

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление 27.03.04 «Управление в технических системах»
Кафедра автоматизации и компьютерных систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
Разработка SCADA системы автоматического регулирования уровня на основе Arduino				
УДК 681.518				

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8A21	Осипова Ксения Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. Менеджмента	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Антоневич О.А.	к.б.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Фадеев А.С.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств автоматизации.
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами.
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре
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 образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
 Кафедра автоматизации и компьютерных систем
 Направление 27.03.04 «Управление в технических системах»

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой АиКС ИК
 _____ Фадеев А.С.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8A21	Осиповой Ксении Андреевне

Тема работы:

Разработка SCADA системы автоматического регулирования уровня на основе Arduino	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	– контроллер Arduino; – учебный стенд с гидравлическим объектом; – ультразвуковые датчики измерения расстояния; – персональный компьютер.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– модернизация учебного стенда гидравлического объекта; – разработка алгоритмического и программного обеспечений для получения данных с ультразвукового датчика с использованием контроллера Arduino; – настройка программного обеспечений для реализации протокола связи Arduino с OPC сервером; – разработка SCADA системы гидравлического объекта.
Перечень графического материала	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В.С.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А21	Осипова К.А.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
 Кафедра автоматизации и компьютерных систем
 Направление 27.03.04 «Управление в технических системах»
 Уровень образования – бакалавр
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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 преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. АиКС	Фадеев А.С.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8A21	Осиповой Ксении Андреевне

Институт	Уровень образования	Кафедра	Направление/специальность
Институт кибернетики	Бакалавриат	АиКС	27.03.04 «Управление в технических системах»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):	Разработка SCADA системы автоматического регулирования уровня на основе Arduino в лабораторных условиях.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, определение трудоемкости работы и построение календарного графика.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности исследования в рамках выполнения выпускной квалификационной работы.

Перечень графического материала

1. Матрица SWOT
2. График проведения работ и бюджет НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. менеджмента	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8A21	Осипова Ксения Андреевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8А21	Осиповой Ксении Андреевне

Институт	ИК	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	27.03.04 «Управление в технических системах»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Место оператора персонального компьютера (ПК) за лабораторным стендом системы автоматического управления гидравлическим объектом. Непосредственным рабочим помещением является корпус №10 НИ ТПУ (АиКС).
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	1. Производственная безопасность 1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения: — Повышенный уровень шума на рабочем месте — повышенный уровень магнитного излучения — повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны — недостаточная освещенность рабочей зоны — монотонность труда 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения: — Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через человека — Движущиеся машины и механизмы
2. Экологическая безопасность	2. Экологическая безопасность — Воздействие на литосферу в виде отходов от утилизации люминесцентных ламп
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях — Возникновение пожара
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	4. Правовые и организационные вопросы — Регламент организации рабочего времени за компьютером — Требования к рабочему месту при выполнении работ сидя.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	к.б.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А21	Осипова Ксения Андреевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает в себя: 71 страницу, 22 рисунка, 22 таблицы, 7 формул, 32 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: SCADA, микроконтроллер Arduino, OPC, Modbus, система управления, регулятор, ШИМ.

Объектом исследования является система автоматического регулирования уровня.

Цель работы – разработка SCADA системы автоматического регулирования уровня на основе Arduino UNO.

В процессе исследования проводились работы по модернизации учебного стенда гидравлического объекта, разработка и настройка алгоритмического и программного обеспечения для получения данных с датчиков и их передачи в SCADA систему.

В результате исследования разработана SCADA система автоматического регулирования уровня на основе Arduino, настроен протокол связи Arduino с OPC сервером, разработано программное обеспечения для регулирования уровня в системе.

Степень внедрения: разработанная система автоматического регулирования используется в качестве учебного стенда в лаборатории АСУТП.

Область применения: разработанная система разработана в качестве учебного стенда для лаборатории АСУТП.

Экономическая эффективность/значимость работы: отражена в главе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Обозначения и сокращения

ПК – Персональный компьютер

ШИМ – Широтно-импульсная модуляция

ПО – Программное обеспечение

МЭО – Механизм электрический однооборотный

РО – Регулирующий орган

ППП – пакет прикладных программ

ОУ – Объект управления

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

ЧС – Чрезвычайная ситуация

Оглавление

Введение.....	12
1 Описание системы автоматического управления.....	14
1.1 Структура системы автоматического управления.....	14
1.2 Определение оптимальных параметров настройки регулятора..	18
1.3 Определение параметров ШИМ.....	20
1.4 Создание математической модели технологического процесса..	22
2 Описание используемых технологий.....	25
2.1 Описание платы Arduino Uno	25
2.2 Описание ультразвукового датчика	26
2.3 Описание реле	27
2.4 Описание датчика-реле РОС 301.....	28
2.5 Описание SCADA - системы	29
2.6 Схема внешних соединений.....	30
2.7 Описание технологии OPC	30
3 Разработка программного обеспечения	33
3.1 Разработка алгоритмов регулирования	33
3.2 Разработка мнемосхемы технологического процесса.....	34
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	37
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	37
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	38
4.2 SWOT – анализ.....	39
4.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	41
4.4 Планирование научно-исследовательских работ	41
4.4.1 Структура работ научного исследования.....	41
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	43
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	45
4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	45
4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	46
4.5.2 Расчет основной заработной платы исполнителей	46

4.5.3	Расчет дополнительной заработной платы исполнителей	47
4.5.4	Расчет отчислений во внебюджетные фонды	47
4.5.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы	47
5	Социальная ответственность	48
5.1	Производственная безопасность	49
5.1.1	Анализ вредных и опасных факторов.....	49
5.1.2	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	50
5.2	Экологическая безопасность	55
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	56
5.3.1	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.....	56
5.3.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	56
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57
5.4.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.	57
5.4.2	Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны.	57
	Заключение	60
	Conclusion	61
	Список использованных источников	62
	Приложение А	65
	Приложение Б.....	69
	Приложение В	70

Введение

На современных производствах одной из распространённых задач является обеспечение непрерывной работы различных технологических циклов. Наиболее часто это зависит от поддержания уровня жидкости баков, емкостей и резервуаров в заданном диапазоне. Правильное регулирование уровня жидкости позволяет снизить время работы насосов и защитить их от работы в сухом режиме, а также снизить их энергопотребление. В случае неправильного регулирования уровня в резервуаре могут произойти серьезные проблемы с безопасностью, качеством производственного процесса и производительностью.

Для обеспечения оптимальной работы в режиме реального времени систем регулирования используются SCADA пакеты. Данные системы предназначены для диспетчерского управления и сбора данных с удаленных точек (объектов) для обработки, анализа и управления объектами.

Исходя из вышесказанного, поставлена задача по разработке SCADA системы автоматического регулирования уровня на основе Arduino.

Существует достаточно много технических решений данной задачи, но все они имеют достаточно высокую стоимость. Как правило, такие системы, являются закрытыми от внесения изменений без наличия специализированного ПО, что требует дополнительных затрат времени на изучение нового ПО, а также в некоторых случаях при необходимости изменений тех или иных параметров регулирования требуются финансовые затраты.

Поэтому целью данной работы является создание системы управления на аппаратно-вычислительной платформе Arduino UNO, которая представляет ряд преимуществ:

- Кроссплатформенность – программное обеспечение для Arduino может работать с любыми операционными системами;
- Низкая стоимость – по сравнению с аналогами;
- Простая в освоении среда программирования;

— Расширяемое программное обеспечение с открытым исходным кодом.

Преимущество применения контроллера данного вида состоит в том, что на его базе можно создавать небольшие системы управления, предназначенные для лабораторного использования, либо для построения на его базе тренажера для какого-либо участка большого и сложного технологического процесса с минимальными финансовыми и временными затратами.

1 Описание системы автоматического управления

Разрабатываемая система управления гидравлическим объектом предназначена для учебных целей, выполнена в виде лабораторного стенда и реализовывает двухконтурную систему автоматического регулирования уровня с использованием программируемого контроллера Arduino UNO, мембранного регулирующего органа (PO1), механической задвижки (PO2), ультразвукового датчика уровня жидкости, дискретного датчика уровня, насоса и персонального компьютера (ПК).[1]

1.1 Структура системы автоматического управления

Система управления гидравлическим объектом, структурная схема которой приведена на рисунке 1, предназначена для поддержания уровня жидкости в емкости E2 посредством регулирования потока жидкости регулирующим органом на «притоке».

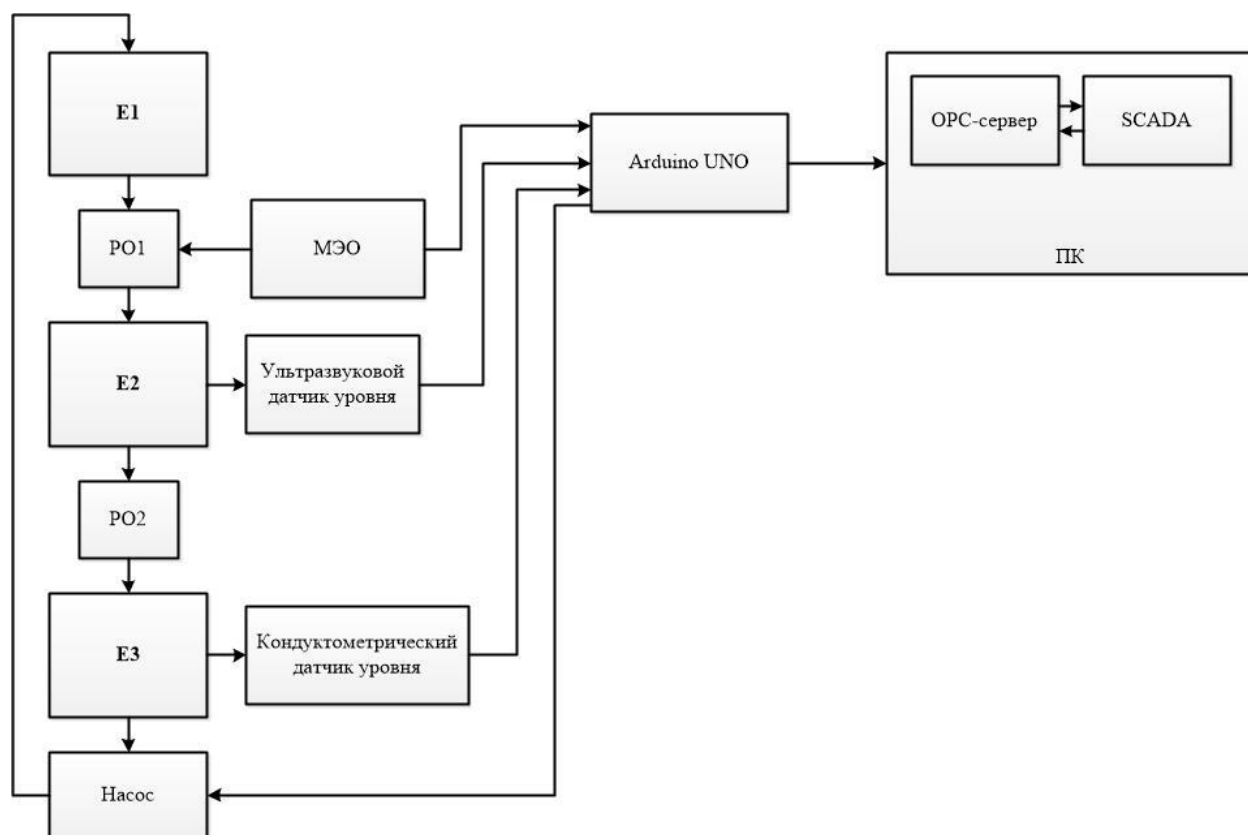


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления

Система управления состоит из трёх емкостей с водой. Основной задачей системы является поддержание заданного уровня в ёмкости E2 с учетом возмущающего воздействия, которое вносится механической задвижкой PO2. Для осуществления постоянной подачи воды в ёмкость E1 в резервуаре E3 установлен насос, который управляется микроконтроллером. На микроконтроллере осуществляется алгоритм срабатывания реле, отвечающего за насос, которое замыкается при достижении максимального заданного уровня воды и отключается при достижении минимально допустимого уровня воды, во избежание его работы в сухом режиме и преждевременного износа. Поток воды, подаваемый в ёмкость E2 регулируется механической задвижкой, которая работает от электрического однооборотного механизма, далее МЭО. Алгоритм обработки и выдачи управляющих сигналов осуществляет контроллер. Также данная система реализована в виде мнемосхемы, что позволяет осуществлять контроль над процессом удаленно из диспетчерского пункта.

Поскольку данная система не содержит начальных данных для построения модели и выбора наиболее оптимального алгоритма для регулирования уровня воды в резервуаре E2, необходимо провести ряд экспериментов для оценки переходных процессов протекающих в системе и получения математической модели системы.

Для получения переходной характеристики процесса был проведен эксперимент, в ходе которого было выявлено, что слив жидкости из ёмкости E2 занимает 666,6 секунд, набор жидкости в ёмкость при полностью открытой задвижке составляет 263 секунд, а полное закрытие задвижки из положения полностью открыто производится за 47,2 секунды.

Для определения характера протекающего процесса воспользуемся стандартными инструментами теории автоматического управления. Первоначально требуется определить передаточную функцию объекта управления по полученным экспериментальным данным, приведенных на рисунке 2:

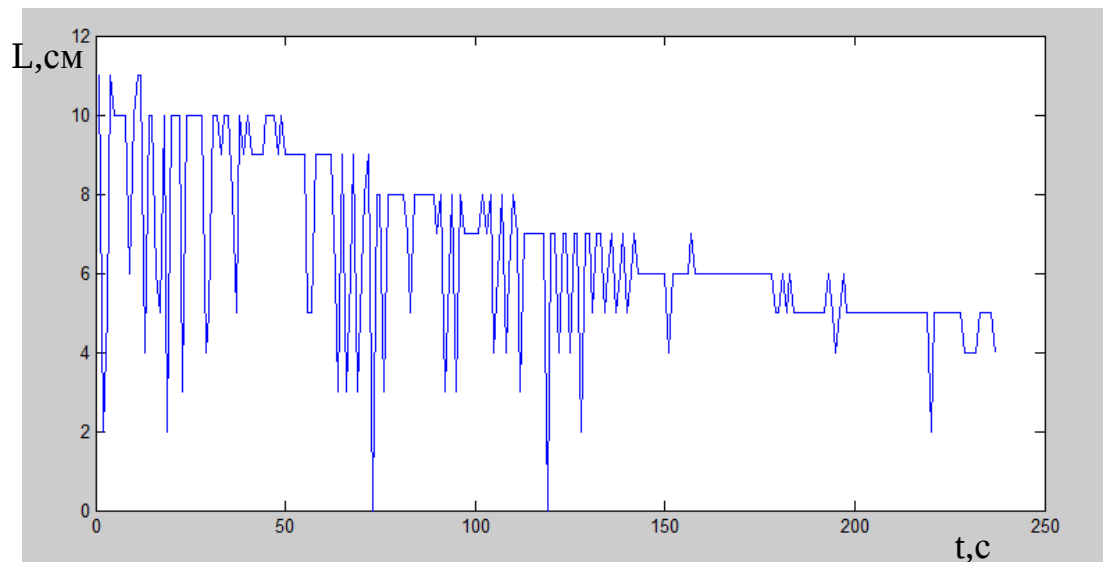


Рисунок 2 – Экспериментальная переходная характеристика процесса объекта управления

Как видно из рисунка, данные, получаемые с датчика уровня в емкости Е2, содержат большое количество шумовых сигналов и требуют фильтрации. В ППП Matlab, с использованием фильтра скользящего среднего [2], получим сглаженную временную характеристику, приведенную на рисунке 3:

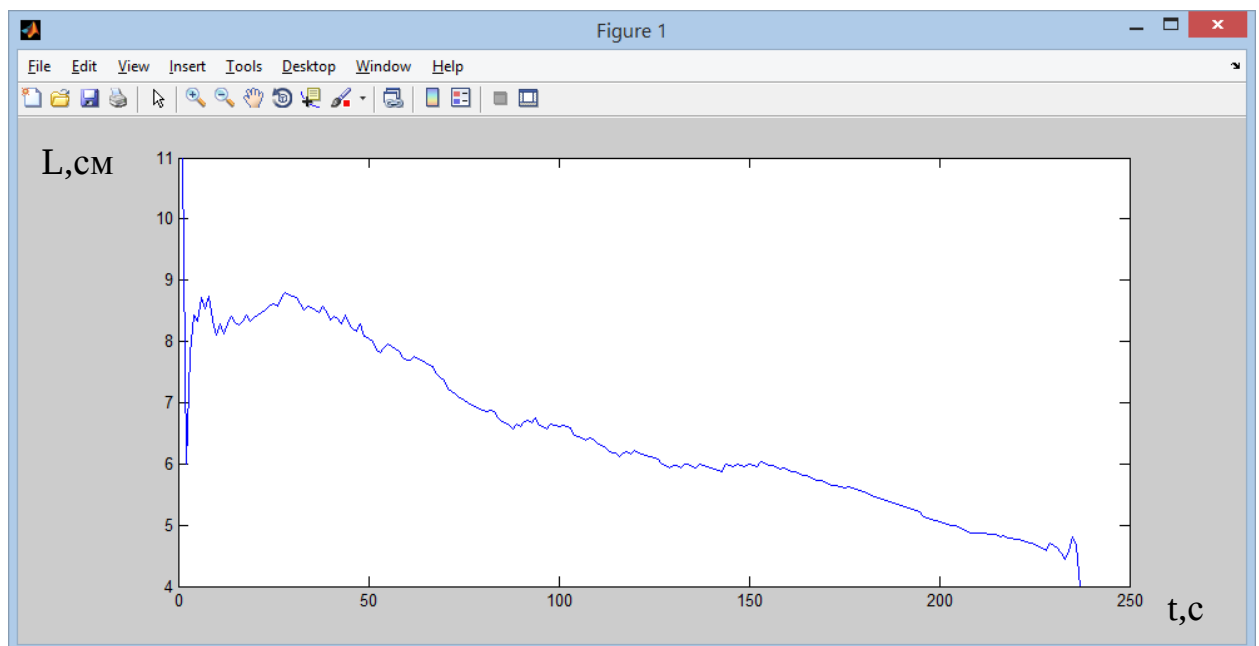


Рисунок 3 – Сглаженная временная характеристика процесса

Из рисунка 3 видно, что процесс представлен в виде интегрирующего звена.[3] Звено в операторной форме описывается формулой 1:

$$x = \frac{K_p}{T \cdot p} \quad (1)$$

Такое поведение системы обусловлено характером протекающих процессов в данной системе, поскольку жидкость в ёмкость набирается и сливается из нее равномерно на всем промежутке времени, при постоянном потоке на притоке и на стоке из ёмкости.

Для получения полной картины течения переходного процесса, составлена структурная схема системы управления, которая выглядит, как показано на рисунке 4 данной пояснительной записки.

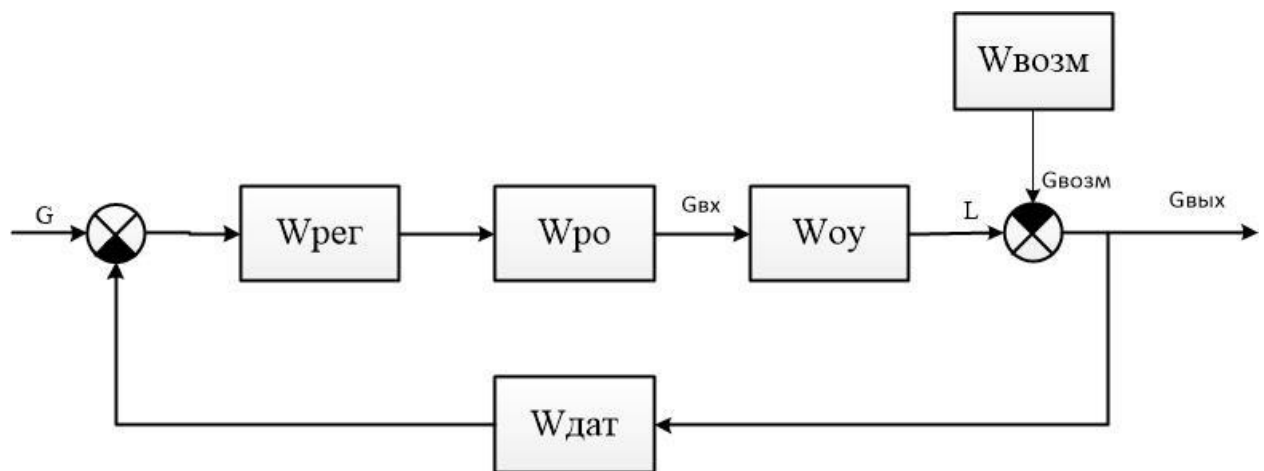


Рисунок 4 – Структурная схема системы управления

Где $W_{рег}$ – передаточная функция регулятора;

$W_{ро}$ – передаточная функция регулирующего органа;

$W_{оу}$ – передаточная функция объекта управления;

$W_{дат}$ – передаточная функция датчика;

$W_{возм}$ – передаточная функция возмущающего воздействия.

Опираясь на полученные экспериментальные данные, составим математическую модель системы в ППП Matlab, для получения переходной характеристики системы и настройки переходного процесса. Модель системы приведена на рисунке 5:

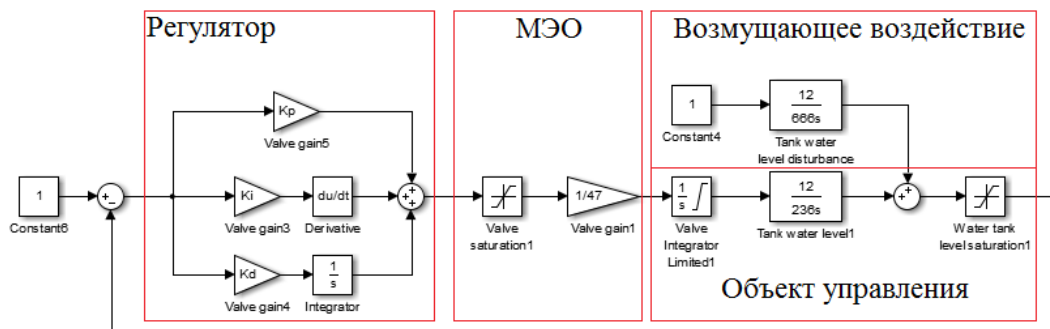


Рисунок 5 – Структурная схема системы управления в ППП Matlab

Реакция объекта управления на единичное ступенчатое воздействие без регулятора, приведена на рисунке 6:

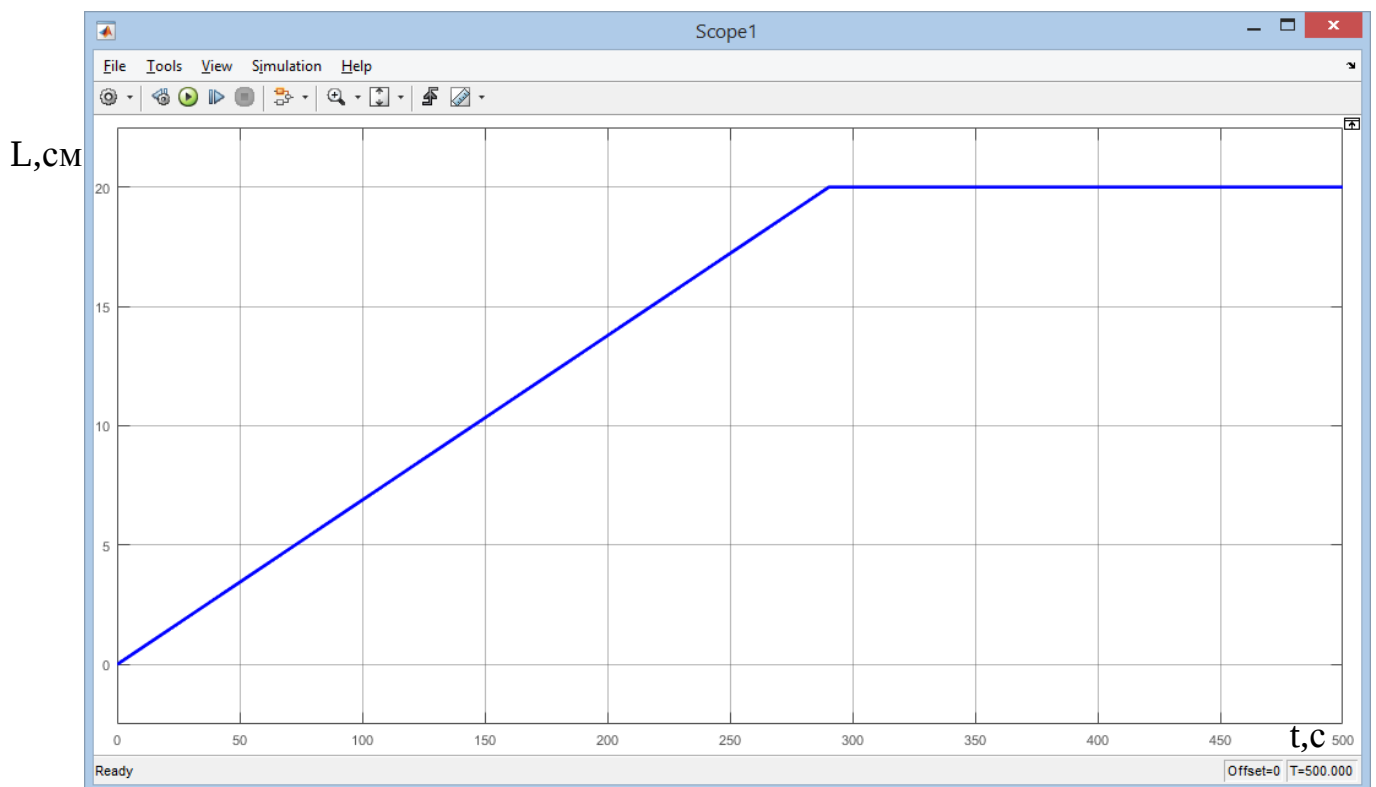


Рисунок 6 – Реакция объекта управления на ступенчатое воздействие

1.2 Определение оптимальных параметров настройки регулятора

Выбор алгоритма управления является основной задачей в процессе проектирования САУ. Синтез регуляторов, дающих наилучшие показатели качества управления, как правило, представляет собой сложную задачу. В виду сложности и реализация таких регуляторов часто оказывается экономически

неоправданной. Во многих случаях для автоматизации производственных процессов используются простейшие и наиболее распространенные типы линейных регуляторов.[4]

Наиболее популярные методы настройки регуляторов, такие как метод Циглера-Никольса и метод CHR основаны на аппроксимации динамики объекта первого или второго порядка с задержкой. Поскольку данная система представляет собой звено второго порядка без запаздывания, расчет регулятора данными методами представляется затруднительным. [5]

В связи с этим было принято решение об использовании встроенных функций ППП Matlab.

Для подбора оптимальных настроек регулятора использовался блок Check Step Response Characteristics, который итерационно подбирает параметры регулятора, пример приведен на рисунке 7.

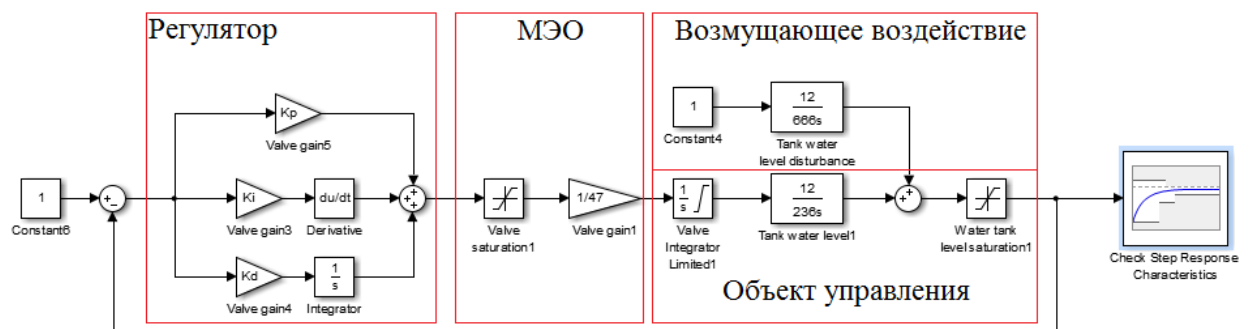


Рисунок 7 – Определение параметров регулятора средствами ППП Matlab

Результат работы блока Check Step Response Characteristics приведен на рисунке 8:

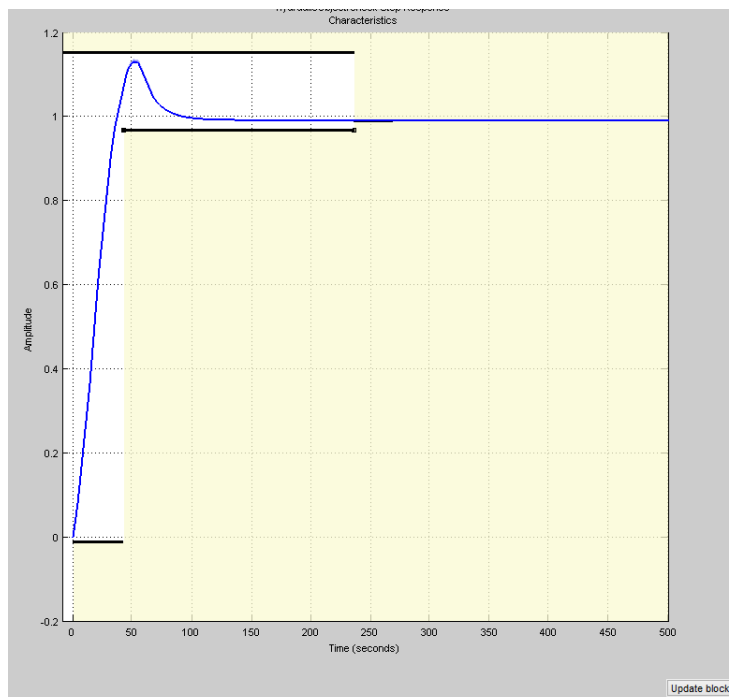


Рисунок 8 – Результат настройки регулятора средствами ППП Matlab

Как видно из рисунка 8, время за которое емкость набирает жидкость на 1 см равно 100 секундам, перерегулирование равно $\sigma = \frac{1,2-1}{1} \cdot 100\% = 20\%$, что находится в допустимых диапазонах.

1.3 Определение параметров ШИМ

Для того чтобы реализовать корректную работу МЭО, необходимо осуществить регулирование направления вращения вала двигателя, путём периодического включения и отключения реле. Для генерации импульсов необходимой скважности при постоянной частоте используют широтно-импульсную модуляцию.

ШИМ-сигнал генерируется с учетом управляющего воздействия регулятора, которое в свою очередь формируется из двух входных параметров: первый – это модулирующий, непрерывный, аналоговый сигнал, поступающий с ультразвукового датчика уровня жидкости, а второй – это вспомогательный, опорный, пилообразный сигнал, частота которого превышает частоту

модулирующего сигнала. В случае данной системы частота модулирующего сигнала составляет – 0,1 Гц, в связи с этим для оптимальной генерации треугольных сигналов выбрана частота в 0,06 Гц.[6]

Амплитуда пилообразного сигнала должна быть больше или равна максимальной амплитуде управляющего сигнала. В данной системе максимально допустимый уровень управляющего сигнала составляет 20 дБ. Следовательно амплитуда пилообразного сигнала составляет 20 дБ.

На выходе ШИМ формируются импульсы по следующему принципу: Когда значение пилообразного сигнала больше модулирующего сигнала, значение которого положительно, то на выходе формируется положительный импульс, в случае, когда значение отрицательного пилообразного сигнала меньше значения модулирующего сигнала, то на выходе ШИМ генерируется отрицательный импульс. Пример приведен на рисунке 9 данной пояснительной записки. В микроконтроллере Arduino логической единице соответствует сигнал напряжением 5 В, логическому нулю 0 В. [7] Инверсия сигнала в случае данной выпускной квалификационной работы реализована за счет подачи сигнала 5В на реле, отвечающие за поворот МЭО в большую или меньшую стороны.

Сигнал, соответствующий 1 подает импульсы на открытие задвижки, соответственно сигнал, равный -1 , вырабатывает сигнал для закрытия задвижки.

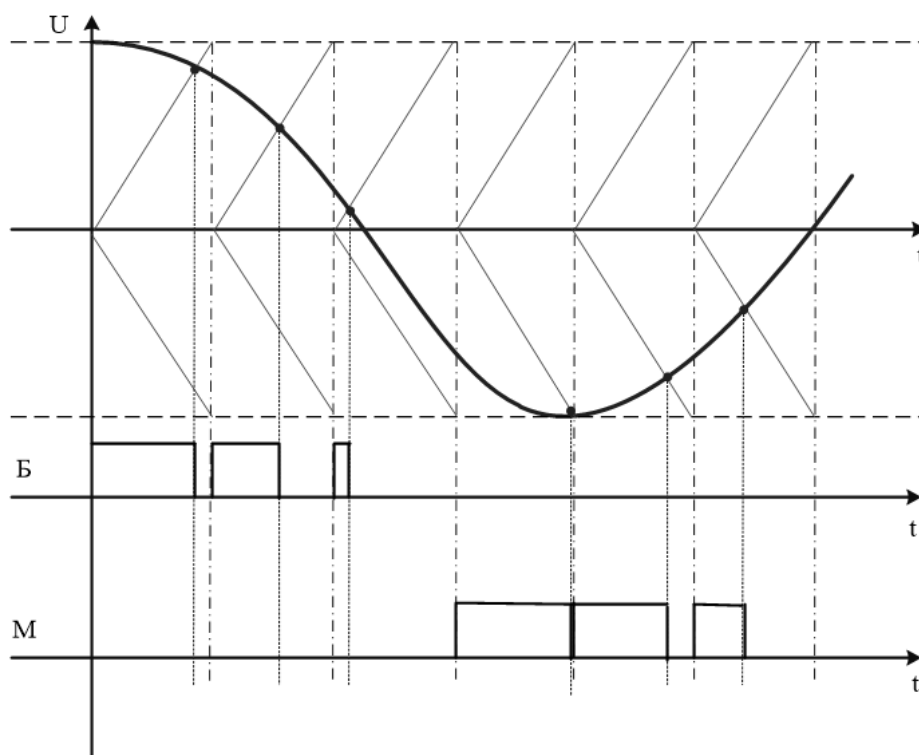


Рисунок 9 – График моделирования ШИМ сигнала

Поскольку задачей системы является регулирование уровня в ёмкости $E2$, управляющим сигналом, на основе которого реализуется ШИМ, будет являться сигнал с регулятора.

1.4 Создание математической модели технологического процесса

Регулирующий орган данной системы управления представляет собой задвижку, которая закрывается или открывается шаговым однооборотным электрическим механизмом, который может открывать задвижку как в большую, так и в меньшую сторону. Соответственно для реализации механизма открытия и закрытия задвижки требуется выдавать управляющие сигналы на МЭО определенной длины, с учетом положения задвижки и наполнения ёмкости $E2$. Для этого необходимо использовать ШИМ модуляцию.

Использование ШИМ позволяет формировать управляющее воздействие необходимого направления и скважности.

Спроектируем модель системы управления в ППП Matlab с использованием ШИМ, как показано на рисунке 10:

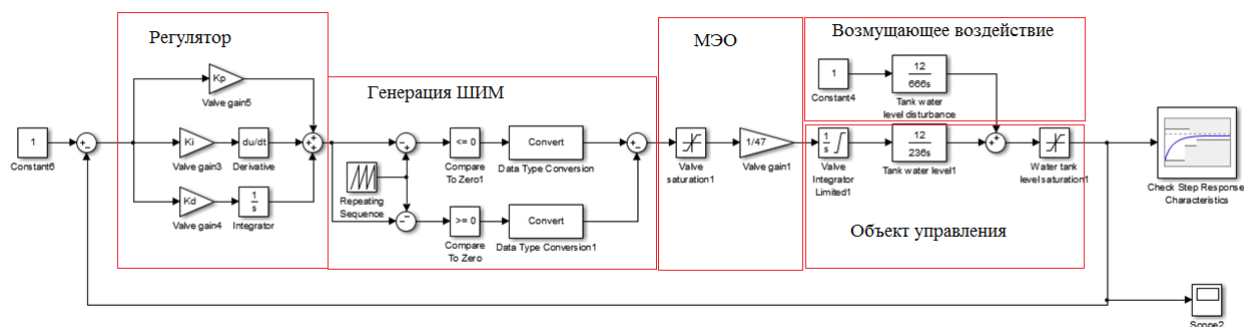


Рисунок 10 – Система автоматического управления с ШИМ

Сигнал с ШИМ генерируется дискретным выходом контроллера Arduino и будет подаваться на реле, которые отвечают за поворот МЭО в нужную сторону. [7] Полученная модель вырабатывает импульсы, как показано на рисунке 9.

Поскольку ШИМ вносит воздействие на поведение переходного процесса, воспользуемся встроенными средствами ППП Matlab для определения оптимальных параметров регулятора. На рисунке 11, приведен результат настройки регулятора:

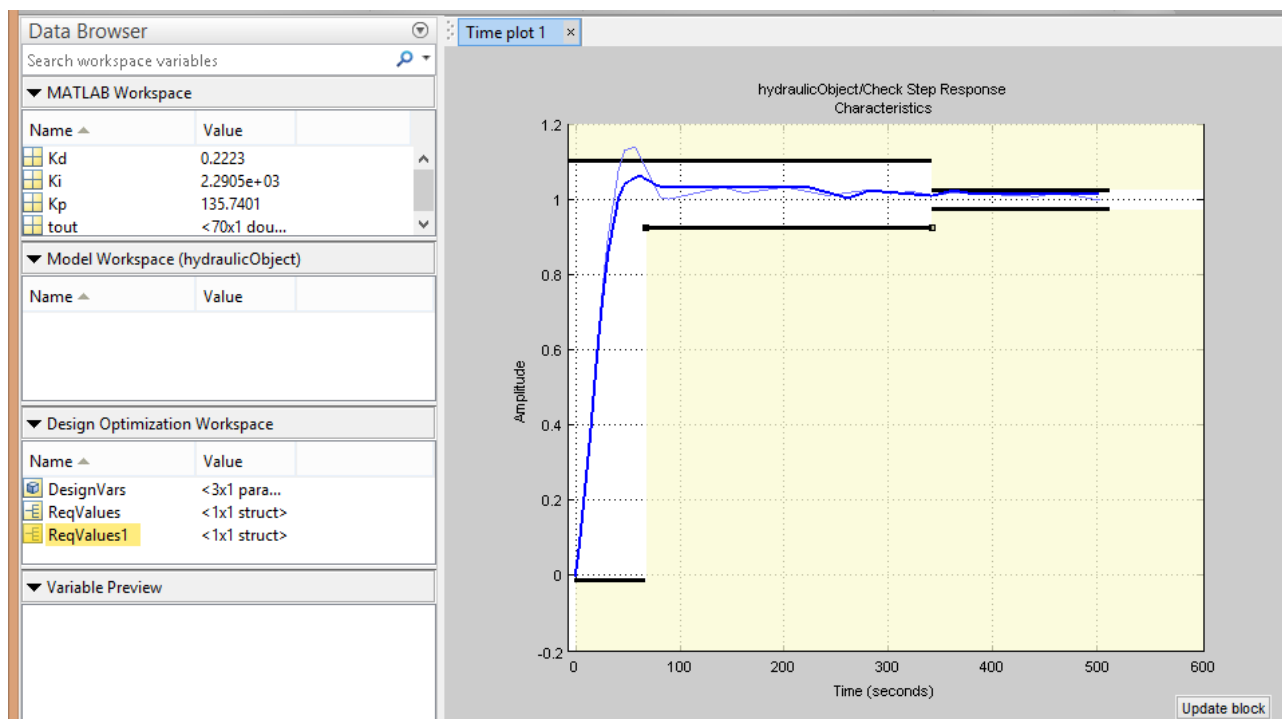


Рисунок 11 – Переходная характеристика с ШИМ

Таким образом, далее настройки регулятора в программной реализации будут использоваться следующие:

$$Kp = 136$$

$$Ki = \frac{1}{2.2905 \cdot 10^3} = 0.344 \cdot 10^{-3}$$

$$Kd = \frac{1}{0.2223} = 4.49$$

2 Описание используемых технологий

2.1 Описание платы Arduino Uno

Плата Arduino UNO, изображенная на рисунке 12, построена на базе микропроцессора ATmega328. Данная плата имеет 14 цифровых вход/выходов, 6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16МГц, разъем USB. [9]

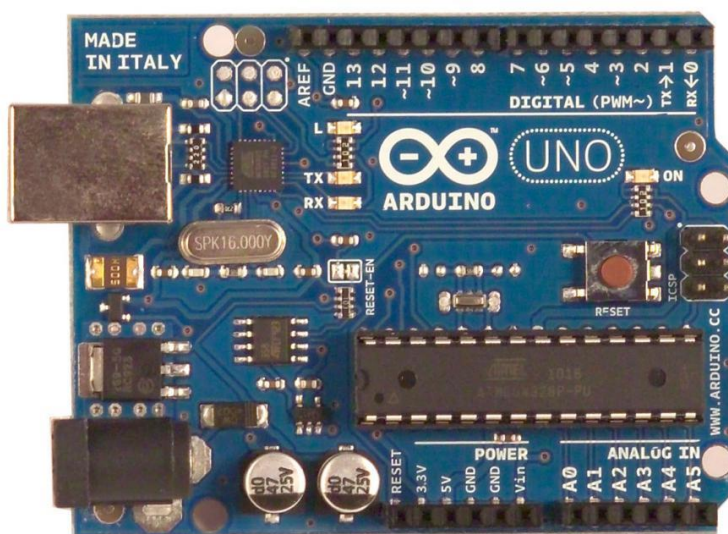


Рисунок 12 – Внешний вид платы Arduino UNO

Основные технические характеристики приведены в таблице 1:

Таблица 1 – Основные технические характеристики контроллера Arduino UNO

Рабочее напряжение	5В
Входное напряжение (предельные значения)	6-20В
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Флеш-память	32 Кб
ОЗУ	2Кб
EEPROM	1Кб
Язык программирования	C

2.2 Описание ультразвукового датчика

Для измерения расстояния до объекта использовался ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04, изображенный на рисунке 13:

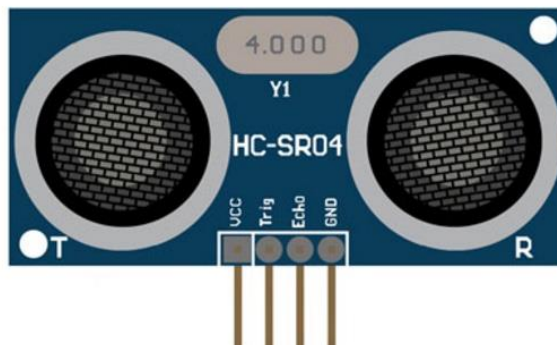


Рисунок 13 – Внешний вид ультразвукового дальномера

Основные технические характеристики приведены в таблице 2

Таблица 2 – Основные технические характеристики ультразвукового датчика

Напряжение питания	5В
Эффективный угол	<15°
Диапазон измерения расстояния	2-400см
Точность	0.3 см

Принцип работы заключается в том, что сенсор излучает ультразвуковой импульс (в момент времени 0), который отражается от объекта и принимается сенсором. Расстояние рассчитывается исходя из времени до получения эха и скорости звука в воздухе. Сенсор получает сигнал эха и выдает расстояние, которое кодируется длительностью электрического сигнала на выходе датчика (Echo), следующий импульс может быть излучен, только после исчезновения эха от предыдущего. Это время называется периодом цикла и должно быть не менее 50 мс.[10] Измеренное расстояние до объекта пропорционально ширине эха и может быть рассчитано по формуле 2:

$$dist = \frac{PulseWidth}{58} \quad (2)$$

где PulseWidth – ширина эха.

2.3 Описание реле

Поскольку для подключения насоса и двигателя требуется напряжение более 5В, которое может предоставить плата Arduino, использовались реле фирмы Songle SRD – 05VDC, изображенные на рисунке 14. Основные технические характеристики приведены в таблице 3:

Таблица 3 – Основные технические характеристики реле

Входное напряжение	5В
Коммутируемое напряжение	30В DC и 250В AC
Коммутируемый ток	10А



Рисунок 14 – Внешний вид модуля реле

Реле имеет две отдельные цепи: цепь управления и управляемая цепь. Обе эти цепи никак не связаны между собой. Между контактами цепи управления установлен металлический сердечник, при протекании тока по которому к нему притягивается подвижный якорь, а при обесточивании пружина возвращает якорь обратно.[11]

2.4 Описание датчика-реле РОС 301.

Применяется для контроля уровня сред с низкой электропроводностью, длины электродов датчика должны соответствовать контролируемым уровням. Внешний вид датчика приведен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Внешний вид РОС 301

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные технические характеристики РОС-301

Выходной сигнал	Релейный, ток от 0,1 до 2,5 А, напряжение 24 В
Напряжение питания	220В, частота 50 Гц
Потребляемая мощность	Не более 12 В·А
Масса	Не более 0,65 кг
Напряжение на электроде	Не более 6В

Для подключения данного датчика к микроконтроллеру Arduino необходимо подобрать параметры, которые будут соответствовать техническим характеристикам датчика и микроконтроллера.[12] Для этого необходимо рассчитать электрическую схему подключения и подобрать параметры сопротивлений. Электрическая схема приведена на рисунке 16:

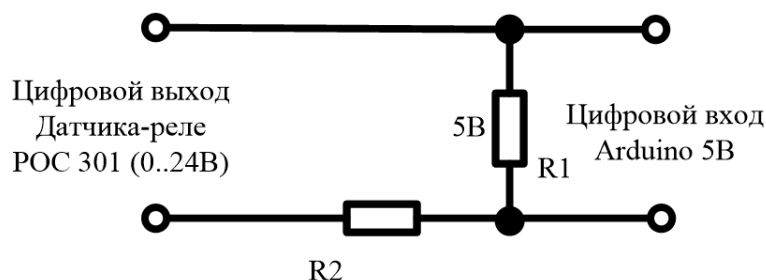


Рисунок 16 – Принципиальная электрическая схема согласования логических уровней

По закону Ома произведем расчет необходимых параметров для R1 и R2.

Пусть ток, текущий по цепи равен 14мА, тогда $R1 = \frac{5В}{14мА} = 357Ом$,

$R2 = \frac{24В}{14мА} = 1,71кОм$ с учетом рассчитанных параметров и

номенклатуры резисторов были подобраны ближайшие соответствующим значения резисторы в 360 Ом и 1,6 кОм.

2.5 Описание SCADA - системы

Рынок программного обеспечения в сфере SCADA пакетов достаточно широк. В настоящее время наиболее распространенными универсальными SCADA являются MasterSCADA (производитель: ИнСАТ) и Trace Mode (производитель: AdAstra Research Group, Ltd.). [13]

Поскольку для выполнения выпускной квалификационной работы не требуется система более чем на 32 точки, было принято решение об использовании бесплатной SCADA – системы MasterSCADA. Компания ИнСАТ предоставляет полнофункциональную интегрированную среду для разработки, отладки и исполнения с поддержкой всех возможностей системы без ограничений по времени работы. Основные преимущества пакета:

- Единая среда разработки АСУТП;
- Раздельное конфигурирование структуры АСУТП и логической структуры объекта;

- Открытость и следование стандартам;
- Интуитивная легкость освоения;
- Объектный подход;

2.6 Схема внешних соединений

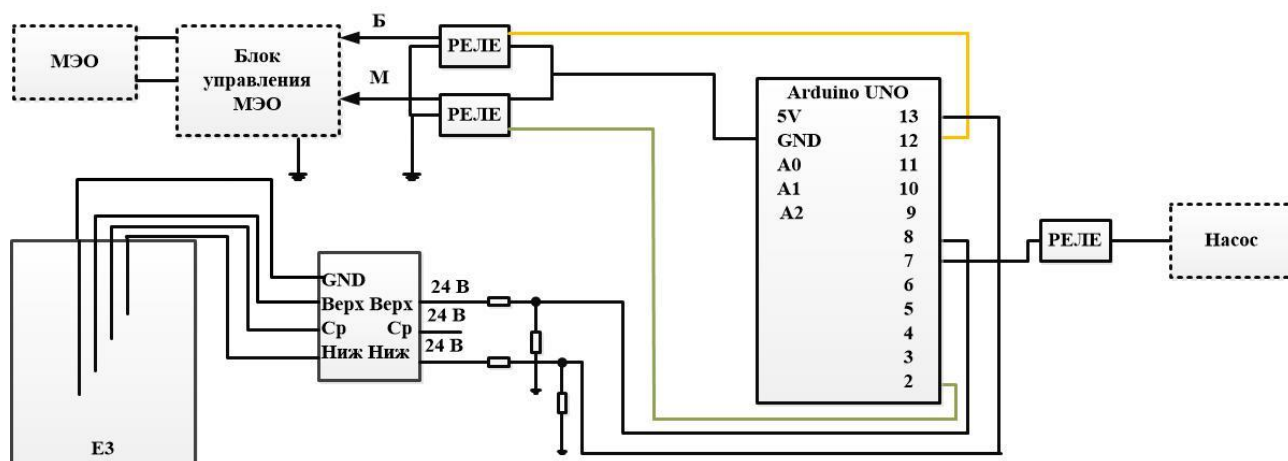


Рисунок 17 – Схема внешних соединений системы автоматического управления

2.7 Описание технологии OPC

Стандарт OPC разработан международной организацией OPC Foundation, членами которой являются более 400 фирм, работающих в области средств автоматизации и измерительной техники. Главной целью стандарта OPC является обеспечение возможности совместной работы (интероперабельности) средств автоматизации, функционирующих на разных аппаратных платформах, в разных промышленных сетях и производимых разными фирмами. На данный момент все SCADA-пакеты спроектированы как OPC-клиенты. Благодаря появлению стандартизации интерфейса стало возможным подключение любого физического устройства к любой SCADA, если они оба соответствуют стандарту OPC.

Стандарт OPC относится только к интерфейсам, которые OPC сервер предоставляет клиентским программам. Метод же взаимодействия сервера с аппаратурой (например, с модулями ввода-вывода), стандартом не

предусмотрен и его реализация возлагается полностью на разработчика аппаратуры. [14]

Поскольку для Arduino не существует готовых OPC-серверов, данная задача решалась с использованием библиотеки Arduino SimpleModbusSlaveV9, которая осуществляет передачу данных на OPC сервер по протоколу Modbus. В качестве примера приведён фрагмент кода библиотеки, осуществляющий конфигурацию по протоколу Modbus, где в качестве параметров используются: последовательный порт, скорость порта, контроль четности, адрес ведомого, разрешающий вход, регистры. [15]

```
modbus_configure(&Serial, 115200, SERIAL_8N2, 1, 2,
HOLDING_REGS_SIZE, holdingRegs);
modbus_update_comms(115200, SERIAL_8N2, 1);
```

Для данной выпускной квалификационной работы выбран бесплатный OPC сервер (MasterOPC Universal Modbus Server) компании ИнСАТ на 32 тега. Снимок экрана значений, передаваемых в OPC сервер, представлен на рисунке 18. Список тегов приведен в таблице 5:

Таблица 5 – Перечень тегов, передаваемых в OPC сервер

Имя тега	Адрес регистра	Формат данных	Тип доступа	Описание
hc	1	Int	OnlyRead	Значения уровня с ультразвукового датчика
Ki	2	Int	ReadWrite	Параметр И регулятора
Kd	3	Int	ReadWrite	Параметр Д регулятора
Output	4	Int	OnlyRead	Управляющее воздействие с регулятора
Setpoint	5	Int	ReadWrite	Значение уставки
Kp	6	Int	ReadWrite	Параметр П регулятора
Saw	7	Int	OnlyRead	Значения пилообразного сигнала

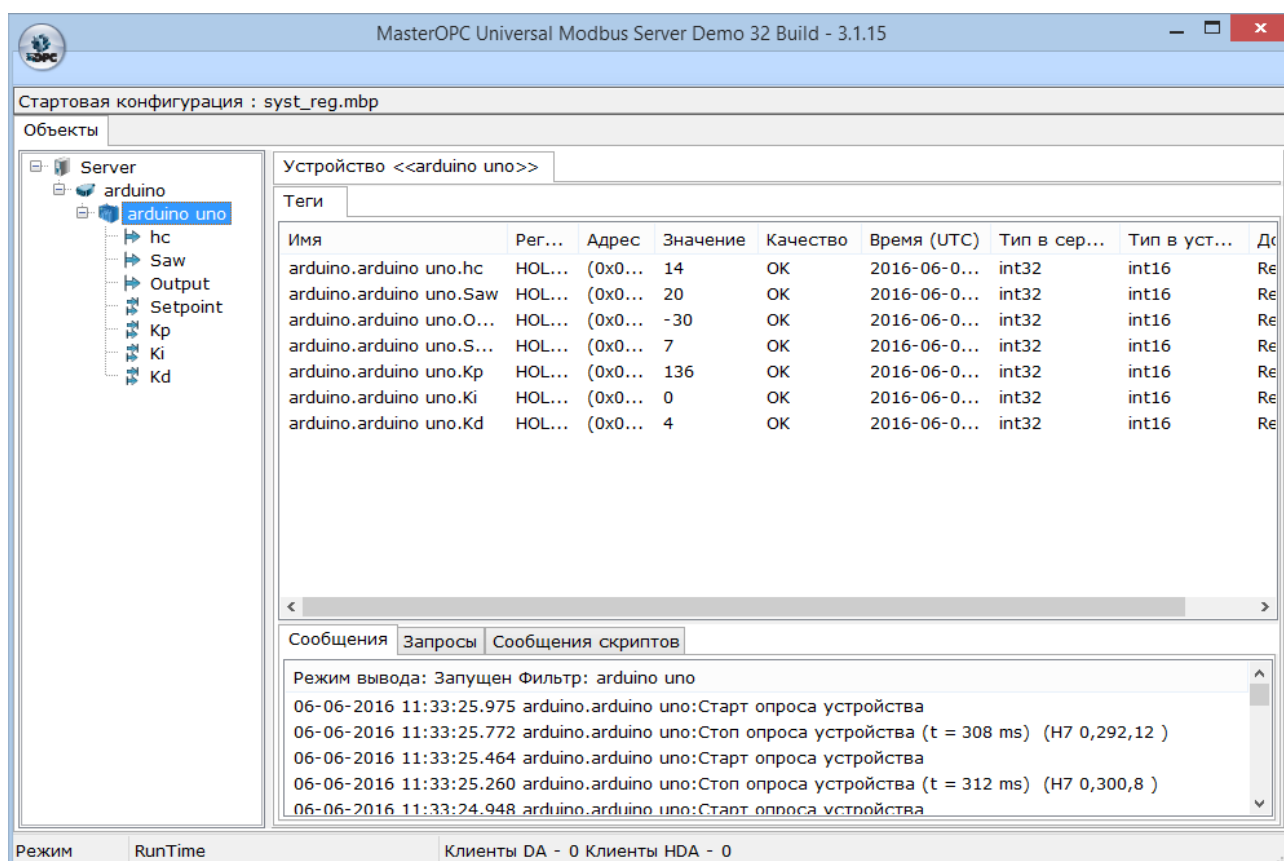


Рисунок 18 – Перечень тегов в программе MasterOPC Universal Modbus Server

3 Разработка программного обеспечения

3.1 Разработка алгоритмов регулирования

Всего система автоматического регулирования уровня имеет 2 контура управления:

Первый контур охватывает емкости E3 и E1. В емкости E3 установлен кондуктометрический уровнемер, при достижении максимального уровня жидкости на контроллер приходит сигнал логической единицы, что приводит к срабатыванию триггера верхнего уровня и установления его значения в единицу. Замыкание реле происходит, когда значение триггера верхнего уровня принимает единицу. Размыкание контакта реле происходит при срабатывании триггера нижнего уровня. Данный триггер срабатывает при логической единице, которая приходит с самого длинного контакта кондуктометрического реле, а значение триггера верхнего уровня принимает нулевое значение.

Реле, при срабатывании, подает сигнал на насос, который перекачивает жидкость из ёмкости E3 в ёмкость E1, что обеспечивает непрерывную подачу жидкости в резервуар E2. Листинг контура приведен в приложении А

Второй контур регулирования обеспечивает поддержание уровня жидкости в ёмкости E2 на заданном уровне. Процесс регулирования уровня в ёмкости производится с помощью мембранного регулирующего органа. Перемещение регулирующего органа в положение «открыто» и «закрыто» осуществляется однооборотным исполнительным электрическим механизмом. Управление механизмом производится с микроконтроллера, либо в ручном режиме, при переключении тумблера на лабораторном стенде.

Для поддержания уровня ёмкости на заданном значении уставки в микроконтроллере осуществлен регулятор и широтно импульсная модуляция. Сигнал, поступающий с ультразвукового датчика уровня жидкости, обрабатывается в микроконтроллере и является входной величиной для осуществления работы регулятора.

Поскольку регулирующим органом является шаговый двигатель, то управление положением задвижки можно реализовать с использованием ШИМ. Для этого необходимо формировать импульсы, в соответствии с пунктом 1.3, данной пояснительной записки. Для системы автоматического регулирования уровня входом для ШИМ будет являться выход регулятора.

регулятор в контроллере реализован в виде формулы 3:

$$Output = K_p \cdot error + K_i \cdot \int error dt - K_d \frac{dInput}{dt} \quad (3)$$

Где Output – выход регулятора, K_p – коэффициент пропорциональности, error – разность между значением с датчика и уставкой, K_i – интегральная составляющая, K_d – дифференциальная составляющая.

Когда выходной сигнал, полученный с регулятора положительный, то срабатывает реле, отвечающее за закрытие задвижки, также срабатывает триггер, отвечающий за закрытие задвижки. При условии, что триггер, отвечающий за закрытие задвижки, находится в активном состоянии и значения пилообразного сигнала больше выходного значения, то реле размыкается. По аналогичному алгоритму работает и реле, отвечающее за открытие регулирующего органа, только сравнение выходного сигнала с регулятора происходит с инверсным значением пилообразного сигнала. Листинг контура приведен в приложении А.

3.2 Разработка мнемосхемы технологического процесса

В соответствии со структурной схемой, приведенной на рисунке 1, на рисунке 19 представлена мнемосхема, на которой отображены 3 ёмкости, в одной из которых отображается текущий уровень, также рядом с ёмкостью отображается значение. Для удобства управления технологическим процессом в нижней части мнемосхемы находятся слайдеры для задания значения уставки и изменения параметров регулятора.

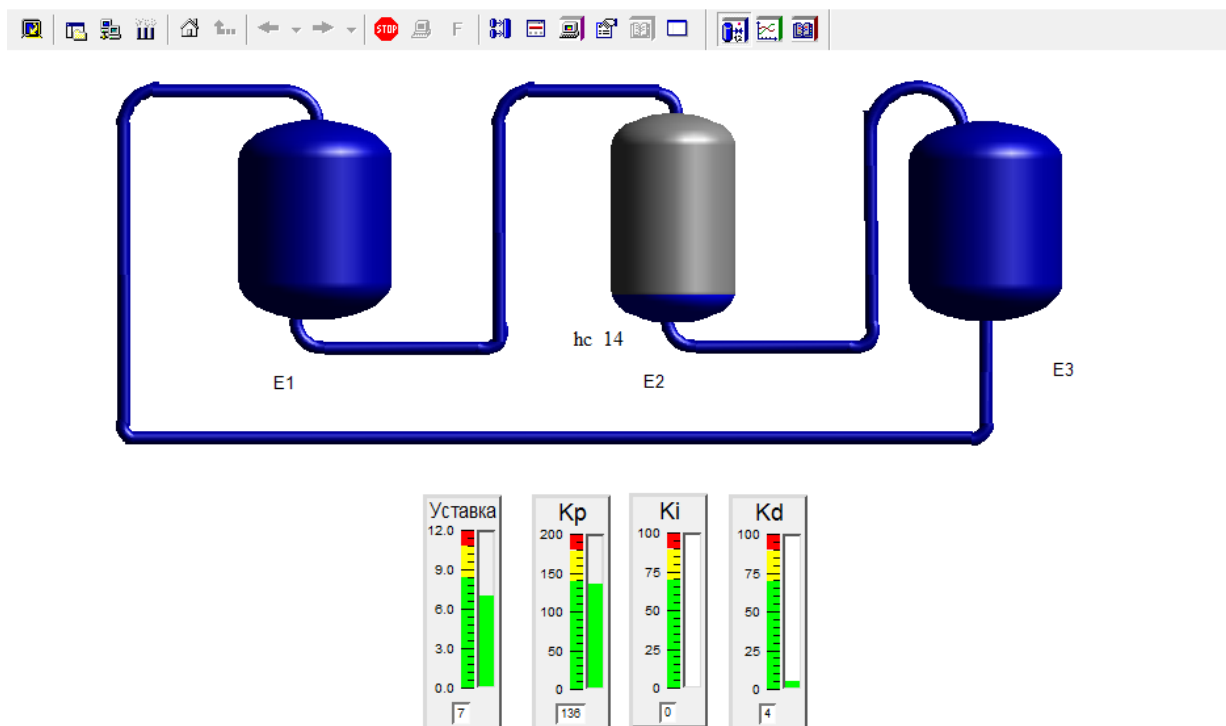


Рисунок 19 – Мнемосхема системы автоматического регулирования уровня

Также при превышении уровня в ёмкости E2, оператор оповещается звуковой и световой сигнализацией.

Текущий уровень в ёмкости и уставка отображаются на тренде, приведенном на рисунке 20:

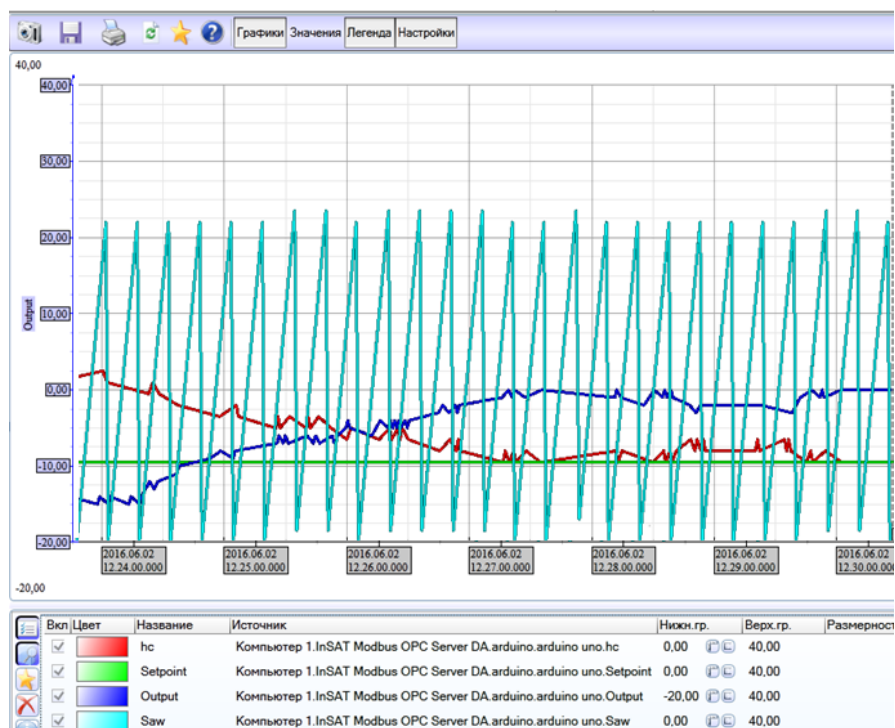


Рисунок 20 – Тренд уровня и ёмкости

Также на тренде отображается выход с регулятора и значение треугольного сигнала.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является определение оценки коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основная цель данной выпускной квалификационной работы – разработка системы автоматического управления гидравлическим объектом на платформе Arduino UNO. Потенциальными потребителями данной системы могут являться как физические, юридические лица, так и коммерческие организации различных размеров, для которых данное исследование представляет практический интерес как средство удешевления и ускорения технологического процесса, так и как средство для создания тренажера для системы любой сложности.

Произведем сегментацию рынка по применению программного обеспечения на основе платы Arduino для физических и юридических лиц.

Таблица 6 - Карта сегментирования рынка по используемому ПО

		Программное обеспечение	
		Робототехника	Системы управления
<i>Потребители</i>	Физические лица		
	Юридические лица		

Из приведенной таблицы

Таблица 6 видно, что физические лица используют платы Arduino, как для создания роботов, так и для создания небольших систем автоматического управления, а вот сегмент применения в системах управления платы Arduino остался свободен.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что основным сегментом рынка является ПО для юридических лиц.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Произведем анализ конкурентных технических решений для оценивания сильных и слабых сторон разработок конкурентов и определения дальнейшего направления для научной разработки.

Таблица 7 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений, где Бк1 –Ремиконт Р-130 , Бк2 – Печатные платы

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности системы	0,2	5	5	3	1	1	0,6
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Помехоустойчивость	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,2
4. Энергоэффективность	0,05	5	4	4	0,25	0,15	0,15
5. Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,4	0,4
6. Уровень шума	0,025	1	1	1	0,025	0,025	0,025
7. Безопасность	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
8. Производительность	0.125	5	5	5	0,625	0,625	0,625
9. Простота эксплуатации	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
10. Возможность подключения к SCADA	0,01	5	5	4	0,05	0,05	0,04
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,055	5	4	3	0,275	0,220	0,165
2.Уровень конкурентоспособности	0.01	5	5	1	0,05	0,05	0,01
3. Цена	0.1	5	1	2	0,5	0,1	0,2
4.Предполагаемый срок службы	0,01	5	5	4	0,05	0,05	0,04
5.Сертификация готового продукта	0,025	4	5	1	0,1	0,125	0,075
Итого	1	70	63	50	4,875	4,245	3,59

Исходя из расчётов, сделанных выше, можно сделать вывод, что наша разработка имеет высокий уровень конкурентоспособности.

Позиции конкурентов особенно уязвимы в степени цены и экономичности.

4.2 SWOT – анализ

SWOT – анализ позволяет собой инструмент для комплексного анализа научно-исследовательского проекта.

Таблица 8 – SWOT анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Простота изготовления; С2.Экологичность технологии; С3.Наличие квалифицированных кадров у потенциальных потребителей; С3.Удобство в эксплуатации С4.Срок выхода на рынок; С5.Квалифицированный персонал разработчиков; С6. Наличие бюджетного финансирования; С7.Возможность использования инфраструктуры университета; С8. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей); С6. Наличие специального оборудования для проведения экспериментальных исследований. С7. Дешевизна используемого оборудования	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Низкий уровень прибыльности; Сл2.Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования; Сл3 Узкий профиль разработки; Сл4.Низкие маркетинговые навыки сотрудников;
Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения разработки на рынок; В3. Внедрение на новые рынки или сегменты рынка; В4. Расширение спектра применения разработки; В5. Быстрый рост рынка; В6. Хорошие связи с потребителями; В7. Государственная поддержка;	В процессе продвижения разработки на рынок может появиться дополнительный спрос на разработку. Кроме того, проект может внедриться в новые сегменты рынка. Данная разработка может быть усовершенствована и дополнена новыми функциональными возможностями что в свою очередь влияет на ширину спектра применения данной разработки.	Появление дополнительного спроса на новый продукт может привести к отсутствию у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях может привести к увеличению срока поставки плат, которые используются в данных исследованиях.

4.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход заключается в исследовании всех возможных вариантов, вытекающих из строения объекта исследования. Для этого построим морфологическую матрицу и скомбинируем всевозможные варианты и приведем в таблице 9.

Таблица 9 – Возможные альтернативы

	1	2
А. Тип контроллера	Arduino UNO	Ремиконт Р-130
Б. Каналы интерфейсной связи	USB	RS 232
В. Объем ОЗУ	2кБайта	8 кБайт
Г. Максимальная скорость обмена данными	11,5кБит/с	9,6кБит/с
Д. Количество входов/выходов	14	16
Е. Программирования	Язык С	Алгоблоки

Возможные варианты решения поставленной задачи с позиции решения ее функционального содержания и ресурсосбережения.

1) А1Б1В1Г1Д1Е1 – Arduino UNO; USB; 2 Кбайта; 11,5Кбит/с; 14 входов/выходов; Язык С.

2) А2Б2В2Г2Д2Е2 - Ремиконт Р 130; RS 232; 8Кбайт; 9,6 Кбайт; 16 входов/выходов; Алгоблоки.

Для решения поставленной в выпускной квалификационной работе задачи достаточно 2 кБайт ОЗУ и 14 входов/выходов. Так же он имеет преимущество над контроллерами серии Ремиконт Р-130 скоростью передачи данных, программированием на одном из языков высокого уровня, который доступен и известен многим разработчикам и возможным пользователям.

4.4 Планирование научно-исследовательских работ

4.4.1 Структура работ научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения экспериментальной и исследовательской части работы.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошел научный руководитель и студент кафедры АиКС. Для всего составленного перечня этапов и работ было осуществлено распределение обязанностей участников проекта и оформлено в виде таблицы 10:

Таблица 10 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение задания на ВКР	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, студент
	4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Научный руководитель, студент
	6	Построение модели и проведение экспериментов	Научный руководитель, студент
Проектирование структуры ПО	8	Обсуждение литературы	Научный руководитель, студент

	9	Проверка функциональных возможностей оборудования	Научный руководитель, студент
	10	Подбор оборудования	Научный руководитель, студент
	11	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ВКР)	12	Разработка принципиальной и структурной схемы	Научный руководитель, студент
	13	Монтаж рабочего стенда	Научный руководитель, студент
	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	студент
	15	Подведение итогов	Научный руководитель, студент

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Поскольку занятость всех участников научного исследования распределена таким образом, что трудоемкость выполнения работ каждого из них распределена неравномерно требуется составить значения трудоемкости выполняемых работ для каждого из участников. Для этого необходимо рассчитать длительность работ в рабочих и календарных днях для каждого исполнителя по формулам, приведенным далее:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (4)$$

Где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы в человеко-днях;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы в человеко-днях;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы в человеко-днях.

Далее необходимо определить продолжительность выполнения каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность работы нескольких исполнителей. Это необходимо для дальнейшего расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i} \quad (5)$$

Где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$ч_i$ – численность исполнителей, отвечающих одновременно за одну и ту же работу, человек.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (6)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (7)$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляются до целого числа. График проведения научно-исследовательской

работы приведен в приложении Б. В таблице 11 приведены временные показатели производственного календаря за период с февраля 2016 года по июнь 2016 года при пятидневной рабочей неделе. В расчетах учитывается, что в 2016 году 366 календарных дней, а коэффициент календарности составляет 2 с округлением.

Таблица 11 – Временные показатели производственного календаря

	февраль	март	апрель	май	июнь	итого
количество календарных дней	29	31	30	31	4	125
количество рабочих дней	20	21	21	19	3	84
количество выходных дней	9	10	9	12	1	41

4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научного исследования представлен в виде диаграммы Ганта, на которой наглядно отображены временные отрезки проведенных работ. Диаграмма отображена в приложении Б.

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет выполнения научно-технических исследований как правило содержит перечень всех расходов, сгруппированных по следующим статьям:

Материальные затраты НТИ

отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

основная заработная плата исполнителям

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

В данном подразделе в виде таблицы отражена стоимость всех материалов, используемых при разработке системы управления, приведен в таблице 12. Для выполнения работы кафедрой были приобретены: плата Arduino UNO, ультразвуковой дальномер hc-sr04, монтажная плата, комплект проводов.

Таблица 12 – Стоимость используемых материалов

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
		Исп. 1	Исп. 1	Исп. 1
Плата Arduino UNO	шт	1	1790	1790
Ультразвуковой дальномер Hc-sr04	шт	1	240	240
Комплект проводов	шт	1	480	480
Итого				2510

4.5.2 Расчет основной заработной платы исполнителей

В данном разделе рассчитывается заработная плата научного руководителя и студента на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. В соответствии с формулами, приведенными в методическом указании, расчет основной заработной платы приведен в таблице 13:

Таблица 13 - Основная заработная плата исполнителей работы

Испол- нитель	Оклад, руб./мес.	Средне- дневная ставка	Затраты времени, раб. дни	Коэффицие нт	Фонд з/платы, руб.
			Исп. 1		Исп. 1
Руководите ль	22052	1241,11	37,9	1,3	12229,97
Студент	0	0	57,4		0
Итого					12229,97

4.5.3 Расчет дополнительной заработной платы исполнителей

Таблица 14 – Дополнительная заработная плата исполнителей

Испол- нитель	Оклад, руб./мес.	Средне- дневная ставка	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент дополнительной з/п	Фонд дополнительной з/платы, руб.
			Исп. 1		Исп. 1
Руководите ль	22052	1241,11	37,9	0,5	4703,84
Студент	0	0	57,4		0
Итого					4703,84

4.5.4 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

В данном подразделе отображены обязательные отчисления в соответствии с законодательством РФ

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
	Исп.1	Исп.1
Руководитель	12229,97	4703,84
Студент	0	0
Коэффициент ПФРФ	0,22	
Коэффициент ФСС	0,029	
Коэффициент ФФОМС	0,051	
Итого		
Исполнение 1	5080,143	

4.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы

Статья затрат	Сумма, руб.
	Исп. 1
Материальные затраты НТИ	2510
Основная заработная плата исполнителей темы	12229,97
Дополнительная заработная плата исполнителей темы	4703,84
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	5080,143
Итого	24523,953

5 Социальная ответственность

Введение

Работа по реализации проекта проводилась в учебной аудитории, снабженной настольными персональными компьютерами (ПК) и лабораторными стендами, кафедры АиКС. Выполнение проекта заключалось в разработке программного обеспечения и подключения необходимого оборудования, такого как микроконтроллер Arduino UNO, ультразвуковой дальномер, насос, механизм электрический однооборотный (МЭО), кондуктометрический датчик-реле, реле, резисторы и проводники, для системы автоматического управления (САУ) гидравлическим объектом.

Объект исследования

Объектом исследования является лабораторный стенд, расположенный в корпусе №10 НИ ТПУ на кафедре АиКС. Лабораторный стенд представляет собой систему автоматического управления гидравлическим объектом и состоит из трёх емкостей, насоса, двигателя, механической задвижки, дискретного датчика уровня, ультразвукового датчика уровня и микропроцессорной платы Arduino Uno.

5.1 Производственная безопасность

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003 – 74 « опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, которые может создать объект исследования, представлен в виде таблицы 16:

Таблица 16 - Опасные и вредные факторы, которые может создать объект исследования при выполнении работ по ГОСТ 12.0.003-74

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Лабораторный стенд системы автоматического управления гидравлическим объектом: 1) Подключение датчиков 2) Снятие передаточных характеристик 3) Проведение тестовых испытаний	1)Повышенный уровень шума на рабочем месте 2) повышенная или пониженная влажность воздуха 3) повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны. 4)недостаточная освещенность рабочей зоны 5)отсутствие или недостаток естественного света	1) Опасность поражения электрическим током 2)Движущиеся машины и механизмы	1)ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ 2) ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ 3) ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. 4)ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. 5) ГОСТ Р 12.1.019 – 2009 ССБТ. 6)ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ.

			7)Р 2.2.2006-05. 8)СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 9) СанПиН 2.2.4.548-96. 10) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.
Работа с компьютером: 1)Программирование микроконтроллера 2)Проведение математических исследований объекта	1)Повышенный уровень электромагнитных излучений 2)монотонность труда	1)Опасность поражения электрическим током	1)ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. 2)ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. 3) ГОСТ Р 12.1.019 – 2009 ССБТ. 4)Р 2.2.2006-05. 5)СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

5.1.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

5.1.2.1 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Повышенный уровень шума на рабочем месте возникает за счет работы насоса и двигателя постоянного тока, что оказывает влияние на работника, повышает его утомляемость, а в некоторых случаях может привести к потере

слуха. [16] Уровень шума в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 не должен превышать 50дБА. [17]

Для снижения воздействия шума применяются методы звукопоглощения и звукоизоляции, рациональная акустическая планировка здания, рациональное размещение технического оборудования, машин и механизмов. В качестве средств индивидуальной защиты рекомендуется использовать противошумовые вкладыши. [18]

5.1.2.2 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

На микроклиматические условия оказывает влияние множество факторов, такие как испарение от лабораторного стенда, температура в помещении, наличие вентиляции и т.д. Оптимальные условия установлены в соответствии с оптимальным тепловым и функциональным состоянием человека и обеспечивают ощущение комфорта, не вызывая отклонений в состоянии здоровья. Оптимальные показатели микроклимата установлены СанПиН 2.2.4.548-96 и приведены в таблице 17:

Таблица 17 - Показатели микроклимата на рабочих местах по СанПиН 2.2.4.548-96

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

К мероприятиям по регулированию микроклимата в помещении относятся: организация вентиляции, отопления и кондиционирования помещения. Вентиляция может осуществляться естественным или механическим путем, в аудитории имеется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без

предварительной очистки и нагрева. Также подобная вентиляция создает сквозняки, что негативно сказывается на работниках. [19]

В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. В рассматриваемой аудитории используется водяное отопление со встроенными нагревательными элементами и стояками.

5.1.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаток освещенности появляется из-за недостаточного количества окон и недостаточного количества ламп искусственного освещения. Недостаточная освещенность приводит к снижению остроты зрения и снижению контрастной чувствительности, что имеет значение при работе за компьютером, поэтому в помещении должно быть организовано как искусственное, в виде люминесцентных ламп, так и естественное освещение. К гигиеническим требованиям, отражающим качество производственного освещения, относятся: равномерное распределение яркостей в поле зрения и ограничение теней, ограничение прямой и отраженной блескости, ограничение или устранение колебаний светового потока.

В соответствии с СП 52.13330.2011 для проведения работы над ВКР установлена необходимая освещенность рабочего места $E_H=300$ лк. Пульсация освещенности при работе с компьютером не должна превышать 5%, для чего необходимо использовать лампы переменного тока частотой 400Гц и выше.[20]

5.1.2.4 Повышенная напряженность магнитного поля

Наиболее опасным источником электромагнитной энергии является ПК. Негативным воздействием электромагнитных сигналов на человека является их свойство накапливаться в организме, что может приводить к сердечнососудистым заболеваниям и заболеваниям нервной системы.

Количество электромагнитного поля регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности оборудования должно находиться в диапазоне частот 5Гц-2кГц при 25 В/м и в диапазоне частот 2кГц – 400кГц при 2,5В/м. Основной способ устранения влияния электромагнитной энергии это увеличение расстояния до источника и применение экранных фильтров, специальных экранов и средств индивидуальной защиты.[23]

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

Рассматриваемое помещение классифицируется как помещение без повышенной опасности. На электробезопасность оказывает влияние большого числа компьютеров, розеток, источников бесперебойного питания.

Действие электрического тока зависит от многих факторов, таких как величины и рода протекающего тока, продолжительности воздействия, от физического и психологического состояния человека. Соответственно, минимальным воздействием могут стать болезненные сокращения мышц, а при воздействии больших величин может произойти фибрилляция сердца, вплоть до летального исхода.

В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 на рабочем месте оператора допускаются уровни напряжений и токов [24] приведенных в таблице 18:

Таблица 18 - Предельно допустимые значения токов и напряжений по ГОСТ 12.1.038-82

Вид тока	U, В (не более)	I, мА
Переменный, 50Гц	2	0.3
Постоянный	8	1

Для минимизации возможного поражения от электрического тока необходимо обеспечить изоляцию всех токопроводящих частей, использовать защитное заземление, зануление и отключение источников тока.

5.1.2.6 Монотонность труда

Постоянная работа за компьютером в результате выполнения однообразных операций приводит к возникновению негативных последствий, таких как, перегрузка одних и тех же нервных центров в результате поступления большого объема одинаковых сигналов, однообразие восприятия информации и недостаток новой информации. Утомление наступает при выполнении работ, которые требуют значительных физических усилий или умственного напряжения. Также для сведения к минимуму всех нервно-физических факторов необходимо обеспечивать поддержание оптимальных требований к рабочей позе сотрудника и к конструкции рабочего места, а также организовать оптимальный режим труда и отдых, в соответствии с ГОСТ 12.2.032 – 78.

5.1.2.7 Движущиеся машины и механизмы

Опасность представляют собой лабораторные стенды с электродвигателями и насосами. При не соблюдении требований к конструкциям и отдельным их частям возможно нанесения значительных увечий человеку, от небольших ран, до лишения конечностей. Требования по осуществлению безопасности при работе с оборудованием регламентировано ГОСТ 12.2.003-91. Для любого оборудования должны быть предусмотрены конструкции, не оказывающие опасное и вредное воздействие на организм человека, конструкции должны исключать возможность их падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения. Подвижные части оборудования должны быть ограждены или быть расположенными так, чтобы исключить возможность случайного прикосновения. В качестве мер по обеспечению защиты применяются ограждающие конструкции, сигнальные устройства.

5.2 Экологическая безопасность

Отработанные люминесцентные лампы подлежат обязательному сбору и утилизации за счет специализированных организаций. В Томске таких организаций две. В среднем стоимость утилизации одной лампы типа ЛБ 7,08 руб., а лампы типа ДРТ – 14,16 руб. Для транспортировки люминесцентных ламп до пункта утилизации рекомендуется использовать небольшие контейнеры с полиэтиленовым вкладышем, для обеспечения герметичности упаковки.

Классификация ртутьсодержащих отходов по видам с указанием возможных способов их переработки приведена в таблице 19 [31]:

Таблица 19 - Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов по ГОСТ Р 52105-2003

Наименование	Обозначение отходов по ГОСТ30775	Группа	Подгруппа	Позиция	Метод обработки
Бракованные люминесцентные лампы	Q2,Q3,Q6	16	1	3	ХМ, ТМ, ВО
Ступа ртутьсодержащая от переработки люминесцентных ламп	Q9	19	9	99	ТМ
Люминофор ртутьсодержащий от переработки люминесцентных ламп	Q9	20	3	10	ТМ, ВО

Пункты по демикуризации производят утилизацию отходов в два этапа:

Материалы от ртутьсодержащих ламп разделяются с использованием специальных машин или комплексов, в зависимости от требований и количества отходов. Вторым этапом является дистилляция ртути из отходов.[32]

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта

В данной работе в качестве рабочего места рассматривается место оператора ЭВМ установки системы автоматического управления гидравлическим объектом. Наиболее типичной ситуацией возникновения чрезвычайной ситуации на рабочем месте является пожар. Причиной пожара могут служить такие факторы как: неисправное электрооборудование, неисправная проводка, не соблюдение техники пожарной безопасности.

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

Возникновение пожара может быть обусловлено такими факторами как: возникновение короткого замыкания в электропроводке, возгорание устройств вычислительной аппаратуры, нарушение правил пожарной безопасности, возгоранием электроприборов и электроустановок при неправильном их использовании.

Основными мерами для предотвращения пожаров являются соблюдение всех стандартов по проектированию и строительству зданий и сооружений, своевременный ремонт и проверка электрооборудования, а также соблюдение правил пожарной безопасности.[26]

При обнаружении пожара необходимо выполнить следующие действия:

- Сообщить о пожаре по телефону 01 или 010 с мобильного телефона, где необходимо указать адрес объекта и место возникновения пожара
- В случае задымления помещения необходимо лечь на пол и как можно скорее покинуть помещение.
- Принять все возможные средства по эвакуации людей в соответствии с планом эвакуации здания.
- По возможности отключить электроэнергию и приступить к тушению пожара не подвергая свою жизнь опасности.

На рабочем месте используются только порошковые огнетушители, предназначенные для ликвидации пожаров в жилых, промышленных, складских и административных помещениях.[27]

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.

Поскольку при проведении научно-исследовательской деятельности основное время работы было организовано за персональным компьютером. Трудовой кодекс отдельно не регламентирует подобный вид работ, существуют требования в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 к эксплуатации ПЭВМ, проектированию и организации рабочих мест с ПЭВМ.

Время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности рабочей смены приведено в ТОИ Р-45-084-01. В соответствии с ним, рабочее время, проведенное за ПЭВМ не должно превышать 50% рабочей смены [30].

5.4.2 Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны.

В качестве рабочего места рассматривается место оператора ЭВМ в лаборатории кафедры АиКС, корпуса №10 НИ ТПУ. Согласно ГОСТ 12.2.032-

78 ССБТ рабочее место для взрослого человека при работе с ПК должно составлять не менее 6м².

Конструкция рабочего места должна обеспечивать поддержание оптимальной рабочей позы пользователя, а именно: стопы ног должны быть расположены на полу, либо подставке для ног; бедра должны находится в горизонтальной плоскости по отношению к полу; предплечья располагаются вертикально; локти ставятся по углом 70-90 градусов к вертикальной плоскости; запястья согнуты под углом не более 20 градусов к горизонтальной плоскости. Высота рабочей поверхности должна быть в пределах от 680 до 800 мм, а ширина от 600 до 1000 мм. Пространство для ног должно быть высотой не менее 600мм, шириной не менее 500мм и глубиной на уровне колен не менее 450мм.

Рабочее сидение должно быть выполнено в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 и быть конструктивно безопасным.

Поскольку выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает работу с механизмами управления, то группировка этих механизмов должна быть произведена в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009, с учетом значимости для безопасного использования машины, частотой использования при обычной работе машины и в соответствии с последовательностью промежуточных операций.[28]

Для реализации ручных органов управления необходимо применение стандарта ГОСТ EN 894-3-2012. [29] Выбор органов ручного управления осуществляется в соответствии со следующими требованиями:

- Необходимая точность позиционирования ручного орган управления
- Необходимая скорость позиционирования
- Требования к усилию, прикладываемому оператором
- Визуальная различимость положения ручного органа управления
- Маркировка органа управления

— Вероятность случайного срабатывания

В случае данного лабораторного стенда применены несколько одиночных кнопок, которые наиболее всего подходят к низкому уровню требований приведенных выше и несколько рычагов с круглой кнопкой, что соответствует высокому уровню соответствия требованиям, приведенным выше.

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы произведена модернизация учебного стенда гидравлического объекта путем замены датчика уровня в ёмкости E2 и основной платформы для программирования стенда на контроллер Arduino UNO. Все поставленные задачи были выполнены в полном объеме:

- Подобрано более информативное оборудование для учебного стенда;
- Разработано алгоритмическое и программное обеспечения для регулирования уровня жидкости в двух контурах управления;
- Настроено программное обеспечение для реализации протокола связи Arduino UNO и OPC сервера;
- Разработана SCADA система управления гидравлическим объектом.

Для данного учебного стенда произошли кардинальные изменения в части технического обеспечения:

- Произведена замена контроллера Ремиконт 130 на более компактный и экономичный контроллер Arduino UNO;
- В ёмкости E2 произведена замена кондуктометрического датчик уровня на ультразвуковой дальномер, что сделало систему более информативной, и позволило отражать текущий уровень жидкости в виде значений.

Conclusion

During execution of final qualifying work carried out modernization of the training bench of hydraulic object by replacing the level sensor in the tank E2 and the main platform for programming of stand on the Arduino UNO. All objectives were met in full:

- Chosen a more informative training equipment for stand developed algorithm and software for regulation of the liquid level in the two control loops;
- Configured with software to implement the communication Protocol and Arduino UNO OPC server;
- Developed SCADA control system of hydraulic object.

For the training stand, there have been dramatic changes in terms of technical support:

- Replaced controller Remikont 130 in a more compact and economical controller Arduino UNO;
- In capacity E2 replacement conductivity sensor of level ultrasonic range finder that has made the system more informative, and allowed us to reflect the current liquid level values.

Список использованных источников

- 1 Микропроцессорная система управления гидравлическим объектом: Метод. указания / В. Н. Скороспешкин – Томск, 2001. – 20 с.
- 2 Самоучитель Matlab : учебное пособие / Ануфриев И.Е. – Санкт-Петербург, 2002. – 736 с.
- 3 Основы теории автоматических систем / Цыпкин Я.З. – изд. «Наука», М., 1977. – 560 с.
- 4 Настройка типовых регуляторов по методу Циглера-Никольса: Метод. указания / О.С.Вадутов – изд. «Томский политехнический университет», Томск, 2014. – 10 с.
- 5 Энциклопедия АСУ ТП: расчет параметров [Электронный ресурс] : URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter5_5.aspx –Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 10.05.2016 г
- 6 Широтно-импульсная модуляция [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> –Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 15.05.2016 г
- 7 Широтно-импульсная модуляция [Электронный ресурс] URL: <http://arduino.ru/Tutorial/PWM> –Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 16.05.2016 г
- 8 PID controllers theory /Astrom K.J –1995 –р. 354
- 9 Arduino: A Quick-Start Guide/ Maik Schmidt – Dallas, Texas – 2015. P.311
- 10 Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04 [Электронный ресурс] URL: <http://robocraft.ru/blog/electronics/772> –Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 16.04.2016 г
- 11 Songle Relay [Электронный ресурс] URL: [http://www.mycomkits.com/reference/Songle_SRD\(T73\)_Relay.pdf](http://www.mycomkits.com/reference/Songle_SRD(T73)_Relay.pdf) –Загл. с экрана – Яз. англ. Дата обращения: 17.04.2016 г
- 12 Датчики-реле уровня РОС 301 [Электронный ресурс] URL: <http://www.rizur.ru/uploads/data/file/ros301.pdf> –Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 20.04.2016 г
- 13 SCADA-пакеты [Электронный ресурс] URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter9_4.aspx –Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 10.04.2016 г
- 14 OPC сервер [Электронный ресурс] URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter9_2.aspx –Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 10.04.2016 г

- 15 Разработка SCADA системы с использованием контроллера Arduino UNO
К.А. Осипова /Технологии Microsoft в теории и практике
программирования. Томск – 2016 г.
- 16 ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ – «Шум. Общие требования безопасности
труда»
- 17 СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,
общественных зданий и на территории застройки»
- 18 ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. – «Средства и методы защиты от шума.
Классификация»
- 19 СанПиН 2.2.4.548-96. – «Гигиенические требования к микроклимату
производственных помещений. Санитарные правила и нормы»
- 20 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. – «Гигиенические требования к
естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и
общественных зданий»
- 21 СП 52.13330.2011 . – «Свод правил. Естественное и искусственное
освещение»
- 22 ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. – «Электромагнитные поля радиочастот.
Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению
контроля»
- 23 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – «Гигиенические требования к персональным
электронно-вычислительным машинам и организации работы»
- 24 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. – «Электробезопасность. Предельно
допустимые значения напряжений прикосновения токов»
- 25 ГОСТ 12.2.032 – 78 Рабочее место при выполнении работы сидя
- 26 ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»
- 27 ГОСТ Р 51057-2001 – «Техника пожарная. Огнетушители переносные.
Общие технические требования. Методы испытаний»
- 28 ГОСТ 12.2.003-91 – «Оборудование производственное. Общие
требования безопасности»

- 29 ГОСТ EN 894-3-2012 – «Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления»
- 30 ТОО Р-45-084-01 – « Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере»
- 31 ГОСТ Р 52105-2003 – «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения»
- 32 Утилизация отходов [Электронный ресурс]: Применение. Переработка люминесцентных ламп. URL: <http://www.arcon-environmental.ru/>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз.рус. Дата обращения: 23.05.2016

Приложение А

(справочное)

Листинг кода

```
#include <SimpleModbusSlave.h> //
#include <PID_v1.h> //
#define echoPin1 4 // идентификатор УЗ датчика
#define trigPin1 5 // идентификатор УЗ датчика
#define DatN 8 // нижний контакт
#define DatV 13 // верхний контакт

// перечисляем регистры ведомого, адрес 1 регистра начинается с 0
enum
{
    ADC_VAL,
    PWM_VAL,
    HOLDING_REGS_SIZE=8
};

unsigned int holdingRegs[HOLDING_REGS_SIZE]; // массив регистров

// объявляем переменные для системы
int Relay = 7; // реле для насоса
int RelayBig = 12; // реле для задвижки на закрытие (больше)
int RelaySmall = 2; // реле задвижки на открытие (меньше)

// объявляем ПИД регулятор уставка, входное, выходное, параметры ПИД и
направление изменения выходного сигнала
double Setpoint, Input, Output, Kp=136, Ki=0, Kd=4;
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);
boolean ZPID; // выходное значение дискретного регулятора в виде 1 и 0

// Задаем ШИМ
double Saw=0; // переменная для хранения значений пилообразного сигнала
unsigned long now; // переменная для хранения текущего момента времени
unsigned long lastSawChange = 0; // последнее значение
unsigned long lastSerialOutput = 0; //
double gamma = 0.5; // гамма функция для экспоненциального фильтра
double y1 = 0; //отфильтрованное значение
bool isPWMChanged ; // изменение пилы
int SampleTime = 10; // время через которое будет меняться пила
int flagBig,flagSmall;
```

```

void setup() {
pinMode(Relay, OUTPUT);
pinMode(RelayBig, OUTPUT);
pinMode (RelaySmall, OUTPUT);
pinMode(trigPin1, OUTPUT);
pinMode(echoPin1, INPUT_PULLUP);
pinMode(DatN,INPUT_PULLUP);
pinMode(DatV,INPUT_PULLUP);
digitalWrite(RelayBig, HIGH); // реле больше выключено
digitalWrite(RelaySmall, HIGH); // реле меньше выключено
digitalWrite(Relay, HIGH); // реле насоса выключено
Input = analogRead (echoPin1)/58; // считываем показания в сантиметрах для
входа ПИД
Setpoint = 7; // уставка
myPID.SetMode (AUTOMATIC); // задаем ПИД в автоматическом режиме
myPID.SetSampleTime(SampleTime);
myPID.SetOutputLimits(-30,30);

//конфигурация модбаса
modbus_configure(&Serial, 115200, SERIAL_8N2, 1, 2, HOLDING_REGS_SIZE,
holdingRegs);
modbus_update_comms(115200, SERIAL_8N2, 1);
}

void loop() {

// первый контур регулирования
int lockV,lockN;
lockV = digitalRead(DatV);
lockN = digitalRead(DatN);
if (lockV==1)
{digitalWrite(Relay, LOW);
}
if (lockN==1)
{digitalWrite(Relay, HIGH);
}
// второй контур регулирования
int cm1, duration1;
digitalWrite(trigPin1, LOW);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(trigPin1, HIGH);
delayMicroseconds(25);
digitalWrite(trigPin1, LOW);

```

```

duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH, 1700); // замеряем длину импульса
cm1 = duration1/58 ;// пересчитываем в сантиметры
y1 = gamma * cm1 + (1 - gamma) * y1; // фильтр экспоненциального
сглаживания значений уровня
Input = y1; // вход на ПИД регулятор
ZPID=myPID.Compute(); // считываем выходной сигнал ПИД-регулятора
now = millis(); //данный момент времени
if (now - lastSawChange >= 40) // если время между данным моментом времени и
последним изменением пилы
{
    Saw=Saw+1;
    if (Saw>=30)
    {Saw=0;
    }
    lastSawChange = now;
}
if (now - lastSerialOutput >= 1500) {
lastSerialOutput = now;
}

if (Output>0)
{
    digitalWrite(RelaySmall, LOW);
    digitalWrite(RelayBig, HIGH);
    flagBig=1;
    flagSmall=0;
}
else
{
    digitalWrite(RelaySmall, HIGH);
    digitalWrite(RelayBig, LOW);
    flagSmall=1;
    flagBig=0;
}
if ((flagBig==1)&& (Saw>=Output))
{ digitalWrite(RelaySmall, HIGH);
}
if( (flagSmall==1)&& (-Saw<=Output))
{ digitalWrite(RelayBig, HIGH);
}
delay (500);
modbus_update();
holdingRegs[1] = cm1; // уровень во второй емкости
holdingRegs[2] = Ki; //

```

```
holdingRegs[3] = Kd; //  
holdingRegs[4] = Output; // выход ПИД регулятора  
holdingRegs[5] = Setpoint; //значение уставки  
holdingRegs[6] = Kp;  
holdingRegs[7] = Saw;
```

Приложение Б

(справочное)

В таблице 20 приведен график проведения научно-исследовательской работы

Таблица 20 - График проведения научно-исследовательской работы

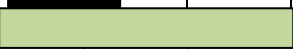
Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
					T_{Pi}		T_K	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	Руководитель	студент	Руководитель	студент
Составление и утверждение задания на ВКР	Руководитель	3	7	4,6	4,6	–	9,2	–
Выбор направления исследований	Руководитель, студент	2	5	3,2	1,0	0,6	2	1,2
Изучение и подбор материалов по теме исследования	Руководитель, студент	5	15	9	3,5	5,5	7	11
Разработка календарного плана	Руководитель, студент	2	4	2,8	1,0	2,1	2	4,2
Разработка принципиальной и структурной схемы	Руководитель, студент	5	15	9	6,5	8,2	13	16,4
Проведение теоретических расчетов	Руководитель, студент	12	15	13,2	4,3	11,2	8,6	22,4
Построение модели и проведение экспериментов	Руководитель, студент	4	9	6	4,3	5,7	8,6	11,4
Проектирование и изготовление рабочего стенда	Руководитель, студент	7	12	9	7,3	5,4	14,6	10,8
Обсуждение списка литературы	Руководитель, студент	2	6	3,6	1,0	2,8	2	5,6
Оформление расчетно - пояснительной записки	студент	10	19	13,6	-	13,6	-	27,2
Подведение итогов	Руководитель, студент	5	8	6,2	4,46	2,3	8,92	4,6
Итого:				80,2	37,96	57,4	75,92	114,8

Приложение В

(справочное)

В таблице 21 приведен график проведения научно-исследовательской работы

Таблица 21 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение задания на ВКР	Руководитель	9													
2	Выбор направления исследований	Руководитель, студент	2 2		 											
3	Изучение и подбор материалов по теме исследования	Руководитель, студент	7 11		 											
4	Разработка календарного плана	Руководитель, студент	2 4			 										
5	Разработка принципиальной и структурной схемы	Руководитель, студент	13 16			 										
6	Проведение теоретических расчетов	Руководитель, студент	8 22					 								

7	Построение модели и проведение экспериментов	Руководитель, студент	8 11													
8	Проектирование и изготовление рабочего стенда	Руководитель, студент.	14 10													
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	Студент	27													
10	Подведение итогов	Руководитель, студент	9 5													

■ - Руководитель

■ -студент