

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Построение конечных автоматов в StateFlow для управления технологическим процессом</b>

УДК 004.896:681.51.01:658.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Чжоу Яньчень		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОАР ИШИТР	Филипас А.А.	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОАР	Цавнин А.В.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Былкова Т.В.	Канд.экон.наук.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е. И	к.т.н., доцент		

Томск – 2022 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

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

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

Код компетенции	Наименование компетенции
	циклом продукции и ее качеством.
<b>ПК(У)-9</b>	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
<b>ПК(У)-10</b>	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
<b>ПК(У)-11</b>	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
<b>ПК(У)-18</b>	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
<b>ПК(У)-19</b>	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
<b>ПК(У)-20</b>	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.
<b>ПК(У)-21</b>	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
<b>ПК(У)-22</b>	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
	основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b> <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
---

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158Т82	Чжоу Яньчень

Тема работы:

<b>Построение конечных автоматов в StateFlow для управления технологическим процессом</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2022
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: автоматическая система очистки от опилок. Цель работы: Разработка автоматизированной системы управления удалением стружки (АСУ) с использованием программных пакетов MATLAB для идентификации и моделирования и технологии OPC для связи между MATLAB и ПЛК.
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Анализ предметной области, , создание блок-схемобзор оборудования, обзор программного обеспечения, идентификация объектов управления, разработка моделей САР в MATLAB, установление связи между MATLAB и ПЛК через OPC.
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация в формате *.pptx
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Былкова Татьяна Васильевна
<b>Социальная ответственность</b>	Авдеева Ирина Ивановна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Все	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	*
---	---

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОАР ИШИТР	Филипас А.А.	К.Т.Н., доцент		
Ассистент ОАР	Цавнин А.В.	К.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Чжоу Яньчень		

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 – Шифр «Наименование направления»  
 Уровень образования – Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения – Весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	за 10 дней до защиты ВКР
--	--------------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2022 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОАР ИШИТР	Филипас А.А.	к.т.н., доцент		

**Консультант** (при отсутствии консультанта в приказе на тему ВКР эту таблицу удалить)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Цавнин А.В.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
158Т82		Чжоу Яньчэнь	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических

Тема ВКР:

<p>Построение конечных автоматов в StateFlow для управления технологическим процессом</p>	
<p><b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b></p>	
<p><b>Введение</b></p>	<p><i>Объект исследования-Модель управления автоматической очисткой от опилок</i></p> <p><i>Область применения-Автоматическое управление технологическим процессом</i></p> <p><i>Рабочая зона:-производственное помещение</i></p> <p><i>Размеры помещения -160м<sup>3</sup></i></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны-Два устройства, персональный компьютер и программируемый логический контроллер</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне-</i></p> <p><i>Сначала подключите контроллер к компьютеру, а затем используйте компьютер для управления симуляцией.</i></p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p>	<p>-Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ</p> <p>-ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.</p> <p>-ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования»</p>
<p><b>2.Производственная безопасность при эксплуатации :</b></p>	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <p>Недостаточная освещенность;</p> <p>Несоответствующие параметры микроклимата;</p> <p>Повышенный уровень шума;</p> <p>Повышенный уровень электромагнитного излучения;</p> <p><b>Опасные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Механические воздействия;</li> <li>• Высокая температура поверхностей оборудования;</li> <li>• Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие</li> </ul>

	<p>которого попадает работающий;</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь, беруши, наушники, защитные ограждения.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> отсутствует.</p> <p><b>Воздействие на литосферу:</b> утилизация элементов отработавшего оборудования, люминесцентных ламп и других электроприборов. Также стоит учесть отходы макулатуры.</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> продукты жизнедеятельности персонала.</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> отсутствует.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b>          Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);          Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);          Техногенные аварии (обвал производственного здания или оборудования, пожар в случае неправильной эксплуатации или ошибки при сборке и сварке)</p> <p><b>Наиболее актуальная ЧС:</b> возникновение пожара.</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
<b>29.05.2022</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			29.05.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Чжоу Яньчэнь		29.05.2022

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158Т82	Чжоу Яньчэнь

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней рыночной стоимости. Оклады в соответствии с окладами сотрудников организации.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Накладные расходы 10%; Районный коэффициент 30%
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Представить оценку коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Разработать план научно-исследовательских работ и рассчитать затраты.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определить интегральный показатель эффективности научного исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой эффективности НИ</li> </ol>
---

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

--	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
158Т82	Чжоу Яньчэнь		

## Реферат

Пояснительная записка содержит 75 страниц машинописного текста, 26 рисунка, 22 таблиц, 31 источников литературы.

Ключевые слова: Matlab , автоматизация, Stateflow, ОВЕН ПЛК 200, OPC, АСУ ТП.

Объектом работы является процесс активной уборки опилок.

Целью данной работы является построение модели технологического процесса и выполнение имитационного моделирования технологических процессов для дальнейших алгоритмов управления.

Разработан участок автоматизированной системы контроля и управления данными процесса удаления опилок. Модель системы создается в среде Matlab Simulink с использованием Stateflow, инструмента графической реализации конечных автоматов, как инструмента отладки локальных уровней автоматизации и генерации управляющих воздействий. Используйте технологию OPC для связи между MATLAB Simulink и контроллером. Контроллер будет виртуально отлажен и управляется с помощью программного обеспечения Codesys. Созданная модель показывает рабочее состояние всей технологической цепочки и условия, необходимые для их перехода друг в друга. Эта модель позволяет устранить различные неопределенности в поведении системы.

Для выполнения работы были выполнены следующие работы: анализ технологической схемы автоматической очистки от опилок и составление схемы технологической схемы, установка условий перехода состояний при работе технологического процесса и реализация конечного автомата состояния технологического процесса в пакет StateFlow. Для подготовки к испытаниям системы проведена настройка OPC-сервера CODESYS, на языке ST написана программа для ПЛК, в MATLAB Simulink создана управляющая модель, установлена связь с ПЛК. Для подготовки к испытаниям системы проведена

настройка OPC-сервера CODESYS, на языке СТ написана программа для ПЛК, в MATLAB Simulink с использованием пакета OPC Toolbox создана управляющая модель, установлена связь с ПЛК.

В результате работы была произведена подготовка к комплексному тестированию системы.

Предлагаемый метод создания системы автоматического управления в виде конечного автомата, включающий начальное моделирование системы и отладку контроллера на модели с использованием методов OPC, позволяет снизить вероятность отказа системы по вине разработчика и/или оператора. ошибка, тем самым избегая возможных временных и финансовых затрат.

### **Определения и обозначения**

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

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

**программируемый логический контроллер (ПЛК):** Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода–вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьёзного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени;

**SCADA** (англ. **Supervisory Control And Data Acquisition** – диспетчерское управление и сбор данных): Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных;

**автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП)**: Комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП, как правило, понимается комплексное решение, которое обеспечивает автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершенный продукт.

**Конечный автомат (КА)** : в теории алгоритмов — математическая абстракция, модель дискретного устройства, имеющего один вход, один выход и в каждый момент времени находящегося в одном состоянии из множества возможных. Является частным случаем абстрактного дискретного автомата, число возможных внутренних состояний которого конечно.

#### Сокращения

ПО – программное обеспечение;

АСУ – автоматизированная система управления;

ДОК – датчик обрыва каната,

ДЗБ – датчик заполнения бункера,

ДПД – датчик перегрева двигателя,

ДВП – датчик верхнего положения,

ДНП – датчик нижнего положения,

МБ – малый бункер,

ББ – большой бункер,

ДНК – датчик натяжения каната.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Реферат .....	1
Определения и обозначения .....	13
Введение .....	17
1 Техническое задание .....	19
1.1 Полное название .....	19
1.2 Описание технологического процесса .....	19
1.3 Краткая характеристика области применения .....	21
1.4 Основные задачи и цели создания моделей технологических потоков .....	21
1.5 требования к программному обеспечению .....	21
1.6 Требования к программной документации .....	21
2. Построить процесс автоматического управления терминалом .....	22
2.1 Описание аппаратного обеспечения .....	22
2.1.1 Программируемый логический контроллер .....	22
2.2 Описание программного обеспечения .....	23
2.2.1 Программный пакет MATLAB .....	23
2.2.2 Инструментальная среда CODESYS .....	24
2.2.3 Технология OPC .....	25
2.3 Разработать блок-схему заданного технологического процесса .....	25
2.4 Анализировать процесс и устанавливать объекты управления .....	27
2.5 Реализовать в пакете StateFlow конечный автомат состояний технологического процесса .....	28
2.6 Связать модель StateFlow с управляющей программой посредством OPC – первичная обработка информации и подготовка к натурным испытаниям. ....	33
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	38
3.1 Потенциальные пользователи результатов исследований .....	38
3.2 Анализ конкурентных технических решений .....	39
3.3 SWOT-анализ .....	41
3.4 Планирование научно-исследовательской работы .....	43

3.4.1 Структура работ .....	43
3.4.2 Разработка графика проведения научно-технического исследования .....	44
3.5 Бюджет научно-технического исследования .....	49
3.5.1 Расчёт материальных затрат .....	49
3.5.2 Расчёт амортизационных отчислений .....	51
3.5.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды .....	52
3.5.4 Расчёт общей себестоимости .....	54
3.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	55
Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	58
<b>4 .СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>60</b>
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	61
4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	61
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	62
4.2 Профессиональная социальная безопасность .....	64
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов при проведении исследования .....	64
4.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов .....	66
4.3 Экологическая безопасность .....	73
4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	73
4.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	74
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	75
4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	75
4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	75
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>77</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>78</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>79</b>



## **Введение**

На сегодняшний день в развитых странах большинство технологических процессов в той или иной степени автоматизированы. Внедрение в производство автоматизированной системы управления является одним из важнейших аспектов оптимизации производственного процесса. Использование информационных технологий в производстве для управления, регулирования технических параметров, передачи сигналов, блокировки аварийных объектов и обработки технологической информации позволяет повысить уровень безопасности предприятия, сократить время и экономические затраты на проведение технических операций, минимизировать простои оборудования. , Оптимизировать операционную систему предприятия.

На сегодняшний день в развитых странах большинство технологических процессов в той или иной степени автоматизированы. Внедрение в производство автоматизированной системы управления является одним из важнейших аспектов оптимизации производственного процесса. Использование информационных технологий в производстве для управления, регулирования технических параметров, передачи сигналов, блокировки аварийных объектов и обработки технологической информации позволяет повысить уровень безопасности предприятия, сократить время и экономические затраты на проведение технических операций, минимизировать простои оборудования. , Оптимизировать операционную систему предприятия.

По мере того, как автоматизированные системы становятся все более распространенными и их сложность возрастает, разработчикам таких систем приходится платить за ошибки, используя традиционные методы, неясную архитектуру системы, плохую читабельность и сложность в обслуживании. Неожиданный выход из строя дорогостоящих компонентов системы может

привести к огромным финансовым потерям и задержкам ввода системы в эксплуатацию. В то же время возросла важность проведения предварительных компьютерных симуляций. К очевидным преимуществам такого подхода относятся безопасность реального оборудования при проектировании и настройке системы, а также сокращение времени на тестирование регуляторов, четкая архитектура системы, снижение сложности системы, а также значительно улучшенная читаемость системы и улучшение ремонтпригодности. Среди этих недостатков — повышенные квалификационные требования к разработчикам АСУ ТП и необходимость выделения времени на построение и испытания моделей.

Благодаря простоте и наглядности Stateflow, применению в построении АСУТП и форме компьютерного моделирования, а также простоте отладки и настройки АСУ, можно прекрасно решить эти задачи.

Одним из наиболее популярных представлений функционирования различного рода систем, процессов и объектов, которое применяется в имитационном моделировании, является представление в виде конечного автомата (КА), т.к. наиболее наглядно дается представление о принципиальных состояниях, в которых может находиться система, а также условия перехода между ними, исключая всевозможные неопределенности поведения системы. Соответственно, целью данной работы является разработка СА-модели компилируемого процесса в среде Matlab на базе контроллера OVEN PLC200, использование технологии OPC для подключения контроллера к программному комплексу MATLAB и использование его для управления внешним контроллером для отладки системы управления технологическим процессом.

В процессе разработки необходимо решить следующие задачи:

- Разработать блок-схему заданного технологического процесса
- Анализировать процесс и устанавливать объекты управления

– Реализовать в пакете StateFlow конечный автомат состояний технологического процесса

– Связать модель StateFlow с управляющей программой посредством OPC – первичная обработка информации и подготовка к натурным испытаниям.

## 1 Техническое задание

### 1.1 Полное название

Построение конечных автоматов в StateFlow для управления технологическим процессом

### 1.2 Описание технологического процесса

На рисунке 1 показана блок-схема процесса.

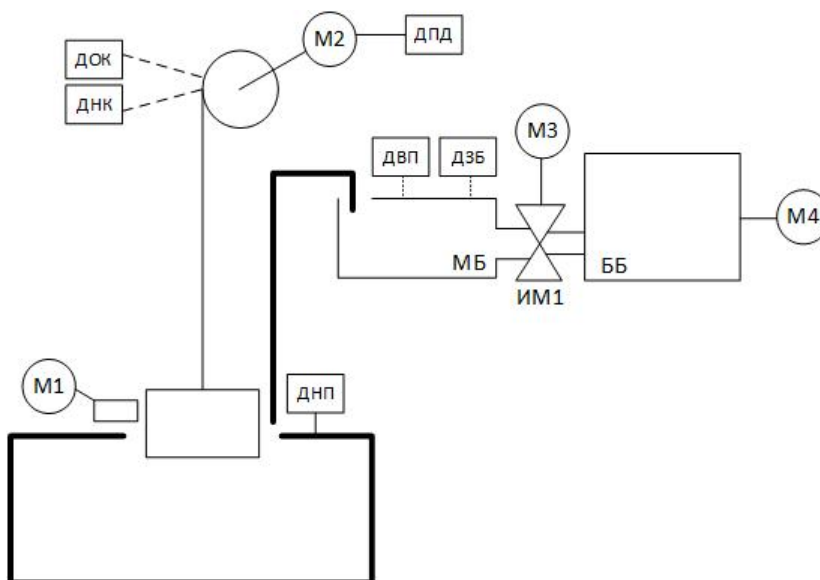


Рис. 1.2.1 Принципиальная схема процесса

На рисунке 1.2.1: ДОК – датчик обрыва каната, ДЗБ – датчик заполнения бункера, ДПД – датчик перегрева двигателя, ДВП – датчик верхнего положения, ДНП – датчик нижнего положения, МБ – малый бункер, ББ – большой бункер, ДНК – датчик натяжения каната.

Процесс автоматической загрузки опилок начинается нажатием кнопки «Пуск» на панели управления. Отгрузка опилок производится из подвального помещения строительного цеха. Опилки сыпаются из цеха в подвал через отверстия в полу. Рабочие загружают опилки в тележку, и натяжение каната постоянно увеличивается. Когда натяжение достаточно, ДНК посылает сигнал, чтобы дать команду двигателю М2 начать работу, и сигнал датчика перегрева двигателя (ТРД) М2 должен быть ниже критического уровня во время транспортировки, и система работает. Как только двигатель перегревается во время процесса, система перестает работать. Опилки возят по подвалу тележкой, которая при езде на скейтборде болтается на веревке, сыпая в нее опилки в небольшой бункер (МБ). Тележка должна двигаться в определенной зоне. Всякий раз, когда тележка выходит за пределы рабочей зоны, срабатывают два датчика положения ДВП и ДНП, и двигатель М2 немедленно дает задний ход, чтобы тележка вернулась на нормальный путь. Количество опилок в малом бункере (МБ) постоянно фиксируется датчиком заполнения бункера (ДЗБ). Когда опилки почти заполнили склад, двигатель М4 должен включить всасывающий вентилятор, но включить вентилятор можно только при открытом электроклапане ИМ1 и включенном двигателе М3. Вентилятор можно включить только через некоторое время после полного открытия заслонки. Датчик перегрева двигателя (ДПД) выдает аналоговый сигнал, при достижении им критического уровня сигнала должен отключиться главный двигатель М2, независимо от положения тележки. Датчик обрыва троса (ДОК) используется для обеспечения безопасности рабочих, как только трос, тянущий тележку,

обрывается, вся система останавливается, двигатель M1 должен запуститься, а крышка люка должна быть закрыта.

### **1.3 Краткая характеристика области применения**

Эта работа заключается в построении модели автоматизированного технологического процесса и использовании ее для управления внешним контроллером для отладки системы управления технологическим процессом в целях регулирования и мониторинга, чтобы ее можно было широко использовать в различных технологических потоках. На этот раз подробно объясняется процесс использования автоматического удаления опилок.

### **1.4 Основные задачи и цели создания моделей технологических потоков**

- Запись и мониторинг контролируемой информации о состоянии
- Регистрация и контроль параметров технологического объекта (температура, напряжение, положение, объем)
- сигнализация об аварийных случаях на контролируемых объектах;
- Управляйте управляемыми объектами для отладки системы

### **1.5 требования к программному обеспечению**

Смоделируйте систему управления с помощью программного пакета Matlab Simulink, используйте инструментальные средства Codesys для программирования контроллера и используйте OPC Toolbox для подключения контроллера и программного пакета MATLAB.

### **1.6 Требования к программной документации**

В комплект программной документации программно-инструментального средства должно входить:

- техническое задание;
- пояснительная записка;
- приложения.

Документация должна быть представлена в печатном и в электронном виде в формате Microsoft Word.

## **2. Построить процесс автоматического управления терминалом**

### **2.1 Описание аппаратного обеспечения**

Работа проводится на лабораторном стенде в лаборатории основ автоматики 10 корпуса НИ ТПУ

#### **2.1.1 Программируемый логический контроллер**

Токовый сигнал от датчика подается на контроллер ОВЕН ПЛК 200 в виде аналогового входного сигнала, как показано на рисунке 2.1.1. В данной работе связь между системой и персональным компьютером реализована с использованием технологии ПЛК.



рисунке 2.1.1.ОВЕН ПЛК200

## **2.2 Описание программного обеспечения**

### **2.2.1 Программный пакет MATLAB**

Для настройки объекта управления, моделирования системы управления, настройки контроллера, а затем также реализации настройки через OPC используется пакет прикладных программ MATLAB для технических расчетов вместе с его модулями Simulink, Stateflow и OPC Toolbox.

Simulink — это среда блок-схем для многодоменного моделирования и проектирования на основе моделей. Он поддерживает проектирование систем, моделирование, автоматическую генерацию кода, а также непрерывное тестирование и проверку встроенных систем. Simulink предоставляет графические редакторы, настраиваемые библиотеки блоков и решатели для моделирования и симуляции динамических систем.

Simulink интегрирован с MATLAB, что позволяет включать алгоритмы MATLAB в модель в Simulink, а результаты моделирования можно экспортировать в MATLAB для дальнейшего анализа. Приложения Simulink включают в себя автомобилестроение, авиацию, промышленную автоматизацию, крупномасштабное моделирование, сложную логику, физическую логику, обработку сигналов и многое другое. [1].

OPC Toolbox – OPC Toolbox расширяет возможности использования MATLAB и Simulink, предоставляя инструменты для взаимодействия с сервером OPC. Пользователи могут читать, записывать и регистрировать данные OPC с устройств, поддерживающих стандарт доступа к данным OPC Foundation, таких как распределенные системы управления, системы мониторинга и системы ПЛК. Набор инструментов позволяет MATLAB и Simulink реагировать на события инициализации сервера OPC или OPC Toolbox, и пользователи могут запускать все функции OPC Toolbox непосредственно из

командной строки MATLAB или интегрировать эти функции с пользовательскими приложениями MATLAB. В то же время пользователи также могут использовать графический интерфейс для прямого подключения к серверу OPC, создания и настройки объектов OPC, чтения, записи и записи данных. [2]

Stateflow – это среда для моделирования и симуляции комбинаторных и последовательных логических решений на основе конечных автоматов и блок-схем. Он объединяет графические и табличные представления (включая диаграммы переходов состояний, блок-схемы, таблицы переходов состояний и таблицы истинности) для моделирования того, как система реагирует на события, временные условия и внешние входные сигналы. Stateflow может быть непосредственно встроен в модель Simulink, и на этапе инициализации моделирования Simulink преобразует логический граф, нарисованный Stateflow, в язык C через компилятор, так что они органично объединяются. [3]

### 2.2.2 Инструментальная среда CODESYS

Для программирования контроллера использовался пакет программ промышленной автоматизации CODESYS версии 3.5 SP14 Patch 3 производства компании 3S-Smart Software Solutions GmbH.

Согласно стандарту IEC 61131-3:2003 для программирования в Codesys также доступны пять языков, выбираем язык ST:

Таблица 2.2.1– IEC 61131-3:2003

Аббр.	Обозначение	Описание
IL	Instruction List	Графический язык. Представляет собой программную реализацию электрических схем на базе электромагнитных <a href="#">реле</a> .
ST	Structured Text	Графический язык. Функциональный блок (ФБ) выражает некую подпрограмму. Каждый ФБ имеет входы (слева) и выходы (справа). Программа создается путём соединения



		множества ФБ.
LD	Ladder Diagram	Графический высокоуровневый язык. Создан на базе математического аппарата <a href="#">сетей Петри</a> . Описывает последовательность состояний и условий переходов.
FBD	Function Block Diagram	Текстовый <a href="#">Паскалеподобный</a> язык программирования
SFC	Sequential Function Chart	Текстовый язык. Аппаратно-независимый низкоуровневый <a href="#">ассемблероподобный</a> язык (устарел, исключен в 3 редакции). [4]

### 2.2.3 Технология OPC

Полное название OPC — связывание и встраивание объектов (OLE) для управления процессами, и его появление установило мост между приложениями на базе Windows и приложениями управления полевыми процессами. Раньше для доступа к данным полевым устройствам каждому разработчику прикладного программного обеспечения приходилось писать специальные интерфейсные функции. Из-за большого разнообразия полевых устройств и постоянного обновления продуктов это часто создает огромную нагрузку на пользователей и разработчиков программного обеспечения. Обычно это не может удовлетворить фактические потребности работы. Системным интеграторам и разработчикам срочно требуется plug-and-play драйвер устройства с высокой эффективностью, надежностью, открытостью и интероперабельностью. Так появился стандарт OPC. [5].

### 2.3 Разработать блок-схему заданного технологического процесса

Прочитав весь процесс, разделим весь процесс на три этапа: тележка заполнена опилками и готова к запуску (ручной запуск), процесс транспортировки тележки за трос и попадание опилок в бункеры МБ и ББ .

Среди них процесс транспортировки является самым сложным и запутанным. Маленькая веревка должна быть ограничена и отрегулирована

различными датчиками, чтобы наконец добраться до места назначения. Если ограничения датчика не выполняются, его необходимо приостановить или перезапустить.

Блок-схема показана на рисунке 2.3.1.

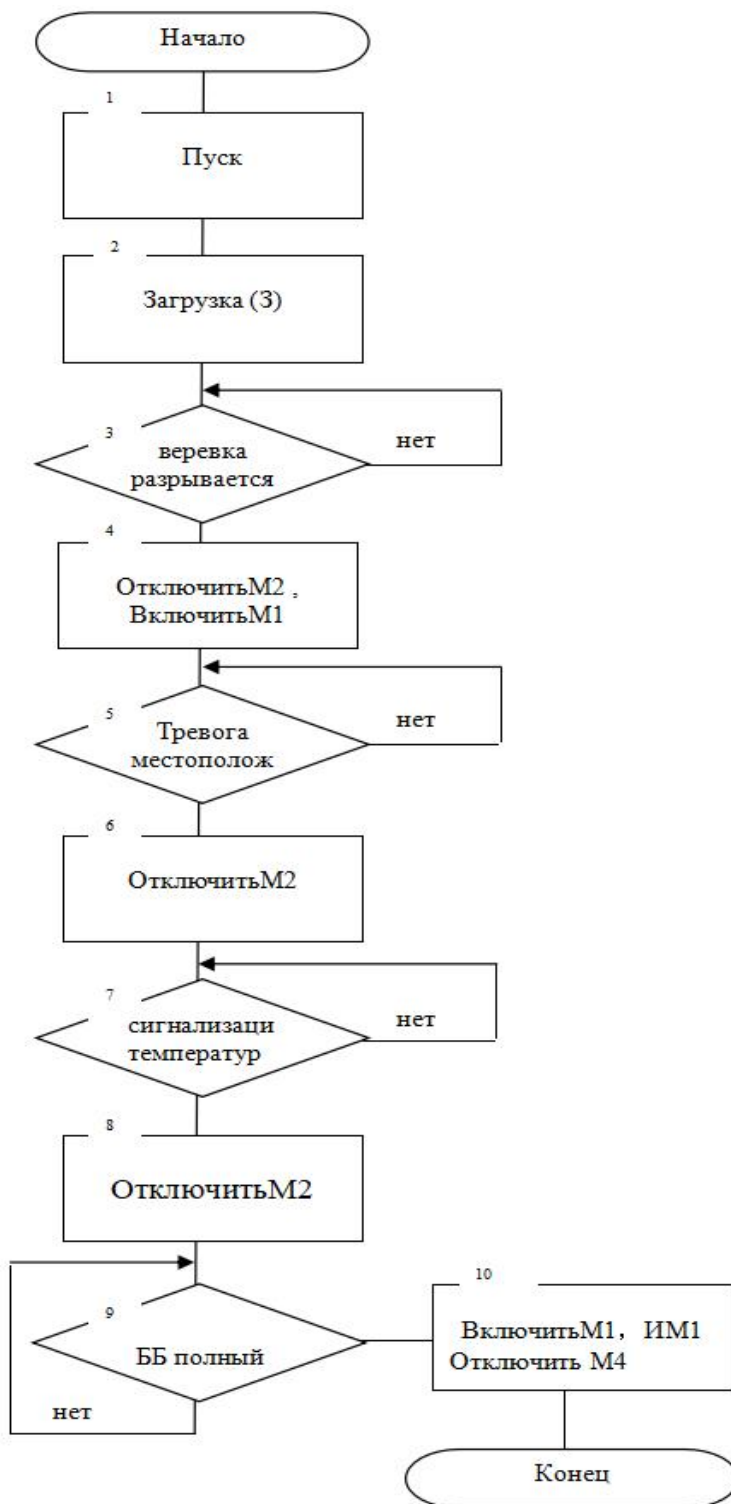


Рис.2.3.1 блок-схема

## 2.4 Анализировать процесс и устанавливать объекты управления

Разделите данные всего процесса на два типа: выходные и входные, как показано в таблице 2.4.1

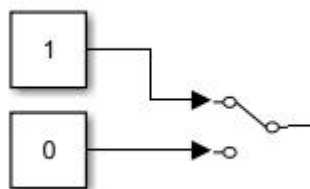
таблице 2.4.1 Используемые сигналы

Наименование	Примечание	Описание	Тип сигнала
Manu_switich	входной сигнал	Ручной переключатель	дискретный
Sensor_tension	входной сигнал	днк сигналы	аналоговый
Sensor_temp	входной сигнал	Дпд даёт сигнал	дискретный
ДОК	входной сигнал	ДОК даёт сигнал	дискретный
Sensor_pos	входной сигнал	ДНП иДВ даёт сигнал	дискретный
M <sub>1</sub>	выходной сигнал	Двигатель M <sub>1</sub> запускается	дискретный
M <sub>2</sub>	выходной сигнал	Двигатель M <sub>2</sub> запускается	дискретный
M <sub>add</sub>	выходной сигнал	Добавьте опилки в корзину	дискретный
M <sub>3</sub>	выходной сигнал	Двигатель M <sub>3</sub> запускается	дискретный
M <sub>4</sub>	выходной сигнал	Двигатель M <sub>4</sub> запускается	дискретный
warm_pos	выходной сигнал	Тревога местоположения	дискретный
warm_temp	выходной сигнал	Сигнализация перегрева	дискретный

## 2.5 Реализовать в пакете StateFlow конечный автомат состояний технологического процесса

Система MATLAB/Simulink является одним из самых популярных инструментов моделирования и численных вычислений, используемых в настоящее время в различных областях знаний[6].

Поскольку все целевые типы сигналов являются дискретными сигналами, для достижения цели моделирования мы используем два оригинала констант и один оригинал ручного переключения в библиотеке Simulink, чтобы указать, выполняются ли рабочие условия, как показано на рисунке 2.5.1.



рисунке 2.5.1 Пример условия моделирования

Таким образом, переключатель включается как 1 и выключается как 0.

Рисунок 2.5.2

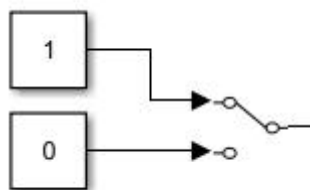
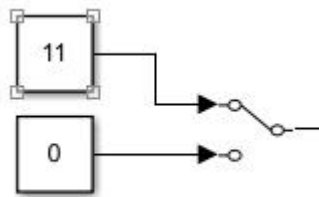


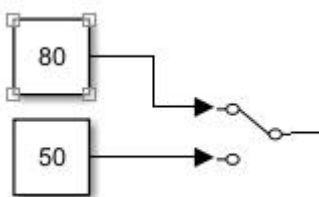
Рисунок 2.5.2 Manu\_switich

Затем мы устанавливаем натяжение веревки больше 10, и M2 активируется, поэтому здесь мы устанавливаем натяжение на 11 и 0. как показано на рисунке 2.5.3



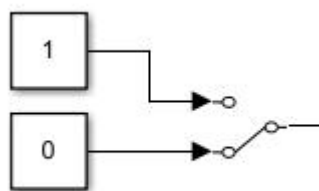
рисунке 2.5.3 Sensor\_tension

Если температура двигателя больше 70, он перестанет работать, поэтому 80 перестанет работать, а 50 будет работать, как показано на рисунке 2.5.4.



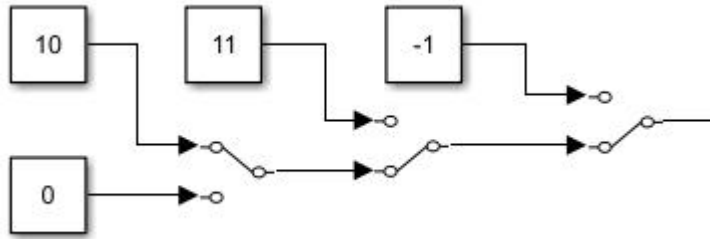
рисунке 2.5.4 Sensor\_temp

1 означает, что автомобиль движется в нормальном диапазоне, 0 означает, что автомобиль находится вне нормальной колеи. Как показано на рисунке 2.5.5.



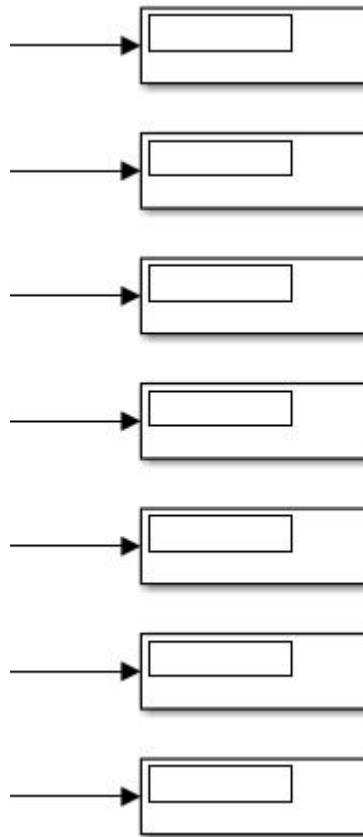
рисунке 2.5.5.док

От 0 до 10 - это нормальный диапазон движения автомобиля. Поскольку двигатель M2 должен быть реверсирован, когда автомобиль выходит за пределы нормального диапазона движения, 11 и -1 установлены для обозначения того, что автомобиль выходит за пределы нормального диапазона движения. Как показано на рисунке 2.5.6.



рисунке 2.5.6.Sensor\_pos

Для выходного сигнала нам нужно использовать Display в библиотеке Simulink только для отображения результата, как показано на рисунке 2.5.7.



рисунке 2.5.7.выходной сигнал

Создайте диаграмму Stateflow в среде Simulink, а затем установите объект ввода и объект вывода, как показано на рисунке 2.5.8.

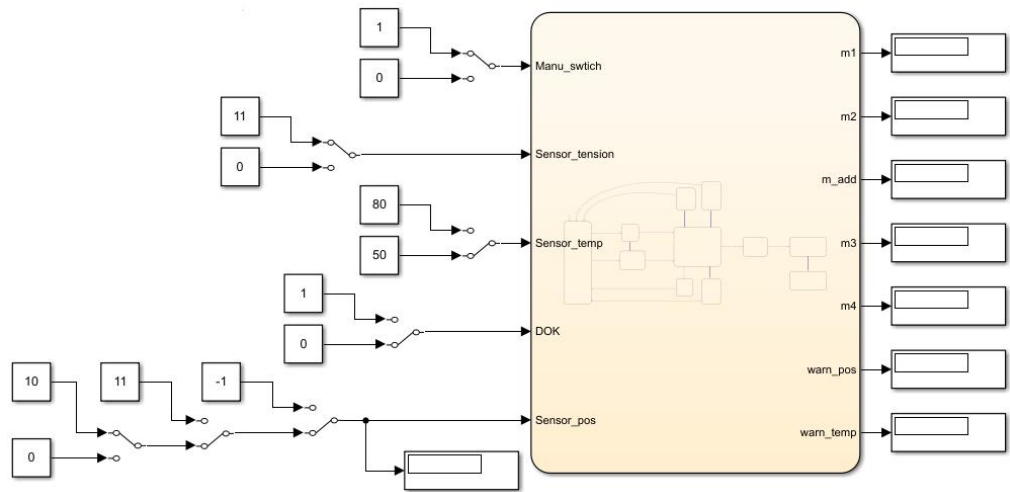


рисунок 2.5.8. Модель технологического процесса в Matlab

Затем создайте конечный автомат рабочего процесса в StateFlow на диаграмме.

Для построения автоматных моделей в Matlab имеется специальный встроенный пакет StateFlow , который далее будет использован для формирования модели процесса. Далее, на рисунке 2.5.8 приведен пример общего вида модели конечного автомата в приложении StateFlow.

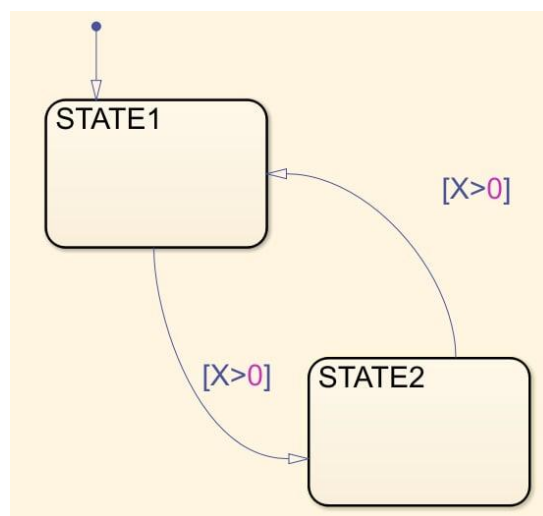
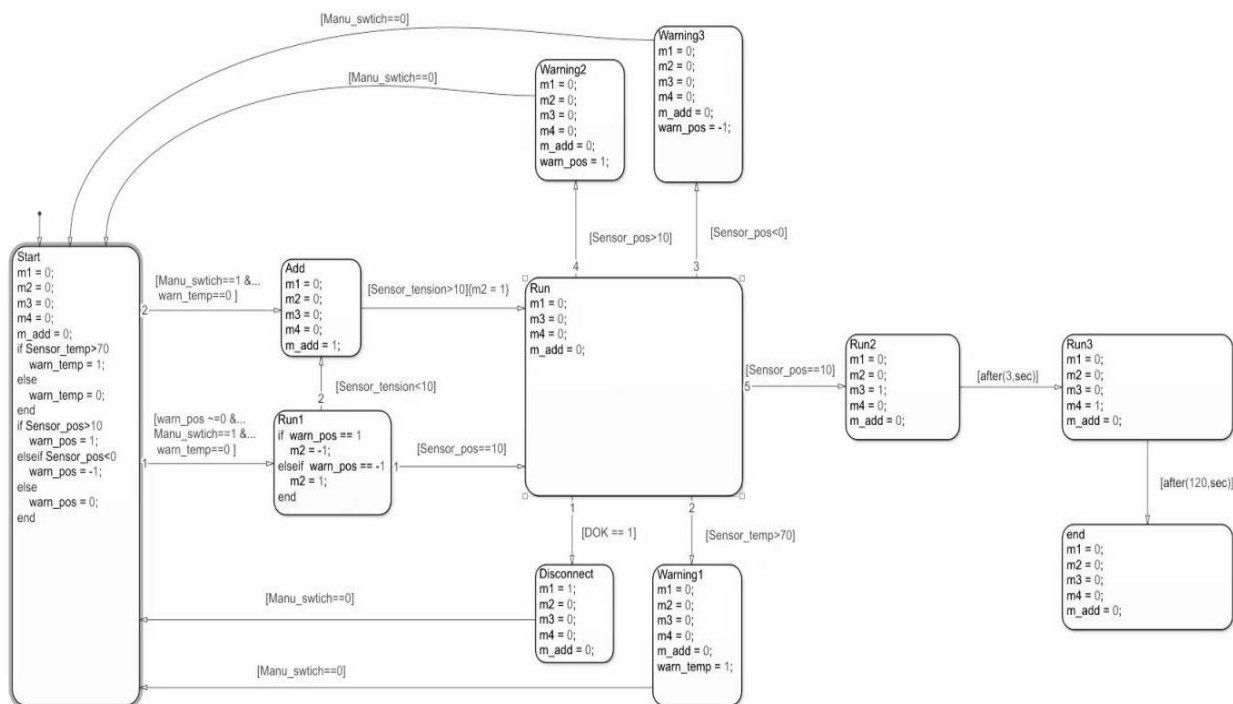


Рис. 2.5.8 Элементы приложения StateFlow

На рисунке 2.5.8 представлены ключевые элементы диаграммы StateFlow. State1 и State2 – состояния, в которых может находиться система, стрелки с неравенствами – условия перехода.

В клеточку запишем состояние двигателя и датчика в каждый момент времени протекания процесса, а на стрелке неравенства запишем условия, необходимые для взаимного преобразования каждого состояния.

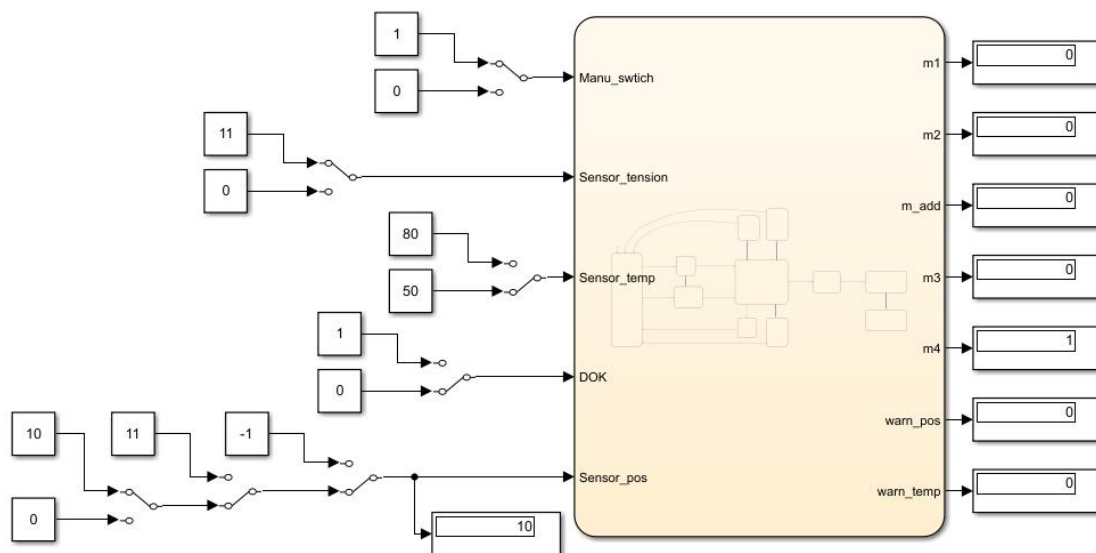
Логика синтаксиса Stateflow аналогична синтаксису программирования ST. Согласно описанию процесса, мы записываем состояние двигателя и датчика в каждый момент времени потока процесса в поле, а условия, необходимые для каждого состояния, конвертировать друг друга по стрелке неравенства. Как будет выглядеть, как это представлено на рисунке 2.5.9.



рисунке 2.5.9 Конечный автомат технологического процесса в StateFlow



Перед подключением Stateflow к Codesys проверьте, правильно ли работает модель. Задайте все условия для разрешения работы, нажмите «Старт», m4 выводит 1. Как показано на рисунке 2.5.10.



рисунке 2.5.10.результат операции

## 2.6 Связать модель StateFlow с управляющей программой посредством OPC – первичная обработка информации и подготовка к натурным испытаниям.

После настройки контроллера необходимо подключить MATLAB к ПЛК через сервер CODESYS OPC. Теперь создайте проект в Codesys и напишите управляющую программу, как показано на рис. 2.6.1.рис. 2.6.2

Мы используем язык ST (Structured Text) для программирования.

```

PROGRAM PLC_PRG
VAR_INPUT
    Manu_switich:BOOL;
    Sensor_tension: LREAL;
    Sensor_temp: LREAL;
    DOK: BOOL;
    Sensor_pos: LREAL;
    Sensor_full: BOOL;
    delaytime:TON;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    m1: BOOL;
    m2: LREAL;
    m_add: BOOL;
    m3: BOOL;
    m4: BOOL;
    warn_pos: BOOL;
    warn_temp: BOOL;
    out:STRING;
END_VAR

```

рис. 2.6.1 Программа ПЛК определяет выходные и входные переменные

```

IF m2:=1 THEN
    m_add:=FALSE;
END_IF

IF Manu_switich THEN
    IF Sensor_pos>=0 AND Sensor_pos<=10 THEN
        IF Sensor_tension>10 THEN
            IF Sensor_temp<=70 THEN
                IF DOK THEN
                    m2:=1;m1:=TRUE AND out:='Опилки поступают в МБ';
                ELSE
                    m2:=0 ;m1:=FALSE;Manu_switich:=FALSE AND out:='веревка порвалась';
                END_IF
            ELSE
                m2:=0 ;warn_temp:=TRUE;Manu_switich:=FALSE AND out:='Температура М2 слишком высокая';
            END_IF
        ELSE
            m2:=0 ; m_add:=TRUE;Manu_switich:=FALSE AND out:='Пожалуйста, добавьте опилки' ;
        END_IF
    ELSE
        m2:=-1 ; warn_pos:=TRUE;Manu_switich:=FALSE AND out:='Тележка съехала с нормального пути и возвращается'
    END_IF
END_IF

IF Sensor_full THEN
    m3:=TRUE; m4:=TRUE ;ELSE
    m3:=FALSE; m4:=FALSE;
END_IF
delaytime.IN:=TRUE;
delaytime.PT:=T#160S;
IF delaytime.Q THEN
    delaytime.IN:=FALSE;
END_IF

```

рис. 2.6.2 Программа ПЛК

Программа ST показана на рисунке 2.6.1. Отвечает за моделирование всего процесса перевозки тележкой опилок на склад ББ. Среди них информация всего процесса загружается на сервер OPC, а затем поступает в MATLAB через подключение функционального блока OPC Toolbox.

Чтобы требуемые переменные точно загружались на сервер OPC, необходимо задать символьную конфигурацию проекта (рис. 2.6.2), в которой выбрана программа PLC\_PRG.

Далее необходимо настроить OPC-сервер CODESYS согласно инструкции по эксплуатации OBEN PLC 200 [7] (рис. 2.6.3 рис. 2.6.4)

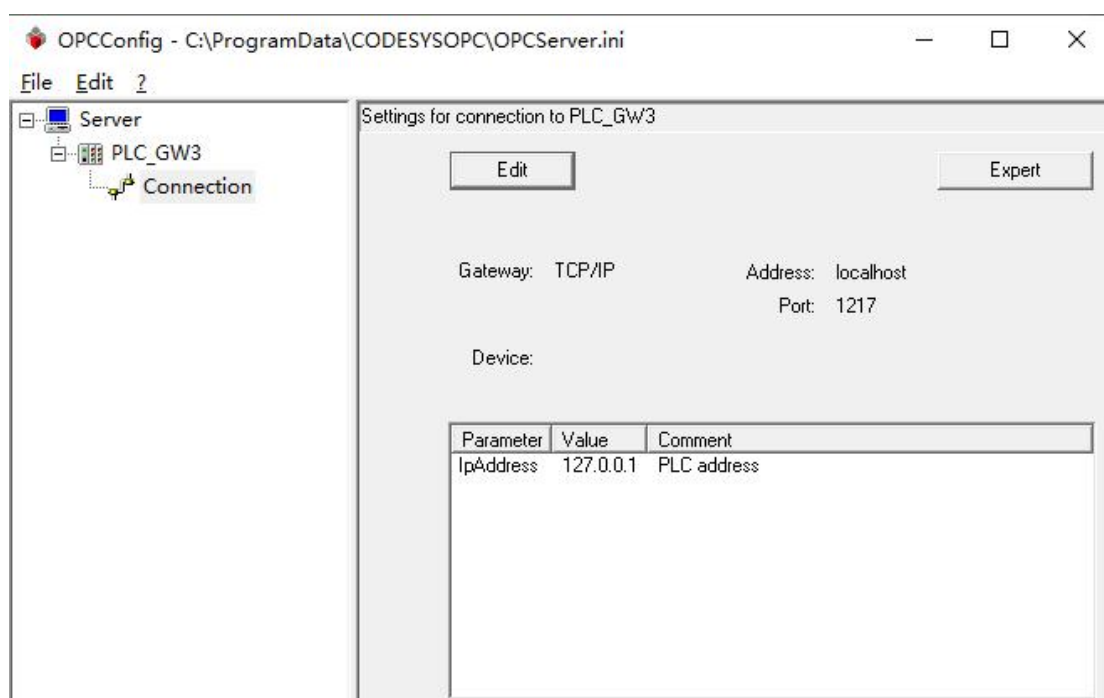


Рис. 2.6.3 Параметры конфигурации OPC

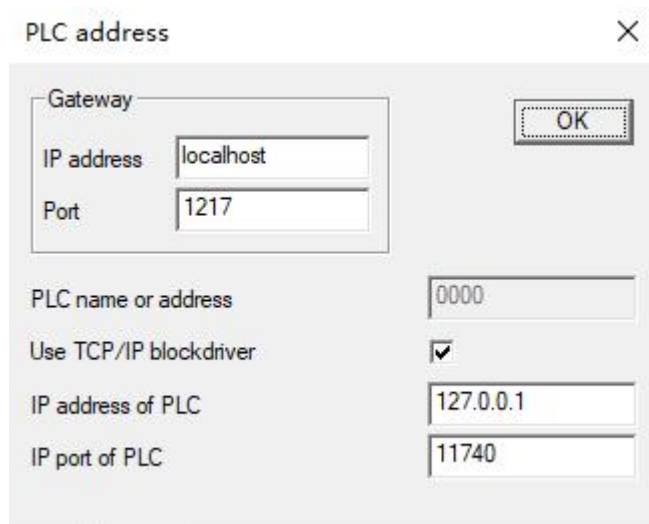


Рис. 2.6.4 Параметры конфигурации OPC

После настройки сервера OPC сохраните его для простого подключения в Matlab. (рис.2.6.5)

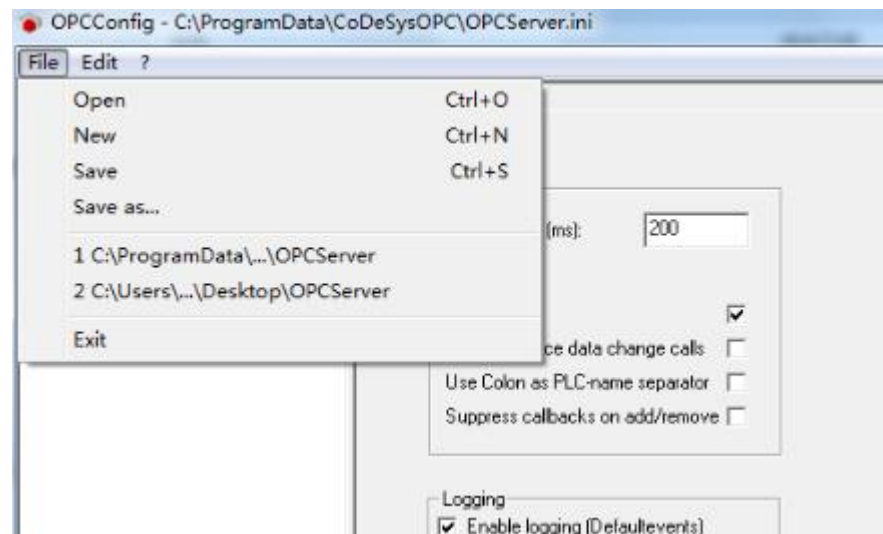


рис.2.6.5 Сохраните конфигурацию сервера OPC.

После завершения настройки необходимо настроить функциональный блок OPC Toolbox в модели, созданной ранее в MATLAB Simulink, и использовать его для связи с контроллером через OPC (рис.2.6.6).

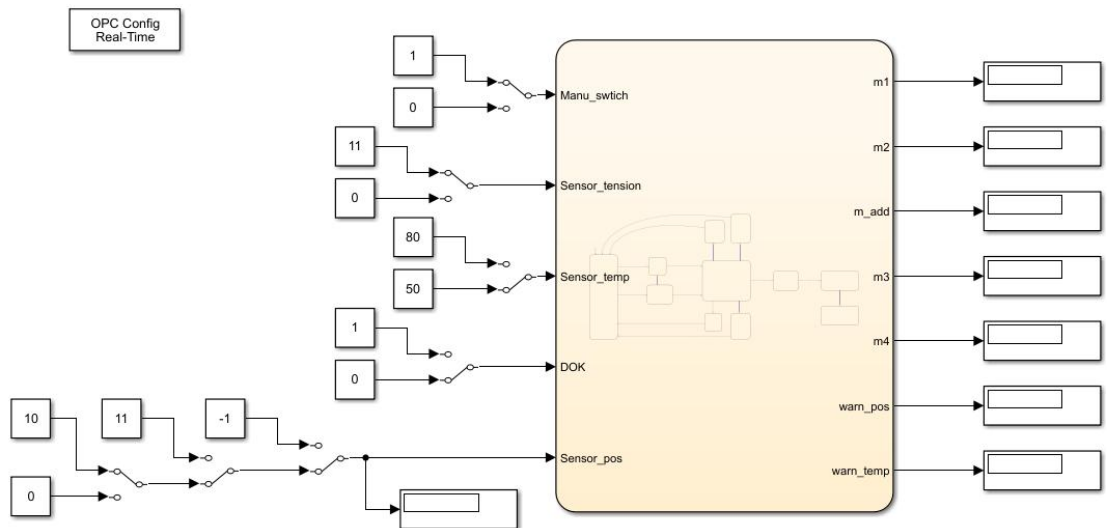


рис.2.6.6 Модели управления в Simulink

Откройте конфигурацию OPC и выберите сервер CODESYS OPC для подключения, как показано на рис.2.6.7.

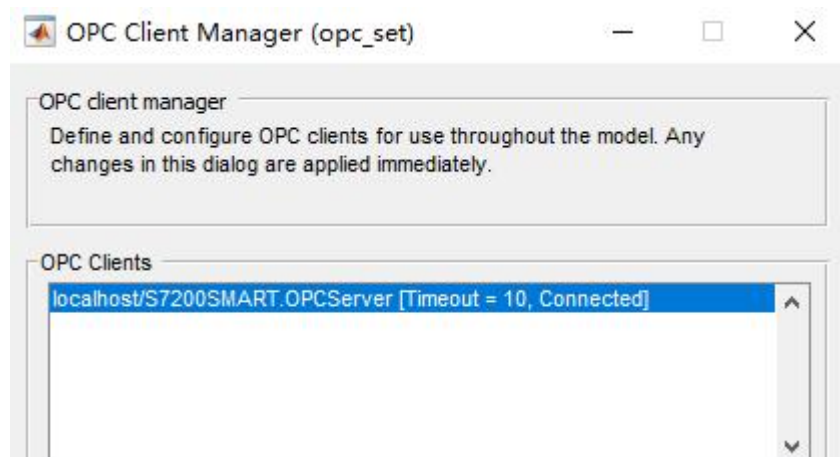


рис. 2.6.7.Конфигуратор OPC в MATLAB Simulink

После этого загрузите программу в Codesys (рис. 2.6.1 и рис. 2.6.2) в контроллер и запустите ее, а затем вернитесь в Simulink для запуска модели технологического процесса (рис. 2.5.10.) для достижения цели моделирования. МОНИТОРИНГ.

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Эта часть выпускной квалификационной работы предназначена для анализа конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчета бюджета на текущее развитие. Данная работа, выполненная на стенде Лаборатории основ автоматизации (корпус ТПУ), заключалась в исследовании эффективности методов решения ансамблевых инженерных задач, а именно использования пакета программ MATLAB в качестве инструмента моделирования и отладки. Оценка перспектив, планов и бюджетов научных исследований позволяет проанализировать их экономическую эффективность.

#### **3.1 Потенциальные пользователи результатов исследований**

Разработанный объект представляет собой автоматическую систему очистки объекта от опилок. Потенциальными пользователями автоматизированных систем удаления щепы могут быть производственные предприятия (деревообработка), лесхозы (лесопильные заводы), лаборатории. Сегментация рынка по сфере использования и размеру компании-клиента. Карта сегментации показана в таблице 3.1.1

Таблица 3.1.1 – Карта сегментирования

		Сфера использования		
		Производственная компания	лесное хозяйство	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Приведенная диаграмма подразделения показывает, что для внедрения и развития подходят обрабатывающая промышленность деревообработки, лесное

хозяйство и малые и средние лаборатории, такие как лесопильные заводы. При использовании в крупной организации возникает необходимость реализовать в системе поддержку промышленной сети и наладить взаимодействие со SCADA-системой.

### 3.2 Анализ конкурентных технических решений

На российском рынке «OWEN» и «Эльстер газэлектроника» выделяются как производители систем автоматизации малого и среднего размера.

Компания «ОВЕН» специализируется на производстве различных типов датчиков и контроллеров, включая, но не ограничиваясь, датчики и контроллеры уровня жидкости, датчики и контроллеры давления, датчики и контроллеры температуры. Помимо поставки оборудования, компания разрабатывает и реализует проекты автоматизации на собственном оборудовании. Различные регуляторы фирмы «ОВЕН» могут автоматически регулировать параметры в соответствии с объектом автоматизации.

ООО «ЭЛЬСТЕР Газэлектроника» не только производит различные типы датчиков, но также предоставляет готовые решения и обучает их использованию, предоставляя решения для достижения полной автоматизации предприятий.

Сравнение конкурирующих технических решений приведено в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Сравнение конкурирующих технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Удобство в эксплуатации	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Долговечность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2

Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Безопасность	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Точность измерений	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Быстродействие	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Цена	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Доступность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>48</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>4,6</b>	<b>4,15</b>	<b>4,35</b>

Из результатов расчетов в таблице 3.2.1 можно сделать вывод, что разрабатываемая система конкурентоспособна на рынке. По удобству разработки уступили аналогичным системам: компании «ОВЕН» из-за отсутствия возможности автоматической идентификации и настройки объектов; компании «Эльстер газэлектроника» из-за отсутствия взаимодействия со SCADA-системой на данном этапе разработки. К преимуществам относятся точность измерения температуры, надежность (за счет предварительного моделирования и возможности использования сложных алгоритмов управления) и затраты на разработку (экономия за счет передачи функций управления ПЛК в пакет программ MATLAB).



### 3.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ проводится для всесторонней оценки внешней и внутренней среды проекта. Поскольку разработка системы автоматического управления удалением стружки является лишь одним из конкретных способов применения рассматриваемого метода, SWOT-анализ учитывает сильные и слабые стороны, возможности и угрозы, связанные с подходом к проблеме. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1 – Матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b> С1. Предварительное моделирование. С2. Возможность применения сложных алгоритмов управления. С3. Возможность быстрого программного изменения алгоритма управления. С4. Экономия на среднем уровне АСУ ТП за счёт переноса управляющей программы на верхний уровень (ПК).</p>	<p><b>Слабые стороны:</b> Сл1. Затраты на ПО для моделирования. Сл2. Затраты на дополнительное обучение разработчика и/или оператора. Сл3. Необходимость проведения идентификации перед моделированием. Сл4. Сложность применения подхода для управления быстротекущими процессами.</p>
<p><b>Возможности:</b> В1. Рост стоимости оборудования и, следовательно, рост цены ошибки без применения моделирования. В2. Рост спроса со стороны ответственных и/или опасных производств.</p>	<p>В1В2С1С2. Эффективность предварительного моделирования будет только возрастать. В3С3. Автоматическая идентификация ускорит разработку подобных систем с применением MATLAB</p>	<p>В1В2Сл1Сл2. Потенциальная стоимость вероятной ошибки значительно больше стоимости ПО для моделирования. В3Сл3. При реализации автоматической идентификации указанная слабая сторона нивелируется.</p>

Продолжение таблицы 3.3.1 – Матрица SWOT-анализа

<p>В3. Разработка подсистемы автоматической идентификации В4. Использование пакета Simulink Real Time</p>		<p>В4Сл4. Simulink Real Time позволит создавать из моделей приложения реального времени для управления быстротекущими процессами</p>
<p><b>Угрозы:</b> У1. Рост спроса на адаптивные и интеллектуальные регуляторы и контроллеры. У2. Повышенные требования к безопасности данных У3. Оптимизация затрат на предприятии</p>	<p>У1С2С3. Введение адаптивной составляющей при разработке системы с использованием MATLAB позволит исследуемому подходу оставаться конкурентоспособным</p>	<p>У1Сл3. Приведёт к конкурентному отставанию, если не вводить в систему автоматическую идентификацию. У3Сл1Сл2. Возможен отказ от рассмотренного подхода.</p>

По результатам SWOT-анализа разрабатываются дальнейшие возможности разработки реальных систем автоматического управления, и методы создания таких систем в целом.

1. Для борьбы с угрозой У1 в систему следует внедрить подсистему автоматической идентификации и автоматической настройки параметров контроллера.

2. В условиях повышенных требований к безопасности данных (угроза У2) возможно отставание от конкурентов в развитии, так как отечественного аналога пакета MATLAB нет. В этом случае следует либо отказаться от использования MATLAB и перенести функционал управления на системный

уровень SCADA (например, MasterSCADA), либо использовать более дорогой контроллер и реализовать в нем сложные алгоритмы управления.

3. Для противодействия угрозе U3 и снижения затрат на разработку можно использовать более дешевые ПЛК или сэкономить датчики за счет точности измерений.

### 3.4 Планирование научно-исследовательской работы

#### 3.4.1 Структура работ

Перед началом работы над проектом необходимо спланировать этапы работы, указав занятость каждого участника и сроки выполнения каждого этапа. Структура работы и распределение занятости исполнителей показаны в таблице 3.4.1.1.

Таблица 5.4.1.1 – Структура работ

Этапы работы	Загрузка исполнителей
1. Постановка целей и задач исследования	НР – 80% И – 20%
2. Обзор литературы	И – 100%
3. Разработка технического задания	НР – 20% К – 10% И – 70%
4. Разработка календарного плана работ	НР – 20% И – 80%
5. Идентификация объекта	И – 100%
6. Создание модели в MATLAB	И – 100%
7. Сравнительный анализ методов настройки на модели системы	И – 100%
8. Установка связи MATLAB с объектом и проведение испытаний	К – 10% И – 90%
9. Обработка полученных результатов	К – 15% И – 85%
10. Оформление расчетно-пояснительной записки	И – 100%
11. Подведение итогов	НР – 100%

### 3.4.2 Разработка графика проведения научно-технического исследования

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни. Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по формуле [8]:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} \quad (3.4.2.1)$$

где  $t_{\text{ож}}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы чел.дн;

$t_{\text{min}}$  – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной работы, чел.дн;

$t_{\text{max}}$  – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной работы, чел.дн.

Для построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ в рабочих днях переводится в календарные дни по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot K_{\text{КД}} \quad (3.4.2.2)$$

(3.4.2.2)

где  $T_{\text{КД}}$  – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

$T_{\text{РД}}$  – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;  $K_{\text{КД}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{КД}} = \frac{\text{ТКД}}{\text{ТКД} - \text{ТВД} - \text{ТПД}} \quad (3.4.2.3)$$

где ТКД – количество календарных дней в году;

ТВД – количество выходных дней в году;

ТПД – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2022 года [9]:

$$K_{\text{КД}} = \frac{366}{366 - 66} = \frac{366}{300} = 1.22 \quad (3.4.2.4)$$

С учётом данных таблицы 3.4.1.1 и приведённых выше формул составляется расчётная таблица 3.4.2.1. Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, приведена на рисунке 3.4.2.1.

Таблица 5.4.2.1 – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Исполнители работы	Длительность работ, дн.			Трудоёмкость работ по исполнителям, чел.дн					
		t <sub>min</sub>	t <sub>max</sub>	t <sub>ож</sub>	T <sub>рд</sub>			T <sub>кд</sub>		
					НР	К	И	НР	К	И
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
1. Постановка целей и задач исследования	НР, И	3	4	3,4	2,72	0	0,68	3,318	0	0,83
2. Обзор литературы	И	5	7	5,8	0	0	5,8	0	0	7,076
3. Разработка технического задания	НР, К, И	12	24	16,8	3,36	1,68	11,76	4,099	2,05	14,35
4. Разработка календарного плана работ	НР, И	3	6	4,2	0,84	0	3,36	1,025	0	4,1
5. Идентификация объекта	И	6	12	8,4	0	0	8,4	0	0	10,25
6. Создание модели в MATLAB	И	12	18	14,4	0	0	14,4	0	0	17,57
7. Сравнительный анализ методов настройки на модели системы	И	6	10	7,6	0	0	7,6	0	0	9,272
8. Установка связи MATLAB с объектом и проведение испытаний	К, И	6	10	7,6	0	0,76	6,84	0	0,927	8,345

9. Обработка полученных результатов	К, И	6	10	7,6	0	1,52	6,08	0	1,854	7,418
10. Оформление расчётно-пояснительной записки	И	12	18	14,4	0	0	14,4	0	0	17,57
11. Подведение итогов	НР	2	4	2,8	2,8	0	0	3,416	0	0
<b>Итого:</b>				<b>93</b>	<b>9,72</b>	<b>3,96</b>	<b>79,32</b>	<b>11,86</b>	<b>4,831</b>	<b>96,77</b>

53

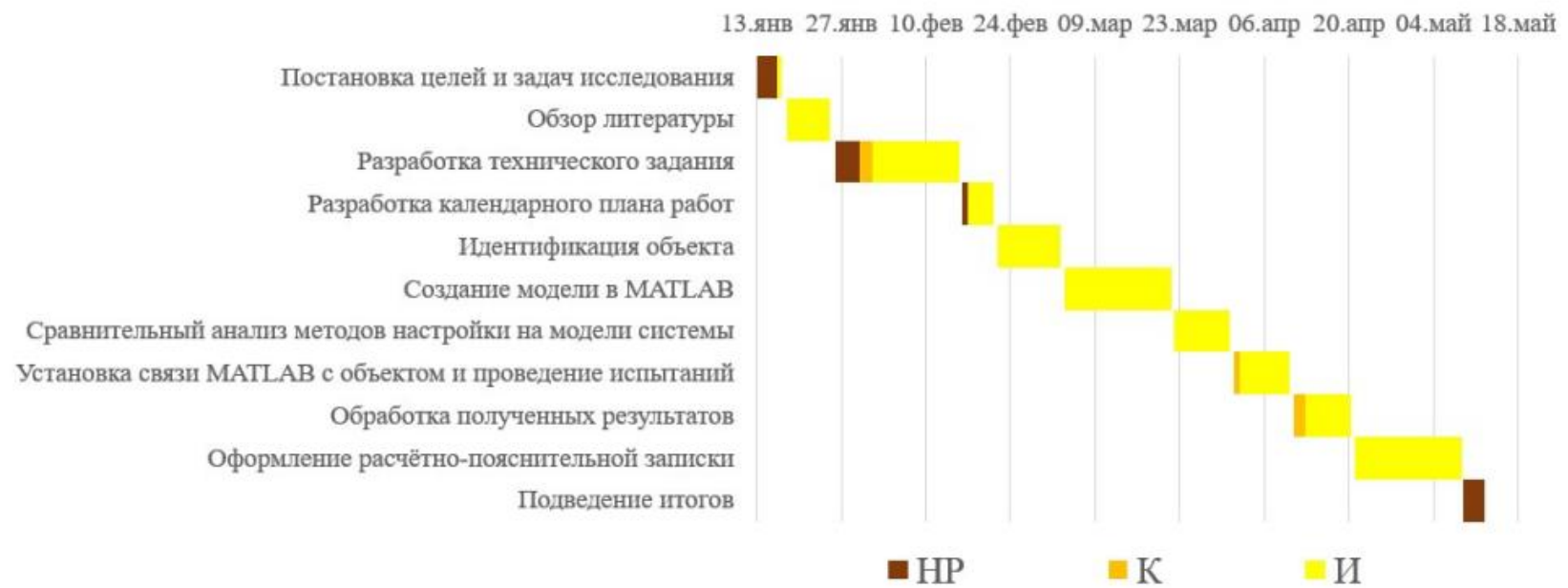


Рисунок 3.4.2.1 – Диаграмма Ганта



График на рисунке 3.4.2.1 показывает, что фактическая часть всего исследования занимает примерно два календарных месяца. Относительно длительный период времени был выделен на подготовку технического задания, чтобы лучше сформулировать и исключить необходимость возврата к этому этапу в будущем.

### **3.5 Бюджет научно-технического исследования**

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

#### **3.5.1 Расчёт материальных затрат**

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программных продуктов: Microsoft Office, Mathcad, MATLAB, CODESYS и др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет». Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности, кабель для подключения к контроллеру лабораторного стенда. Для исследований используется персональный компьютер с бесплатным доступом к лицензии MATLAB. В

материальные затраты также включаются

транспортнозаготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в таблице 3.5.1.1.

Таблица 3.5.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак. 500 листов	310	1	310
Тетрадь общая, 48 л.	50	1	50
Шариковая ручка	30	3	90
Патч-корд RJ-45, кат. 5е, 2м	300	1	300
<b>Итого</b>			<b>750</b>
<b>Итого с учётом ТЗР (10%)</b>			<b>825</b>

### 3.5.2 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 60000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [10]

Норма амортизации  $H_A$  рассчитывается как [11]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% \quad (3.5.2.1)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33.3\% \quad (3.5.2.2)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 60000 \cdot 0,33 = 19800 \text{ руб.} \quad (3.5.2.3)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{19800}{12} = 1650 \text{ руб.} \quad (3.5.2.4)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1650 \cdot 5 = 8250 \text{ руб.} \quad (3.5.2.5)$$

### 5.5.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Оклад научного руководителя (в должности доцента) составляет 33 664 рублей, оклад консультанта (в должности ассистента) – 12 664 рублей.

Оклад

студента (инженера) принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации, т.е. ассистента и составляет 12 664 рублей. В 2022 году с учётом 48-дневного отпуска 247 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1603,05 рублей в день, для консультанта и инженера – 603,05 рублей в день.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части.

При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{осн}} = ЗП_{\text{дн}} \cdot T_{\text{рд}} \cdot (1 + K_{\text{нр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}} \quad (3.5.3.1)$$

где  $ЗП_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{РД}$  – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{пр}$  – коэффициент премирования;

$K_{д}$  – коэффициент доплат;

$K_{р}$  – районный коэффициент.

Результаты расчёта основной заработной платы по формуле 3.5.3.1 приведены в таблице 3.5.3.1.

Таблица 3.5.3.1 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$ЗП_{осн}$	$K_r$	$K_d$	$K_{пр}$	$T_{РД}$	$ЗП_{осн}$ , руб
Руководитель	1603,05	0,1	0,2	1,3	9,72	26332,98
Консультант	603,05	0	0,2	1,3	3,96	3725,4
Инженер	603,05	0	0,2	1,3	79,32	74620,92
<b>Итого</b>						<b>104679,3</b>

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 0,12 \quad (3.5.3.2)$$

где  $ЗП_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды в соответствии с Налоговым кодексом РФ рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{внеб} = ЗП_{осн} \cdot ЗП_{доп} \cdot 0,302 \quad (3.5.3.3)$$

где  $ЗП_{осн}$  – основная заработная плата, руб;

$ЗП_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.

Результаты расчётов по формулам 3.5.3.2 и 3.5.3.3 приведены в таблице 3.5.3.2.

Таблица 3.5.3.2 – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

Исполнители	<i>ЗП<sub>доп</sub></i>	<i>ЗП<sub>внеб</sub></i>
Руководитель	3159,96	8847,88
Консультант	447,5	1251,73
Инженер	8954,51	25072,63
<b>Итого</b>	<b>12561,97</b>	<b>35172,24</b>

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

### 3.5.4 Расчёт общей себестоимости

Рассчитанные в пунктах 3.5.1-3.5.3 расходы сведены в таблицу 3.5.4.1.

Таблица 3.5.4.1 – Суммарные расходы

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	825	0,464
Затраты на амортизацию	8250	4,64
Основная заработная плата	104679,3	58,93
Дополнительная заработная плата	12561,97	7,07
Страховые взносы	35172,24	19,8
Накладные расходы	16148,85	9,09
<b>Итого</b>	<b>177637,36</b>	<b>100</b>

В ходе подсчёта затрат на разработку проекта выявлено, что основная часть (63%) средств расходуется на заработную плату исполнителей.

### **3.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Эффективность разработки сравнивается аналогичными системами:

Система на основе программируемого логического контроллера «ОВЕН ПЛК 200» производства компании «ОВЕН» общей стоимостью 48 840.00 руб.

Система на основе ПЛК серии ML200 производства «Эльстер газэлектроника» общей стоимостью 185441,11 руб.

Эффективность разработки определяется путём расчёта интегрального финансового показателя:

$$I_{\text{фин}}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{\text{max}}} \quad (3.6.1)$$

где  $I_{\text{фин}}^i$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_i$  – стоимость  $i$ -ого варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения проекта (зависит от сложности АСУ).

$$I_{\text{фин}} = \frac{177637,36}{197152,98} = 0,901 \quad (3.6.2)$$

$$I_{\text{фин}}^1 = \frac{197152,98}{197152,98} = 1 \quad (3.6.3)$$

$$I_{\text{фин}}^2 = \frac{185441,11}{197152,98} = 0,941 \quad (3.6.4)$$

Сравнительная оценка ресурсоэффективности рассматриваемых аналогов приведена в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Ресурсоэффективность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Удобство в эксплуатации	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Долговечность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Безопасность	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Точность измерений	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Быстродействие	0,05	5	4	4	0,25	0,25	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>3,95</b>	<b>4,1</b>	<b>3,8</b>

Интегральный показатель эффективности разработки  $I^i$  вычисляется на основании рассчитанных выше интегрального финансового показателя  $I_{\text{фин}}^i$  (3.6.2 – 3.6.4) и показателя ресурсоэффективности  $I_p^i$  (таблица 3.6.1):

$$I_i = \frac{I_p^i}{I_{\text{фин}}^i} \quad (3.6.5)$$

Для разрабатываемой системы:

$$I = \frac{3,95}{0,901} = 4,384 \quad (3.6.6)$$

Для рассматриваемых аналогов:



$$I^1 = \frac{4.1}{1} = 4,1 \quad (3.6.7)$$

$$I^2 = \frac{3.8}{0.941} = 4,038 \quad (3.6.8)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы и рассматриваемых аналогов рассчитывается как:

$$\mathcal{E} = \frac{I}{I^i} \quad (3.6.9)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы с аналогами приведена в таблице 3.6.2.

Таблица 3.6.2 – Сравнительная эффективность разработки

п/п	№ Показатели	Разработ ка	Аналог №1	Аналог №2
1	Интегральный финансовый показатель $I_{фин}$	0,901	1	0,941
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности $I_p$	3,95	4,1	3,8
3	Интегральный показатель эффективности $I$	4,384	4,1	4,038
4	Сравнительная эффективность $\mathcal{E}$ разработки к аналогам		1,069	1,086

Численное сравнение комплексных показателей эффективности показывает, что разработанная система автоматической очистки от опилок хотя и уступает имитационному № 1 по ресурсоэффективности, но превосходит его стоимость по комплексным показателям эффективности из-за малой развитости.

## **Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В данном разделе оцениваются экономические аспекты исследуемого метода построения автоматизированной системы очистки от опилок:

1. Определены потенциальные потребители результатов исследования. Разработку можно применять на производственных предприятиях, в лесном хозяйстве и лабораториях (см. подраздел 3.1).

2. Проведен анализ конкурирующих технических решений. Определены два конкурента: компания ОВЕН и «Эльстер газэлектроника». Разрабатываемая на данном этапе система не так проста в использовании, как конкуренты (см. подраздел 3.2), но благодаря использованию пакета программ MATLAB позволяет использовать математическое моделирование и сложные алгоритмы управления в сочетании с относительно недорогим ПЛК.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: рост спроса на адаптивные и интеллектуальные системы; повышенные требования к безопасности; оптимизация затрат на предприятии. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 3.3.

4. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: основная – 104679,3 руб. (58,93%), дополнительная – 12561,97 руб. (7,07%). На втором месте страховые взносы – 35172,24 руб. (19,8%). Затем идут накладные расходы – 16148,85 руб. (9,09%). Меньше всего средств уходит на амортизацию оборудования – 8250 руб. (4,64%) и на материальные затраты – 825 руб. (0,464%). Общий бюджет разработки составил 177637,36 руб. При этом запланированная продолжительность работы составляет 114 дней.

5. В подразделе 3.6 оценена экономическая эффективность разработки. Разрабатываемая система уступает аналогу №1 по ресурсоэффективности в виду меньшего удобства эксплуатации на данном этапе, однако по сравнительному показателю эффективности разработка превосходит аналогичные системы за счёт меньшей стоимости. Экономия достигается за счёт использования менее производительного ПЛК, позволяя перенести управляющие функции на программный пакет MATLAB.

В целом, эффективность исследуемого подхода предварительного моделирования системы в каждом конкретном случае можно оценить исходя из вероятных затрат на восстановление работоспособности объекта

при ошибке разработчика или оператора системы автоматического регулирования (зачастую стоимость промышленных систем составляет сотни тысяч, а иногда и миллионы рублей).

#### **4.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

В данном разделе рассматриваются правовые и организационные аспекты обеспечения безопасности персонала, а также опасности и чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при проведении исследования и использовании его результатов, чтобы обеспечить соблюдение законодательства в сфере охраны труда и сохранения здоровья людей. Научно-исследовательская работа проводится в лаборатории основ автоматике (здание ТПУ 10) на лабораторном стенде, содержащем программируемый логический контроллер, преобразователь частоты, нагреватель, охлаждающий вентилятор, соединительные провода, автоматические выключатели и другое оборудование. Дополнительно к перечисленному используется персональный компьютер. При разработке используется подход предварительного компьютерного моделирования с использованием программного пакета MATLAB. На модели выполняется настройка регулятора, которая затем переносится на ПЛК стенда. Потенциальными пользователями системы автоматического регулирования могут выступать промышленные предприятия, в которых система будет настраиваться инженерами АСУ ТП, специалистами КиПиА и затем

использоваться операторами технологического процесса. Предварительное компьютерное моделирование, рассматриваемое в настоящей работе, может применяться как в производственных условиях на предприятиях и в проектных организациях, так и в лабораторных условиях учебных заведений. Предварительное компьютерное моделирование системы автоматического регулирования позволяет отработать варианты регуляторов до внедрения на реальном объекте, тем самым уменьшить вероятность ошибки разработчика, сократить возможные затраты на восстановление оборудования и снизить вероятность возникновения ЧС на производстве.

#### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

##### **4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Нормальная продолжительность рабочего времени не должна превышать 40 часов в неделю. Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. Работодатель обязан вести учёт времени, фактически отработанного работником (ст. 91 ТК РФ [12]). В течение рабочего дня работодатель должен предоставлять

работнику перерыв для отдыха и питания – не менее 30 минут и не более 2 часов (ст. 108 ТК РФ [12]). Защита персональных данных обеспечивается статьями 86 – 90 ТК РФ и направлена на обеспечение прав и свобод человека и гражданина согласно Конституции РФ. Обработка персональных данных может выполняться исключительно в целях соблюдения действующего законодательства. При этом защита персональных данных от их неправомерного использования обеспечивается работодателем за счёт его средств [12]. Работодатель обязан обеспечить безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений и оборудования, при осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов. В обязанности работодателя также входит обеспечение обязательного социального страхования работников от профессиональных заболеваний и несчастных случаев на производстве (ст. 212 ТК РФ [12]).

#### **4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Рабочее место как разработчика, так и оператора системы автоматического регулирования практически всегда содержит один или несколько видеотерминалов (дисплеев); работа выполняется в положении сидя, поэтому необходимо обеспечить выполнение требований стандартов, обозначенных в п. 4.1.1.

При компоновке видеотерминальных рабочих мест важными эргономическими показателями являются: расстояние от экрана до глаз пользователя, высота рабочей поверхности и рабочего кресла, их регулируемость. Для рациональной планировки рабочего места необходимо обеспечить постоянство и определённый порядок размещения ЭВМ, документации и иных средств труда. Часто используемые средства труда должны помещаться в зоне лёгкой досягаемости (зона В на рисунке 4.1.2.1)

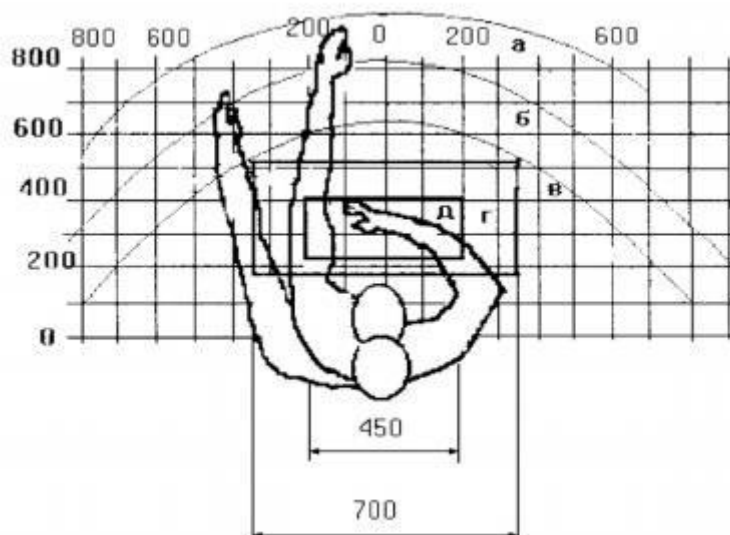


Рисунок 4.1.2.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

А – зона максимальной досягаемости. В её центральной части размещается дисплей (дисплеи).

Б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке.

В – зона лёгкой досягаемости ладони. В ней (справа) располагается манипулятор «мышь», а также необходимая для работы документация. Остальные документы и/или литература располагается в ящиках стола.

Г – оптимальное пространство для грубой ручной работы. В этой зоне может размещаться вспомогательное оборудование.

Д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы. В этой зоне размещается клавиатура.

Обозначенные выше, а также другие требования, представленные в [13 –15] способствуют созданию благоприятных условий труда. Их соблюдение повышает привлекательность труда и, как следствие его производительность.

## **4.2 Профессиональная социальная безопасность**

### **4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов при проведении исследования**

Охрана труда на объекте не может быть обеспечена без анализа опасных и вредных факторов, которые могут повлиять на персонал в процессе работы.

Перечень анализируемых факторов представлен в таблице 4.2.1 [16].

Таблица 4.2.1 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Недостаточная освещенность; Несоответствующие параметры микроклимата;	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [17].



<p>Повышенный уровень шума;</p> <p>Повышенный уровень электромагнитного излучения</p>	<p>ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум.</p> <p>Общие требования безопасности [18].</p> <p>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [19].</p> <p>ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ.</p> <p>Электромагнитные поля радиочастот.</p> <p>Общие требования безопасности [20].</p> <p>СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. [21]</p>
<p>Опасные факторы:</p> <p>Механические воздействия</p> <p>Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</p> <p>Высокая температура поверхностей оборудования</p>	<p>ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. [22].</p> <p>ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействий механических факторов. [23]</p> <p>ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих [34].</p>

Обозначенные в таблице 4.2.1 факторы могут повлиять на состояние здоровья разработчика и оператора, поэтому необходимо обеспечить контроль за соблюдением требований к параметрам этих факторов, чтобы минимизировать возможность наступления травмоопасной или аварийной ситуации.

## 4.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

### Несоответствующие параметры микроклимата

К важным показателям микроклимата рабочей зоны относятся температура, влажность, а также скорость движения воздуха. Эти три фактора взаимозависимо воздействуют на теплообмен организма. Нарушение теплообмена может привести к гипертермии. Работа разработчика и оператора системы автоматического регулирования относятся к работам, производимым сидя и не требующим систематического физического напряжения. Это позволяет отнести её к категории Ia, согласно СанПиН 2.2.4.548-96. В таблице 6.2.2.1 приведены оптимальные показатели микроклимата рабочей зоны для указанной категории работ [17].

Таблица 4.2.2.1 – Оптимальные показатели микроклимата (категория

Ia)

Период года	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	22 – 24	40 – 60	0,1
Тёплый	23 – 25	40 – 60	0,1

Если по техническим, технологическим и иным причинам не могут быть обеспечены оптимальные показатели, устанавливаются допустимые микроклиматические условия (таблица 4.2.2.2), рассчитанные на восьмичасовую рабочую смену.

Таблица 4.2.2.2 – Допустимые показатели микроклимата (категория Ia)

Период года	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	20 – 25	15 – 75	0,1
Тёплый	21 – 28	15 – 75	0,1 – 0,2

Для обеспечения норм параметров микроклимата в производственных помещениях применяют общеобменную вентиляцию, а также, при необходимости, системы кондиционирования. В холодное время года используются системы центрального отопления. Радиаторы отопления размещают в нишах и закрывают решётками. Температура поверхности радиаторов не должна превышать 95 °С.

### **Повышенный уровень шума**

В условиях производства имеют место шумы, различающиеся по интенсивности и частотному спектру. Шум может привести к нарушениям

слуха, а при длительном воздействии является фактором стресса, снижающим производительность труда работника. Для исследуемой системы автоматического регулирования источниками шумов являются преобразователь частоты и охлаждающий вентилятор. В таблице 4.2.2.3 приведены предельно допустимые уровни постоянного шума для объекта, согласно ГОСТ 12.1.0032014 [16] и СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [25].

Таблица 4.2.2.3 – Нормированные уровни звукового давления

Вид работы	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Моделирование	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Настройка	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Эксплуатация	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Для оценки соблюдения предельных уровней шума необходимо проводить производственный контроль. Если уровни превышаются, необходимо обеспечить соответствующие мероприятия по защите от воздействия шума. К таким относятся: защита временем, защита расстоянием, экранирование, использование средств индивидуальной защиты, таких как противошумные вкладыши, наушники, шлемы и каски [25].

## Недостаточная освещённость

В работе разработчика и оператора АСУ ТП постоянно используется персональная ЭВМ, а также иное оборудование, которое при длительном использовании вызывает повышенное напряжение глаз. В случае недостатка естественного освещения необходимо обеспечить дополнительное искусственное освещение рабочей зоны. Нормы освещения для рабочего места разработчика и оператора АСУ ТП для производственных помещений согласно СНиП 23-05-95 представлены в таблице 4.2.2.4 [19].

Таблица 4.2.2.4 – Норма освещённости

Характер зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		КЕО, % при боковом
			Освещённость при системе общего освещения	Коэффициент пульсации, %	
Различение объектов высокой точности	Б	1	300	15	1,0

Согласно нормам СНиП 23-05-95 и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, освещённость поверхности стола в зоне размещения рабочей документации должна быть в пределах 300-500 лк, освещённость поверхности экрана – не

более 300 лк. Блесткость источников света на экране не должна превышать 200 кд/м<sup>2</sup>. Для обеспечения показателей яркости для внутренней отделки помещений следует использовать диффузионно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для пола 0,3-0,5; для стен – 0,5-0,6; для потолка 0,7-0,8 [19].

### **Повышенный уровень электромагнитного излучения**

Электромагнитные поля (ЭМП) от линий электропередач, устройств автоматики относятся к ЭМП промышленной частоты. Высокая опасность для человека обуславливает необходимость их нормирования. Длительное действие таких полей приводит к снижению работоспособности, расстройствам сна и памяти, головным и сердечным болям, нарушениям центральной нервной системы [26]. Нормы параметров ЭМП, создаваемых персональными ЭВМ приведены в таблице 4.2.2.5 [20].

Таблица 4.2.2.5 – Временные допустимые ЭМП, создаваемые персональными ЭВМ

Параметр		Допустимые значения
Напряжённость электрического поля	Частотой 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	Частотой 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м

Плотность магнитного потока	Частотой 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	Частотой 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электрический потенциал экрана видеотерминала		500 В

Для оценки соблюдения уровней ЭМП необходимо проводить производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней проводятся организационные мероприятия. К таким относятся: защита временем, защита расстоянием, замена оборудования, экранирование, использование средств индивидуальной защиты – индивидуальных экранирующих комплектов [20].

**Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;**

Воздействие электрического тока на организм человека зависит от совокупности следующих факторов: вида тока (постоянный или переменный), напряжения, силы тока, а также времени воздействия. При прохождении через тело человека электрический ток производит следующие действия [26]:

- термическое (ожоги, перегрев внутренних органов);
- электролитическое (разложение органических жидкостей);
- механическое (расслоение, разрыв тканей);

- биологическое (нарушение нормального течения внутренних процессов, сокращение мышц, остановка сердца).

Опасность воздействия электрического тока увеличивается во влажных помещениях, при работе без заземления. Согласно ПУЭ рабочее место разработчика системы автоматического регулирования при компьютерном моделировании, а также оператора АСУ ТП относится к помещениям без повышенной опасности [28]. Повышенной опасности персонал подвергается при сборке системы и подключении оборудования. К основным мероприятиям по защите от поражения электрическим током можно отнести: применение средств индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, обувь, рукоятки; изолирующие покрытия и подставки); защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение, ограничение доступа к токоведущим поверхностям и частям оборудования. Для обеспечения оптимальной защиты описанные технические способы и средства применяют как отдельно, так и совместно.

### **Механические воздействия**

Источником возможных механических повреждений (удар, порезы) в системе выступает вентилятор. К средствам защиты работников от механических повреждений в [23] относят заградительные и блокировочные устройства. На лабораторном стенде вентилятор отнесён на безопасное



расстояние от рабочего места. При этом непосредственного контакта с работающим механизмом на всех этапах работы не происходит. В случае попадания под удар механизм необходимо обесточить автоматическим выключателем на стенде.

### **Высокая температура поверхностей оборудования**

К средствам защиты работников от повышенных температур поверхностей в [24] относят оградительные и термоизолирующие устройства. На лабораторном стенде нагреватель отнесён на безопасное расстояние от рабочего места и помещён в пластиковый кожух. При этом непосредственного контакта нагревателем на всех этапах работы не происходит. В случае получения ожога следует охладить обожжённое место проточной водой в течение 10-15 минут, при необходимости использовать средство первой помощи при ожогах и обратиться к врачу.

## **4.3 Экологическая безопасность**

### **4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Система потребляет электроэнергию во время работы. При этом пагубное воздействие на окружающую среду находится в прямой зависимости от состояния и развития энергетики, так как определяет уровень потребления (в том числе органического) топлива и является источником загрязнения воздуха, воды, земной поверхности. и его

недра. Помимо генерации за счет энергопотребления Помимо косвенных эффектов следует также обратить внимание на прямое воздействие объекта исследования на окружающую среду после окончания его жизненного цикла, т.е. вид старого оборудования и его компонентов.

#### **4.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Первым этапом переработки электронных отходов является их разбор, разделение на исправные и неисправные компоненты. Исправные могут быть вновь проданы с учётом оставшегося ресурса. Неисправные компоненты, содержащие металлические и неметаллические части, подвергаются измельчению и последующей сепарации. Металлические фракции могут быть переплавлены и использованы повторно. Для коммерческого использования неметаллических фракций необходимо подвергнуть их химической переработке (пиролиз, газификация) для превращения в химическое сырьё или топливо. Особое внимание уделяется переработке печатных плат, как одним из наиболее вредных для окружающей среды отходов. В результате переработки неметаллических фракций получают строительные и отделочные материалы, композитные плиты [29]. Таким образом, развитие технологий в сфере энергосбережения, альтернативной энергетики, переработке электронных отходов напрямую способствует сохранению окружающей среды.

## **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Чрезвычайной ситуацией, согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016, называют обстановку на определённой территории, имеющую место в результате аварии, катастрофы и т. п. и повлекшую за собой гибель людей, ущерб здоровью или окружающей среде, нарушение жизнедеятельности людей и/или значительные материальные потери [30].

В силу того, что работа ведётся с электрооборудованием, для исследуемого объекта наиболее вероятными ЧС являются пожар и короткое замыкание.

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

Лабораторный стенд и ПК питаются от сети переменного напряжения 220 В. Для предупреждения короткого замыкания используются автоматические выключатели, защитное заземление, изоляция контактов, токоведущих частей и проводов стенда.

В случае возникновения короткого замыкания будут произведены следующие действия:

1. Немедленное аварийное отключение лабораторного стенда.
2. Обесточивание всей лаборатории.

Согласно «Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности» [31] помещение относится к категории В, т.е. содержит горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в т. ч. пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

К противопожарным организационно-техническим мероприятиям относятся [24]: оборудование помещения средствами тушения пожара, автоматической пожарной сигнализацией и средствами связи; регулярная проверка электрической проводки освещения и электрооборудования; обязательный инструктаж по технике безопасности и действиях в случае пожара в производственном помещении (лаборатории); обязательное отключение оборудования при покидании рабочего места.

В случае возникновения пожара или его признаков: задымления, запаха горения, тления материалов, повышения температуры необходимо следовать установленным на объекте правилам пожарной безопасности.

## **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

Поэтому в разделе «Социальная ответственность» рассматривается законодательная норма, связанная с разработкой системы управления автоматическим удалением щепы.

Проанализированы опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при проведении этапов работы: отклонение показателей микроклимата, повышенный уровень шума, недостаточный уровень освещённости, электромагнитные поля, воздействие электрического тока; даны обоснования мер по уменьшению влияния этих факторов.

Рассмотрен характер воздействия объекта исследования на окружающую среду. Выявлено прямое влияние в виде промышленных отходов и косвенное влияние через потребление электроэнергии. Описаны мероприятия по утилизации отходов.

Произведён анализ возможных чрезвычайных ситуаций при разработке и эксплуатации объекта. Описаны превентивные меры, а также порядок действий при возникновении ЧС. Результаты работы по данному разделу могут быть использованы при внедрении подобных систем на производстве.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе работы проведена разработка системы автоматического управления уборкой опилок на базе контроллера OWEN PLC 200.

Программный пакет MATLAB используется как инструмент для программирования моделей Stateflow.

Модель автомата была разработана в MATLAB Simulink, а условия перехода между основными состояниями были сформулированы путем дальнейшей программной реализации в приложении StateFlow.

Для тестирования на лабораторном стенде в MATLAB Simulink была разработана модель управления, в которой считываются и записываются переменные OPC, отрабатывается расчет ошибок управления и формирование управляющих воздействий. Для обеспечения передачи сигнала между управляющей моделью и устройством стойки контроллера была написана программа на языке ST и настроен OPC-сервер CODESYS.

Таким образом, широкие возможности программного комплекса MATLAB и среды разработки CODESYS используются на всех этапах разработки САР. В ходе работы применяются теоретические знания и практические навыки, предусмотренные основной образовательной программой. Была проведена необходимая подготовка к комплексному испытанию системы автоматического управления удалением стружки.

## **CONCLUSION**

The work involved the development of an automatic temperature control system based on the “OWEN PLC 200” controller. The MATLAB software package is used as a tool for programming Stateflow models.

An automaton model was developed in MATLAB Simulink, and the transition conditions between the main states were formulated by further software implementation in the StateFlow application.

For testing on a laboratory bench in MATLAB Simulink, a control model was developed in which OPC variables are read and written, the calculation of control errors and the formation of control actions are developed. In order to guarantee the signal transmission between the control model and the controller stand device, a program has been written in ST language, and the CODESYS OPC server has been configured.

Thus, the broad possibilities of the MATLAB software package and the CODESYS development environment are used in all phases of CAP development. During the course of the work, the theoretical knowledge and practical skills provided by the main educational programme are applied. The necessary preparations were made for a comprehensive test of the automatic chip removal control system.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Simulink. [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://baike.baidu.com/item/SIMULINK/10306793?fr=aladdin#2>, свободный (дата обращения 03.06.2022).

2. OPC Toolbox. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://baike.baidu.com/item/OPC%20Toolbox/3854866?fr=aladdin>, свободный (дата обращения 03.06.2022).
3. Stateflow [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://baike.baidu.com/item/Stateflow/3430639?fr=aladdin>, свободный (дата обращения 03.06.2022).
4. Why CODESYS? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.CODESYS.com/the-system/why-CODESYS.html>, свободный (дата обращения 03.06.2022).
5. What is OPC? [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://baike.baidu.com/item/opc/3875?fr=aladdin#2> (свободный, дата обращения: 03.06.2022).
6. Воронин А. В. Моделирование мехатронных систем. Учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2008. – 137 с.
7. ПЛК 200. Руководство по эксплуатации ПЛК200 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.owen.ru/uploads/rie\\_plk150\\_982.pdf](https://www.owen.ru/uploads/rie_plk150_982.pdf), свободный (дата обращения: 01.03.2020).
8. Абрамов С. Б. Организация производственной деятельности: учебное пособие. – Нижний Новгород, 2009. – 95 с.



9. Производственный календарь на 2022 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/calendar/buhpravo/>, свободный (дата обращения: 28.05.2022).
10. ОКОФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://okof2.ru/330.28.23.23>, свободный (дата обращения: 28.05.2022).
11. Борисова Л. М., Дукарт С. А. Экономика предприятия: учебное пособие. Томский Политехнический Университет. – Томск: Издательство ТПУ, 2011. – 63 с.
12. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/), свободный (дата обращения 28.05.2022)
13. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. –М: ИПК ИС, 2001. – 90 с.
14. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. – М: ИПК ИС, 2001. – 39 с.
15. СП 2.4.3648-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи. –Главный государственный санитарный врач Российской Федерации, 2021 – 39 с.

16. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М. ИПК ИС, 2015 – 15 с.

17. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» – М.: Минздрав России, 2021. – 53 с .

18. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2015. – 28 с.

19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. – М.: ИПК ИС, 2016. – 106 с.

20. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. – М.: Минздрав СССР, 1986. – 9 с.

21. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003– М.: Стандартиформ, 2020. – 102 с.

22. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – М.: ИПК ИС, 2001. – 13 с.

23. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействий механических факторов. – М.: ИПК ИС, 2001. – 4 с.

24. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих – М.: ИПК ИС, 2004. – 8 с.

25. С.В. Белов. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность). / учебник. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 680 с.

26. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://base.garant.ru/2306278/>, свободный (дата обращения 28.05.2022).

27. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_98464/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/), свободный (дата обращения 28.05.2022).

28. Переработка электроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

29. <https://nature-time.ru/2015/03/kak-osushhestvlyaetsya-pererabotka-elektroniki/>, свободный (дата обращения 28.05.2022).

30. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://docs.cntd.ru/document/1200139176>, свободный (дата обращения 28.05.2022).

31. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 23.06.2014 N 123-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://docs.cntd.ru/document/902111644 /](https://docs.cntd.ru/document/902111644/), свободный (дата обращения 28.05.2022)