4092,00
Соленоидный клапан TORK T-GZ 103	4138,23	1	4138,23
Насос с электроприводом	3850,00	1	3850,00
Шланг резиновый (1м)	220,00	2	440,00
Итого			37 500,23
Итого с учётом ТЗР (10%)			41 250,253

Таким образом, общие материальные затраты составляют 41 250,253 рублей.

5.5.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате рассчитывается на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей работы выполняется по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.5.2.1)$$

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

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

Основная заработная плата сотрудников рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн.} \cdot T_p \quad (5.5.2.2)$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн;

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле 5.5.2.3.

$$Z_{дн.} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} \quad (5.5.2.3)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, шестидневная неделя;

F_0 – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 5.5.2.1 [15].

Таблица 5.5.2.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Выходные и праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени (невыходы по болезни / отпуск)	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	248

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p \quad (5.5.2.3)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок, составляющий примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 для города Томска.

Расчет основной платы представлен в таблице 5.5.2.2.

Таблица 5.5.2.2 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад	k_{np}	k_d	k_p	Z_M , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	34 675	-	-	1,3	45077,5	1890,3	4	7561,39
Инженер	13 045	-	-		16958,5	711,2	52,4	37264,94
Итого								44 826,33

Таким образом, основная заработная плата руководителя составит 7561,39 рублей, а инженера – 37264,94 рублей.

5.5.3. Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 50000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет.

Норма амортизации H_A рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (5.5.3.1)$$

где T – срок полезного использования, лет.

При сроке полезного использования 3 года норма амортизации H_A равна:

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (5.5.3.2)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 50000 \cdot 0,33 = 16500 \text{ руб.} \quad (5.5.3.3)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{16500}{12} = 1375 \text{ руб.} \quad (5.5.3.4)$$

Сумма амортизации основных средств на 5 месяцев составит:

$$A = 1375 \cdot 5 = 6875 \text{ руб.} \quad (5.5.3.5)$$

5.5.4. Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ

В процессе научно-исследовательской работы также необходимо учитывать дополнительную заработную плату исполнителей. Ее расчет осуществляется по формуле [16]:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (5.5.4.1)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12 – 0,15).

Получим:

$$Z_{допP} = 0,12 \cdot 7561,39 = 907,37;$$

$$Z_{допИ} = 0,12 \cdot 37264,94 = 4471,79.$$

Таким образом, дополнительная заработная плата руководителя составляет 907,37 рублей, а инженера – 4471,79 рублей.

5.5.5. Отчисление во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется следующей формулой [16]:

$$Z_{внебюдж.} = k_{внебюдж.} \cdot (Z_{осн.} + Z_{доп.}), \quad (5.5.5.1)$$

где $k_{внебюдж.}$ – коэффициент отчислений на уплату в внебюджетные фонды.

В таблице 5.5.5.1 представлен расчет данных отчислений.

Таблица 5.5.5.1 – Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная ЗП, руб.	Доп. ЗП, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Руководитель	7 561,39	907,37	0,302	2 557,56
Инженер	37 264,94	4471,79		12 604,5
Итого				15 162,06

Таким образом, общие отчисления во внебюджетные фонды составят 15162,06 рублей.

5.5.6. Прочие прямые затраты

Также необходимо учитывать прочие прямые затраты, которые могут возникать в процессе выполнения научно-исследовательской работы. К такому виду затрат относятся затраты на электроэнергию. Для юридических лиц стоимость 1 кВт · ч составляет 5,8 рублей. При умеренном использовании персонального компьютера средняя мощность потребления составит 120 Вт в час, суммарное потребление же всего используемого оборудования составит 160 Вт в час. В день на работу затрачивается 6 часов, а всего на работу с ПК и оборудованием затрагивается 50 дней. Для расчета затрат необходимо перемножить все описанные выше данные. Таким образом, затраты на электроэнергию составят 278,4 рублей.

5.5.7. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты. Их величина рассчитывается по формуле [16]:

$$C_{наклад.} = k_{наклад.} \cdot (Z_{осн.} + Z_{доп.}), \quad (5.5.7.1)$$

где $k_{наклад.}$ – коэффициент накладных расходов, 16%

Найдем накладные расходы, подставив необходимые значения в формулу 5.5.7.1. Таким образом, накладные расходы составляют 8032,88 рублей.

5.5.8. Формирование бюджета затрат на реализацию НТИ

Затраты научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. В таблице 5.5.8.1 представлено определение бюджета затрат данного проекта.

Таблица 5.5.8.1 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты	41 251
Затраты по основной заработной плате	44826
Затраты по дополнительной заработной плате	5379
Отчисления во внебюджетные фонды	15162
Амортизационные отчисления	6875
Прочие расходы	278
Накладные расходы	8033
Бюджет затрат НТИ	121804

Таким образом, общий бюджет затрат на разработку автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре составит 121804 рублей.

5.6. Определение ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности основано на расчете интегрального показателя эффективности научного исследования. Стоимость аналогичной системы, построенной на программируемом логическом контроллере CP1E-N30DR-A производства «Omron», будет составлять 123924 рублей.

Интегральный финансовый показатель вычисляется по формуле [16]:

$$I_{финр}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (5.6.1)$$

где I – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно–исследовательского проекта.

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{121804}{121804} = 1$$

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{123924}{121804} = 1,017$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения прототипа сенсорной панели оператора определяется по формуле [16]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (5.6.2)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го вариант исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки. В таблице 5.6.1 представлен расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 5.6.1 – Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Исполнение 1 (исх.)	Исполнение 2
Энергопотребление	0.05	5	4
Удобство эксплуатации	0.15	4	4
Универсальность	0.15	4	4
Безопасность	0.2	5	5
Надежность	0.45	5	4
Итого	1	23	21

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется по формуле [16]:

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{фин р}} \quad (5.6.3)$$

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по формуле:

$$Эср = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (5.6.4)$$

Результаты расчета показателей представлены в таблице 5.6.2.

Таблица 5.6.2 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исполнение 1 (исх.)	Исполнение 2
Интегральный фин. показатель	1	1,017
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,7	4,2
Интегральный показатель эффективности	4,7	4,07
Сравнительная эффективность представленных вариантов	1,017	

Таким образом, наиболее эффективным является первый вариант исполнения (разрабатываемая система).

Вывод по разделу 5

1. В процессе анализа коммерческого потенциала разработки, а также оценки научно-технического исследования с точки зрения ресурсосбережения и ресурсоэффективности были выявлены потенциальные потребители результатов данного исследования, а именно малые промышленные предприятия и объекты жилищно-коммунальной сферы, малые и средние лаборатории.

2. С помощью анализа конкурентных технических решений были выявлены конкуренты в виде компаний «ОВЕН» и «Omron». На данном этапе разработки система уступает их решениям в точности измерений, однако более выгодно экономически за счет отсутствия необходимости применения непрерывных измерителей уровня.

3. В процессе SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны разрабатываемой системы, а также возможности и угрозы. Основным преимуществом перед конкурентами является использование математического аппарата в виде программного пакета «Matlab», расширяющий возможности системы.

4. При планировании научно-технического исследования разработан поэтапный план работ в рамках проектирования научного исследования, а также распределены роли исполнителей.

5. Основными расходами на разработку составляют затраты в ФОТ. При определении трудоемкости осуществления НИИ и разработке календарного плана было установлено 52.4 рабочих дня и 77 календарных дней.

6. При планировании бюджета НИИ было установлено, что все затраты на разработку данного технического решения составляют 121804 рублей, из которых 41 251 рублей – материальные затраты, 50205 рублей – затраты на заработную плату исполнителям, 15162 рубля – отчисления во внебюджетные фонды, 6875 рублей – амортизационные отчисления, 8311 рублей – накладные и прочие расходы.

7. В ходе определения ресурсоэффективной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования было рассмотрено два варианта исполнения автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре и на основе нескольких финансовых показателей было установлено, что наиболее эффективным является вариант разрабатываемой системы.

В итоге, в процессе финансового анализа научно-технического исследования были выявлены сильные и слабые стороны разработки, потенциальные потребители и конкуренты, а также проведен расчет материальных и временных затрат, необходимых для реализации данного проекта.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной ВКР представлена разработка автоматизированной системы управления жидкостью в резервуарах, позволяющая контролировать текущий уровень наполнения в соответствии с заданными параметрами.

Работа системы основана на протоколе обмена данных OPC, где данными являются переменные, описывающие состояние регулируемого объекта. В аппаратную часть устройства входит персональный компьютер с предустановленными пакетами CODESYS и MATLAB и подсоединенный к нему посредством проводного интерфейса RS-232 лабораторный стенд, включающий в себя программируемый логический контроллер ПЛК110, блок согласования кондуктометрических датчиков БКК1-220, соленоидный клапан TORK T-GZ 103, насос автомобильный 12 VDC, преобразователь избыточного давления Сапфир 22-ДИ-40кПа, коммутационное поле и две емкости.

В этом разделе приведены правовые нормы, касающиеся исследования, представлены основные опасные и вредные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них. Также оценено влияние на окружающую среду и рассмотрены способы защиты от чрезвычайных ситуаций.

Потенциальные потребители результатов данного исследования: малые промышленные предприятия и объекты жилищно-коммунальной сферы, малые и средние лаборатории.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормальная продолжительность рабочего времени не должна превышать сорока часов в неделю [17].

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели и ежедневной смены, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней, время начала и время окончания работы, время перерывов в работе [17].

Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться перерыв не больше двух часов и не меньше 30 минут для питания и отдыха, не включающийся в рабочее время [17].

Работодатель обязан обеспечить безопасные условия и охрану труда, в том числе: безопасность при использовании оборудования, осуществлении технологических процессов и применяемых в производстве материалов, сырья и инструментов; меры по предотвращению аварийных ситуаций и сохранению здоровья и жизни работников при возникновении таких ситуаций; медицинское обеспечение работников и санитарно-бытовое обслуживание [17].

6.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Одной из самых важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники является проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами.

Организация рабочего места оператора или программиста регламентируется рядом нормативных документов: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [18], ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [19], ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ [20] и др.

Проектирование рабочих мест с видеотерминалами включает в себя такие эргономические аспекты, как высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к поверхности рабочего стола, расположение документов на рабочем месте (подставки для документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, клавиатуры и др.), характеристики рабочего кресла, регулируемость элементов рабочего места. Стол и кресло являются главными элементами рабочего места оператора или программиста, основное рабочее положение – положение сидя.

6.2. Профессиональная социальная безопасность

6.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Существует множество опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности. Их ряд, основанный на ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ [21], представлен в таблице 6.2.1.1.

Таблица 6.2.1.1 – Опасные и вредные факторов, которые может создать объект исследования

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка программной части	Подключение оборудования	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [22]. 2. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [23]. 3. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [24]. 4. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности [25]. 5. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [26]. 6. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [27].
2. Повышенный уровень шума			+	
3. Недостаток естественного освещения и недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	
4. Электромагнитные излучения	+	+	+	
5. Электрический ток		+	+	

Приведенные факторы способны влиять на состояние здоровья и привести к травмоопасной или аварийной ситуации. Для недопущения подобных ситуаций существует необходимость реализации мер по эффективному контролю за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

6.2.2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действий опасных и вредных факторов

Осуществляемые при разработке и эксплуатации автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре виды работ по степени физической тяжести можно отнести к категории легких работ. В таблице 6.2.2.1 представлены оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах для технического персонала.

Таблица 6.2.2.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха м/с
Теплый	(23-25)	(22-26)	(40-60)	0,1
Холодный	(21-23)	(20-24)	(40-60)	0,1

Шум также является вредным фактором, который служит источником стресса и превышение уровня которого способно привести к нарушениям слуха. Также шум может привести к несчастным случаям, маскируя предупреждающие сигналы и мешая сконцентрироваться.

Согласно СанПиН 2.23.2/2.4.1340-03 [18] уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимые значения, установленные для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Снижение уровня шума возможно при помощи использования звукопоглощающих материалов и занавесок из плотной ткани, создающих дополнительный звукопоглощающий эффект.

Недостаток естественного освещения может ощущаться при проведении подключения оборудования системы и при работе с персональным компьютером. В таблице 6.2.2.2 представлены требования к освещению на рабочих местах.

Таблица 6.2.2.2 – Требования к освещенности на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	(300 - 500) лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд / м ²
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1 - 5:1
Отношение яркости между поверхностями стен и оборудования	10:01
Коэффициент пульсации	не более 5%

Для устранения проблемы недостаточного уровня освещенности можно предпринять такие меры, как введение дополнительных источников искусственного света, организация помещений для отдыха, сокращение рабочего дня.

Также вредным фактором производства являются электромагнитные излучения (ЭМИ), защита персонала от воздействия которых осуществляется с помощью проведения организационных и инженерно-технических мероприятий и использования средств индивидуальной защиты.

Еще одним важным аспектом является рациональное расположение оборудования, использование доступных средств и методов, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала.

6.3. Экологическая безопасность

6.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объект исследования, за исключением входящего в него персонального компьютера, не имеет элементов, содержащих токсические вещества, не производит выбросов в атмосферу, а составные части системы не требуют специальной утилизации или обработки по истечению срока службы.

Основой системы является персональный компьютер с ПО. Рассмотрим его влияние на окружающую среду.

6.3.2. Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

Персональный компьютер спроектирован для использования в стационарных и защищенных от внешних возмущений условиях, а также соответствует стандартам:

- ГОСТ 51318.24-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Нормы и методы испытаний [28].
- ГОСТ Р МЭК 60950-2002. Безопасность оборудования информационных технологий [29].

Влияние процесса эксплуатации персонального компьютера и его комплектующих на окружающую среду проявляется в виде отложения твердых отходов, содержащих токсичные вещества.

6.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для снижения уровня загрязнений окружающей среды необходимо утилизировать технику в соответствии с принятыми стандартами утилизации и переработки, а также внедрять новые методы по использованию отходов.

Экономия электрической энергии также снижает негативное влияние на окружающую среду. Она осуществляется с помощью применения усовершенствованного оборудования и технологий, а также с помощью использования альтернативных источников электроэнергии.

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями при разработке системы являются короткое замыкание и пожар, т.к. система работает под постоянным электрическим напряжением.

6.4.2. Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

При использовании электрического оборудования может возникнуть короткое замыкание. Причиной его возникновения может быть старение или увлажнение изоляции, а также соединение двух точек электрической цепи с разными значениями потенциала.

В помещении существует вероятность пожара по причине электрического и неэлектрического характера.

К причинам электрического характера относятся короткое замыкание, искрение, перегрузку проводов, большое переходное сопротивление, статическое электричество.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное обращение с огнем, курение.

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

Для предотвращения аварийных ситуаций применяются такие меры, как защитное заземление, изоляция контактов, а также систематическая проверка целостности контактов.

В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;
- сотрудники должны быть уведомлены о месте нахождения средств пожаротушения, о правильности их применения.

При возникновении пожара следует совершить следующие действия:

- попытаться устранить очаг возгорания при помощи первичных средств пожаротушения;
- если очаг возгорания потушить не удастся, привести в действие ручной пожарный извещатель;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010;
- принять меры по эвакуации;
- встретить пожарную охрану и при необходимости сообщить информацию о возникновении пожара.

Вывод по разделу 6

В настоящем разделе представлены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, а именно характерные для объекта исследования правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочего места.

Произведен анализ выявленных вредных и опасных факторов, возникающие в ходе исследования и приведены соответствующие мероприятия по снижению уровня воздействия данных факторов.

Также рассмотрено влияние объекта исследования на окружающую среду и произведен анализ вероятных чрезвычайных ситуаций и их способов предотвращения и устранения.

Рассмотренные выше требования и мероприятия могут применяться при внедрении в производство предлагаемого решения автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре.

Заключение

В результате выполнения работы был разработан прототип автоматизированной системы управления уровнем жидкости в резервуаре.

В ходе работы был осуществлен сравнительный анализ существующих наиболее распространенных средств измерений уровня жидкости и их экономических и измерительных характеристик.

Также был разработан алгоритм управления уровнем жидкости в резервуаре без использования непрерывного измерителя с помощью среды программирования CODESYS и управляющее приложение на базе среды технических вычислений MATLAB, позволяющее устанавливать необходимый процент заполнения резервуара жидкостью и отслеживать текущие значения параметров системы графическим способом. Осуществлена установка связи между программами посредством применения OPC-сервера.

В ходе выполнения данной работы был получен опыт работы с языками программирования стандарта МЭК 161131-3 ST и FBD, а также на языке программирования в среде MATLAB. Была изучена технология OPC, а также повышен уровень английского языка в ходе изучения зарубежной литературы по данной тематике.

Conclusion

As a result of the work, a prototype of an automated liquid level control system in the tank was developed.

In the course of the work, a comparative analysis of the existing most common means of measuring the liquid level was carried out and, based on economic and measuring characteristics, an electric level gauge, a conductometric sensor was chosen.

The algorithm was developed to control the liquid level in the tank without using a continuous meter using the CODESYS programming environment and a control application was also developed based on MATLAB technical computing environment, which allows you to set the required percentage of the tank filling with liquid and track the current values of the system parameters graphically. Communication between the programs has been established through the use of an OPC server. In the course of this work, experience was gained in working with programming languages of the IEC 161131-3 ST and FBD, as well as in a programming language in the MATLAB environment. OPC technology was studied, and the level of the English language was also improved in the course of studying foreign literature on this topic.

Список использованных источников

1. Фарзани Н. Г., Илясов Л. В., Азим-заде А. Ю. Технологические измерения и приборы: Учебник для студентов вузов по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств». – М.: Высшая школа, 1989. – 456 с.: ил.
2. Хансуваров К. И., Цейтлин В. Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара: Учебное пособие для техникумов. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 287 с.: ил.
3. Справочное руководство инженера по измерению уровня [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.emerson.com/documents/automation/brochure-metran-ru-ru-4692434.pdf>, свободный (дата обращения: 12.03.2020).
4. Изучение методов и средств измерения уровня. Методические указания к выполнению лабораторной работы № 505 по курсу «Элементы и устройства систем управления» для студентов по направлению 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств/ Составитель В. В. Курганов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. - 20 с.
5. CODESYS V2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://owen.ru/product/codesys_v2, свободный (дата обращения: 18.03.2020).
6. MATLAB [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://exponenta.ru/matlab>, свободный (дата обращения: 20.03.2020).
7. Products and Services [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/products.html>, свободный (дата обращения: 25.03.2020).
8. OPC-технология [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://opcserver.ru/services/opc-tekhnologiya/>, свободный (дата обращения: 29.03.2020).

9. Simulink [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.exponenta.ru/simulink/index.html>, свободный (дата обращения: 1.04.2020).
10. DSP System Toolbox [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://exponenta.ru/dsp-system-toolbox>, свободный (дата обращения: 3.04.2020).
11. MATLAB GUI [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/discovery/matlab-gui.html>, свободный (дата обращения: 5.04.2020).
12. OWEN САУ-M2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://owen.ru/product/sau_m2, свободный (дата обращения: 7.04.2020).
13. 61F-GP-N8 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://industrial.omron.ru/ru/products/61f-gp-n8>, свободный (дата обращения: 9.04.2020).
14. Абрамов С. Б. Организация производственной деятельности: учебное пособие. – Нижний Новгород, 2009. – 95 с.
15. Производственный календарь на 2020 год. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.garant.ru/calendar/buhpravo/>, свободный (дата обращения: 15.04.2020).
16. Борисова Л. М., Дукарт С. А. Экономика предприятия: учебное пособие. Томский Политехнический Университет. – Томск: Издательство ТПУ, 2011.
17. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ
18. СанПин 2.2.2/2.4.1340-0.3 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинами и организации работы.
19. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
20. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
21. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные

факторы. Классификация.

22. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

23. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Допустимые уровни шумов.

24. СНиП 23-05.95. Естественное и искусственное освещение.

25. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот.

Общие требования безопасности.

26. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

27. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

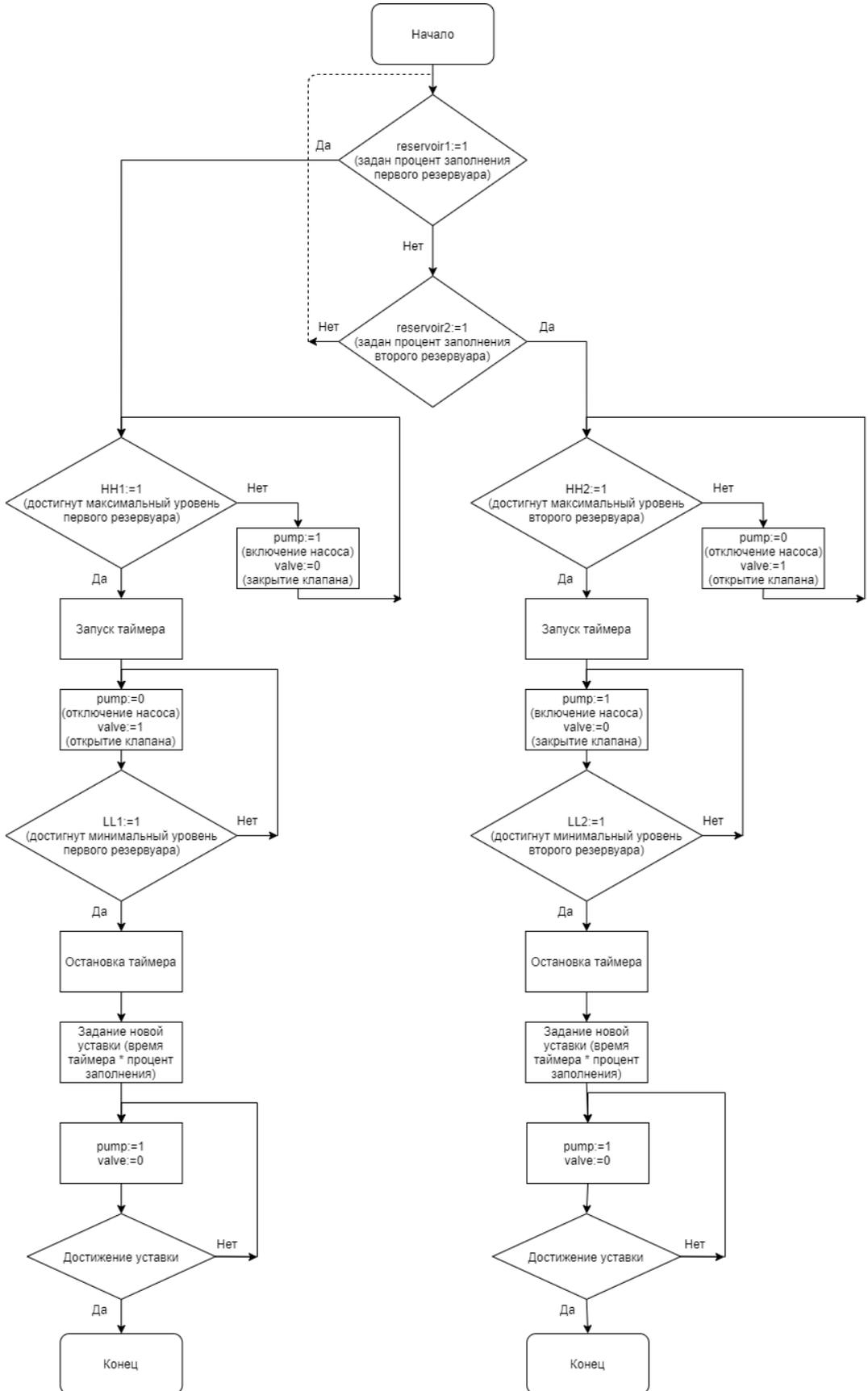
28. ГОСТ 51318.24-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Нормы и методы испытаний.

29. ГОСТ Р МЭК 60950-2002. Безопасность оборудования информационных технологий.

Приложение А

(обязательное)

Блок-схема алгоритма управления



Приложение Б

(обязательное)

Листинг функциональных блоков программы в CODESYS

Листинг функционального блока Control:

```
FUNCTION_BLOCK Control
VAR_INPUT
    r11:BOOL;
    r22:BOOL;
    f11:BOOL;
    full_time:TIME;
    k:REAL;
    reservoir1: BOOL;
    reservoir2: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    full_time1:TIME;
    tp_in:BOOL;
    tp_in2:BOOL;
END_VAR
VAR
    start:BOOL;
END_VAR
IF reservoir1=1 AND reservoir2=0 THEN
IF start = 0 THEN
    IF LL=0 THEN
                                pump:=1;
        END_IF;
    IF LL =1 THEN
                                valve:=1;
                                pump:=0;
        END_IF;
        start:=1;
    END_IF;
IF r11 THEN
                                valve:=1;
                                END_IF;
(**)
IF f11 THEN
pump:=0;
tp_in:=1;
    END_IF;
(**)
IF r22 THEN
full_time1:=REAL_TO_TIME (TIME_TO_REAL (full_time)*k);
tp_in:=0;
    END_IF;
IF start =1 AND HH=0 THEN
valve:=0;
start:=0;
tp_in:=0;
r11:=0;
f11:=0;END_IF;
IF start =1 AND TIME_TO_REAL(full_time1)<>0 AND tp_in2=FALSE THEN
valve:=0;
pump:=0;
tp_in2:=TRUE;
    END_IF;
END_IF;
```

Листинг функционального блока Control2:

```
FUNCTION_BLOCK Control2
VAR_INPUT
    r11:BOOL;
    r22:BOOL;
    f11:BOOL;
    full_time:TIME;
    k:REAL;
    reservoir1: BOOL;
    reservoir2: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    full_time1:TIME;
    tp_in:BOOL;
    tp_in2:BOOL;
END_VAR
VAR
    start:BOOL;
END_VAR
IF reservoir1=0 AND reservoir2=1 THEN
IF start = 0 THEN
    IF LL2=0 THEN
        valve:=1;
    END_IF;
IF LL2 =1 THEN
        pump:=1;
        valve:=0;
    END_IF;
    start:=1;
END_IF;
IF r11 THEN
    pump:=1;
    END_IF;
(**)
IF f11 THEN
    valve:=0;
    tp_in:=1;
    END_IF;
(**)
IF r22 THEN
    full_time1:=REAL_TO_TIME (TIME_TO_REAL (full_time)*k);
    tp_in:=0;
    END_IF;
IF start =1 AND HH2=0 THEN
    pump:=0;
    start:=0;
    tp_in:=0;
    r11:=0;
    f11:=0;END_IF;
IF start =1 AND TIME_TO_REAL(full_time1)<>0 AND tp_in2=FALSE THEN
    valve:=0;
    pump:=0;
    tp_in2:=TRUE; END_IF; END_IF;
```

Листинг функционального блока CurrentLvl:

```
FUNCTION_BLOCK Current_Level
VAR_INPUT
    valve_or_not:BOOL;
    pump_or_not:BOOL;
END_VAR
```

```

VAR_OUTPUT
    level:REAL:=0;
    level2:REAL:=200;
END_VAR
VAR
END_VAR
IF valve_or_not THEN
level:=level-0.5;
level2:=level2+0.5;
ELSIF pump_or_not THEN
level:=level+0.5;
level2:=level2-0.5;
ELSE level:=level+0;
END_IF;

```

Листинг функционального блока Level_check:

```

FUNCTION_BLOCK Level_check
VAR_INPUT
    level:REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    hh:BOOL;
    ll:BOOL;
END_VAR
VAR
END_VAR
IF level>=180 THEN ll:=1;
ELSE ll:=0;
END_IF;
IF level >=20 THEN hh:=1;
ELSE hh:=0;
END_IF;

```

Листинг функционального блока After_measure:

```

FUNCTION_BLOCK After_measure
VAR_INPUT
    q_check:BOOL;
    tp_in:BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
END_VAR
VAR
END_VAR
IF q_check=1 AND tp_in=1 THEN pump:=1;
END_IF;
IF q_check=0 AND tp_in=1 THEN pump:=0;
END_IF;

```

Листинг функционального блока After_measure2

```

FUNCTION_BLOCK After_measure2
VAR_INPUT
    q_check:BOOL;
    tp_in:BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
END_VAR
VAR
END_VAR
IF q_check=1 AND tp_in=1 THEN valve:=1;
END_IF;
IF q_check=0 AND tp_in=1 THEN valve:=0; END_IF;

```

Приложение В

(обязательное)

Листинг программы в MATLAB

Листинг программы Mytestgui.m:

```
function varargout = mytestgui(varargin)
% MYTESTGUI M-file for mytestgui.fig
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @mytestgui_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @mytestgui_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before mytestgui is made visible.
function mytestgui_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to mytestgui (see VARARGIN)
handles.timer = timer('Name','MyTimer', ...
                    'Period',1, ...
                    'StartDelay',0, ...
                    'TasksToExecute',inf, ...
                    'ExecutionMode','fixedSpacing', ...
                    'TimerFcn',{@timerCallback,handles.figure1});

% Choose default command line output for mytestgui

model_open(handles)

handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = mytestgui_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

function model_open(handles)
% Make sure the diagram is still open
```

```

if isempty(find_system('Name','test123')),
    open_system('test123')
    % figure(handles.F14ControllerEditor)
    % Put values of Kf and Ki from the GUI into the Block dialogs
end

function curState_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to curState (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of curState as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of curState as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function curState_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to curState (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbuttonstart.
function pushbuttonstart_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbuttonstart (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

%start the model with the standard Simulink API command
set_param('test123','SimulationCommand','start');
open_system('test123/Scope')
open_system('test123/Scope1')
open_system('test123/Scope3')

% --- Executes on button press in pushbuttonstop.
function pushbuttonstop_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbuttonstop (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

%start the model with the standard Simulink API command
set_param('test123','SimulationCommand','stop')

function gain_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to gain (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of gain as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of gain as a double

%get the user entered value for gain and convert it to a string
val = str2num(get(hObject,'String'));

```

```

%update both the model and the current string in the gain window.

if(val)
    assignin('base','a',val);
    set_param('test123','SimulationCommand','update');

else
    val = evalin('base','a');
    set(hObject,'String',num2str(val));
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function gain_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to gain (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

%set the default gain to be 1
set(hObject,'String','0');
evalin('base','a=0;');
set_param('test123','SimulationCommand','update');

% --- Executes on mouse press over axes background.
function ax_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to ax (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on key press with focus on pushbutton4 and none of its controls.
function pushbutton4_KeyPressFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata  structure with the following fields (see MATLAB.UI.CONTROL.UICONTROL)
% Key: name of the key that was pressed, in lower case
% Character: character interpretation of the key(s) that was pressed
% Modifier: name(s) of the modifier key(s) (i.e., control, shift) pressed
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open_system('test123/Scope')

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as a double
val2 = str2num(get(hObject,'String'));

%update both the model and the current string in the gain window.
if(val2)
    assignin('base','b',val2);
    set_param('test123','SimulationCommand','update');

```

```

else
    val2 = evalin('base','b');
    set(hObject,'String',num2str(val2));
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
set(hObject,'String','0');
evalin('base','b=0;');
set_param('test123','SimulationCommand','update');

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit5 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit5 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function figure1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to figure1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Store figure handle in block userdata - handle can then be used for
% manipulating the figure params
set_param(gcbh,'Userdata',hObject);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function ax_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to ax (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: place code in OpeningFcn to populate ax
set(hObject,'Tag','ax') ;

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% --- Executes on button press in pushbutton7.
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton7 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open_system('test123/Scope1')

% --- Executes on button press in pushbutton8.
function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton8 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open_system('test123/Scope3')

% --- Executes when user attempts to close figure1.
function figure1_CloseRequestFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to figure1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hint: delete(hObject) closes the figure
delete(hObject);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton9.
function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton9 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
set(handles.gain,'visible','on');
set(handles.edit3,'visible','off');
assignin('base','c', 1);
assignin('base','d', 0);
set_param('test123','SimulationCommand','update');

% --- Executes on button press in pushbutton10.
function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton10 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
set(handles.gain,'visible','off');
set(handles.edit3,'visible','on');
assignin('base','d', 1);
assignin('base','c', 0);
set_param('test123','SimulationCommand','update');

```