

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка модульного стенда физического подобия для изучения гидротехнических систем

УДК 004.85:378.162.33:626/628.001.89

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Леонавичус Наталья Витальевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные</i>	
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
<i>Универсальные</i>	
P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности
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 – 15.03.06 мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ 10.04.20 г. Мамонова Т.Е.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Леонавичус Наталья Витальевна

Тема работы:

Разработка модульного стенда физического подобия для изучения гидротехнических систем

Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.05.2020 №134 - 23
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом проектирования является учебный образовательный стенд, применяемый для изучения гидротехнических систем.</p> <p>Разрабатываемое оборудование должно соответствовать следующим требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Максимальное напряжение питания в системе – 24 В; • Максимальный вес модуля - 3 кг; • Соблюдение требований ГОСТ Р ИСО/МЭК 50-2002 (Безопасность детей)
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка структурной схемы стенда и двух модулей. 2. Обзор и анализ существующих аналогов. 3. Разработка структурной схемы. 4. Выбор программных и аппаратных компонентов. 5. Разработка функциональных схем. 6. Разработка принципиальной схемы модуля. 7. Разработка алгоритма работы.
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема, функциональная схема</p>
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конопотский Владимир Юрьевич, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Матвиенко Владимир Владиславович, ассистент ООД ШБИП

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

<p>Нет</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>10.04.2020</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			10.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Леоновичус Наталья Витальевна		10.04.2020

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 – 15.03.06 мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Уровень образования – бакалавр
 Период выполнения – весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.04.2020	Основная часть	60
04.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
13.05.2020	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		10.04.2020

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			10.04.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		10.04.2020

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Леонавичус Наталья Витальевна

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ, ставка дисконтирования $i=0.1$)</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ - выполнить
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ - выполнить

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.04.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к. э. н.		10.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Леонавичус Наталья Витальевна		10.04.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Леонавичус Наталье Витальевне

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Тема ВКР:

Разработка модульного стенда физического подобию для изучения гидротехнических систем	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является образовательный стенд физического подобию для изучения гидротехнических систем. Рабочим местом является аудитория 101 корпуса №10 ТПУ.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018). – ГОСТ Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата – Превышение уровня шума – Отсутствие или недостаток естественного света – Недостаточная освещенность рабочей зоны – Поражение электрическим током
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на атмосферу (выбросы), литосферу (отходы). Утилизация твердых бытовых отходов, вторичное использование материалов подлежащих вторичной переработке.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией для учебного корпуса является – пожар. Во избежание возникновения возгорания необходимо соблюдать технику

	безопасности при работе с электрооборудованием.
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.04.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			10.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Леонавичус Наталья Витальевна		10.04.2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 73 страницы, 25 рисунков, 27 таблиц, список используемых источников содержит 27 наименований и приложение на 6 листах.

Ключевые слова: образовательный стенд, автоматическое управление, физическое подобие, гидросистема.

Цель работы – разработка модульного стенда физического подобия для изучения гидротехнических систем.

В процессе выполнения работы был проведен обзор и анализ образовательных стендов, на его основе была сформулирована концепция модульного стенда, также разработаны функциональные схемы двух модулей, в соответствии с которыми подобраны основные элементы. Для первого модуля предоставлены принципиальная схема и алгоритм работы.

В будущем планируется продолжение работы по данной тематике.

Дипломная работа подготовлена в текстовом редакторе Microsoft Word 2019, графический материал – с помощью online-инструмента для создания диаграмм и блок-схем Draw.io.

Содержание

Введение.....	12
1 Литературный обзор аналогов.....	14
2 Разработка стенда	19
2.1 Разработка структурной схемы.....	21
2.2 Разработка модуля «Станция перелива-хранения».....	22
2.2.1 Разработка функциональной схемы стенда.....	22
2.2.2 Подбор основных элементов.....	24
2.2.3 Разработка алгоритма	34
2.3 Разработка модуля «Станция нагрева»	35
2.3.1 Разработка функциональной схемы стенда.....	35
2.3.2 Выбор компонентов	37
2.3.3 Расчет источника питания.....	40
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	42
3.1 Организация и планирование работ	42
3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	46
3.3 Расчет общей себестоимости разработки	50
3.4 Оценка экономической эффективности проекта.....	51
4 Социальная ответственность	52
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	52
4.2 Производственная безопасность.....	54
4.3 Экологическая безопасность	61
4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ...	61

4.3.2	Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду	61
4.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	62
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	62
4.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	62
4.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	63
4.5	Выводы по разделу	63
	Заключение	64
	Список используемых источников.....	65
	Приложение А (обязательное) Схема электрическая принципиальная	
	Приложение Б (обязательное) Блок-схема алгоритма демонстрационного режима	

Введение

Актуальность

В мире бурно развивающихся технологий максимально реализовать себя должно именно молодое поколение. Такую точку зрения президент России Владимир Путин высказал полгода назад, выступая на форуме профессиональной навигации «Проектория». По словам президента, очень важно помогать молодым людям совершить правильный осознанный выбор профессии. Еще учась в школах, дети должны понимать, что стоит за той или иной профессией, какие навыки и умения необходимы для того чтобы быть успешным в выбранной сфере. Но на сегодняшний день профориентация в школах носит скорее агитационный характер, а не знакомит учащихся с профессиями.

Будущее страны – в руках молодежи, получившей качественное образование, считают политики, ученые и общественные деятели нашей страны. Среди приоритетных направлений модернизации и технического развития российской экономики встречается большое количество технических специализаций, которые требуют наличия логического и системного мышления, знаний в области физики и математики, а также навыков программирования. База для формирования необходимых умений и навыков может быть сформирована еще до поступления в высшие учебные заведения.

Исходя из этого, решено разработать образовательный стенд, работа с которым будет содействовать профориентации учащихся старших классов, а также развитию их логического и системного мышления, навыков программирования, закреплению знаний в области физики и математики.

Цель: разработка образовательного модульного стенда физического подобию для изучения гидротехнических систем

Задачи:

- 1 Произвести обзор и анализ существующих аналогов
- 2 Разработать структурную схему.

- 3 Разработать функциональные схемы.
- 4 Осуществить выбор основных элементов.
- 5 Разработать принципиальную схему модуля.
- 6 Разработать алгоритм работы.

1 Литературный обзор аналогов

ЭнергияЛаб – Учебное оборудование «Компактная станция для транспортировки деталей и заготовок»

Компания ЭнергияЛаб разрабатывает, производит и поставляет учебное оборудование, лабораторные стенды, учебную технику для учебных заведений. Среди множества стендов и комплексов, представленных данной компанией наиболее интересным, «практическим» и близким к автоматизации является «Компактная станция для транспортировки деталей и заготовок», которая приведена на рисунке 1.

Станция оснащена двухосевым модулем перекладки и модулем ленточного транспортера.



Рисунок 1 – Стенд от ЭнергияЛаб

Оптические отражательные переключатели распознают находящийся на транспортере корпус заготовки. Транспортер перемещает заготовку к электрическому сепаратору. Модуль перекладки захватывает вставку со ската и укладывает ее на корпус заготовки. Заготовка в сборе (корпус со вставкой) выдается сепаратором заготовок и транспортируется до конца ленточного транспортера. Цена неизвестна, требуются уточнения.

Остальные стенды, представленные данной компанией, выглядят довольно однотипно, имеют вид лабораторной панели и предназначены скорее для профессиональных и высших учебных заведений, а также не имеют возможности применения навыков программирования и доступного для детей методического обеспечения (рисунок 1).

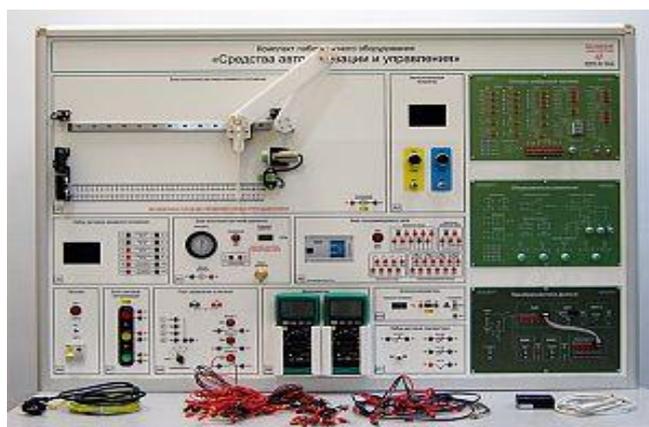


Рисунок 2 – Лабораторный стенд "Средства автоматизации и управления"

Типовой комплект учебного оборудования «Основы мехатроники»

Состав комплекта:

1 Моноблок с программируемым логическим контроллером, источником питания и элементами индикации и управления.

2 Комплект для сборки и отладки физического объекта автоматизации, включающий в себя:

- узел выдачи заготовок;
- узел конвейера ДПТ;
- узлы накопителя с пневмострелкой;
- узел вакуумного переключателя;
- алюминиевая профильная плита;
- датчики различных типов (не менее 3 типов);
- пульт ручного управления мехатронным модулем.

3 Ноутбук.

4 Программное обеспечение.

5 Методические указания и техническое описание.

6 Комплект принадлежностей для проведения лабораторных работ.

Цена: 509 560 руб.

Данный комплект (рисунок 3) предназначен для профильных школ, имеет программное обеспечение, идущее вместе с учебным оборудованием.



Рисунок 3 – Типовой комплект учебного оборудования «Основы мехатроники»

PASKAL – Учебный лабораторный стенд "Мехатронный модуль — Сборочно-сортировочная линия " PASKAL АБР-01

Учебный стенд PASKAL АБР-01 можно успешно использовать для получения навыков по управлению и программированию промышленных роботов и изучения принципов разработки, наладки и программирования автоматизированных систем управления электро- и пневмоприводами поточных линий, выполненных на основе программируемых логических контроллеров (рисунок 4).



Рисунок 4 – Учебный лабораторный стенд "Мехатронный модуль — Сборочно-сортировочная линия "

Данный стенд позволяет развивать компетенции в области мехатронных систем и автоматизации реальных механических объектов.

Присутствует возможность выбора комплекта с промышленным программируемым логическим контроллером (на выбор ПЛК SIEMENS или ОВЕН). Вид среды программирования для данных контроллеров приведен на рисунке 5. Данный комплект с легкостью может быть дополнен необходимыми в работе датчиками - учебный стенд имеет открытую архитектуру.



Рисунок 5 – Среда программирования промышленных контроллеров

Среди ассортимента компании PASKAL, существует лишь одна позиция, ориентированная на обучение школьников – это токарно-фрезерный ЧПУ станок (рисунок 6).



Рисунок 6 – Учебно-лабораторный комплекс "Токарные и фрезерные работы на станках с ЧПУ" PASKAL

Анализ аналогов

Критерии оценивания аналогов:

- наличие доступной для детей школьного возраста среды программирования;

- прилагающееся методическое обеспечение; ориентированное на школьников;
- простая, интуитивная система управления;
- габариты, позволяющие разместить оборудования на ученической парте;
- цена;

Анализ аналогов на соответствие критериям представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ аналогов

Аналог	Доступная среда программирования	Метод. обеспечение	Простая СУ	Габариты	Цена
Стенд от ЭнергияЛаб	-	-	+	-	++
Комплект «Основы мехатроники»	+	+	-	-	+++
Учебный лабораторный стенд «Сборочно-сортировочная линия»	-	-	-	+	++

На рынке существует достаточно большое количество образовательных стендов и комплексов по робототехнике (конструкторы, манипуляторы, роботы – биолоиды). Что касается автоматизации процессов и производств – обучающие стенды и комплексы по данной специализации предназначены в основном для высших и профессиональных учебных заведений.

Основными недостатками среди рассмотренных аналогов являются: отсутствие доступной для детей школьного возраста среды программирования, а также возможности применения знаний, полученных ранее на уроках информатики; отсутствие методического обеспечения, ориентированного на детей среднего и старшего школьного возраста; высокая стоимость обучающих стендов и комплексов.

2 Разработка стенда

После обзора аналогов, существующих на рынке и выявления достоинств и недостатков присущих рассмотренным вариантам, можно приступить к разработке собственного стенда, отвечающего поставленным требованиям.

Преследуя цель поддержки профориентационной деятельности с уклоном на автоматизацию производств необходимо предоставить возможность изучить процессы и принципы работы элементов какой-либо части, этапа производства. Практически в каждой из сфер промышленности производство не обходится без гидротехнических систем или их элементов.

Разрабатываемый стенд позволит изучить основные процессы и элементы гидросистем.

Недостатком многих стендов является крупногабаритность и необходимость отведения под размещение учебного оборудования части помещения или даже отдельного кабинета. Многие школы не имеют свободных площадей и для того чтобы разрабатываемое оборудование могло применяться в условиях обычного класса оно должно помещаться на школьной парте и иметь малые габариты и вес для беспроблемной организации хранения. Также нет необходимости размещать на парте сразу весь комплекс как за 1-2 академических часа можно сделать лишь определенный ограниченный объем работ.

В связи со всем вышесказанным принято решение сделать стенд модульного типа. Каждый модуль стенда будет демонстрировать свою часть гидротехнической системы, определенные типы датчиков и элементов. Также предусматривается возможность последовательного соединения модулей, для того чтобы продемонстрировать работу линии, в которой каждая секция выполняет свою задачу.

При разработке модулей стоит учесть следующие ограничения:

1 Готовая секция должна быть расположена на ученическом столе, не мешая письму и размещению методических пособий. Размеры школьной

парты 120 x 50 (см), размеры всей секции должны быть таковыми, чтобы у ученика оставалось 30 см для размещения тетради и комфортного письма. Для удовлетворения данного требования **размеры одного модуля приняты равными 25 x 20 (см)**. Следовательно, компоненты должны быть подобраны с учетом габаритов секции (рисунок 7).

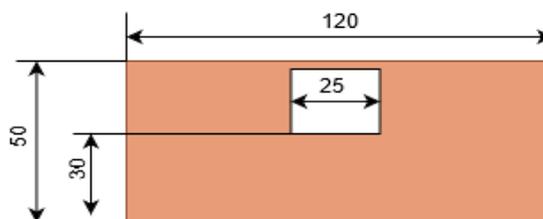


Рисунок 7 – Соотношение размеров парты и модуля

2 Для того, чтобы секцию можно было легко перемещать, а также для исключения вероятности получения серьезных травм при падении оборудования, модуль должен иметь минимально-возможный вес, **максимальное значение – 3кг.**

3 Напряжение, считающееся безопасным для человека в сухом помещении, составляет до 36В. Для исключения возникновения электротравм при неправильной эксплуатации, примем максимальное напряжение питания элементов – **24В постоянного тока.**

4 Так как существует множество школ, не способных позволить себе дорогостоящее оборудование, стоимость стенда должна быть доступной для приобретения учебными заведениями с небольшим финансированием. **Предельная совокупная себестоимость** одного модуля не должна превышать **10 000 RU.**

5 Для того чтобы отработка алгоритма на стенде не занимала много учебного времени, набор жидкости в бак до рабочего уровня должен занимать не более 30 секунд.

6 Так как стенд предназначен для обучения школьников, то при выборе микроконтроллера необходимо учесть наличие доступной для школьников среды программирования.

2.1 Разработка структурной схемы

Стенд содержит следующие модули.

Станция «Перелива-хранения»

В производственных процессах промышленности, например, химической большое значение имеет контроль за уровнем жидкостей и твердых сыпучих материалов в технологических аппаратах, различных емкостях и в резервуарах.

Станция «Нагрева»

Один из основных процессов – нагрев жидкости или любого другого вещества до заданной температуры. В химической промышленности, нагрев применяется в следующих процессах: нагревания и охлаждения веществ в различных агрегатных состояниях, испарения жидкостей и конденсации паров, перегонки и сублимации, абсорбции и адсорбции, расплавления твердых тел и кристаллизации, подвода тепла при проведении определенных реакций.

Станция «Смешивания»

Смешивание жидкости является очень важной частью индустрии потребительских товаров. Ни одна из отраслей товаров широкого потребления не обходится без агрегатов и процедур смешивания жидкости: парфюмерия, косметика, бытовая химия, пищевая промышленность, а кроме того нефтеперерабатывающая и автомобильная индустрия [1].

Станция «Разделения на фракции»

В природе вещества обычно встречаются в виде смесей. Чтобы получить чистое вещество, необходимо выделить его из смеси. Фракционирование - разделение смеси веществ каким-либо способом.

Разделение смеси производят для выделения в чистом виде всех её составных частей. Способы разделения и очистки веществ основаны на их различиях. Одним из самых простых способов разделения неоднородных

смесей является отстаивание. Используется для разделения неоднородных смесей жидкого и твёрдого вещества или двух жидкостей, которые различаются по плотности.

На рисунке 8 указаны возможные способы соединения модулей стенда между собой.

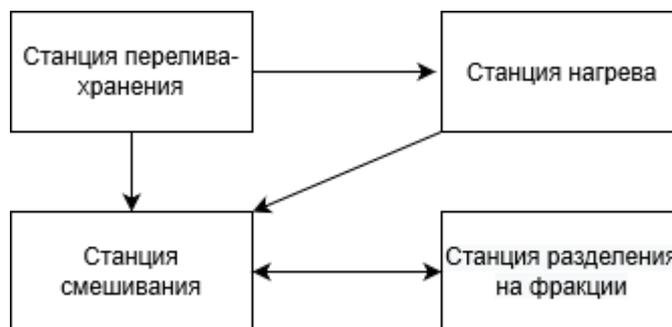


Рисунок 8 – Структурная схема образовательного стенда

2.2 Разработка модуля «Станция перелива-хранения»

Так как в концепции стенда заложена задача познакомить учащихся с наибольшим числом различных устройств и датчиков, а также с принципами их работы, в каждой из секций для набора жидкости определенного уровня используются разные устройства и типы датчиков: расходомер, уровнемер, датчики уровня (поплавковый горизонтальный, поплавковый угловой, бесконтактный емкостной). Данная секция предполагает установку бесконтактных датчиков уровня, а также расходомера и уровнемера.

2.2.1 Разработка функциональной схемы стенда

Система состоит из основного резервуара, сливной трубы, установленной в нижней части бака, и входной трубы, заведенной сверху бака и соединенной с резервуаром с жидкостью или с другой секцией.

Схематичное представление секции набора жидкости приведено на рисунке 9.

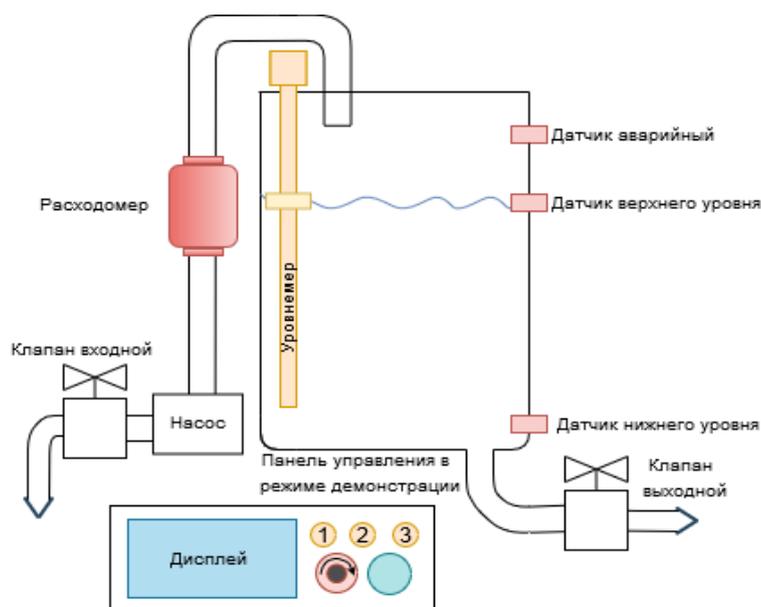


Рисунок 9 – Секция набора жидкости

За создание давления, для подачи жидкости в резервуар отвечает насос. Для открытия подачи воды и ее ограничения используется входной клапан.

Для слива воды из бака, в сливную трубу установлен управляемый выходной клапан.

Для контроля уровня жидкости в баке необходимы датчики уровня. Так как данная секция предназначена для образовательных целей, то для управления работой станции установлены датчики разных типов, чтобы иметь возможность научить школьников принципам их работы. В качестве таких датчиков использованы расходомер, уровнемер и датчики уровня.

Датчиков уровня установлено 3: верхнего и нижнего уровня, а также аварийный. Аварийный датчик установлен для того, чтобы с помощью его сигнала можно было предотвратить переполнение бака по причине допущенных ошибок в коде алгоритма.

Для управления секцией установлен контроллер, который может быть перепрограммирован школьником или студентом, работающим за стендом. Данный контроллер осуществляет управление клапанами и насосом, а также обрабатывает информацию с датчиков.

Для демонстрации работы данной станции используется панель управления, состоящая из: трех кнопок, обозначающих способ контроля уровня жидкости (1 – по расходомеру, 2 – по уровнемеру, 3 – по датчикам уровня); потенциометра, дающего возможность установить необходимые значения объёма; кнопки ПУСК/СТОП, предназначенной для запуска программы или принудительного завершения процессов.

Для гарантии безопасности работы и предотвращения внештатных ситуаций, по сигналу от аварийного датчика, система переводится в безопасное состояние, закрываются клапаны и выключается насос. Сигнал от аварийного датчика также подведен к микроконтроллеру, чтобы была возможность программно вывести уведомление об ошибке на дисплей.

Функциональная схема стенда, приведена на рисунке 10.

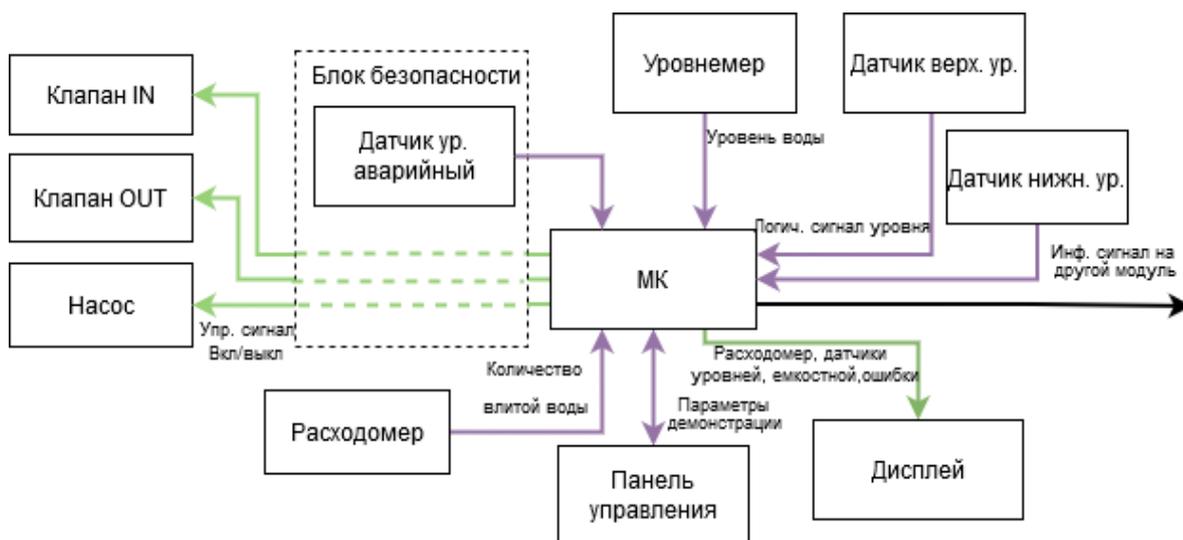


Рисунок 10 – Функциональная схема модуля «Перелива-хранения»

Так как данный стенд предназначен для работы с детьми, он должен соответствовать требованиям эргономики, безопасности и надежности.

2.2.2 Подбор основных элементов

Бак

Самая большая деталь конструкции данного модуля — это бак. Его габариты определены из желаемых размеров всего модуля. Исходя из

размеров всего модуля примем следующие габариты бака – 150 x 120 x 200 (мм). Толщина стенок емкости 5мм.

Для того чтобы была видна жидкость внутри сосуда, бак будет изготовлен из прозрачного пластика [5].

Насос

Рассчитаем необходимую производительность насоса. Габариты бака – 150 x 120 x 200 (мм). Рассчитаем объем бака V умножив длину основания a на ширину основания b и на высоту сосуда c .

$$V = a * b * c = 150 * 120 * 200 = 3600000\text{мм}^3 = 3600\text{см}^3 = 3,6\text{л}$$

При данных размерах объем бака будет равен 3 600 см³, т.е. 3,6 литров.

Согласно ограничениям, заполнение резервуара до рабочего уровня должно происходить за 30 секунд, пусть рабочий уровень равен 14 см (на этой высоте будет установлен датчик среднего уровня). При высоте столба в 14 см, набранный объем будет приблизительно равен 2,5 л. Исходя из этого определим производительность насоса.

$$\frac{2,5\text{л}}{30\text{с}} = 5\text{ л/мин} = 300\text{л/ч}, \quad \frac{5\text{ л/мин}}{1000 * 60} = 0.0000833\text{ м}^3/\text{с}$$

Значит скорость закачки воды должна равняться 5 л/мин или 0.0000833 м³/с.

Для выбора насоса необходимо определить какое сопротивление трубной системы (в барах) должен преодолевать насос. Пусть емкость из которой будет происходить закачка воды будет стоять на полу. Высота школьной парты 65-75см, берем верхнюю границу данного диапазона, так как при ней сопротивление трубной системы будет наибольшее. Пусть входная труба заводится в 5 см над баком, чья высота составляет 20 см. Тогда перепад высоты будет равен 1 м, что соответствует 0,1 кгс/см². Так как 1 бар = 1,0197 кгс/см² = 10,197 м.в.ст, то выходит что насос должен преодолевать сопротивление всего лишь в 0,1 бар.

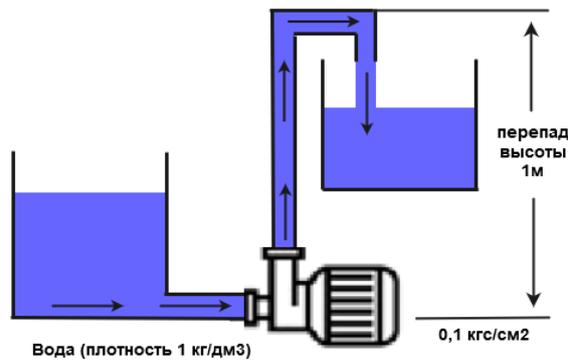


Рисунок 11 – Расчет перепада высоты

Также при выборе необходима такая характеристика как мощность электродвигателя насоса. Мощность (Вт) двигателя насоса определяется по формуле (1) [5]:

$$P = \frac{k * \gamma * Q * H}{\eta_n * \eta_p}, \text{ где} \quad (1)$$

k – коэффициент запаса (1,1—1,4);

γ – удельный вес перекачиваемой жидкости, $H/м^3$, для холодной воды равен 9800;

Q – производительность насоса, $м^3/с$;

H – напор насоса, м;

η_n – КПД передачи (при непосредственном соединении насоса с двигателем $\eta_p = 1$);

η_p – КПД насоса.

$$P = \frac{k * \gamma * Q * H}{\eta_n * \eta_p} = \frac{1,4 * 9800 \text{ Н/м}^3 * 0,0001 \text{ м}^3/с * 0,9 \text{ м}}{1 * \eta_p} = \frac{1,235}{\eta_p} \text{ Вт}$$

Из всех типов насосов выбор был сделан в пользу циркуляционных, так как насосы данного типа отличаются компактными размерами, бесшумностью, потребляют мало электроэнергии и обладают длительным сроком эксплуатации, устанавливаются на трубопроводе.

В зависимости от способа охлаждения ротора агрегаты циркуляционного типа делятся на:

Приборы с **мокрым ротором** монтируются в перекачиваемой жидкости. Охлаждение мотора происходит за счёт транспортируемой водной

среды. Это неприхотливые, бесшумные приборы с плавной регулировкой скорости работы и приемлемой ценой.

Насосы с сухим ротором. Для смазки и охлаждения в таком приборе используется специальное масло. При этом во время работы мотор не контактирует с водой. Эти приборы подходят для транспортировки больших объёмов воды, поскольку имеют более высокий КПД (до 80%). Однако агрегат требует регулярного техобслуживания, которое состоит в замене масла для смазки и охлаждения [4].

Так как в системе не происходит транспортировки больших объёмов воды, а наличие потребности в регулярном техобслуживании является весомым недостатком, выбор был совершен в пользу циркуляционного насоса с мокрым ротором.

Ориентировочная информация о КПД насосов с ротором мокрого типа разной мощности приведена в таблице 2.

Таблица 2 – КПД насосов с ротором мокрого типа

Мощность	η
до 0,1 кВт	(5 – 25)%
0,1-0,5 кВт	(20 – 40)%
0,5-2,5 кВт	(30 – 40)%

Ранее было получено следующее выражение

$$P = \frac{1,235}{\eta_p} \text{ Вт} ,$$

где η_p - кпд насоса.

Очевидно, что в любом случае мощность не превысит 0,1 кВт.

$$P_1 = \frac{1,235}{\eta_p} = \frac{1,235}{0,05} = 24,7 \text{ Вт}$$

$$P_2 = \frac{1,235}{\eta_p} = \frac{1,235}{0,25} = 4,94 \text{ Вт}$$

Следовательно, в зависимости от КПД насоса мощность должна быть от 4,94Вт до 24,7Вт. Опираясь на полученные величины, можно приступить к выбору насоса.

В процессе поиска моделей насосов, соответствующих характеристикам, оказалось, что весьма подходящим является погружной цилиндрический насос для воды на 12В. Погружной насос, с производительностью 7.5 литров в минуту, благодаря своим габаритам может быть использован для подачи воды из канистры или любой другой емкости с узким горлышком, поэтому он включен в рассмотрение. Погружной насос PDC7.5, а также циркуляционный насос 600А представлены на рисунках 12 и 13 соответственно.

Таблица 3 – Выбор насоса

	Тип насоса	Питание, В	Производительность, л/мин	Высота подъема, м	Диаметр патрубка в out, мм	Вес, г	Цена
600А Aliexpress	Циркуляционный	12	9,6	2,3-3,3	11	110	1140
Javtop JT-750	Циркуляционный	6-12	5,8-11,6	0,8-5	12	72	860
PDC7.5	Погружной, цилиндрический	12	7,5	4,9	11	90	1490



Рисунок 12 – Насос PDC7.5



Рисунок 13 – Насос циркуляционный 600А

Так как второй вариант максимально близок к установленным критериям, а также обладает меньшим весом и стоимостью, то выбор будет сделан в пользу модели Javtop JT-750.

Расходомер

Наиболее распространены и просты датчики расхода воды, состоящие из корпуса, водяного ротора с магнитом на его валу и датчика Холла на входе. При прохождении воды через ротор, он начинает вращаться, соответственно, вращается и магнит. Скорость его вращения изменяется в зависимости от потока воды. Датчик Холла реагирует на изменение магнитного поля и выдает соответствующий импульсный сигнал.

При выборе расходомера необходимо учитывать тип жидкости, диаметр патрубков, скорость измеряемого потока (таблица 4).

Таблица 4 – Выбор расходомера

	Питание, В	Измеряемый поток воды, л/мин	Температура, °С	Размер, См	Диаметр патрубков, мм	Цена
SEA YF-S201B	5 – 18	1-30	от -25 до + 80	6 x 4	12,7	370
YF-S201C	5 – 24	1-30	от -25 до + 80	--	12,7	330
DN15	5-18	1-30	от -25 до + 80	60x26x 20мм	12,7	940

Из представленных выше вариантов выбран счетчик расхода жидкости YF-S201C, ввиду того, что он отвечает всем поставленным требованиям и имеет меньшую стоимость (рисунок 14).



Рисунок 14 – Счетчик расхода жидкости YF-S201C

Клапаны

В качестве запорно-регулирующего элемента, выбран нормально закрытый электромагнитный клапан, с напряжением питания 12В. Внешний вид клапана приведен на рисунке 15, информация о характеристиках клапана представлена в таблице 5.



Рисунок 15 – Клапан 2W-15-SL-N-DC12

Таблица 5 – Характеристики клапана 2W-15-SL-N-DC12 [9]

Напряжение питания	12В
Температура	-5 ~ 80 °С
Давление	0 – 7 bar
Габариты	121 x 68 x 76 мм
Стоимость	1846 RU

Датчики уровня

Согласно установленными ограничениям, необходимо использовать бесконтактный тип датчиков уровня. Одним из плюсов данного типа датчиков является отсутствие необходимости создания дополнительных креплений или отверстий. Принцип работы бесконтактного датчика основан на работе ёмкостного сенсора с высокой чувствительностью, который реагирует на изменение диэлектрической проницаемости.

Датчик уровня ХКС-У26-V (рисунок16) возвращает высокий уровень сигнала при обнаружении воды или другого диэлектрика за стенкой сосуда и низкий если таковой отсутствует. Характеристики датчика приведены в таблице 6.



Рисунок 16 – Датчик уровня ХКС-У26-V

Таблица 6 – Характеристики датчика уровня ХКС-У26-V [10]

Рабочий диапазон напряжений	5-24В
Стоимость	690 RU
Потребляемый ток	5мА

Уровнемер

Данный датчик должен не просто сигнализировать о достижении определенного уровня, а выдавать непрерывный сигнал, несущий в себе информацию о текущем уровне. Подобные датчики имеют вид стержня (емкостные) или же стержня с поплавком (магнитные) (рисунок 17). Первые чаще применяются в промышленности, обладают высокой точностью и соответствующей ценой. Вторые – применяются в основном для контроля уровня топлива в баке, например, на небольших судах и имеют меньшую стоимость.

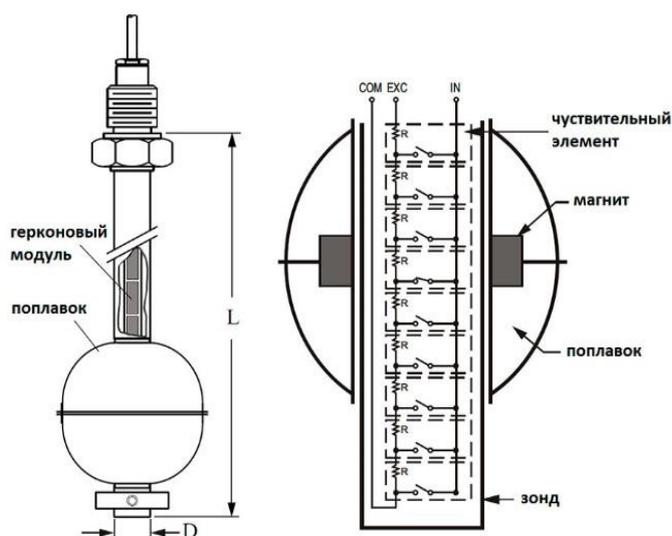


Рисунок 17 – Устройство герконового (магнитного) уровнемера

Ввиду того, что разница в стоимости между двумя типами уровнемеров может достигать порой порядка 50 раз, выбор сделан в пользу магнитных уровнемеров для топливных баков, виду их ценовой доступности. Характеристики выбранного датчика приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики уровнемера [11]

Рабочее напряжение	9 - 32В
Диапазон сопротивлений	0-190 Ом
Рабочая температура	от -40 до 85°C
Вес	350 г
Длина	200 мм
Стоимость	1 442,28 RU



Рисунок 18 – Уровнемер магнитный

Микроконтроллер

При выборе микроконтроллера важно предусмотреть наличие доступной для школьников среды программирования. Наиболее распространенными в образовательной среде являются микроконтроллеры AtMega на базе платформы Arduino. Так как Arduino пользуются в основном новички в программировании МК, в том числе и школьники, то под эту платформу сделано достаточно большое количество IDE, как текстовых (Arduino IDE), так и графических (XOD, Scratch, ArduBlock, FLProg). Наличие разных по сложности освоения сред программирования, является несомненным плюсом этой платформы. Сравнение основных часто используемых плат серии Arduino приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Выбор микроконтроллера

Наименование	Цифровые входы/выходы	Аналоговые входы	Flash-память	Тактовая частота	Размер	Цена
Arduino Nano ATmega328P	14 (6 – ШИМ)	8	32 Кб (2Кб-загрузчик)	16 МГц	45×18 мм	10
Arduino Uno ATmega328	14 (6 – ШИМ)	8	32 Кб (0,5Кб-загрузчик)	16 МГц	68,6× 53,4мм	39
Arduino Leonardo ATmega32u4	20 (7– ШИМ)	12	32 Кб (4Кб-загрузчик)	16 МГц	69×53 мм	40
Arduino Mega ATmega2560	54 (15– ШИМ)	16	256 Кб (8Кб-загрузчик)	16 МГц	102×53 мм	32

После анализа характеристик вышеперечисленных плат, выбрана модель Arduino Nano так как памяти и количества входов\выходов будет вполне достаточно, а малый размер и невысокая стоимость являются несомненными плюсами, в рамках установленных ограничений.

На принципиальной схеме ФЮРА.ХХХХХХ.001.ГЗ изображено подключение датчиков и исполнительных элементов системы к микроконтроллеру. Для того чтобы ознакомиться с принципиальной схемой и документацией к не необходимо обратиться к приложению А.

Источник питания

Для питания модуля необходимо подобрать блок питания обеспечивающий преобразование переменного тока сети в постоянный ток 12В. Для выбора необходимо подчитать суммарный ток потребления секции. Токи потребления компонентов системы указаны в таблице 9.

Таблица 9 – Токи потребления элементов системы

Компонент	Потребляемый ток
Уровнемер	0,5 А
Arduino Nano	20 мА
Расходомер	15 мА
Датчик уровня	5 мА
Насос	1,25А
Клапан	0,3 А

Суммарный ток потребления системы составляет 2,89 А. Опираясь на данный расчет был выбран блок питания на 3 А (рисунок 19). Характеристики выбранного блока питания приведены в таблице 10.



Рисунок 19 – Блок питания АТ-12/30

Таблица 10 – Характеристики блока питания АТ-12/30 [12]

Входное напряжение	110-240В
Выходное напряжение	12В
Выходной ток	3А
Вес	350 г
Стоимость	1 440 RU

2.2.3 Разработка алгоритма

Для того чтобы перед началом работы со стендом, учащиеся увидели, как должна вести себя установка при успешном выполнении задания, предусмотрен демонстрационный режим. Для задания параметров

демонстрации имеется панель управления, которая состоит из следующих элементов:

- кнопки задания способа регулирования (В-1 расходомер, В-2 уровнемер, В-3 датчики уровня);
- кнопки Старт/Стоп;
- переменный резистор (задание значений объема и высоты столба жидкости).

Также были введены следующие обозначения:

- К-1 входной клапан;
- К-2 выходной клапан;
- L-1 датчик нижнего уровня;
- L-2 датчик верхнего уровня.

Далее, с использованием вышеупомянутых обозначений, был разработан алгоритм демонстрационного режима. Для того чтобы ознакомиться с блок-схемой алгоритма необходимо обратиться к приложению Б.

2.3 Разработка модуля «Станция нагрева»

2.3.1 Разработка функциональной схемы стенда

Система состоит из основного резервуара, сливной трубы, установленной в нижней части бака, и входной трубы, заведенной сверху бака и соединенной с резервуаром с жидкостью или с другой секцией.

Схематичное представление секции «Станция нагрева» приведено на рисунке 20.

За создание давления, для подачи жидкости в резервуар отвечает насос. Для открытия подачи воды и ее ограничения используется входной клапан. Для слива воды из бака, в сливную трубу установлен управляемый выходной клапан.

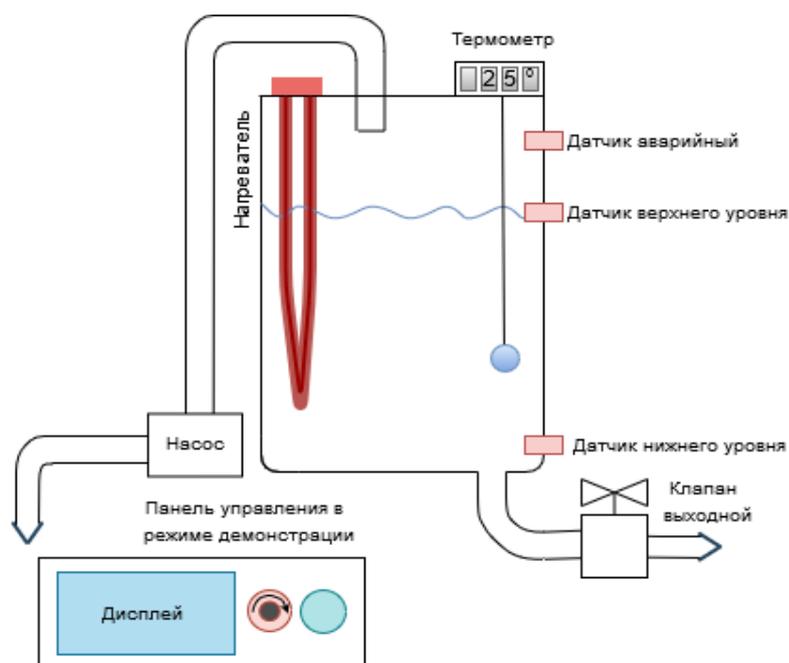


Рисунок 20 - Схема «Станция нагрева»

Для контроля уровня жидкости в баке установлены датчики уровня. В данной секции установлены поплавковые датчики уровня.

Аналогично секции «Перелива-хранения» датчиков уровня установлено 3: верхнего и нижнего уровня, а также аварийный.

Для осуществления нагрева жидкости установлен нагревательный элемент.

Для управления секцией установлен контроллер, осуществляющий управление клапанами, насосом и нагревательным элементом, а также обрабатывает информацию с датчиков.

Для демонстрации работы данной станции используется панель управления, состоящая из дисплея, энкодера, дающего возможность установить конечное значение температуры, кнопки ПУСК/СТОП, предназначенной для запуска программы или программного принудительного завершения процессов.

Для гарантии безопасности работы и предотвращения внештатных ситуаций аварийная система данной секции должна предотвращать две возможные аварийные ситуации: перелив жидкости и работу нагревательного элемента при пустом резервуаре. По сигналу от аварийного

датчика, система переводится в безопасное состояние, закрываются клапаны и выключается насос. Сигнал от аварийного датчика также подведен к микроконтроллеру, чтобы была возможность программно вывести уведомление об ошибке на дисплей. Если же при отсутствии сигнала от датчика верхнего уровня подается сигнал на работу нагревательного элемента, система размыкает цепь нагревательного элемента, предотвращая его перегрев и прочие повреждения.

Функциональная схема стенда, приведена на рисунке 21.

Далее произведен подбор компонентов, согласно требованиям безопасности и эргономики.

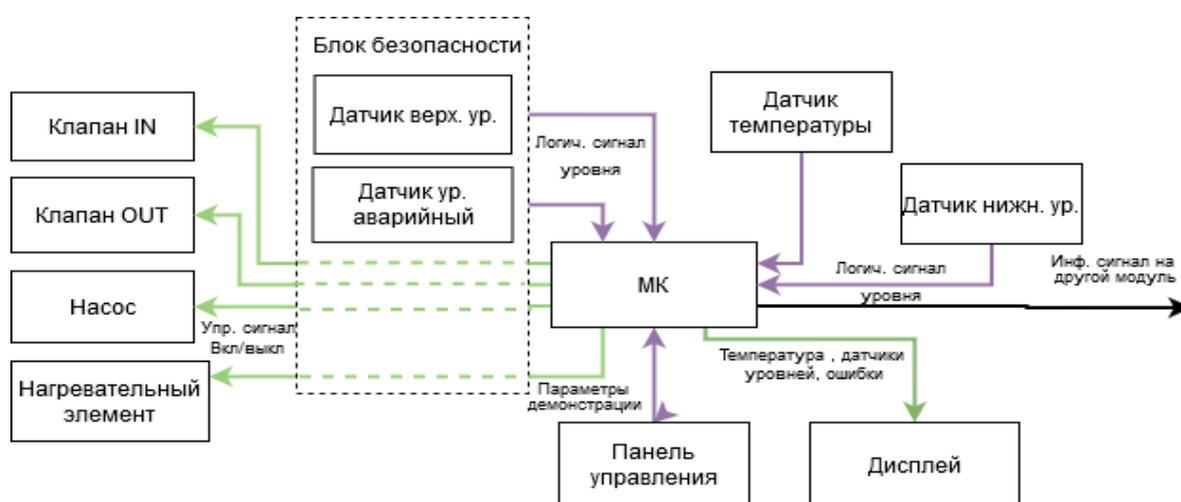


Рисунок 21 - Схема «Станция нагрева»

2.3.2 Выбор компонентов

Так как значение высоты подъема жидкости и требования к производительности насоса у секций совпадают, то насос и клапан аналогичные выбранным при разработке секции «Перелива-хранения» будут использованы и в секции «Станция нагрева».

Бак

Для возможности применения формул для расчета объема емкостей разной геометрической формы бак данной секции имеет вид цилиндра. Габариты емкости подобраны с учетом установленных ограничений: диаметр

– 17см, высота 20см. При данных размерах объем резервуара равен 4000см³. Рабочий уровень равен 12 см, рабочий объем ≈ 2,5л.

Нагревательный элемент

Для выбора нагревательного элемента необходимо определить требуемую мощность. Набранный до рабочего уровня объем воды равен приблизительно 2,5 литрам. Пусть в задании к лабораторной работе задано – нагреть воду на 5 градусов. Необходимое количество теплоты Q определяется согласно формуле (2):

$$Q = C * m * (t1 - t2), \text{ где} \quad (2)$$

C – удельная теплоемкость жидкости, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

m – масса жидкости, кг;

$t1$ – начальная температура, $^\circ\text{C}$;

$t2$ – конечная температура, $^\circ\text{C}$.

$$Q = C * m * \Delta t = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} * 2,5\text{кг} * 5^\circ\text{C} = 52500\text{Дж} = 52,5\text{кДж}$$

Для того, чтобы нагреть имеющийся объем на 5 градусов необходимо количество теплоты равное 52,5 кДж. Рассчитаем мощность P необходимую для нагрева 2,5 литров воды за 1 минуту, разделив количество теплоты необходимое для нагрева Q , на время нагрева t .

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{52500\text{Дж}}{60\text{с}} = 875\text{Вт} = 0,875\text{кВт}$$

Нагреватели данной мощности имеют напряжение питания 220В. В рамках установленных ограничений напряжение питания элементов не должно превышать 24В, следовательно невозможно обеспечить нагрев на 5 градусов за 1 минуту. Снизим требования, до времени нагрева – 5 мин.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{52500\text{Дж}}{5 * 60\text{с}} = 175\text{Вт} = 0,175\text{кВт}$$

Нагреватель такой мощности, питающийся от напряжения 24В найти уже более реально. Например, можно использовать портативный нагреватель

для автомобиля (рисунок 22) [16]. Характеристики выбранного нагревателя приведены в таблице 11.



Рисунок 22 – Нагреватель

Таблица 11 – Характеристики нагревателя [15]

Рабочее напряжение	24В
Сопротивление	3,3 Ом
Ток	7,2 А
Мощность	≈170Вт
Цена	260 RU

Датчик температуры

Для измерения температуры жидкости необходим влагозащищенный датчик. В данном случае отлично подходит датчик температуры DS18B20 (рисунок 23). Характеристики данного датчика приведены в таблице 12.



Рисунок 23 - Датчик температуры DS18B20

Таблица 12 – Характеристики датчика температуры DS18B20

Напряжение питания	3-5.5 В
Погрешность измерения температуры	±0.5°C
Пределы измерения температуры	-55..+125°C
Протокол передачи данных	OneWire
Размер	50 x 6 мм
Стоимость	190 RU

Датчики уровня

Для контроля уровня жидкости необходимы датчики уровня, при работе с данной секцией будут изучаться поплавковые сигнализаторы. Датчики данного типа предназначены для простых задач контроля уровня жидкостей. Эффективны в тех случаях, когда измерение уровня другими датчиками невозможно или является дорогостоящим в силу их высокой стоимости. В качестве сигнализатора уровня выбран поплавок датчик KLS26-MR-L4 (рисунок 24). Характеристики датчика приведены в таблице 13.



Рисунок 24 – Датчик уровня поплавковый KLS26-MR-L4

Таблица 13 – Характеристики датчика уровня поплавкового KLS26-MR-L4

Напряжение питания	3-5.5 В
Погрешность измерения температуры	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

2.3.3 Расчет источника питания

Для питания модуля необходимо подобрать блок питания обеспечивающий преобразование переменного тока сети в постоянный ток 24В. Для выбора необходимо подчитать суммарный ток потребления секции. Токи потребления компонентов системы указаны в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет суммарного токопотребления

Компонент	Потребляемый ток
Датчик температуры	9 мА
Клапан	0,3А
Нагревательный элемент	7,2А
Насос	1,25А
Микроконтроллер Arduino Nano	20мА

Суммарный ток потребления системы составляет 8,78 А. Опираясь на данный расчет был выбран блок питания на 8,8 А (рисунок 25) [17]. Характеристики блока питания приведены в таблице 15.



Рисунок 25 – Блок питания LRS-200-24

Таблица 15 – Характеристики блока питания AT-12/30 [12]

Входное напряжение	85-264В
Выходное напряжение	24В
Выходной ток	8,8А
Вес	660 г
Стоимость	2000 RU

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» - дать комплексное описание и произвести анализ финансово-экономических аспектов работы.

3.1 Организация и планирование работ

В таблице 16 представлен полный перечень проводимых работ с указанием их исполнителей и степень занятости.

Таблица 16 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка цели	НР	НР – 100%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 30%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Составление перечня ограничений	НР, И	НР – 40% И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 60% И – 100%
Подбор датчиков и исполнительных устройств	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для определения ожидаемых значений продолжительности работ $t_{ож}$ произведем расчеты по формуле (3):

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

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Далее необходимо произвести расчет длительности этапов в рабочих днях, а также осуществить перевод в календарные дни с учетом влияния внешних факторов и времени на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ. Данный расчет производится по формуле (4):

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (4)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.

Коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, рассчитывается по формуле 5:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (5)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

Расчет для выражения продолжительности работ в календарных днях осуществляется по формуле (6):

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (6)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

С учетом 6-дневной рабочей недели, рассчитаем значение коэффициента календарности по формуле (5):

$$T_k = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,2$$

В таблице 17 сведены расчеты продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям. В столбцах 3–5 реализован экспертный способ по формуле (1). Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для научного руководителя и инженера, с учетом коэффициентов $K_{ВН}$ и K_d , равных 1 и 1,2 соответственно. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях согласно формуле (5).

Две последних величины (столбцы 8 и 9) – трудоемкости, рассчитанные на каждого из участников проекта, далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты, а также для построения линейного графика проекта (таблица 18).

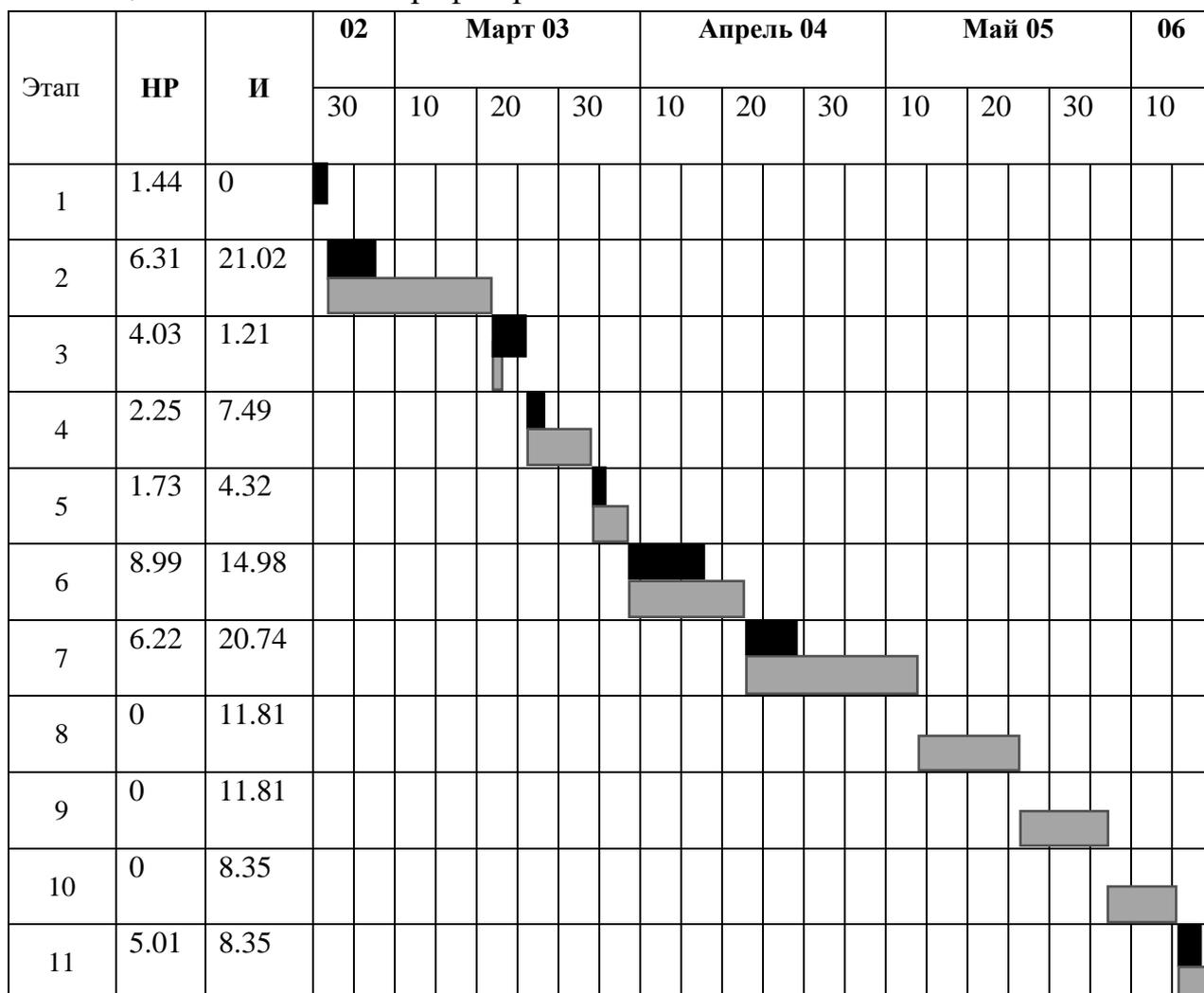
Таблица 17 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ			Трудоемкость			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{рд}$		$T_{кд}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка цели	НР	1	1	1	1.20	0	1.44	0
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	13	17	14,6	5.26	17.52	6.31	21.02
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3.36	1.01	4.03	1.21
Обсуждение литературы	НР, И	4	7	5,2	1.87	6.24	2.25	7.49
Составление перечня ограничений	НР, И	2	4	3	1.44	3.60	1.73	4.32
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	8	14	10,4	7.49	12.48	8.99	14.98
Подбор датчиков и исполнительных устройств	НР, И	12	18	14,4	5.18	17.28	6.22	20.74

Продолжение таблицы 17 – Трудозатраты на выполнение проекта

Выбор принципиальной схемы устройства	И	7	10	8,2	0	9.84	0	11.81
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	7	10	8,2	0	9.84	0	11.81
Оформление графического материала	И	5	7	5,8	0	6.96	0	8.35
Подведение итогов	НР, И	5	7	5,8	4.18	6.96	5.01	8.35
Итого				79,4	29.98	91.73	35.97	110.07

Таблица 18 – Линейный график работ



НР – ■ ; И – ■ .

3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки.

Расчет затрат на материалы

Сумма затрат на материалы складывается из расходов на изделия, полуфабрикаты и другие материальные ценности, расходуемые в процессе выполнения работ. Данные о затратах приведены в таблице 19. Затраты на ТЗР примем равными 15% от цены материалов.

Таблица 19

Наименование материалов	Цена	Количество	Сумма
Пластик	800	3	2400
Насос	860	2	1720
Счетчик расхода воды	330	1	150
Клапан	1846	4	7384
Датчик уровня бесконтактный	690	3	2070
Магнитный уровнемер	1443	1	1443
Микроконтроллер	510	2	1020
Дисплей	200	2	400
Датчик температуры	190	1	190
Нагревательный элемент	2300	1	2300
Датчик уровня поплавковый	380	3	1140
Двигатель	1100	1	1100
Блок питания	800	2	1600
ИТОГО			22917
ИТОГО с учетом ТЗР			26354,55

Расчет заработной платы

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Месячный оклад (МО) исполнителя берется равным окладу младшего инженера кафедры.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле (7):

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25,083} \quad (7)$$

Данная формула учитывает, что в году 301 рабочий день, что означает, в среднем 25,083 рабочих дня в месяце, при 6-ти дневной неделе.

Данные о расчетах затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4. Временные затраты каждого из исполнителей взяты из таблицы 2. В расчетах учтен следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$, отвечающие за учет содержания в заработной плате премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки использует, соответственно. Следовательно, для перехода от тарифного оклада исполнителя, к соответствующему полному заработку необходимо оклад умножить на коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$.

Таблица 20 – Расчет заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	21760.00	867,52	30	1,699	44 217,5
И	9489	378,30	92	1,699	59 131,3
Итого:					103 348,8

Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включают в себя отчисления в пенсионный фонд, отчисления на социальное и медицинское страхование и составляют 30 % от полной зарплаты.

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3 = 103\,348,8 \cdot 0,3 = 31\,004,6$$

Расчет затрат на электроэнергию

Электроэнергия, потраченная в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитывается по формуле (8):

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{об}}$ – потребляемая мощность, кВт·ч;

$t_{\text{об}}$ – время работы, час;

$C_{\text{э}}$ – цена электроэнергии, руб/кВт·ч.

Для ТПУ цена электроэнергии равна 6,59 руб/кВт·ч.

Расчет времени работы оборудования, основывается на данных таблицы 2 для инженера (ТРД) с учетом того, что продолжительность рабочего дня равна 8 часам, согласно формуле (9):

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (9)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени.

В расчетах примем $K_t = 0,8$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле (10):

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_c, \quad (10)$$

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

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки.

При расчетах значение коэффициента $K_c = 1$. Результаты расчета затрат на электроэнергию приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $C_{\text{эл.об.}}$, руб.
Персональный компьютер	589	0,3	1164,45

3D принтер	15	0.2	19,77
Итого:			1184,2

Расчет амортизационных расходов

Расходы на амортизационные отчисления рассчитываются по следующей формуле (11):

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (11)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Значение действительного годового фонда (F_D) берется из фактического режима его использования в текущем календарном году. Для определения F_D необходимо вычислить количество рабочих часов в году. Количество рабочих дней в году при шестидневной рабочей неделе равно 298. Далее, при учете того, что рабочий день составляет 8 часов, имеем $F_D = 298 * 8 = 2384$ часа.

Для определения значения N_A необходимо использовать рамочные значения сроков амортизации (C_A) оборудования. Для ПК это $2 \div 3$ года. Задаем значение C_A из данного интервала равное 3. Далее определяем N_A , в данном случае это $1: 3 = 0,33$.

Результат расчета амортизационных отчислений приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Амортизационные затраты

Оборудование	N_A	$t_{рф}$	n	$Ц_{ОБ}$	F_D	C_{AM}
Компьютер	0.33	589	1	45000	2384	3668,9

3D принтер	0.33	15	1	25000	2384	51,9
ИТОГО						3720,8

Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных документов

В процессе выполнения данной работы не было командировок, не производилась аренда помещений или оборудования, не использовались услуги связи и услуги сторонних организаций.

Расчет прочих расходов

Прочие расходы составляют 10% от суммы всех расходов и отражают неучтенные в ранее рассмотренных пунктах затраты.

$$\begin{aligned} \text{Спроч.} &= (\text{Смат} + \text{Сзп} + \text{Ссоц} + \text{Сэл. об.} + \text{Сам} + \text{Снп}) \cdot 0,1 = \\ &= 0,1 \cdot (26354,55 + 103\,348,8 + 31004,6 + 1184,2 + 3720,8 + 0) = 16561,3 \end{aligned}$$

3.3 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет всех затрат на разработку, можно определить полную себестоимость проекта, являющуюся суммой расходов по всем пунктам, результаты приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Общая себестоимость разработки

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	26354,55
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	103 348,8
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	31004,6
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл}}$	1184,2
Амортизационные расходы	$C_{\text{ам}}$	3720,8
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	16561,3
ИТОГО		182174,2

Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта составляет 20% от расходов на его разработку. В данном случае прибыль составит $181\,327,1 \cdot 0,2 = 36\,434,85$ руб.

Расчет НДС

НДС составляет 20 % от себестоимости и прибыли проекта:

$$0,2 \cdot (182174,2 + 36434,85) = 43721,8 \text{ руб.}$$

Цена разработки

Цена разработки складывается из значений полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$Ц = 182174,2 + 36434,85 + 43721,8 = 262\,331 \text{ руб.}$$

3.4 Оценка экономической эффективности проекта

Так как результат разработки предполагается использовать как образовательный стенд для обучения школьников и студентов младших курсов, то эффект от разработки носит лишь дидактический характер, направленный на повышение результативности обучения. Экономический эффект не может быть оценен.

4 Социальная ответственность

В ходе данной работы был разработан модульный стенд физического подобию для изучения гидротехнических систем. Данный стенд будет использоваться для обучения школьников старших классов и студентов младших курсов. С помощью данного стенда можно будет закрепить базовые навыки программирования ознакомиться с основными частями, этапами работы гидротехнических систем, а также с принципами работы различных типов датчиков и исполнительными устройствами. Пользователями данной разработки будут являться студенты 1-го курса ТПУ. Работы по проектированию и реализации стенда проводились в аудитории 101 корпуса №10 ТПУ. Местом будущей эксплуатации стенда является 101 аудитория корпуса №10 ТПУ.

Данный раздел ВКР посвящен анализу опасных и вредных факторов, возникающих в процессе работы и выработке методов защиты от воздействия этих факторов. Произведен анализ вредных факторов таких как: микроклимат в помещении, шум, освещенность помещения и рабочей зоны. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Российское законодательство по части труда является комплексом нормативно-правовых актов, регламентирующих нормы трудовых отношений. Нормами трудовых отношений определяются права и обязанности работников и работодателей, условия и характер их взаимодействия. Нормы трудового устанавливаются посредством законодательных актов.

Согласно Трудовому кодексу [19] регулирование трудовых отношений в соответствии с Конституцией Российской Федерации осуществляется: трудовым законодательством (включая законодательство об

охране труда), иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права: указами Президента Российской Федерации, постановлениями Правительства Российской Федерации и нормативными правовыми актами федеральных органов исполнительной власти, нормативными правовыми актами органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, нормативными правовыми актами органов местного самоуправления.

Базовые ставки заработной платы сотрудников государственных учреждений устанавливаются Правительством Российской Федерации согласно профессиональным квалификационным группам.

Согласно Трудовому кодексу [19] в течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Указанный перерыв может не предоставляться работнику, если установленная для него продолжительность ежедневной работы не превышает четырех часов.

Ежегодный основной оплачиваемый отпуск работникам, осуществляющим деятельность в должности инженера, составляет 28 календарных дней.

Месячная заработная плата работника, полностью отработавшего за этот период норму рабочего времени и выполнившего трудовые обязанности, не может быть ниже минимального размера оплаты труда. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере.

Согласно санитарным нормам [24] площадь на одно рабочее место пользователей ПК на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5 м² .

4.2 Производственная безопасность

На человека в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы, перечень которых утвержден стандартом ГОСТ 12.0.003-2015. Данные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Опасными физическими факторами являются движущиеся машины и механизмы, подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы, незащищенные подвижные элементы, отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента, электрический ток, повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов и др. К вредными физическими производственными факторами относятся повышенная или пониженная температура воздуха; высокие влажность и скорость движения воздуха; повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений, а также запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, недостаточная освещенность рабочих мест, повышенная яркость света и пульсация светового потока.

К химически опасным и вредным производственным факторам относятся воздействия различных многочисленных паров и газов, а также агрессивных жидкостей.

К биологическим опасным и вредным производственным факторам относятся бактерии, вирусы, растения, животные и др., воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания.

Опасными и вредными психофизиологическими производственными факторами являются физические и нервно-психические перегрузки, такие как умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов слуха, зрения и пр.

С помощью ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» был определен перечень

опасных и вредных факторов, характерных для производственной среды.
 Данный перечень представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы			Нормативные документы
	Разработ ка	Изготовл ение	Эксплуат ация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	— СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений — ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности — СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки — СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы — ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
2. Превышение уровня шума	-	+	+	
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
5. Поражение электрическим током	-	+	+	

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Отклонение показателей микроклимата

Показателями, определяющими состояние микроклимата, являются: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха и скорость движения воздуха.

Оптимальные величины показателей микроклимата, согласно гигиеническим требованиям к микроклимату производственных помещений [21] приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iа (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIа (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Iа (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIа (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Деятельность, осуществляемую при разработке можно отнести категории работ Ia. К данной категории относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт).

Коллективная защита в производственном помещении решается путем нормализации метеорологических условий производственной среды. Способы нормализации метеорологических условий производственной среды - это вентиляция, отопление, кондиционирование. Средствами индивидуальной защиты будут являться: специальная одежда, обувь, средства защиты рук, средства защиты головы, средства защиты лица и глаз.

Превышение уровня шума

Высокий уровень шума на рабочем месте оказывает негативное влияние на организм работника, вызывая неблагоприятные изменения в его органах и системах. Длительное воздействие шума способно привести к потере слуха работника, увеличению риска артериальной гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др. Невысокий уровень шума может сказываться на работоспособности сотрудника и повлечь за собой ухудшение памяти и проблемы с концентрацией внимания, вызвать головные боли, хроническую усталость и проблемы со сном.

В процессе разработки источниками шума могут быть: ПК, исполнительные устройства станда (насос, двигатель и др.), а также другое оборудование, находящееся в помещении и внешние источники.

Санитарными нормами [22] установлены допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности, выраженные в дБА – таблица 26.

Таблица 26 – Допустимые уровни звука для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Согласно гигиеническим критериям оценки условий труда [23] факторами трудового процесса, характеризующими тяжесть физического труда следует считать физическую динамическую нагрузку, массу поднимаемого и перемещаемого груза, стереотипные рабочие движения, статическую нагрузку, рабочую позу, наклоны корпуса, перемещение в пространстве. При оценке напряженности труда стоит учитывать интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, монотонность нагрузок, режим работы.

Деятельность в процессе разработки характеризуется легкой физической нагрузкой и напряженностью преимущественно легкой степени, что означает допустимый уровень звука в 70-80 дБА.

Коллективными средствами защиты от шума можно считать средства звукоизоляции, звукопоглощения и глушители шума. В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации применяются наушники, вкладыши, шлемы, костюмы.

Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно пункту 6 гигиенических требований к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [24], рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении видеодисплейных терминалов. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализованно над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

При длительной работе за ПК должны быть предусмотрены перерывы, во время которых необходимо выполнять гимнастику, состоящую из общеукрепляющих и специальных упражнений для глаз.

Так же правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, снижает нагрузку на органы зрения, оказывает положительное психологическое воздействие на работников, содействует повышению производительности труда.

Поражение электрическим током

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока [25].

Во избежание электротравм, перед началом работы необходимо производить осмотр состояния оборудования и используемых измерительных приборов. В первую очередь необходимо осмотреть электрические провода на предмет целостности, обратить внимание на отсутствие оголенных проводов, не закрытых клеммных коробок, соединений.

Устройства, используемые при выполнении работы, питаются напряжением до 220 В, имеют рабочую изоляцию и заземление.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам [26]. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 27.

Таблица 27 – Предельно допустимые значения напряжений и токов

Род тока	U , В	I , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Первая помощь при поражении электрическим током:

1. Обеспечить свою безопасность. Надеть сухие перчатки (резиновые, шерстяные, кожаные и т.п.), резиновые сапоги. По возможности отключить источник тока. При подходе к пострадавшему по земле идти мелкими, не более 10 см, шагами.

2. Сбросить с пострадавшего провод сухим токонепроводящим предметом (палка, пластик). Оттащить пострадавшего за одежду не менее

чем на 10 метров от места касания проводом земли или от оборудования, находящегося под напряжением.

3. Вызвать (самостоятельно или с помощью окружающих) «скорую помощь».

4. Определить наличие пульса на сонной артерии, реакции зрачков на свет, самостоятельного дыхания.

5. При отсутствии признаков жизни провести сердечно-легочную реанимацию.

6. При восстановлении самостоятельного дыхания и сердцебиения придать пострадавшему устойчивое боковое положение.

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Стенд работает благодаря электроэнергии на выработку которой затрачивается множество природных ресурсов.

Также, несомненно самым не экологичным элементом среди составных частей стенда можно назвать резервуары, изготовленные из sbs-пластика. Выбор данного типа пластика был совершен в силу того, что он обладает такими важными свойствами как прочность, пластичность и стойкость к высоким температурам и водной среде. Из чего можно сделать вывод, что резервуары, изготовленные именно из данного пластика, прослужат как можно дольше, что минимизирует вред экологии. Также данный тип пластика поддается переработке для повторного использования.

4.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

При поломке компонентов стенда или по завершению срока его эксплуатации, возникнет необходимость в утилизации составных компонентов. Неправильная утилизация отходов ведет к загрязнению

литосферы. Электронные компоненты, датчики и исполнительные механизмы требуют специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические компьютеры подвергаются специальной переработке.

4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Соответственно, негативное влияние на атмосферу будет заключаться в выбросах, совершаемых при производстве пластика, а воздействие на литосферу будет характеризоваться утилизацией твердых бытовых отходов и составных частей стенда. Следовательно, для обеспечения экологической безопасности для литосферы необходим вывоз твердых бытовых отходов, с последующей переработкой.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Находясь на рабочем месте необходимо знать потенциальные источники опасностей, которые могут привести к ЧС в организации (на территории организации). Здание, в котором находится организация, должно быть оборудовано средствами оповещения при угрозе и возникновении ЧС и военных конфликтов.

Так как разрабатываемый стенд включается в сеть 220 В, а также в здании присутствует электропроводка, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения, то при неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание.

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

В связи с наличием угрозы возгорания необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Для тушения возгорания необходимо использовать пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные или порошковые.

4.5 Выводы по разделу

В ходе работы над данным разделом были изучены требования законодательства в сфере социальных, правовых и экологических вопросов, а также вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности. А также проанализирован характер действия, разработанных в работе решений, с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экономические, экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека в результате разработки, производства и внедрения.

Разрабатываемый образовательный стенд позволит учащимся закрепить знание основ программирования и алгоритмизации, ознакомиться с принципами работы датчиков и исполнительных устройств, а также может стать одним из инструментов ведения профориентационной деятельности.

Заключение

Результатом данной работы является разработка двух модулей образовательного стенда физического подвоя для изучения гидротехнических систем. В ходе работы был проведен обзор рынка и анализ аналогов, определены ограничения, в рамках которых разработана концепция стенда, составлены функциональные схемы модулей. Также был осуществлен подбор компонентов и исполнительных устройств в соответствии с функциональными схемами. Для модуля «Перелива-хранения» была разработана принципиальная схема.

5 Список используемых источников

- 1 Процессы смешивания жидкостей в промышленности. [Электронный ресурс] URL: <https://globecore.ru/idei-dlya-biznesa-smeshivanie-zhidkoste/> (Дата обращения: 13.03.2020)
- 2 ЭнергияЛаб. Учебное оборудование «Компактная станция для транспортировки деталей и заготовок». [Электронный ресурс]. URL: http://www.vrnlab.ru/catalog_item/uchebnoe-oborudovanie-kompaktnaya-stantsiya-dlya-transportirovki-detaley-i-zagotovok/ (Дата обращения: 20.03.2020)
- 3 УчтехПрофи. Типовой комплект учебного оборудования «Основы мехатроники». [Электронный ресурс]. URL: http://labstand.ru/catalog/mekhatronika/tipovoy_komplekt_uchebnogo_oborudovaniya_osnovy_mekhatroniki_ispolnenie_nastolnoe_s_poutbukom_om_nn (Дата обращения: 20.03.2020)
- 4 PASKAL. Учебный лабораторный стенд "Мехатронный модуль — Сборочно-сортировочная линия: автоматизация на базе робота и ленточного конвейера". [Электронный ресурс]. URL: <http://pskl.pro/products/mehatronika-avtomatizatsia/laboratornyjuchebnyj-mekhatronnyj-stend-robot-i-lentochnyj-konvejer-paskal-rlk-01.html> (Дата обращения: 20.03.2020)
- 5 SBS-пластик Watson [Электронный ресурс]. URL: <https://bestfilament.ru/watson-1-1.75-natural/> (Дата обращения: 26.03.2020)
- 6 Ампика. Типы насосов, принципы работы. [Электронный ресурс] URL: https://www.ampika.ru/Princip_raboty.html (Дата обращения: 30.03.2020)
- 7 Расчет мощности двигателя насоса. [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <http://electrichelp.ru/raschet-moshhnosti-dvigatelya-nasosa/> (Дата обращения: 30.03.2020)

- 8 Датчик расхода воды SEA YF-S201C. [Электронный ресурс] URL: <https://простые-решения24.рф/products/datchik-raskhoda-vody-raskhodomer-1-75-mpa-sea-yf-s201c> (Дата обращения: 06.04.2020)
- 9 Помпа Javtop JT-750. [Электронный ресурс] URL: <https://aliexpress.ru/item/33040781518.html> (Дата обращения: 06.04.2020)
- 10 Клапан 2W-15-SL-N-DC12. [Электронный ресурс] URL: <https://aliexpress.ru/item/4000105594046.html> (Дата обращения: 06.04.2020)
- 11 Датчик уровня ХКС-Y26-V. [Электронный ресурс] URL: <https://aliexpress.ru/item/32797722906.html> (Дата обращения: 10.04.2020)
- 12 Уровнемер магнитный 200мм [Электронный ресурс] URL: <https://aliexpress.ru/item/32934244627.html> (Дата обращения: 10.04.2020)
- 13 АТ-12/30, Стабилизированный блок питания на основе импульсного преобразователя, 12.6В, 3А [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product/at-12-30> (Дата обращения: 15.04.2020)
- 14 Датчик уровня поплавковый KLS26-MR-L4 [Документ PDF]. Название документа: DOC002424119.pdf (Дата обращения: 20.04.2020)
- 15 Датчик температуры DS18B20 в герметичном корпусе [Электронный ресурс] URL: <https://mcustore.ru/store/datchiki-i-sensory/datchik-temperature-ds18b20-v-germetichnom-korpuse/> (Дата обращения: 20.04.2020)
- 16 Нагреватель 24В [Электронный ресурс] URL: <https://aliexpress.ru/item/32970101393.html> (Дата обращения: 25.04.2020)
- 17 Блок питания LRS-200-24 [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/product/lrs-200-24> (Дата обращения: 25.04.2020)
- 18 В.Ю. Конотопский, Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» бакалаврских работ для всех специальностей (Дата обращения: 11.05.2020)
- 19 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) (Дата обращения: 18.05.2020)

20 ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (Дата обращения: 18.05.2020)

21 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (Дата обращения: 18.05.2020)

22 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки (Дата обращения: 20.03.2020)

23 Руководство Р 2.2.013-94 "Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса"(Дата обращения: 18.05.2020)

24 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы (Дата обращения: 19.05.2020).

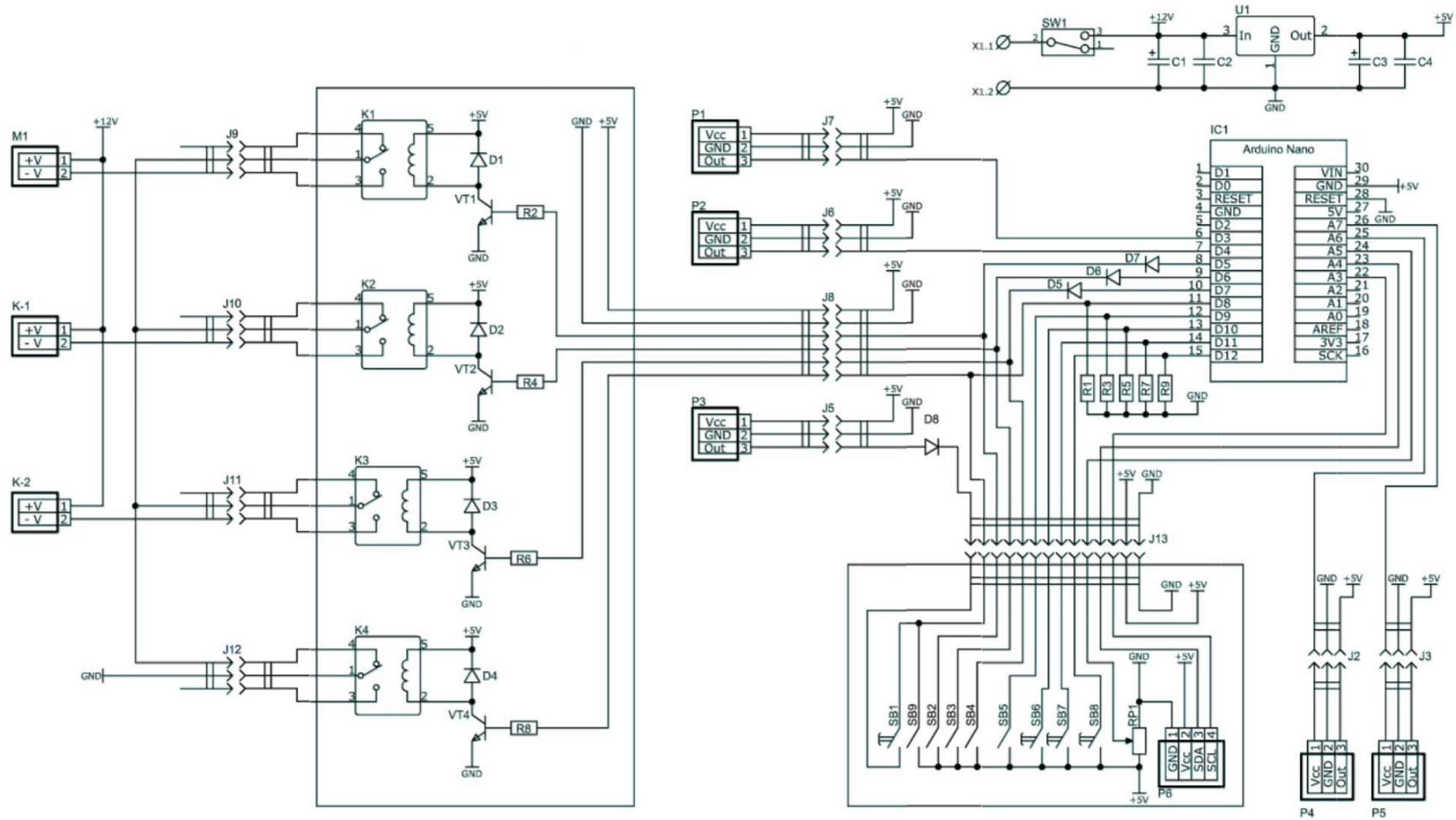
25 Основы электробезопасности в электроэнергетике: учебное пособие / О.А. Калиничева; Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова. – Архангельск: «С(А)ФУ», 2015 – 126 с. (Дата обращения: 19.05.2020)

26 ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (Дата обращения: 19.05.2020)

27 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (Дата обращения: 19.05.2020)

Приложение А
(обязательное)
Схема электрическая принципиальная

ФЮРА.XXXXXX.001.ЭЗ



					ФЮРА.XXXXXX.001 ЭЗ					
Изм.	Колу	Лист.	Док.	Погр.	Дата	Схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.	Леонавичус Н.									1:1
Пров.	Беляев А.									
						Модуль "Станция перелива-хранения"	Лист 1	Листов 1		
Утв.	Беляев А.						ТПУ	ИШИТР	ОАР	
							Группа 8Е61			

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
				<u>Документация</u>		
			ФЮРА.ХХХХХХ.00133	Схема электрическая принципиальная		
				<u>Прочие изделия</u>		
				Резисторы		
		1	SMD 0805	Чип резистор, 1 кОм, 1%, 0.125Вт	5	R1,R3,R5, R7,R9
		2	PTV09A-4225F-B102	Резистор переменный 1 кОм	1	RP1
				Микросхемы		
		3	AMS1117-5.0	Линейный регулятор 800мА, 5В	1	U1
		4	RDC1-4RA	Четырехканальный релейный модуль	1	K1,K2,K3, K4
				Диоды		
		5	1N4148W	150мА, 100В	4	D5,D6,D7,D8

					ФЮРА.ХХХХХХ.00133		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Леонавичус Н.В.			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Мамонова Т.Е.			ч	1	2
Утвердил					ТПУ ИШИТР Группа 8Е61		

Станция "Перелива-
хранения"

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
				Конденсаторы		
		6	ЕСАР (К50-35)	4.7 мкФ, 16 В	4	С1,С2,С3,С4
				Кнопки		
		7	PBS-15B	Кнопка без фиксации	5	SB2,SB3,SB4
		8	PBS-12A	Кнопка с фиксацией	4	SB1,SB6,SB7
		9	ASW-20D	Переключатель	1	SW1
				ON-OFF, 20А, 12В		
				Датчики		
		10		Датчик уровня	3	P1,P2,P3
				ХКС-У26-У		
		11		Датчик расхода	1	P4
				воды SEA YF-S201C		
		12		Магнитный	1	P5
				уровнемер		
				Исполнительные устройства		
		13		Насос Javtop JT-750	1	M1
		14		Клапан	2	K-1,K-2
				Устройства вывода		
		15		Дисплей ЖКИ	1	P6
				BCB1602-08B/Y		

Разраб.	Игнатюк С.Д.			
Пров.	Зарницын А.Ю.			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА.ХХХХХХ.00133

Лист
2

Приложение Б
(обязательное)
Блок-схема алгоритма демонстрационного режима

