

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ В СЛОЕ ЖИДКОСТИ

УДК 681.51:532.5.07-046.54

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Долгих Владимир Викторович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Жданова Алена Олеговна	канд. физ.- мат. наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	к.т.н.		

**Планируемые результаты выпускника освоения образовательной программы
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
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)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
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 безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях при решении профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен вести инженерную деятельность, разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
ОПК(У)-4	Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, использовать электронные приборы и устройства в производственной деятельности, осуществлять метрологическое обеспечение
Профессиональные компетенции	

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-1	Способен применять знания теоретических основ теплотехники и гидрогазодинамики при решении научных и практических профессиональных задач
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС
ПК(У)-4	Способен применять знания назначения и принципов действия средств измерений, автоматизации, технологических защит и блокировок в процессе проектирования и эксплуатации АСУ ТП
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель профиля ООП
 _____ Ю.К. Атрошенко
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Долгих Владимиру Викторовичу

Тема работы:

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ В СЛОЕ ЖИДКОСТИ
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2022 года
--	------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом автоматизации в работе является одноименный непрерывный лазер с диодной накачкой. Параметры лазера <ul style="list-style-type: none"> – длина волны излучения 532 нм; – выходная мощность 2 Вт. Лазер установлен на лабораторном стенде системы мониторинга конвективных течений в слое жидкости.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</i>	Введение <ol style="list-style-type: none"> 1. Описание стенда; 2. Исследовательская работа; 3. Разработка проектной документации;

<i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	4. Осуществление программного регулирования лазером; 5. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение; 6. Социальная ответственность; Заключение.
Перечень графического материала вопросов <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема структурная АСР; 2. Схема функциональная АСР; 3. Схема принципиальная электрическая АСР; 4. Схема монтажная; 5. Общий вид щита автоматизации; 6. Перечень элементов щита автоматизации.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Доцент ОСГН ШБИП, к.т.н., Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП, Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	А.О. Жданова	канд. физ.- мат. наук		15.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Долгих Владимир Викторович		15.02.2022 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 99 с., 13 рисунков, 38 таблиц, 4 приложения, 47 источников, 9 листов графического материала.

Ключевые слова: конвективные течения, скорость испарения, мощность излучения лазера, автоматическая система регулирования.

Объектом автоматизации является одномодовый непрерывный лазер с диодной накачкой.

Цель работы: разработка системы автоматического регулирования (АСР) мощностью лазера лабораторного стенда мониторинга конвективных течений в слое жидкости.

Разработка данной системы позволит решить следующие задачи:

- сбор, хранение, обработку и передачу информации о ходе технологического процесса;
- предоставление возможности программного регулирования мощностью излучения лазера и в следствии максимальной температурой жидкости в ячейке.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы проводились экспериментальные исследования, был произведен анализ объекта автоматизации, разработка структурной схемы АСУ ТП, составление функциональной схемы, схемы внешних проводок, а также выполнена разработка принципиальной электрической схемы и общего вида щита управления. Произведен выбор приборов и технических средств автоматизации, составлена заказная спецификация.

В результате выполнения исследования разработана автоматическая система регулирования мощностью лазера на основе современных технических средств автоматизации.

Помимо этого, была проанализирована возможность возникновения негативного влияния на человека и окружающую среду автоматической

системы регулирования мощностью лазера лабораторного стенда
мониторинга конвективных течений в слое жидкости.

Оглавление

Введение.....	10
1 Описание стенда.....	11
2 Исследовательская работа.....	14
3 Разработка проектной документации	18
3.1 Выбор и обоснование структуры АСР	18
3.2 Разработка функциональной схемы АСР	19
3.3 Выбор технических средств автоматизации и составление спецификации.....	20
3.3.1 Средства измерения температуры.....	20
3.3.2 Средства измерения массы	24
3.3.4 Лазер.....	26
3.3.5 Средства измерения мощности лазера	29
3.4 Разработка монтажной схемы АСР	30
3.5 Разработка принципиальной электрической схемы	30
3.6 Разработка общего вида щита управления.....	31
4 Осуществление программного регулирования лазером	33
4.1 Идентификация объекта управления	33
4.2 Расчет параметров настройки регулятора	36
4.3 Листинг программы	44
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 47	
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .. 48	
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	48
5.1.2 SWOT-анализ	49
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	53
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	53
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	55
5.3 Бюджет научно-технического исследования	60
5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .. 60	
5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования.....	60

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	64
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	66
5.3.5 Накладные расходы	67
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	68
6 Социальная ответственность.....	76
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	78
6.3 Производственная безопасность	78
6.3.1 Лазерное излучение	79
6.3.2 Повышенное значение напряжения в электрической цепи и возможность поражения электрическим током.....	82
6.3.3 Повышенный уровень шума.....	82
6.4 Экологическая безопасность.....	82
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	83
Заключение	87
Список используемых источников.....	89
Приложение А. Программная реализация регулирования лазером в среде LabView (Прибор готов к работе, кнопка «Старт» в положении «Вкл».).....	96
Приложение Б. Программная реализация регулирования лазером в среде LabView (Прибор готов к работе, кнопка «Старт» в положении «Выкл»).	97
Приложение В. Программная реализация регулирования лазером в среде LabView (Прибор не обнаружен).....	98
Приложение Г. Интерфейс регулирования лазером в среде LabView.	99
Графический материал:	На отдельных листах
ФЮРА.421000.007 С1 Схема структурная	
ФЮРА.421000.007 С2 Схема функциональная	
ФЮРА.421000.007 Э4 Схема принципиальная электрическая	
ФЮРА.421000.007 С4 Схема монтажная	
ФЮРА.421000.007 ВО Общий вид щита управления	

Введение

Естественные конвективные течения являются наиболее распространенными течениями, встречающимися в природе, многие атмосферные процессы обусловлены именно естественной конвекцией, от образования облаков и до движения тектонических плит. Явление свободной конвекции сопровождается теплопереносом при движении среды в следствии температурного градиента. К настоящему времени накоплено множество исследований, которые охватывают наблюдения за поведением конвекции, при различных начальных условиях, в том числе и в тонком слое жидкости находящемся в замкнутой полости. Однако, различные прикладные задачи требуют усложнения технологических процессов, в том числе включая точечный нагрев среды.

1 Описание стенда

Для исследования процесса испарения слоя жидкости и анализа конвективных течений, возникающих в жидкости при локальном нагреве, разработана и создана экспериментальная установка, показанная на Рис.1.

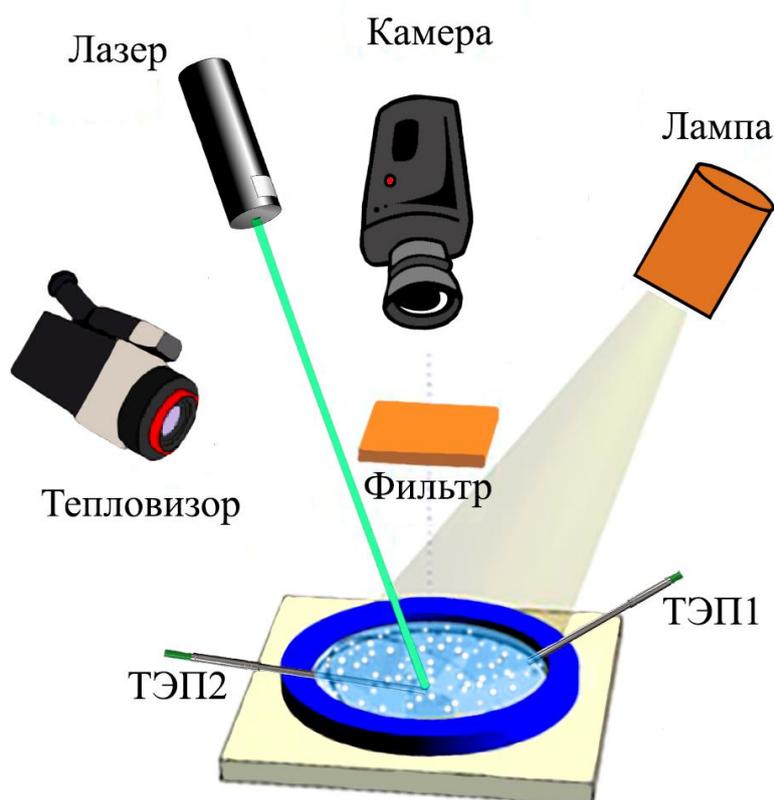


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки

Так как жидкость практически не поглощает свет на данной длине волны лазерного излучения (532 нм), локальный нагрев жидкости происходит в следствие контакта с затемненным участком стеклянной подложки диаметром 1 мм, который нагревается сфокусированным лазерным лучом. Диаметр пятна излучения и его положение на поверхности подложки задаются вручную при подготовке ячейки. С помощью фокусирующей линзы и управляющего зеркала оптическая система юстируется таким образом, чтоб фокальная

перетяжка лазерного пучка попадала на затемненный участок подложки. Размер светового пятна на поверхности подложки не превышает 0,2 мм. Стеклянная ячейка с водной суспензией диоксида титана имеет диаметр 21 мм и толщину подложки 1 мм. Высота боковых стенок ячейки не превышает 8 мм.

Держатель ячейки позволяет с точностью до 10 угловых минут регулировать наклон ячейки в двух плоскостях с целью ее точного горизонтирования.

Стенд позволяет анализировать картину конвективных течений в слое жидкости, проводить измерения распределения компонентов вектора скорости течения, ориентированных в плоскости слоя, а также исследовать зависимость скорости испарения жидкости от распределения температуры на поверхности слоя жидкости при локальном нагреве.

Для измерения скорости испарения слоя жидкости необходимо определить температуру воздуха в помещении, а также равновесную температуру слоя жидкости на момент начала эксперимента (равна температуре в помещении). Измерения производятся с помощью ТЭП, помещенного вблизи боковой стенки ячейки у ее дна (далее ТЭП1). Изменениями влажности в помещении со стендом мы можем пренебречь, так как объем испаряемой жидкости очень мал. Опорная величина влажности фиксируется с помощью гигрометра. Так как ячейка с жидкостью находится внутри камеры весов с закрытыми стенками, сторонние воздушные потоки, которые могли бы повлиять на скорость испарения исключаются. Весы в реальном времени передают данные изменения массы жидкости на ПК, где далее производится обработка данных. Температура поверхности жидкости в ходе эксперимента измеряется с помощью тепловизора (далее ТВ).

Для анализа конвективных течений, возникающих в жидкости при локальном нагреве, используется измерительный комплекс в составе тепловизора, двух термодатчиков (ТЭП1 и ТЭП2), а также видеосистема мониторинга движения микрочастиц-трассеров (TiO_2), добавленных в

жидкость. ТВ позволяет измерить распределение температуры на поверхности жидкости в различные моменты времени, термопары позволяют определить поперечный градиент температур на дне слоя и его изменение в ходе процесса. Для этого термопары подключены к ПК через АЦП.

Камера, оснащенная макрообъективом сфокусирована на плоскость вблизи свободной поверхности жидкости, таким образом, чтоб можно было наблюдать за движением трассеров, увлекаемых потоками жидкости вблизи свободной поверхности. Трассеры отражают излучение лампы подсветки, представляя собой яркие точки на записываемом камерой изображении. Данные с камеры идут на ПК, где далее обрабатываются методом PIV/PTV. Для определения абсолютных значений скоростей частиц требуется предварительное определение масштабного коэффициента по эталонному изображению, а также знание времени межкадровой задержки.

Основным регулируемым параметром является мощность излучения лазера, которая устанавливается программно в зависимости от величины требуемой температуры жидкости вблизи пятна фокусировки лазерного пучка (ТЭП2), температуры в заданной точке поверхности (ТВ) или скоростей течения жидкости в произвольно заданных точках. Программная петля обратной связи мощности излучения в зависимости от требуемых температур/скоростей позволяет реализовать управление режимами течений.

Аналогично, при измерении скорости испарения жидкости мощность лазерного излучения устанавливается в зависимости от желаемой температуры поверхности (ТВ) в заданной точке, а также от измеряемой в реальном масштабе времени скорости испарения.

2 Исследовательская работа

В исследовательской работе использовался ранее рассмотренный стенд мониторинга конвективных течений в слое жидкости. Задача состояла в проведении серии экспериментов, исследующих изменение картины конвекции при изменении положения точки нагрева с движением лазерного излучения вдоль диаметра ячейки с фиксированными задержками нахождения лазерного луча в каждой точке (5, 10, 15, 20, 25 и 30 секунд нахождения лазерного луча в каждом из промежуточных положений). После окончания времени задержки лазерный луч перемещался на следующую позицию и процесс повторялся до тех пор, пока луч не совершит полный проход.

Далее набор экспериментов обрабатывался в программной среде Wolfram Mathematica методами PIV и PTV, результатами которых являлись карты течений жидкости и распределение температур в слое, а также скоростное распределение частиц в ячейке Рис. 2 – Рис. 7

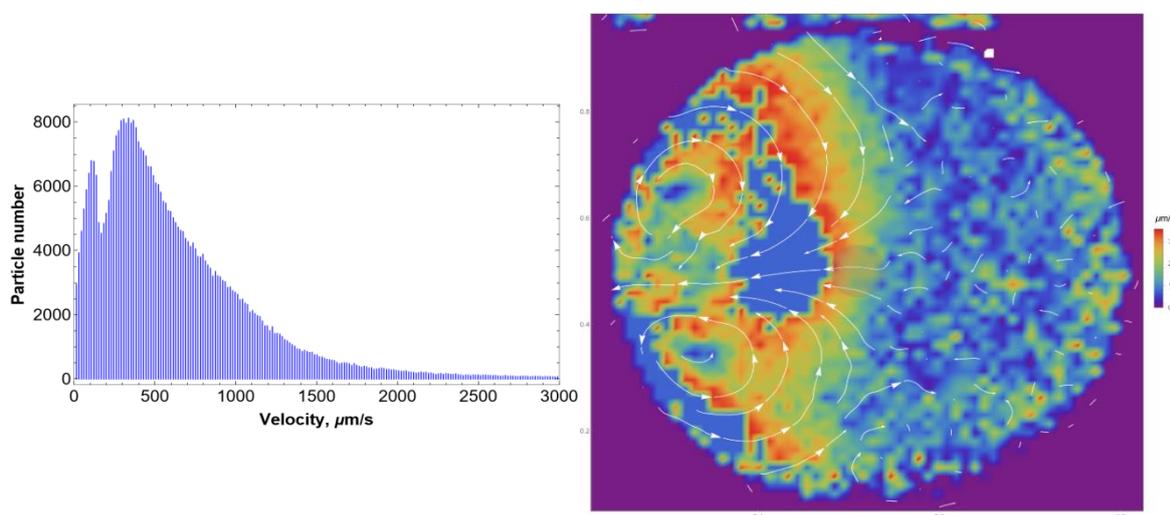


Рисунок 2 - распределение скоростей частиц-трассеров и карта течений, соответствующих созданному в ячейке температурному градиенту ($t_{\text{нагр}} = 5$ с)

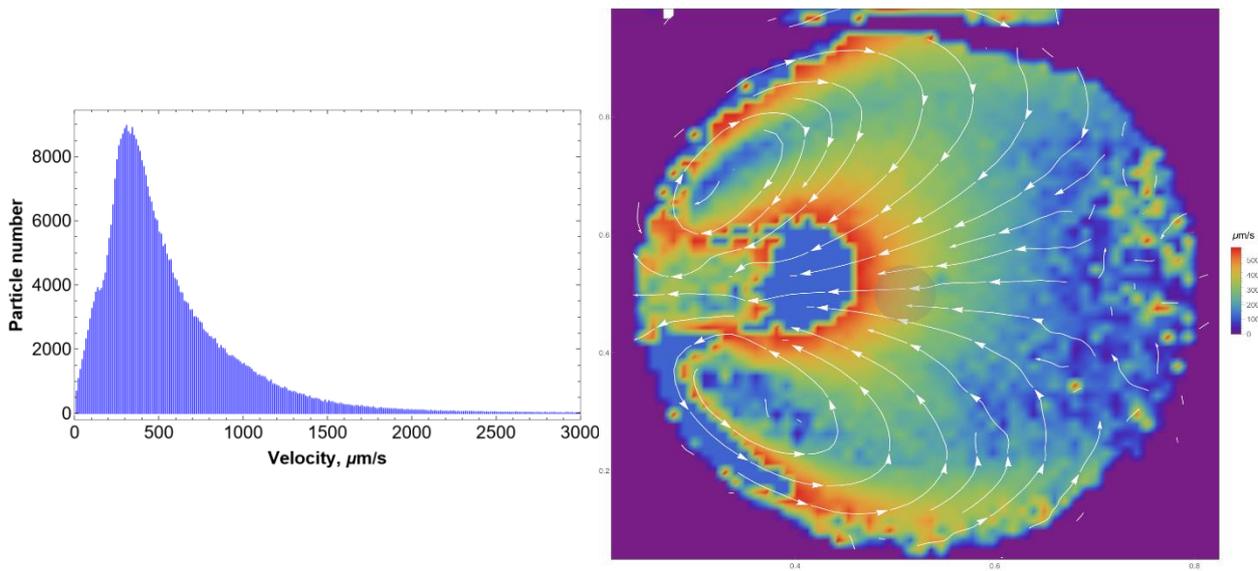


Рисунок 3 - распределение скоростей частиц-трассеров и карта течений, соответствующих созданному в ячейке температурному градиенту ($t_{\text{нагр}}=10$ с)

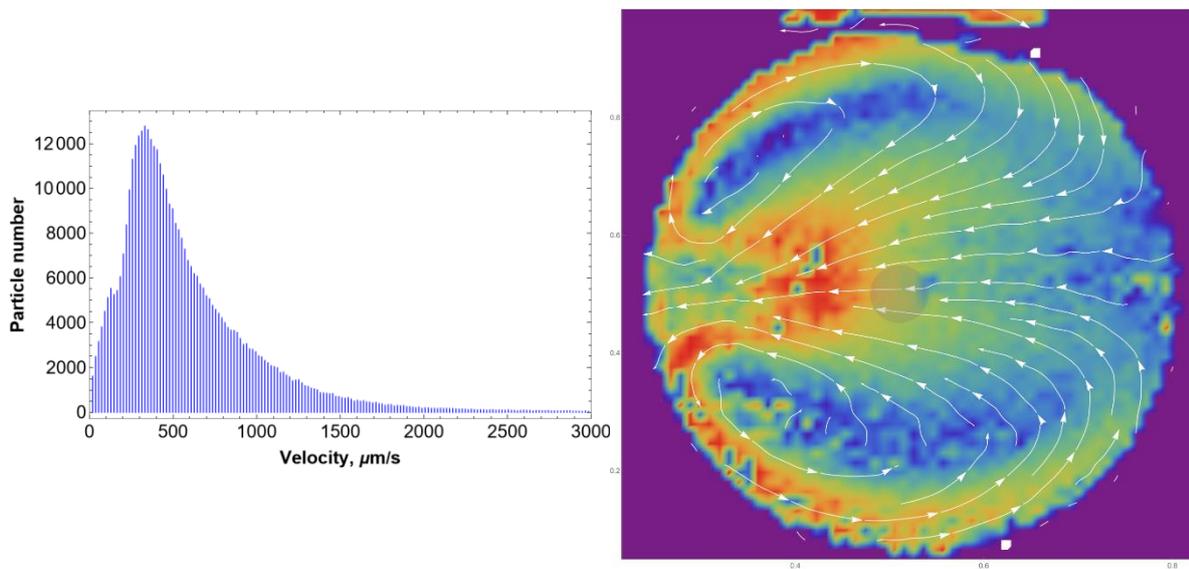


Рисунок 4 - распределение скоростей частиц-трассеров и карта течений, соответствующих созданному в ячейке температурному градиенту ($t_{\text{нагр}}=15$ с)

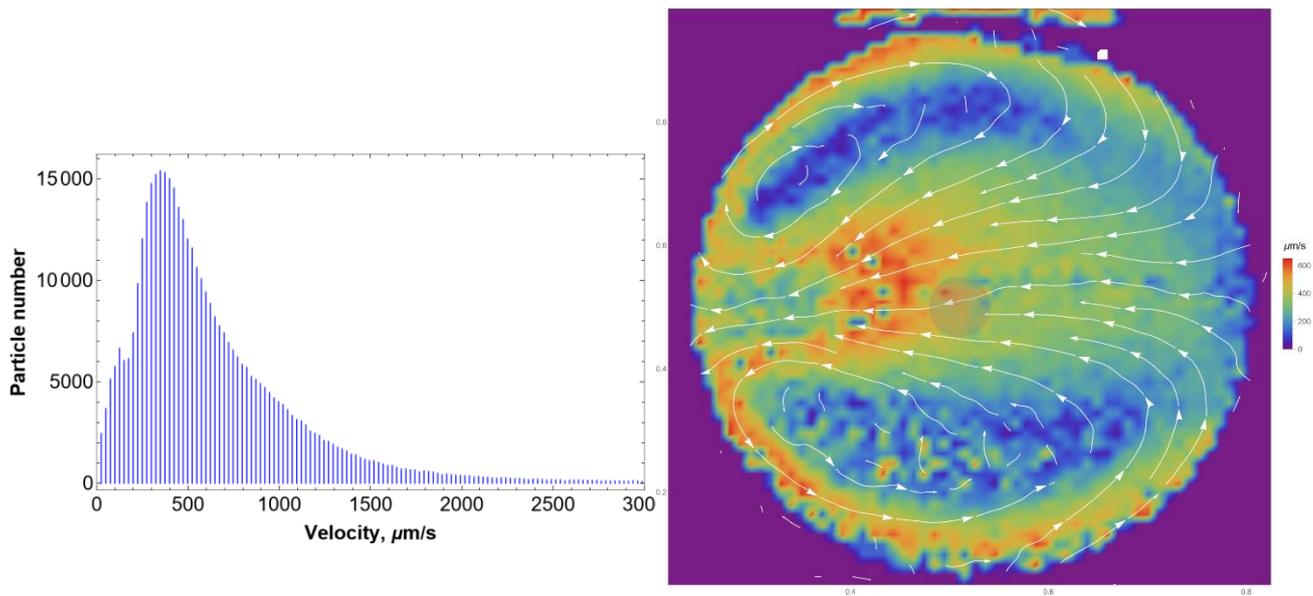


Рисунок 5 - распределение скоростей частиц-трассеров и карта течений, соответствующих созданному в ячейке температурному градиенту ($t_{\text{нагр}}=20$ с)

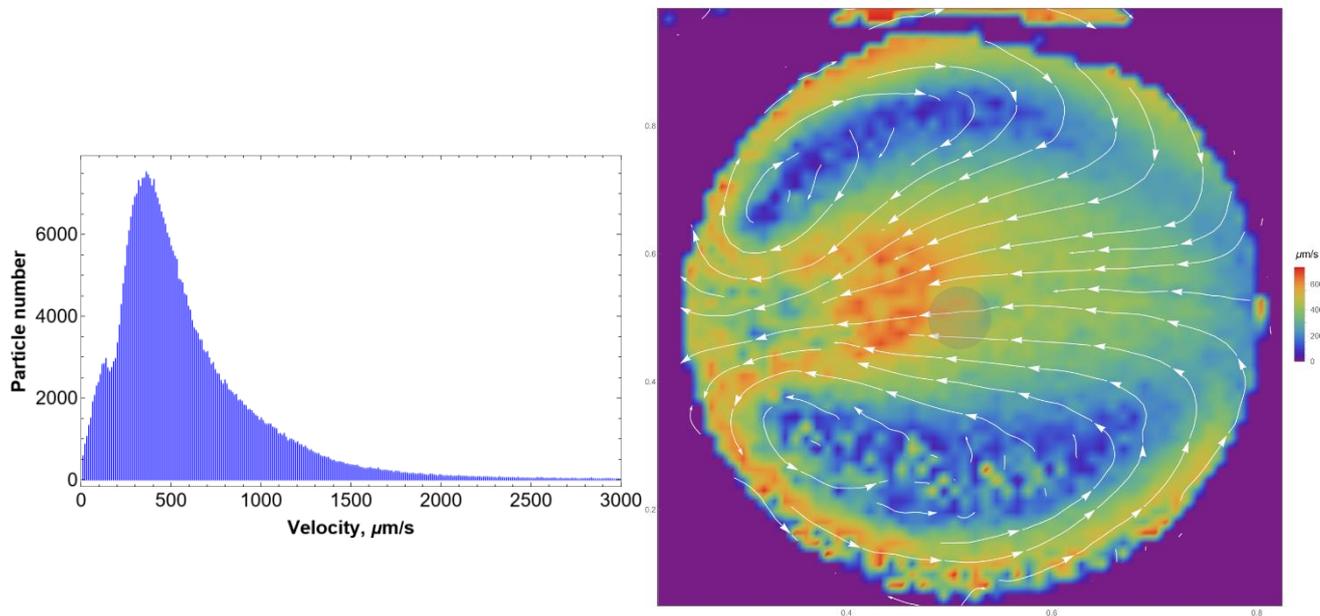


Рисунок 6 - распределение скоростей частиц-трассеров и карта течений, соответствующих созданному в ячейке температурному градиенту ($t_{\text{нагр}}=25$ с)

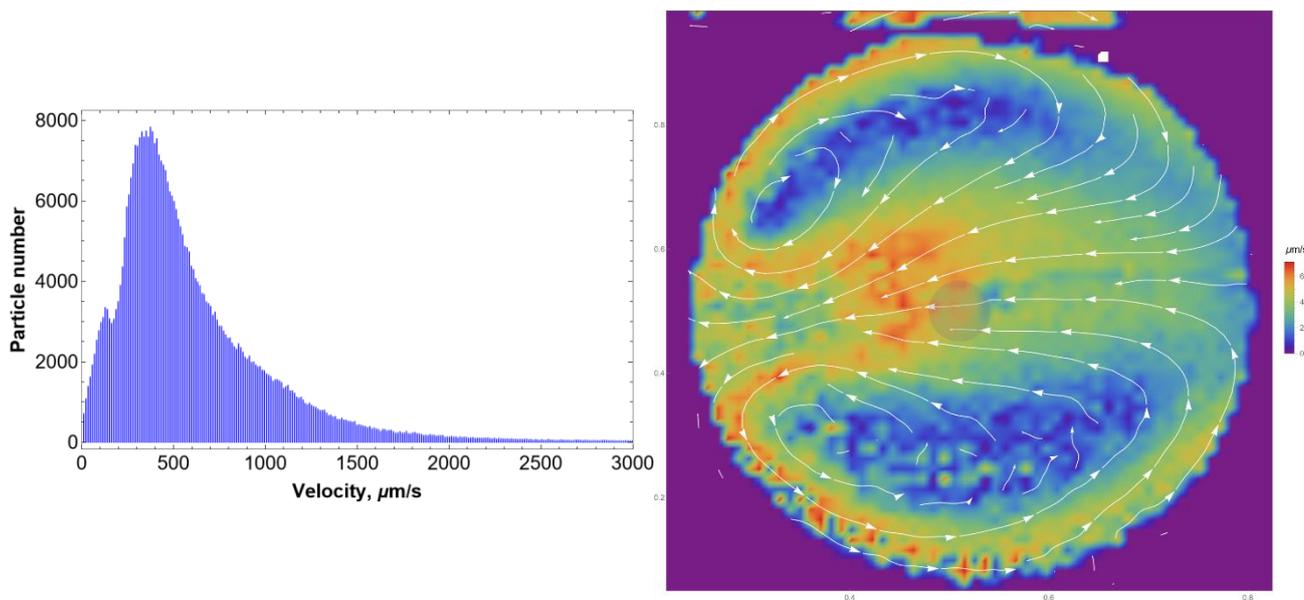


Рисунок 7 - распределение скоростей частиц-трассеров и карта течений, соответствующих созданному в ячейке температурному градиенту ($t_{нагр}=30$ с)

Анализируя результаты, мы можем заметить, что при интервале времени 5 секунд температурное поле наименее равномерное, а вихревые течения сконцентрированы в левой половине ячейки. Наибольшее количество частиц имеют скорость примерно 300 мкм/сек, а поля скорости разделяются на две зоны (содержащую пару крупномасштабных вихрей и область неупорядоченного течения). При увеличении временного интервала распределение температур становится равномернее, а течения распределяются по всей поверхности ячейки, в то время как распределение трассеров по скоростям изменяется незначительно. При задержках в передвижении лазерного луча более 25 секунд вихревое течение становится наиболее устойчивым, поле скорости и вихри имеют четкие контуры, течения переходят в стационарный режим и этапы эксперимента становятся достаточно хорошо воспроизводимыми.

3 Разработка проектной документации

3.1 Выбор и обоснование структуры АСР

Структурная схема автоматизированной системы регулирования мощности лазера приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.007 С1

Объектом регулирования в работе является лазер, пучок которого направлен в центр ячейки. Регулирование мощностью излучения осуществляется для определения количественных и качественных характеристик температур, течений и испарения жидкости. Управляющей системой является компьютер, находящийся на автоматизированном рабочем месте (АРМ) оператора, с помощью которого регулируется протекание исследуемых процессов. Далее управляющий сигнал с ПК через ЦАП, для возможности обработки в аналоговой форме передается к лазеру. Измеритель мощности используется для передачи и последующей обработки точного значения мощности излучения лазера. Камера, весы и тепловизор, определяют параметры процессов в ячейке и передают сигнал на ПК. Два термоэлектрических преобразователя, находясь у дна ячейки, определяют значения температур вблизи затемненного участка подложки и ее стенки. Далее для возможности обработки значений температур в цифровой форме, сигналы с ТЭП проходят через АЦП на ПК.

Разделяя технические средства автоматизации (ТСА) по уровням, располагаем их следующим образом:

Верхний уровень:

- АРМ.

Средний уровень:

- АЦП;
- ЦАП.

Нижний уровень:

- ТЭП (2 шт.);

- тепловизор;
- камера;
- измеритель мощности;
- весы;
- лазер.

В данном случае автоматизированное рабочее место оператора находится на верхнем уровне, так как обеспечивает взаимодействие инженерного персонала и оператора-технолога с управляемым технологическим оборудованием. Так как в данной работе не используется программируемый логический контроллер, на среднем уровне располагаются аналогоцифровой и цифроаналоговый преобразователи. На нижнем уровне находятся измерительные и исполнительные устройства, контролирующие управляющие параметры и воздействующие на эти параметры процесса.

3.2 Разработка функциональной схемы АСР

Функциональная схема автоматизированной системы регулирования мощности лазера приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.007 С2

Функциональная схема – это основной технический документ, определяющий взаимосвязь отдельных узлов автоматизированной системы и комплектацию приборов и ТСА. Данная схема разрабатывается в виде чертежа после определения структуры проекта и несет информацию об измерительных, исполнительных устройствах и преобразователях. А именно, изображаются позиция и положение прибора, его измерительный канал и функции, а также обозначение измеряемой величины и функционального признака прибора [1].

В работе приведена функциональная схема, соответствующая описанию структуры технологического процесса. Каналы 1, 2, 3 – предназначены для

определения температуры жидкости на поверхности, и у дна ячейки вблизи затемненного участка и стенки. Канал 4 – предназначен для определения изменения массы жидкости. Канал 5 – предназначен для передачи изображения и последующей обработки с целью определения характеристик конвективных течений. 6 – канал управления, предназначен для регулирования мощностью лазерного излучения. Канал 7 – предназначен для определения точности регулирующего воздействия, с помощью измерения интенсивности излучения.

3.3 Выбор технических средств автоматизации и составление спецификации

3.3.1 Средства измерения температуры

Для измерения температуры в системах автоматического регулирования и контроля используются термопреобразователи сопротивления и термоэлектрические преобразователи. В данной работе нас интересуют малоинерционные термоэлектрические преобразователи с минимальной толщиной проводников без защитной оболочки, так как они просты в эксплуатации, не требуют отдельного источника питания и являются наиболее эффективными приборами для измерения быстроменяющихся температур [2].

Для обоснования выбора рассмотрим три датчика температуры и их характеристики:

1) Бескорпусный датчик ДТПК 011

Прибор предназначен для измерения температуры поверхностей при помощи закладных деталей в окислительных и нейтральных газовых средах.

Технические характеристики данного термоэлектрического преобразователя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики датчика ДТПК 011

Диаметр термоэлектрода, мм	Тип изоляции	Диапазон измеряемых температур, °С	Класс допуска	Показатель тепловой инерции, с	Длина термопары, м
0,3	Нить К11С6	-40...+300	2	Не более 3	0,2...20

2) Бескорпусный датчик ТП-А-1001-0,25

Прибор предназначен для измерения температуры жидких и газообразных сред, неагрессивных к материалу корпуса датчика, а также твердых тел — нагревательных поверхностей и плит, нагревательных элементов и т.д.

Таблица 2 – Технические характеристики датчика ТП-А-1001-0,25

Диаметр термоэлектрода, мм	Тип изоляции	Диапазон измеряемых температур, °С	Класс допуска	Показатель тепловой инерции, с	Длина термопары, м
0,25	Стеклонить	-40...+400	2	Не более 3	0,2...20

3) Бескорпусный датчик ТХК-0292-01

Прибор предназначен для измерения температуры неагрессивных газообразных сред.

Таблица 3 – Технические характеристики датчика ТХК-0292-01

Диаметр термоэлектрода, мм	Тип изоляции	Диапазон измеряемых температур, °С	Класс допуска	Показатель тепловой инерции, с	Длина термопары, м
0,3	Стеклонить	-40...+600	2	Не более 3	0,2...20

Так как большинство малоинерционных датчиков не используется для измерения температуры в жидкостях, исходя из представленной выше информации выбираем термоэлектрический преобразователь ТП-А-1001-0,25.

Выходной сигнал термоэлектрического преобразователя аналоговый, для возможности обработки сигнала в цифровом виде выберем аналогоцифровой преобразователь:

1) Аналогоцифровой преобразователь L-card E14 – 140M

АЦП, предназначенный для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации с наличием USB интерфейса для подключения к ПК.

Технические характеристики данного АЦП представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики АЦП L-card E14 – 140M

Разрядность, бит	Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	Частота преобразования, кГц	Интерфейс
14	-10...+10	200	USB, 32DB

2) Аналогоцифровой преобразователь ADClab EL100

АЦП, предназначенный для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации с наличием USB интерфейса для подключения к ПК.

Таблица 5 – Технические характеристики АЦП ADClab EL100

Разрядность, бит	Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	Частота преобразования, кГц	Интерфейс
12	-10...+10	100	USB

На основании технических характеристик, приведенных в таблицах 4 и 5 выбираем аналогоцифровой преобразователь L-card E14 – 140M, так как он удовлетворяет предъявляемым требованиям: имеет удобный для соединения с ПК USB интерфейс, достаточную разрядность и частоту преобразования.

Для измерения градиента температур на поверхности жидкости используем высокоточный тепловизор.

Для обоснования выбора рассмотрим два тепловизора и их характеристики:

- 1) Высокоточный тепловизор с наличием лазерного маркера Testo 885-2

Таблица 6 – Технические характеристики тепловизора Testo 885-2

Инфракрасное разрешение, пиксель	Класс защиты корпуса	Диапазон измеряемых температур, °C	Рабочие температуры, °C	Частота обновления кадров, Гц	Видеовыход
640 x 480	IP54	-30...+1200	-15...+50	9	USB, Micro HDMI

- 2) Тепловизор Flir B335

Легкая инфракрасная камера с высокой чувствительностью, предназначенная для диагностики в строительстве и для энергоаудита.

Таблица 7 – Технические характеристики тепловизора Flir B335

Инфракрасное разрешение, пиксель	Класс защиты корпуса	Диапазон измеряемых температур, °C	Рабочие температуры, °C	Частота обновления кадров, Гц	Видеовыход
240 x 320	IP54	-20...+120	-15...+50	9	USB, VGA

На основании технических характеристик, приведенных в таблицах 6 и 7 выбираем тепловизор Testo 885-2, так как он удовлетворяет предъявляемым требованиям: имеет удобный для соединения с ПК USB видеовыход, достаточную частоту обновления кадров и высокое инфракрасное разрешение.

3.3.2 Средства измерения массы

Испарение – это процесс при котором поглощается теплота, затрачиваемая на преодоление сил молекулярного сцепления жидкой среды. Удельную теплоту испарения принято относить к единице массы жидкости. Для проведения опытов, связанных с испарением слоя жидкости при локальном нагреве, используются лабораторные высокоточные весы, с возможностью передачи и дальнейшей обработки сигнала.

Для обоснования выбора рассмотрим двое высокоточных весов и их характеристики:

- 1) Полумикровесы премиум-класса с дискретностью 0.01 мг Vibra AF225DRCE

Технические характеристики данных весов представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики весов Vibra AF225DRCE

Диапазон измерений, г	Класс точности	Диаметр платформы, мм	Интерфейс
0,001...220	Специальный (I)	90	RS-232C, USB

2) Лабораторные электронные весы с дискретностью 1 мг DEMCOM DL-303

Таблица 9 – Технические характеристики весов DEMCOM DL-303

Диапазон измерений, г	Класс точности	Диаметр платформы, мм	Интерфейс
0,02...310	II	80	RS-232C

На основании технических характеристик, приведенных в таблицах 8 и 9 выбираем весы Vibra AF225DRCE, так как он удовлетворяет предъявляемым требованиям: имеет удобный для соединения с ПК USB интерфейс, высокую точность и достаточный диапазон измерений.

3.3.3 Средства передачи информации о динамических характеристиках конвективных течений

Для проведения опытов, связанных с оценкой динамических характеристик конвективных течений при локальном нагреве, используются научные и промышленные видеокамеры с высоким разрешением и частотой кадров, и возможностью передачи и дальнейшей обработки сигнала.

Для обоснования выбора рассмотрим две научные видеокамеры и их характеристики:

1) Научная и промышленная видеокамера Thorlabs DCC3260C

Технические характеристики данной видеокамеры представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики камеры Thorlabs DCC3260C

Разрешение, пиксель	Частота кадров, кадр/с	Интерфейс
1936 x 1216	41	USB

2) 2-мегапиксельная CMOS-камера Tucsen GT 2.0

Tucsen GT 2.0, предоставляет возможность использования инновационной технологии ускорения графики TUCSEN.

Таблица 11 – Технические характеристики камеры Tucsen GT 2.0

Разрешение, пиксель	Частота кадров, кадр/с	Интерфейс
1920 x 1080	30	USB

Рассматривая технические характеристики двух рассмотренных камер, выбираем видеокамеру Thorlabs DCC3260C, так как данная камера имеет высокое разрешение и частоту кадров, а также имеет удобный для передачи сигнала на ПК USB интерфейс.

3.3.4 Лазер

Лазер – это источник узкого мощного пучка света с определенной длиной волны. Лазер является одним из самых значимых изобретений двадцатого века и в данный момент лазерные технологии находят применения в самых различных областях – от медицины до космических полетов, от управления транспортными средствами до термоядерного синтеза.

Для разработки любого процесса, связанного с лазерными технологиями и достижения целей применения данной технологии следует решить 3 вопроса:

- 1) Какие выбрать свойства действия лазерного излучения на вещество (плавление, коагуляция, разложение, испарение и т.д.);
- 2) Какой тип лазерного источника следует использовать (импульсно-частотный, непрерывный, выходная мощность и длина волны пучка);
- 3) Какие требования к форме пучка следует предъявить (форма поперечного сечения, размер пятна в фокусе).

Результатом решения данных вопросов является обоснованный выбор лазерного источника и оптической системы, а также экономия времени и средств на разработку и эксперименты с технологическим процессом [8].

При рассмотрении данных вопросов остановимся на твердотельных лазерах с диодной накачкой и длиной волны 532 нм. Данные лазеры являются наиболее доступными и популярными во всем мире, а видимое излучение позволяет легко юстировать оптическую часть установки. В данной работе при эксплуатации лазера, для исследования конвективных течений достаточные температуры в точке нагрева слоя жидкости 40-60 °С. Исходя из данного критерия, можем определить, что лазер с выходной мощностью 1-2 Вт будет оптимальным решением.

Исходя из определенных выше критериев, оптимальным выбором будет Твердотельный одномодовый лазер с диодной накачкой (DPSS) видимого спектрального диапазона (ТТЛ-модуляция) KLM-532/h/2000.

Технические характеристики данного лазера представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики лазера KLM-532/h/2000

Выходная мощность излучения, Вт	Длина волны излучения, нм	Интерфейс
2	532	BNC

Так как управляющий сигнал с ПК подающийся на лазер является цифровым, для возможности воспроизведения аналогового сигнала лазера, следует выбрать цифроаналоговый преобразователь:

1) Цифроаналоговый преобразователь L-card E14 – 140M;

ЦАП (опция), предназначенный для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации с наличием USB интерфейса для подключения к ПК.

Таблица 14 – Технические характеристики ЦАП (опция) L-card E14 – 140M

Разрядность, бит	Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	Частота преобразования, кГц	Интерфейс
16	-10...+10	200	USB, 32DB

2) Цифроаналоговый преобразователь Arcam irDAC с дистанционным управлением.

Таблица 15 – Технические характеристики ЦАП Arcam irDAC

Разрядность, бит	Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	Частота преобразования, кГц	Интерфейс
16	-10...+10	192	USB

На основании технических характеристик, приведенных в таблицах 14 и 15 выбираем цифроаналоговый преобразователь L-card E14 – 140M, так как он

удовлетворяет предъявляемым требованиям: имеет удобный для соединения с ПК USB интерфейс, достаточную разрядность и частоту преобразования.

3.3.5 Средства измерения мощности лазера

Для определения точности регулирующего воздействия выбираем измеритель мощности лазерного излучения. Для корректности и оптимальности работы системы, стоит подбирать датчик, подходящий к параметрам выбранного лазера.

Для обоснования выбора рассмотрим два измерителя и их характеристики:

1) Круглый фотодиодный датчик для измерения мощности лазера Ophir PD300R-3W;

Таблица 16 – Технические характеристики датчика Ophir PD300R-3W

Диапазон измерения, Вт	Спектральный диапазон, нм
0,0002...3	430-1100

2) Круглый фотодиодный датчик для измерения мощности лазера Laserpoint PD500-D9-VIS

Таблица 17 – Технические характеристики датчика Laserpoint PD500-D9-VIS

Диапазон измерения, Вт	Спектральный диапазон, нм
0,0001...0,05	400-1100

На основании технических характеристик, приведенных в таблицах 16 и 17 выбираем датчик Ophir PD300R-3W, так как он удовлетворяет предъявляемым требованиям: подходит под технические характеристики лазера (Выходная мощность излучения 2 Вт; Длина волны излучения 532 нм).

Так как Ophir PD300R-3W работает в комплекте с виртуальным измерителем мощности лазера выбираем Ophir Juno, который является связующим звеном между фотодиодным датчиком и компьютером.

Решения по выбору ТСА приведены в заказной спецификации, представленной на листе с шифром ФЮРА.421000.007 СО1.

3.4 Разработка монтажной схемы АСР

Монтажная схема (схема внешних соединений) автоматизированной системы регулирования мощности лазера приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.007 С4

Монтажная схема – это технический документ в виде чертежа, отражающий расположение всех щитов, приборов, и ТСА, а также все трубные и электрические связи между ними [14].

В верхней части монтажной схемы изображены средства измерения и вспомогательные приборы, такие как лампа (SOLIS-4C) с ручным регулятором мощности излучения (DC20). Для усиления сигнала термопар и возможности соединения с АЦП используются одноканальные предусилители L-Card «LP-04-M», компенсационные провода с которых далее идут через клемный блок ХТ1 на щит автоматизации, чтобы в дальнейшем подключить к аналогоцифровому преобразователю. Так как интерфейсы большинства средств автоматизации позволяют подключаться к USB-порту, заводим позволяющие интерфейсы на щит автоматизации, для подключения на USB-hub, который подключаем к ПК. Блок питания лазера подключаем к ЦАП через кабель BNC-DB37 и к самому лазеру с помощью кабеля ТНС.

3.5 Разработка принципиальной электрической схемы

Электрическая схема АСР мощности лазера приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.007 Э4. Перечень элементов электрической схемы представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.007 ПЭ4.

Принципиальная электрическая схема – это технический документ в виде чертежа, отражающий полный состав устройств и ТСА, обеспечивающих решение задач сигнализации, измерения, управления и контроля, а также взаимосвязи между ними.

В работе изображена электрическая схема подсистемы электрического питания щита управления, которая включает в себя:

- автоматический выключатель (QF1), предназначенный для защиты электрических цепей;
- блок зажимов (ХТ2), предназначенный для соединения кабелей;
- модуль питания (G1), предназначенный для обеспечения устройств питанием 5 В
- соединители (ХР1, ХР2, ХS1), предназначенные для подключения модуля питания с внешними цепями.

3.6 Разработка общего вида щита управления

Общий вид щита управления представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.007 ВО. Перечень составных частей щита управления представлен на листах с шифром ФЮРА.421000.007 ПВО.

Общий вид щита управления отражает взаимное расположение всех элементов, находящихся на щите.

Для размещения оборудования выбран компактный шкаф 1SL0202A00 от производителя АВВ, размеры шкафа 374x450x230, степень защиты IP66. Оборудование размещено на DIN-рейках с перфорацией от производителя Phoenix Contact. Для прокладки силовых проводов используются перфорированные короба от производителя ИЕК. В верхней части

расположены ЦАП и АЦП, ниже находится промышленный USB hub от производителя TITAN и Блок зажимов БЗН ТВ-1506 на 6 пар (XT2), от производителя ИЕК.

4 Осуществление программного регулирования лазером

4.1 Идентификация объекта управления

Идентификация — это совокупность методов предназначенных для построения математических моделей динамической системы по данным наблюдений. Математическая модель в данном случае означает математическое описание поведения какой-либо системы или процесса во временной области. Существует активная и пассивная идентификации. В случае активной – объект исследования выводится из равновесного состояния путем подачи на его входы специальных сигналов.

К активной идентификации прибегают при разработке новых технологий на действующих промышленных объектах. Пассивная идентификация применяется для уточнения математической модели.

В данной работе для получения кривой разгона были произведены измерения температуры воды вблизи стенки ячейки по времени.

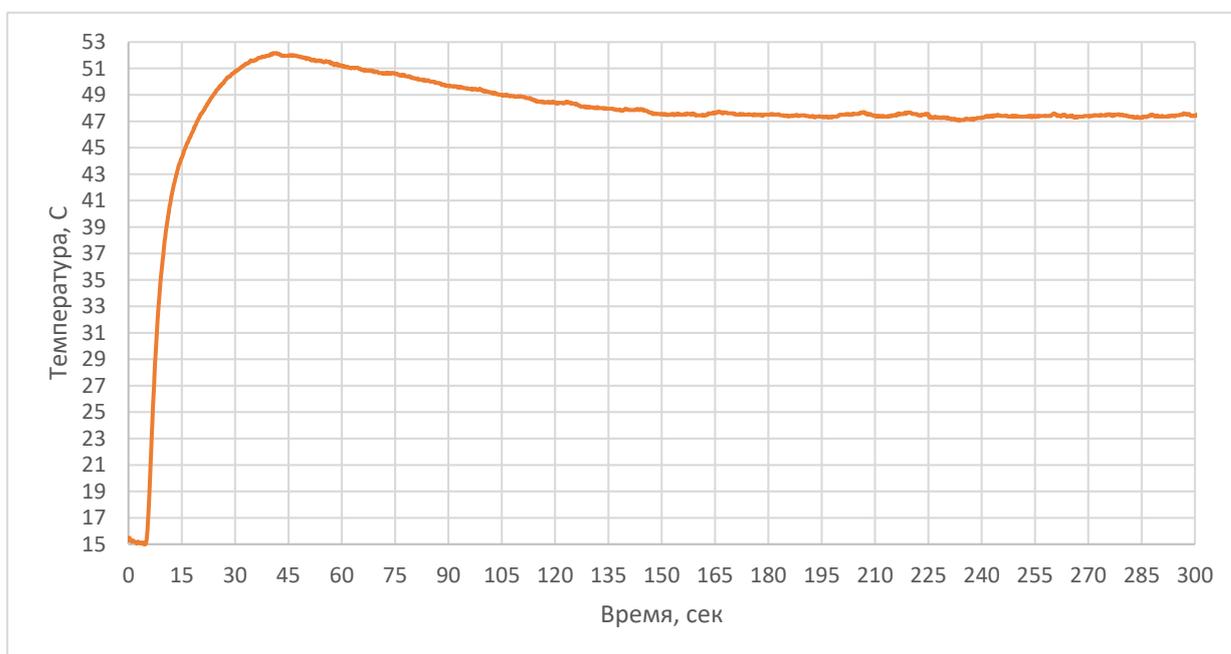


Рисунок 8 – Кривая разгона объекта управления

На полученной переходной характеристике определяем динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени T ; запаздывание τ , коэффициент передачи K .

Передаточная функция для кривой представляет собой аperiodическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP+1)} e^{-P\tau},$$

где k – коэффициент усиления;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Решение уравнения при нулевых начальных условиях представляет собой:

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases}$$

Получаем два неизвестных значения времени запаздывания τ и постоянную времени T .

Получаем два неизвестных значения время запаздывания τ и постоянную времени T . Коэффициент усиления $k = \frac{h(T_y)}{A}$, где A – выходное воздействие; при единичном воздействии $k = h(T_y)$. Время чистого запаздывания заранее выделяется из $h(t)$. На кривой разгона строим две точки A и B . Точка A определяется как $0,33 k$, а точка B имеет ординату $0,7 k$. Постоянная времени T и время запаздывания τ определяются по формулам:

$$T = -\frac{t_A - \tau}{\ln(1 - h_A)},$$

$$\tau = \frac{t_B \ln(1 - h_A) - t_A \ln(1 - h_B)}{\ln(1 - h_A) - \ln(1 - h_B)},$$

где t_A и t_B – значение времени при соответствующих точках на кривой;

h_A и h_B – значение ординат при точках A и B .

Из графика, изображенного на рисунке 9 определяем расположение на кривой точек А и Б и находим необходимые неизвестные параметры.

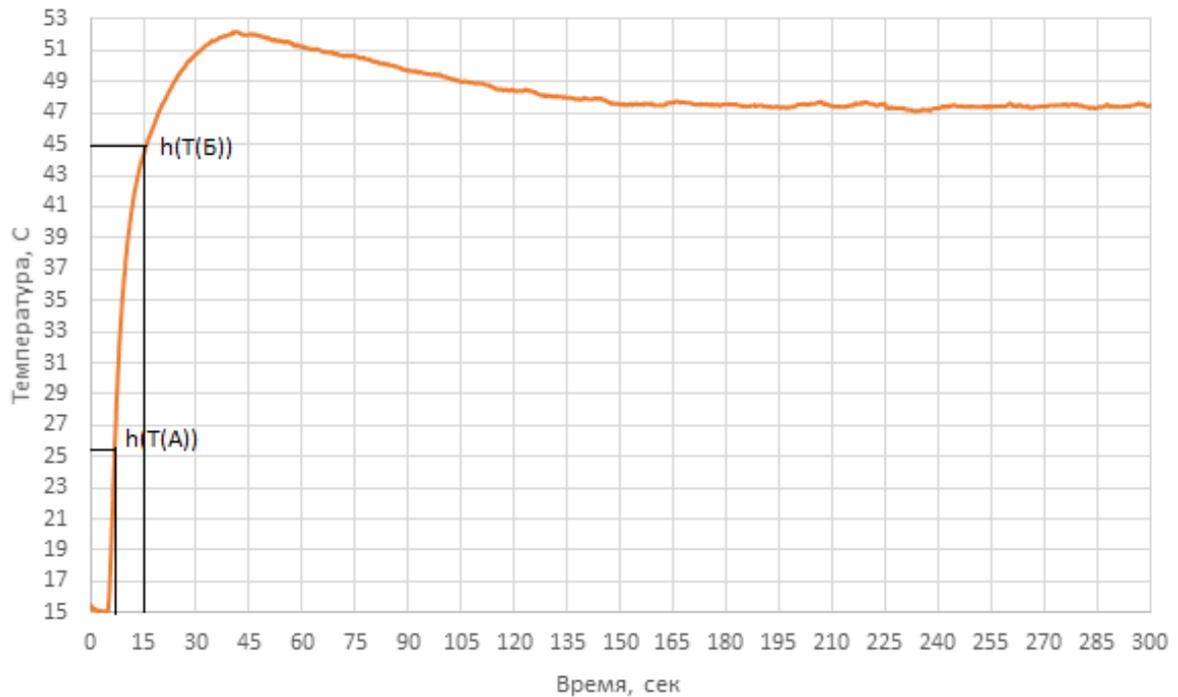


Рисунок 9 – Определение точек на кривой разгона для расчета

Для наглядности и точности производится аппроксимация кривой по методу Ормана. Определяется время t_B по нормированной переходной функции $H(t)$, которое является корнем уравнения $h(t_B)$ и время t_A и $h(t_A)$. Затем вычисляются постоянная времени T и время запаздывания τ :

$$\tau = 0,5(3t_A - t_B),$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25(t_B - t_A).$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 10,7 - 30) = 1,05 \text{ с},$$

$$T = 1,25(30 - 10,7) = 24,12 \text{ с}.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{32,5}{(24,12P+1)} e^{-1,05P}.$$

4.2 Расчет параметров настройки регулятора

Расчет настроек регулятора позволяет определить оптимальные настройки, при которых результат регулирующего воздействия будет удовлетворять некоторым требованиям. В данном расчете таким требованием является степень затухания переходного процесса, равная $\psi = 0,8$. Данное значение степени затухания обусловлено требованиями к надежности и безопасности системы.

На рисунке 10 изображена структурная схема системы регулирования.

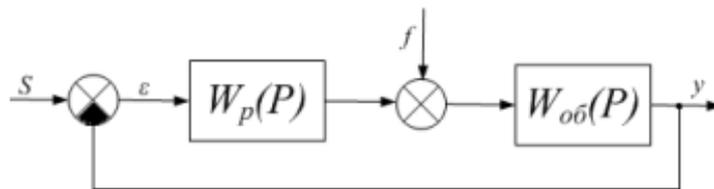


Рисунок 10 - Структурная схема системы регулирования

Определяем значение степени колебательности:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,8) = 0,256.$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой:

$$W(P) = \frac{32,5}{(24,12P+1)} e^{-1,05P}.$$

Полученные расширенные частотные характеристики объекта представлены в таблице 18 в виде листинга расчета. Полученные значения представлены для диапазона частот от 0 до $0,1 \text{ с}^{-1}$, с шагом по частоте в $0,005 \text{ с}^{-1}$.

Таблица 18 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(m, \omega)$	$\text{Im}_{об}(m, \omega)$	$A_{об}(m, \omega)$
0	32,5	0	32,5
0,005	33,04631	-4,289	33,323
0,01	32,48931	-8,717	33,638
0,015	30,83027	-12,859	33,405
0,02	28,27521	-16,345	32,659
0,025	25,16076	-18,957	31,503
0,03	21,8406	-20,663	30,066
0,035	18,59784	-21,567	28,478
0,04	15,61209	-21,835	26,842
0,045	12,9692	-21,645	25,233
0,05	10,68895	-21,149	23,697
0,055	8,75257	-20,465	22,258
0,06	7,1231	-19,679	20,928
0,065	5,75798	-18,847	19,707
0,07	4,61579	-18,009	18,592
0,075	3,65935	-17,189	17,574
0,08	2,85669	-16,399	16,646
0,085	2,18106	-15,648	15,8
0,09	1,61033	-14,94	15,027
0,095	1,12639	-14,275	14,319
0,1	0,71442	-13,652	13,671

Параметры настройки ПИ-регулятора рассчитываются как:

$$\frac{K_P}{T_u} = - \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)},$$

$$K_P = - \frac{m \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega) + \text{Re}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)},$$

где T_u – постоянная интегрирования регулятора,

K_p – коэффициент передачи регулятора.

Для нахождения значения параметров использовался диапазон значения частот от 0 до $1,3 \text{ с}^{-1}$, с шагом по частоте в $0,01 \text{ с}^{-1}$. Полученные значения представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Значение параметров ПИ – регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p	$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p
0	0	-0,031	0,66	0,18633	0,391
0,01	0,0000820837	-0,027	0,67	0,18886	0,398
0,02	0,00033	-0,023	0,68	0,19128	0,405
0,03	0,00073	-0,018	0,69	0,19359	0,412
0,04	0,00129	-0,014	0,7	0,19579	0,419
0,05	0,00201	-0,009394	0,71	0,19786	0,426
0,06	0,00287	-0,004761	0,72	0,19981	0,432
0,07	0,00389	-0,0000155	0,73	0,20162	0,439
0,08	0,00504	0,004841	0,74	0,20331	0,446
0,09	0,00635	0,009807	0,75	0,20485	0,452
0,1	0,00778	0,015	0,76	0,20626	0,459
0,11	0,00936	0,02	0,77	0,20752	0,466
0,12	0,01106	0,025	0,78	0,20863	0,472
0,13	0,0129	0,031	0,79	0,20958	0,479
0,14	0,01485	0,036	0,8	0,21039	0,485
0,15	0,01693	0,042	0,81	0,21103	0,491
0,16	0,01913	0,047	0,82	0,2115	0,498
0,17	0,02144	0,053	0,83	0,21181	0,504

Продолжение таблицы 19

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p	$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p
0,18	0,02386	0,059	0,84	0,21195	0,51
0,19	0,02639	0,065	0,85	0,21192	0,516
0,2	0,02901	0,071	0,86	0,2117	0,522
0,21	0,03174	0,077	0,87	0,21131	0,528
0,22	0,03456	0,083	0,88	0,21073	0,534
0,23	0,03747	0,089	0,89	0,20996	0,54
0,24	0,04047	0,096	0,9	0,209	0,545
0,25	0,04355	0,102	0,91	0,20785	0,551
0,26	0,04671	0,108	0,92	0,2065	0,556
0,27	0,04994	0,115	0,93	0,20495	0,562
0,28	0,05324	0,121	0,94	0,2032	0,567
0,29	0,0566	0,128	0,95	0,20124	0,573
0,3	0,06003	0,135	0,96	0,19907	0,578
0,31	0,06351	0,141	0,97	0,19669	0,583
0,32	0,06705	0,148	0,98	0,1941	0,588
0,33	0,07063	0,155	0,99	0,19128	0,593
0,34	0,07426	0,162	1	0,18825	0,598
0,35	0,07793	0,169	1,01	0,185	0,603
0,36	0,08163	0,176	1,02	0,18153	0,607
0,37	0,08536	0,183	1,03	0,17782	0,612
0,38	0,08912	0,19	1,04	0,17389	0,616
0,39	0,0929	0,197	1,05	0,16973	0,621
0,4	0,09669	0,204	1,06	0,16533	0,625
0,41	0,1005	0,211	1,07	0,1607	0,629
0,42	0,10432	0,218	1,08	0,15584	0,633

Продолжение таблицы 19

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p	$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p
0,43	0,10813	0,225	1,09	0,15073	0,637
0,44	0,11195	0,232	1,1	0,14538	0,641
0,45	0,11576	0,24	1,11	0,13979	0,645
0,46	0,11956	0,247	1,12	0,13396	0,648
0,47	0,12335	0,254	1,13	0,12788	0,652
0,48	0,12711	0,261	1,14	0,12155	0,655
0,49	0,13085	0,269	1,15	0,11498	0,659
0,5	0,13457	0,276	1,16	0,10815	0,662
0,51	0,13824	0,283	1,17	0,10108	0,665
0,52	0,14188	0,29	1,18	0,09375	0,668
0,53	0,14548	0,298	1,19	0,08617	0,671
0,54	0,14903	0,305	1,2	0,07833	0,674
0,55	0,15253	0,312	1,21	0,07024	0,676
0,56	0,15597	0,319	1,22	0,0619	0,679
0,57	0,15936	0,327	1,23	0,05329	0,681
0,58	0,16267	0,334	1,24	0,04443	0,683
0,59	0,16592	0,341	1,25	0,03531	0,685
0,6	0,16909	0,348	1,26	0,02594	0,688
0,61	0,17219	0,355	1,27	0,0163	0,689
0,62	0,1752	0,363	1,28	0,0064	0,691
0,63	0,17812	0,37	1,29	-0,00375	0,693
0,64	0,18096	0,377	1,3	-0,01417	0,694
0,65	0,18369	0,384			

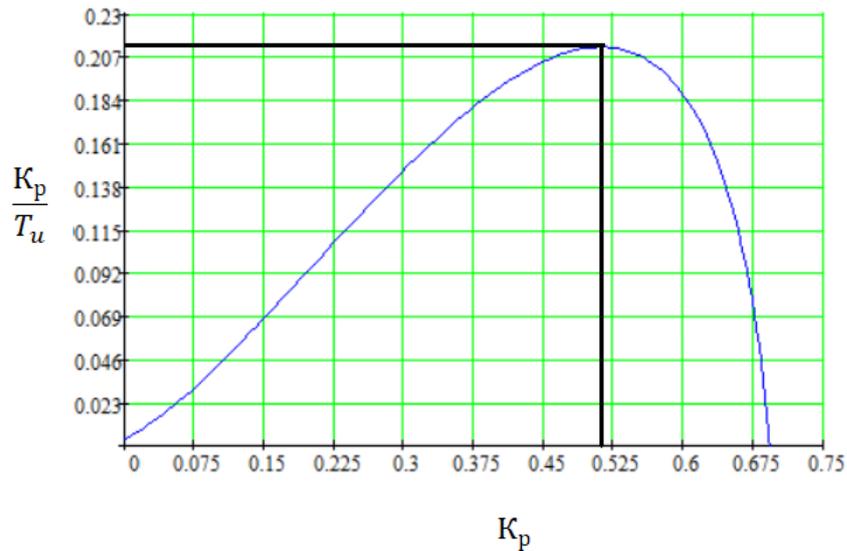


Рисунок 11 – Параметры настройки ПИ-регулятора

В качестве критерия качества используется первая интегральная оценка. Минимальное значение этой оценки соответствует точке с максимальным значением соотношения K_p/T_u на линии заданного запаса устойчивости.

Из таблицы 19 определяем:

$$\max \left(\frac{K_p}{T_u} \right) = 0,21195, \quad K_p = 0,51, \quad \text{резонансная частота } \omega = 0,84 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{K_p/T_u} = 2,4 \text{ с.}$$

Произведем оценку качества переходного процесса в замкнутой системе при возмущении, которое идет по каналу регулирующего воздействия.

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)},$$

где $W_p(P)$ – передаточная функция регулятора;

$W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта.

Переходный процесс идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия рассчитывается по методу трапеций. Чтобы рассчитать

переходный процесс, необходимо определить вещественную частотную характеристику системы. На рисунке 12 представлен график вещественной частотной характеристики.

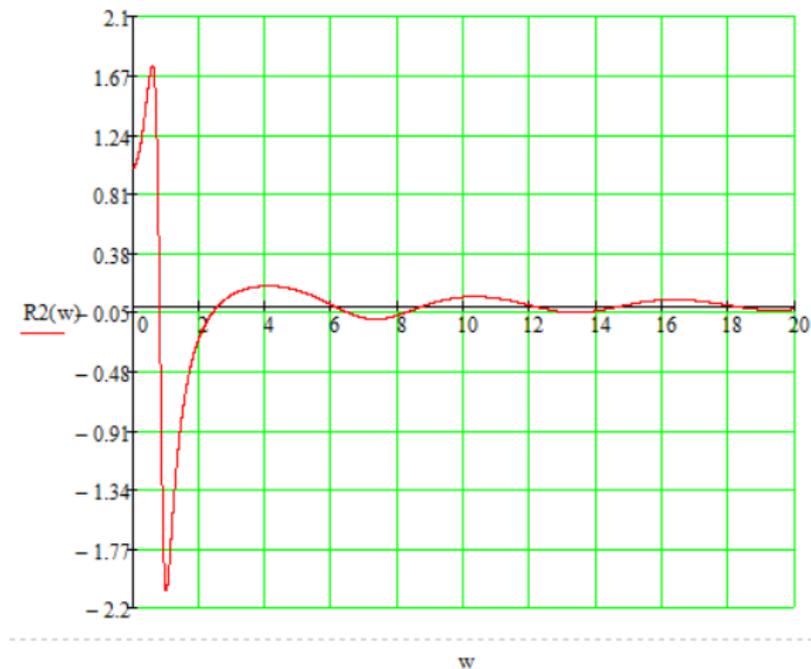


Рисунок 12 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega,$$

где $Re(\omega)$ – вещественная частотная характеристика системы;

ω - частота;

t – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности в расчете в качестве верхнего предела интеграла применяется не бесконечность, а значение, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к 0. Из рисунка 10 определяем это значение.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{20} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

На рисунке 13 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была произведена оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет предъявленным требованиям, при предъявленных к системе ограничениях.

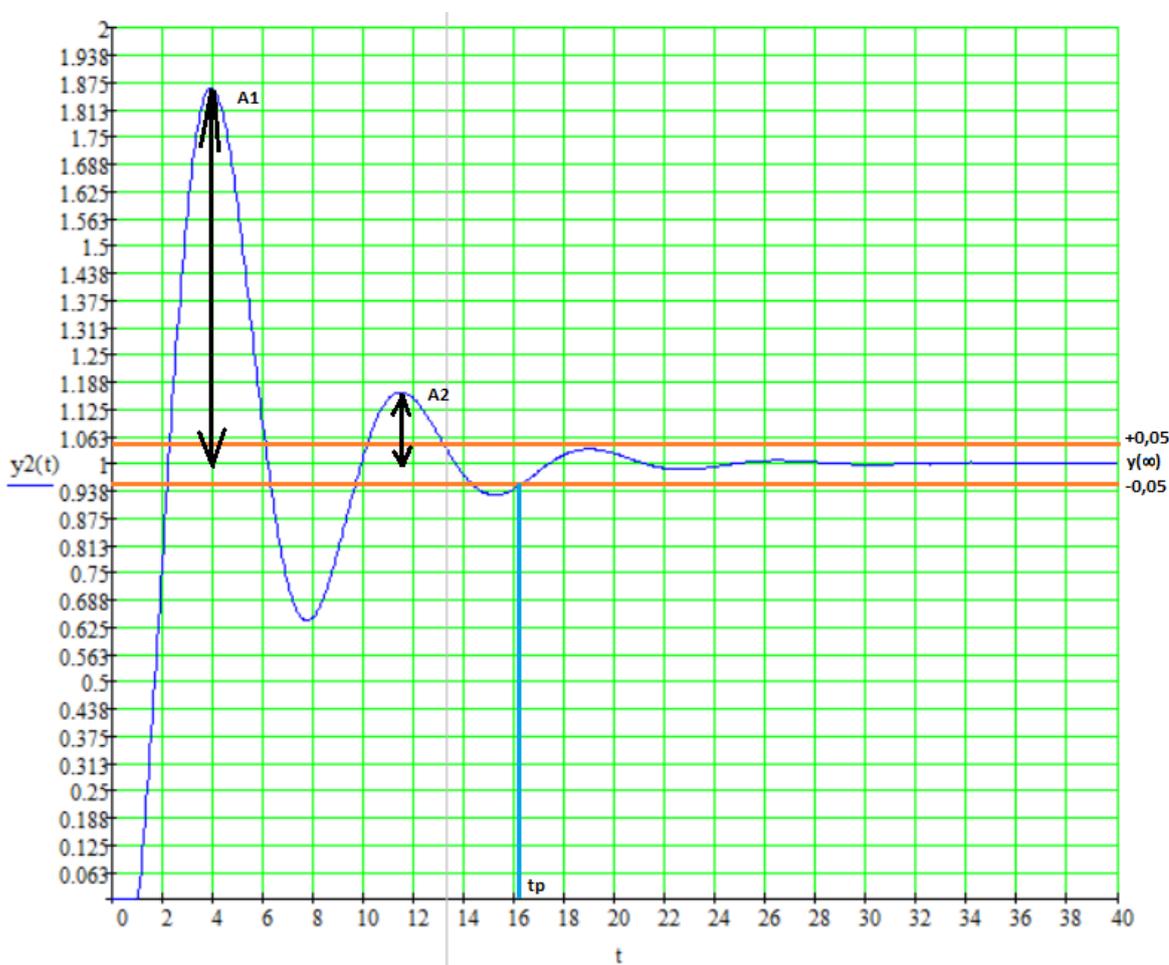


Рисунок 13 – Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

Используя график, определяются прямые оценки качества:

1. Максимальная динамическая ошибка: $A_1 = 0,865$.

2. Перерегулирование:

$$\sigma = \frac{A_1 \cdot 100\%}{y(\infty)} = \frac{0,865 \cdot 100}{1} = 86,5 \%$$

3. Степень затухания переходного процесса:

$$\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{0,865 - 0,156}{0,865} = 0,82.$$

4. Статическая ошибка:

$$\varepsilon_{ст} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0.$$

5. Время регулирования: $t_p = 16,2$ с.

4.3 Листинг программы

Так как применение программируемых логических контроллеров усложняет систему и увеличивает стоимость проекта, в настоящей работе целесообразно отказаться от их использования. Осуществляя регулирование мощностью лазера с компьютера при помощи ручного управления, позволяет сделать опыты более гибкими. Инженерному персоналу и оператору-технологу предоставляется возможность опытным путем осуществлять выбор мощности лазерного излучения в зависимости от требуемых задач. Таким образом, лабораторный стенд становится более универсальным, благодаря быстрым техническим решениям в реализации требований к тем или иным опытам.

Использование программной среды LabView позволяет создать проект, который предоставит возможность осуществления регулирования лазером при помощи компьютера. В приложениях А-Г приведена программная реализация регулирования лазером.

При создании последовательности выполнения фрагментов программы используется специальная структура «Sequence» (Последовательность). По принципу действия она схожа с кинолентой, в которой на экран

последовательно выводятся отдельные кадры. Таким образом, данная структура определяет порядок выполнения фрагментов программы. В данной реализации внешняя рамка является оператором, проверяющим подключение прибора, если же прибор не подключен программа завершает работу, выводя сообщение о том, что прибор не обнаружен (Приложение В). Выход и завершение программы реализуется с помощью кнопки «STOP». Задержка периода сигнальной последовательности выставляется на функциональном блоке «T-car», на каждом периоде отсчета генерируется либо логический ноль, либо логическая единица которая передается на прибор как величина напряжения на выходе. В поле «T модуляция» устанавливается длительность подачи верхнего значения напряжения на прибор. Таким образом, реализуется регулирование мощностью лазера с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Для удобства управления процессом реализован блок построения графиков, несущий информацию о процессе ШИМ в наглядной форме (Приложение Г).

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Долгих Владимир Викторович

Школа	ИШЭ	НОЦ	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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 и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
<i>2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Долгих Владимир Викторович		28.02.2022

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – разработка автоматизированной системы регулирования мощности лазера лабораторного стенда системы мониторинга конвективных течений в слое жидкости.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены конкурирующие разработки по исследованию конвективных течений в слое жидкости:

- 1) Исследование конвективных течений в слое жидкости с применением медного теплообменника;
- 2) Исследование конвективных течений в слое жидкости с применением точечного нагрева снизу.

Детальный анализ необходим, так как характеристики конвективных течений в слое жидкости специфичны и является целесообразным рассмотрение различных методов воздействия на них, с целью выявления наиболее важных параметров для регулирования. В таблице 20.1 показано сравнение разработки-конкурента и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 20.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
2. Уровень шума	0,09	4	3	3	0,36	0,27	0,27
3. Безопасность	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
4. Простота наладки	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
5. Качество регулирования	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
6. Надежность	0,08	4	4	5	0,32	0,32	0,4

Продолжение таблицы 20.1

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,12	3	2	3	0,36	0,24	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,14	4	4	4	0,56	0,56	0,56
3. Стоимость обслуживания	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
Итого	1	37	34	33	4,23	3,82	3,67

Расчет конкурентоспособности определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i ,$$

где K – конкурентоспособность научного исследования; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Расчет для своего исследования:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,2 \cdot 5 + 0,09 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,08 \cdot 4 + 0,12 \cdot 3 + 0,14 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 = 4,23.$$

Расчет для конкурента 1:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,2 \cdot 4 + 0,09 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,08 \cdot 4 + 0,12 \cdot 2 + 0,14 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 = 3,82.$$

Расчет для конкурента 2:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,2 \cdot 4 + 0,09 \cdot 3 + 0,05 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,08 \cdot 5 + 0,12 \cdot 3 + 0,14 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 = 3,67.$$

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что наше исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

5.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды НИ, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации НИ, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 20.2.

Таблица 20.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Экологичность технологии.	Сл1. Неудобства, связанные с повышенной яркостью света.
С2. Дешевизна сырья.	Сл2. Новизна технологии.
С3. Простота эксплуатации.	Сл3. Сложность настройки оптического оборудования.
С4. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл4. Привязка к конкретным параметрам объекта автоматизации.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Требуется соблюдение безопасности при работе с лазером.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИШЭ ТПУ.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Значительное расширение географии применения технологии.	У3. Ограничения на экспорт технологии.
В4. Внедрение на отечественный рынок.	У4. Повышение стоимости компонентов системы.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность научного исследования, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 20.3–20.6.

Таблица 20.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности НИ и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	+	+	+	+	-
	B3	+	+	+	+	-
	B4	+	+	+	+	-

Таблица 20.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности НИ и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	+	-	+	+	+
	B3	+	-	+	+	+
	B4	+	-	+	+	+

Таблица 20.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы НИ и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	-	-	+	-	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-

Таблица 20.6 – Интерактивная матрица НИ «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 21.7.

Таблица 20.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Экологичность технологии.</p> <p>С2. Дешевизна сырья.</p> <p>С3. Простота эксплуатации.</p> <p>С4. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Неудобства, связанные с повышенной яркостью света.</p> <p>Сл2. Новизна технологии.</p> <p>Сл3. Сложность настройки оптического оборудования.</p> <p>Сл4. Привязка к конкретным параметрам объекта автоматизации.</p> <p>Сл5. Требуется соблюдение безопасности при работе с лазером.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Использование оборудования ИШЭ ТПУ.</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В3. Значительное расширение географии применения технологии.</p> <p>В4. Внедрение на отечественный рынок.</p>	<p>Направления развития</p> <p>В2С1С2С3С4. Все сильные стороны, кроме квалифицированного персонала, положительно влияют на появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В3С1С2С3С4. Все сильные стороны, кроме квалифицированного персонала, положительно влияют на расширение географии применения технологии.</p> <p>В4С1С2С3С4. Все сильные стороны, кроме квалифицированного персонала, положительно влияют на внедрение на отечественный рынок.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В2Сл1Сл3Сл4Сл5. Некоторые неудобства применения данной технологии могут негативно сказаться на спросе на новые разработки.</p> <p>В3Сл1Сл3Сл4Сл5. Некоторые неудобства применения данной технологии могут негативно сказаться на расширении географии применения технологии.</p> <p>В4Сл1Сл3Сл4Сл5. Некоторые неудобства применения данной технологии могут негативно сказаться на</p>

		внедрении на отечественный рынок.
Угрозы У1. Снижение стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок. У3. Ограничения на экспорт технологии. У4. Повышение стоимости компонентов системы.	Угрозы развития У1С3. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наша технология является более простой в эксплуатации. У2С1. Наш продукт является более простым в эксплуатации, а значит, более привлекательными мировом рынке.	Уязвимости:

Проведение SWOT-анализа позволило выявить сильные и слабые стороны научного исследования, а также существующие возможности и угрозы для дальнейшей реализации.

Основным достоинством такой системы является экологичность, которая приветствуется в России, а также и за рубежом.

У системы также существует ряд недостатков, которые в первую очередь связаны с привязкой системы к конкретным параметрам объекта и сложности настройки оптического оборудования. Выявленные недостатки возможно устранить путем проведения дальнейшей модернизации системы с использованием новых технологий.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 20.8.

Таблица 20.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	2	Обзор научной литературы	Инженер
	3	Выбор направления исследования	Инженер, Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Подготовка образцов для исследования	Инженер
	5	Проведение лабораторных исследований, направленных на изучение конвективных течений в слое жидкости	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Анализ полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Разработка технической документации и проектирование	7	Разработка структурной, функциональной схем, выбор оборудования	Инженер

Продолжение таблицы 20.8

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
	8	Разработка принципиальной электрической схемы, монтажной схемы и щита управления	Инженер
	9	Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер
	10	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки	Инженер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (5.1)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

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

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

Пример расчета ожидаемого значения трудоемкости для работы по составлению и утверждению технического задания, плана-графика:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ человеко} - \text{дней.}$$

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Пример расчета продолжительности работы для составления и утверждения технического задания, плана-графика:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{1} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ д.}$$

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.3)$$

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

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

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Пример расчета для перевода длительности этапа из рабочих в календарные дни для составления и утверждения технического задания, плана-графика:

$$T_{ki.инж} = 2,8 \cdot 1,48 = 4 \text{ кд.}$$

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (5.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в 2022 году;

$T_{\text{вых}}$ – общее количество выходных дней в 2022 году;

$T_{\text{пр}}$ – общее количество праздничных дней в 2022 году.

Для остальных этапов работы расчеты проводятся аналогично.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 20.9.

Таблица 20.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$, чел-дни		T_{ri}		T_{ki}	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
2. Обзор научной литературы	-	6	-	8	-	6,8	-	6,8	-	10
3. Выбор направления исследования	3	5	5	7	3,8	5,8	4,8	4,8	7	7
4. Подготовка образцов для исследования	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9
5. Проведение лабораторных исследований, направленных на изучение конвективных течений в слое жидкости при точечном нагреве	-	11	-	15	-	12,6	-	12,6	-	19
6. Анализ полученных результатов	2	5	3	7	2,4	5,8	4,1	4,1	6	6

Продолжение таблицы 20.9

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7. Разработка структурной, функциональной схем, выбор оборудования	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9
8. Разработка принципиальной электрической схемы, монтажной схемы и щита управления	-	8	-	10	-	8,8	-	8,8	-	13
9. Написание раздела «Социальная ответственность»	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9
10. Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	-	7	-	9	-	7,8	-	7,8	-	12
11. Составление пояснительной записки	-	5	-	8	-	6,2	-	9,2	-	9
Итого:	7	62	1/2	85	9	71,2	11,7	71,5	17	103

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 20.10).

Таблица 20.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█												
2	Обзор научной литературы	Исп2	10	█	█											
3	Выбор направления исследования	Исп1 Исп2	7		█	█										
4	Подготовка образцов для исследования	Исп2	9			█										
5	Проведение лабораторных исследований, направленных на изучение конвективных течений в слое жидкости при точечном нагреве	Исп2	19				█	█	█							
6	Анализ полученных результатов	Исп1 Исп2	6						█	█						
7	Разработка структурной, функциональной схем, выбор оборудования	Исп2	9							█	█					
8	Разработка принципиальной электрической схемы, монтажной схемы и щита управления	Исп2	13								█	█				
9	Написание раздела «Социальная ответственность»	Исп2	9									█	█			
10	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Исп2	12										█	█		
11	Составление пояснительной записки	Исп2	9												█	

Примечание:

█ – Исп. 1 (научный руководитель), █ – Исп. 2 (инженер)

Общее количество рабочих дней T_{pi} для инженера 71,5; для научного руководителя 11,7. Общее количество календарных дней T_{ki} для инженера 103, для инженера 17.

5.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении исследуемого образца. Результаты расчета затрат представлены в таблице 20.11.

Таблица 20.11 – Затраты на получение исследуемого образца

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Вода водопроводная	л	0,0013	0,5	0,00065
Диоксид титана	кг	0,00005	100	0,005
Итого:				≈ 0

5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Расчет нормы амортизации для термоэлектрического преобразователя «ТП-А-1001-0,25» (2 шт.):

$$H_A = \frac{1}{5} = 0,2;$$

Расчет нормы амортизации для цифроаналогового преобразователя «L-card E14 – 140M»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Расчет нормы амортизации для аналогоцифрового преобразователя «L-card E14 – 140M»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Расчет нормы амортизации для тепловизора «Testo 885-2»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Расчет нормы амортизации для весов «Vibra AF225DRCE»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Расчет нормы амортизации для камеры «Thorlabs DCC3260C»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Расчет нормы амортизации для лазера «KLM-532/h/2000»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Расчет нормы амортизации для датчика измерения мощности лазера «Ophir PD300R-3W»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Расчет нормы амортизации для виртуального измерителя мощности лазера «Ophir Juno»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{12} \cdot m, \quad (6.6)$$

где И – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Расчет амортизации для термоэлектрического преобразователя «ТП-А-1001-0,25» (2 шт.):

$$A = \frac{0,2 \cdot 151 \cdot 2}{12} \cdot 3 = 15,1 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для цифроаналогового преобразователя «L-card E14 – 140M»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 18342}{12} \cdot 3 = 458,55 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для аналогоцифрового преобразователя «L-card E14 – 140M»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 18342}{12} \cdot 3 = 458,55 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для тепловизора «Testo 885-2»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 680000}{12} \cdot 3 = 17000 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для весов «Vibra AF225DRCE»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 276212}{12} \cdot 3 = 6905,3 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для камеры «Thorlabs DCC3260C»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 333060}{12} \cdot 3 = 8326,5 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для лазера «KLM-532/h/2000»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 12756}{12} \cdot 3 = 318,9 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для датчика измерения мощности лазера «Ophir PD300R-3W»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 11467}{12} \cdot 3 = 286,67 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для виртуального измерителя мощности лазера «Ophir Juno»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 7346}{12} \cdot 3 = 183,65 \text{ руб.}$$

Таблица 20.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Термоэлектрический преобразователь «ТП-А-1001-0,25»	2	5	3	20	302	15,1
2	Цифроаналоговый преобразователь «L-card E14 – 140M»	1	10	3	10	18342	458,55
3	Аналогоцифровой преобразователь «L-card E14 – 140M»	1	10	3	10	18342	458,85
4	Тепловизор «Testo 885-2»	1	10	3	10	680000	17000
5	Весы Vibra AF225DRCE»	1	10	3	10	276212	6905,3
6	Камера «Thorlabs DCC3260C»	1	10	3	10	333060	8326,5
7	Лазер «KLM-532/h/2000»	1	10	3	10	12756	318,9

Продолжение таблицы 20.12

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
8	Датчик измерения мощности лазера «Ophir PD300R-3W»	1	10	3	10	11467	286,67
9	Виртуальный измеритель мощности лазера «Ophir Juno»	1	10	3	10	7346	183,65
Итого:						33953,22 руб.	

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.7)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Расчет основной заработной платы для научного руководителя:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1839,76 \cdot 11,7 = 21525,19 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы для инженера:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1500,12 \cdot 71,5 = 107258,58 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{43940 \cdot 10,3}{246} = 1839,76 \text{ руб.} \quad (5.8)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{30940 \cdot 11,2}{213} = 1500,12 \text{ руб.} \quad (5.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$\begin{aligned} Z_{\text{м}} &= Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = \\ &= 22533 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 43940 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.10)$$

– для инженера:

$$\begin{aligned} Z_{\text{м}} &= Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = \\ &= 15867 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 30940 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.11)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 20.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 20.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$З_{м}, руб$	$З_{он}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	22533	0,3	0,2	1,3	43940	1839,76	11,7	21525,19
Инженер	15867	0,3	0,2	1,3	30940	1500,12	71,5	107258,58
Итого:								128783,77

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 21525,19 = 3228,77 \text{ руб.} \quad (5.12)$$

– для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 107258,58 = 16088,79 \text{ руб.} \quad (5.13)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$\begin{aligned} З_{внеб} &= k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = \\ &= 0,3 \cdot (21525,19 + 3228,77) = 7426,19 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.14)$$

– для инженера:

$$\begin{aligned} З_{внеб} &= k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = \\ &= 0,3 \cdot (107258,58 + 16088,79) = 37004,21 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 20.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
33953,22	0	128783,77	19317,56	44430,4	226484,95

Величина накладных расходов определяется по формуле (6.16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Исследование конвективных течений в тонком слое жидкости при точечном нагреве» по форме, приведенной в таблице 20.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научных исследований.

Таблица 20.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	0	15	0	Пункт 6.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	33953,22	35375,3	37563,12	Пункт 6.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	128783,77	128783,77	128783,77	Пункт 6.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19317,56	19317,56	19317,56	Пункт 5.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	44430,4	44430,4	44430,4	Пункт 5.3.4
6	Накладные расходы	45296,99	45584,41	46018,97	Пункт 5.3.5
Бюджет затрат НИР		271781,94	273506,44	276113,82	Сумма ст. 1- 6

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как

знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данного НИ рассмотрены:

- 1) Исследование конвективных течений в слое жидкости с применением медного теплообменника;
- 2) Исследование конвективных течений в слое жидкости с применением точечного нагрева снизу.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.17)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 271781,94$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 273506,44$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 276113,82$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{271781,94}{276113,82} = 0,984;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{273506,44}{276113,82} = 0,99;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{276113,82}{276113,82} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущее исследование) с меньшим перевесом считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения научного исследования (I_{pi}) определен путем сравнительной

оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 20.17).

Таблица 20.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,05	5	5	5
2. Динамическая точность системы	0,2	5	5	3
3. Удобство в эксплуатации	0,05	4	4	3
4. Надежность	0,2	4	4	4
5. Качество регулирования	0,2	5	5	4
6. Простота наладки	0,1	4	4	4
7. Срок эксплуатации	0,2	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	4,43	4

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,43;$$

$$I_{p3} = 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,05 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}}, \quad (5.18)$$

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{4,65}{0,984} = 4,726;$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{4,43}{0,99} = 4,475;$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{4}{1} = 4.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта научного исследования сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 20.18).

Таблица 20.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,984	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4,43	4
3	Интегральный показатель эффективности	4,726	4,475	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,95	0,85

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущее исследование). Наше научное исследование является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. В первой части проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Проведен анализ конкурентных технических решений. С помощью SWOT-анализа выявлены сильные, слабые стороны научного исследования, яркими представителями которых является экологичность и сложность настройки, соответственно, а также возможности и угрозы. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 107 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 103 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 17 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 271781,94 руб;

4. Результат оценки эффективности НИ показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя НИ составляет 0,984, что является показателем того, что НИ является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИ составляет 4,65, по сравнению с 4,43 и 4;

3) значение интегрального показателя эффективности НИ составляет 4,726, по сравнению с 4,475 и 4, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в НИ, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
5Б8В		Долгих Владимир Викторович	
Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01. Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Автоматизация лабораторного стенда системы мониторинга конвективных течений в слое жидкости	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: Лабораторный стенд системы мониторинга конвективных течений в слое жидкости</p> <p>Область применения: Энергетика, системы контроля и автоматики</p> <p>Рабочая зона: лаборатория</p> <p>Размеры помещения: 12 м²</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</p> <ul style="list-style-type: none"> -термоэлектрический преобразователь (2); -тепловизор (1); -полумикровесы (1); -научная и промышленная видеокамера (1); -твердотельный одномодовый непрерывный лазер (1); -датчик измерения мощности лазера (1); -аналогоцифровой преобразователь (1); -цифроаналоговый преобразователь (1); -персональный компьютер (1). <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: мониторинг конвективных течений в тонком слое жидкости, контроль параметров и исправности оборудования, переключение оборудования.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 	<ul style="list-style-type: none"> -Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ; -ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; -ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные факторы: -лазерное излучение (прямое, рассеянное или отраженное); -шум, возникающий при работе лазера. Опасные факторы: -факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты: -глушители шума; -оптические фильтры для работы с лазерным излучением; -изолирующие устройства и покрытия; -экранирование пучка.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	Воздействие на атмосферу: -скопление пыли на рабочем месте. Воздействие на литосферу: -утилизация твердых бытовых отходов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	Возможные ЧС: -техногенные ЧС (пожары, угроза взрывов) Наиболее типичная ЧС: -пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Долгих Владимир Викторович		

6 Социальная ответственность

Введение

Выпускная квалификационная работа по теме «Автоматизация лабораторного стенда системы мониторинга конвективных течений в слое жидкости» посвящена изучению процесса мониторинга конвективных течений в тонком слое жидкости, возникающих в следствии неравномерного распределения температур. Объектом регулирования в данной работе является одномодовый непрерывный лазер с диодной накачкой. Рабочая зона: лаборатория. Размеры помещения: 300 м². Количество и наименование оборудования рабочей зоны: термоэлектрический преобразователь (2), тепловизор (1), полумикровесы (1), научная и промышленная видеокамера (1), твердотельный одномодовый непрерывный лазер (1), датчик измерения мощности лазера (1), аналогоцифровой преобразователь (1), цифроаналоговый преобразователь (1), персональный компьютер (1). Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: мониторинг конвективных течений в тонком слое жидкости, контроль параметров и исправности оборудования, переключение оборудования.

Основная задача работы – это программное регулирование мощностью лазера с целью исследования изменений параметров конвективных течений, распределения температур и интенсивности испарения слоя жидкости, находящейся в ячейке.

В данном разделе, будут отмечены все основные моменты, связанные с социальной ответственностью на каждом этапе разработки данного проекта.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно [29-30] работник имеет право на:

– рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором;

– полную достоверную информацию об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте, включая реализацию прав, предоставленных законодательством о социальной оценке условий труда;

– защиту своих трудовых прав, свобод и законных интересов всеми не запрещенными законом способами;

– возмещение вреда, причиненного ему в связи с исполнением трудовых обязанностей, и компенсацию морального вреда;

– обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами;

– обеспечение средствами индивидуальной защиты и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

– внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

К работе инженером-оператором АСУ допускаются лица не моложе 18 лет, соответствующей квалификации, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие медицинское освидетельствование в соответствии с приказом [31], прошедшие проверку знаний требований безопасности труда в установленном порядке и получившие допуск к самостоятельной работе. Инженер-оператор АСУ должен иметь соответствующую группу по электробезопасности – III группа [32].

III группа по электробезопасности позволяет работнику производить отключения, переключения, выключения электрооборудования, выполнять

работы в порядке текущей эксплуатации, наблюдать за безопасностью других членов бригады [33].

Инженер-оператор АСУ должен проходить обучение по охране труда в виде: вводного инструктажа, первичного инструктажа на рабочем месте и специального обучения в объеме программы подготовки по профессии [32].

6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Согласно [33] общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя:

1) конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы [33];

2) рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда [33].

Требования к взаимному расположению элементов рабочего места: пульта управления, средств отображения информации, органов управления, кресла, вспомогательного оборудования установлены в [33]:

Показатели микроклимата производственных помещений регламентированы в [35] и должны обеспечивать: температуру воздуха, температуры поверхностей, относительную влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения.

6.3 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов,

вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при работе с лабораторным стендом. По степени опасности лазерного излучения установка относится к 3 классу [36, 37]. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015, в таблице 21 приведен перечень возможных опасных и вредных факторов.

Таблица 21 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора лабораторного стенда системы мониторинга конвективных течений

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Лазерное излучение (прямое, рассеянное или отраженное)	ГОСТ 12.1.040-83 ССБТ. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения.
2.Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 2146-ст), Введ. 1.11.2015
3.Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95
4.Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник.	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

6.3.1 Лазерное излучение

Это излучение формируется в оптических квантовых генераторах (лазерах) и представляет собой оптическое когерентное излучение,

характеризующееся высокой направленностью и большой плотностью энергии. Главный элемент лазера, где формируется излучение, - активная среда, для образования которой используют: воздействие света не лазерных источников, электрический разряд в газах, химические реакции, бомбардировку электрическим пучком и другие методы.

Области применения лазера определяются энергией используемого лазерного излучения. Под воздействием лазерного излучения нарушается жизнедеятельность как отдельных органов, так и организма в целом. В настоящее время установлено специфическое действие лазерных излучений на биологические объекты, отличающееся от действия других опасных производственных физических и химических факторов. При воздействии лазерного излучения на сплошную биологическую структуру (например, на организм человека) различают три стадии: физическую, физико-химическую и химическую. На первой стадии (физической) происходят элементарные взаимодействия излучения с веществом, характер которых зависит от анатомических, оптико-физических и функциональных особенностей ткани, а также от энергетических и пространственных характеристик излучения и, прежде всего, от длины волны и интенсивности излучения. На этой стадии происходит нагревание вещества, преобразование энергии электромагнитного излучения в механические колебания, ионизация атомов и молекул, возбуждение и переход электронов с валентных уровней в зону проводимости, рекомбинация возбужденных атомов и др. При воздействии непрерывного лазерного излучения преобладает в основном тепловой механизм действия, в результате которого происходит свертывание белка, а при больших мощностях – испарение биоткани. При импульсном режиме (с длительностью импульсов меньше 10^{-2} с) механизм взаимодействия становится более сплошным и приводит к преобразованию излучения в энергию механических колебаний среды, в частности ударной волны. При мощности излучения

свыше 107 Вт и высокой степени фокусировки лазерного луча возможно возникновение ионизирующих излучений.

На второй стадии (физико-химической) из ионов и возбужденных молекул образуются свободные радикалы, обладающие высокой способностью к химическим реакциям. На третьей стадии (химической) свободные радикалы реагируют с молекулами веществ, входящих в состав живой ткани, и при этом возникают те молекулярные повреждения, которые в дальнейшем определяют общую картину воздействия лазерного излучения на облучаемую ткань и организм в целом.

По степени опасности лазерного излучения лазеры подразделяются на следующие классы [37]: I - малоопасные (воздействия прямого и зеркально отраженного излучения только на глаза); II - средней опасности (воздействия на глаза прямого, зеркально и диффузно отраженного излучения, а также прямого и зеркально отраженного излучения на кожу); III - опасные (воздействия на глаза, кожу прямого, зеркально и диффузно отраженного излучения; работа лазеров сопровождается возникновением других опасностей и вредных производственных факторов); IV - высокой опасности (опасности, характерные для лазеров I-III классов, а также ионизирующее излучение с уровнем, превышающим установленные допустимые пределы). Работы с лазерами следует проводить в отдельных, специально выделенных помещениях или отгороженных частях помещений. Само помещение изнутри, оборудование и предметы, находящиеся в нем, не должны иметь зеркально отражающихся поверхностей, если на них может падать прямой или отраженный луч лазера. В помещение или в зону помещения с действующими лазерными установками должен быть ограничен доступ лиц, не имеющих отношение к работе установок. В качестве индивидуальных средств защиты рекомендуются защитные очки из специального стекла.

Очки целесообразно монтировать в маску или полумаску, защищающую лицо. Руки защищаются хлопчатобумажными перчатками. Для защиты остальных частей тела достаточна обычная одежда [36].

6.3.2 Повышенное значение напряжения в электрической цепи и возможность поражения электрическим током

На любом рабочем месте существует опасность поражения электрическим током. При этом электрический ток производит термическое, электролитическое, биологическое воздействие на организм человека. Действие электрического тока приводит к местным электротравмам и электрическим ударам [40].

6.3.3 Повышенный уровень шума

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы, ручные механизированные инструменты и т.д. В условиях сильного шума возникает опасность снижения и потери слуха, которая во много обусловленная индивидуальными особенностями человека [38].

6.4 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия со стороны природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

При работе лабораторного стенда не выделяется и не выбрасывается в воду, атмосферу, вентиляцию или в рабочую зону каких-либо вредных веществ, газов, аэрозолей, дымов и т.д., превышающих допустимые уровни ПДК.

Соответственно, негативное влияние на атмосферу будет заключаться только в скоплении пыли на рабочем месте, а воздействие на литосферу будет характеризоваться утилизацией твердых бытовых отходов (бумага, микрочастицы-трассеры и т.п.).

Решения по обеспечению экологической безопасности:

Для литосферы – вывоз твердых бытовых отходов, с последующей переработкой, ГОСТ 17.4.3.04-85 [41].

Для атмосферы– проведение ежедневной влажной уборки на рабочем месте и проветривание помещения.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.07-95 [42], чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, стихийного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде.

Возможные чрезвычайные ситуации на данном объекте: пожары, взрывы. Возгорание может произойти на месте установки лазера, из-за выхода из строя данного оборудования или не соблюдения мер безопасности при эксплуатации.

В случае возникновения пожара сотрудники предприятия должны предпринять следующую последовательность действий:

1. сотрудник, заметивший воспламенение, должен незамедлительно донести информацию до пожарной службы;
2. до прибытия спасателей персонал, не задействованный в тушении, удаляется с объекта возгорания;
3. электричество во всем здании должно быть отключено, а также прекращены все работы до начала тушения;

4. при поломках в автоматической системе пожаротушения необходимо включить ее вручную;
5. ответственный персонал должен приступить к тушению возгорания с помощью первичных средств пожаротушения;
6. определяются сотрудники, которые встретят пожарные бригады и укажут им кратчайший путь к очагу возгорания.

Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения данного раздела были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что, соблюдая определенные нормы и правила, возможно наладить стабильное производство и процессы исследования, не подвергая опасности окружающую среду и персонал.

Раздел направлен на обеспечение комфортных рабочих мест, соблюдение норм вредных воздействий как на окружающую среду, так и на производственный персонал, а также способы предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций и порядок действий при их возникновении.

Следует добавить, что помещение по электробезопасности согласно ПУЭ относится к помещению без повышенной опасности [44].

Согласно [45], инженер-оператор АСР должен иметь соответствующую группу по электробезопасности – III группа. III группа по электробезопасности позволяет работнику производить отключения, переключения, выключения электрооборудования, выполнять работы в порядке текущей эксплуатации, наблюдать за безопасностью других членов бригады.

Тяжесть труда, согласно СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» относится к категории 1б.

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно [46], соответствует категории Г: Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и

(или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Также, согласно [47], данный объект относится к объектам IV категории, оказывающих умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы проведен анализ лабораторного стенда системы мониторинга конвективных течений в слое жидкости. Проведена серия экспериментов исследующих изменение картины конвекции при изменении положения точки нагрева с движением лазерного излучения вдоль диаметра ячейки с фиксированными задержками нахождения лазерного луча в каждой точке (5, 10, 15, 20, 25 и 30 секунд нахождения лазерного луча в каждом из промежуточных положений).

В качестве объекта автоматизации выбран Твердотельный одномодовый лазер с диодной накачкой (DPSS) видимого спектрального диапазона (TTL-модуляция) KLM-532/h/2000. Для выбранного объекта автоматизации разработана автоматическая система регулирования мощности излучения.

В ходе разработки АСР выбрана структура регулирования нагрузки и представлена проектная документация, которая включает в себя:

- структурную схему;
- функциональную схему;
- принципиальную электрическую схему;
- монтажную схему;
- общий вид щита автоматизации.

Для данной системы осуществлен подбор технических средств автоматизации.

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведена оценка коммерческой ценности

разработанной АСР с точки зрения финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Список используемых источников

1. ГОСТ 21.208-2013. Межгосударственный стандарт. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200108003>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Abdalla S., Dusseau J. M., Roche F., Darolles J.M. New possibilities of solar energy conversion by means of refractory thermoelements // Solar Energy Int. Progr.: Proc. Int. Symp.— Workshop on Solar Energy (Cairo, 1978).— New York et al., 1980.— Vol. 3.— P. 1184—1191.
3. Волощенко А.В., Горбунов Д.Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования. - 2 изд. - Томск: Томский политехнический университет, 2011. - 108 с.
4. Термопара бескорпусная ТП-А-1001-0,25. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kipspb.ru/catalog/18291/element1920249.php>, свободный. – Загл. с экрана.
5. E14-140M – Недорогой внешний модуль АЦП/ЦАП на шину USB. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lcard.ru/products/external/e-140m>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Testo 885-2 – Тепловизор с одним объективом. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.testo.com.ru/catalog/parameter/teplovizory/1742/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Аналитические весы ViBRA AF-225DRCE. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vibra.ru/products/vibra_af/vibra_af_225drce/, свободный. – Загл. с экрана.

8. DCC3260C – High-Resolution USB 3.0 CMOS Camera, 1936 x 1216, Global Shutter, Color Sensor. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=DCC3260C>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Вейко В.П., Петров А.А. Введение в лазерные технологии [Электронный ресурс]: опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии». – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/460.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
10. Вейко В.П. Технологические лазеры и лазерное излучение [Электронный ресурс]: опорный конспект лекций по курсу «Физико-технические основы лазерных технологий». – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2007. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/242.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
11. Либенсон М.Н., Яковлев Е.Б., Шандыбина Г.Д. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика) [Электронный ресурс]: конспект лекций под редакцией В.П. Вейко. Часть I. Поглощение лазерного излучения в веществе. - СПб: СПб ГУ ИТМО, 2008. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/335.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
12. ФТИ-ОПТРОНИК – KLM-532/h/2000. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fti-optronic.com/images/stories/pdfs/klm-532-h-2000.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
13. PD300R-3W. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ophiropt.com/laser--measurement/ru/laser-power-energy-meters/products/Laser-Photodiode-Sensors/Round-Photodiode-Sensors/PD300R-3W>, свободный. – Загл. с экрана.

14. Juno. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ophiropt.com/laser--measurement/laser-power-energy-meters/products/pc-interface/juno>, свободный. – Загл. с экрана
15. SOLIS-4C – High-Power LED for Microscopy, 565 nm (Lime), 3.2 W (Min). Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=SOLIS-4C>, свободный. – Загл. с экрана.
16. DC20 – High-Power Driver for Solis[®] LEDs, 10 A Max, 14.0 V Max. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=DC20>, свободный. – Загл. с экрана.
17. LP-04-M – Универсальный предусилитель милливольтовых сигналов. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lcard.ru/products/accesories/lp-04-m>, свободный. – Загл. с экрана.
18. DB37 to 16*BNC CCTV data cable. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cable-top.com/e_productshow/?103-DB37-to-BNC-cable-103.html. – Загл. с экрана.
19. Автоматический выключатель ВА47-29 2P 16А 4,5кА. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shop220.ru/mva20-2-016-c-avtomaticheskivyklyuchatel-va47-29-2r-16a-45ka-harakteristika-s-iek.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
20. GPS-550A8 СЕРИЯ SMART. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.chieftec.eu/products-detail/ru/178/%D0%A1%D0%95%D0%A0%D0%98%D0%AF_SMART/240/GPS-550A8, свободный. – Загл. с экрана.
21. Блок зажимов БЗН ТВ-1506 1,5 мм² 15А 6 пар ИЕК. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/1848082>, свободный. – Загл. с экрана.

22. Короб перфорированный 25x25 (2м) Импакт. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/9805244>, свободный. – Загл. с экрана.
23. DP-37C, корпус для D-SUB 37pin. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.platan.ru/cgi-bin/query.pl?id=8691>, свободный. – Загл. с экрана.
24. HUB-630A. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.titan.tw/product/hub-630a/>, свободный. – Загл. с экрана.
25. Phoenix Contact DIN-рейка, с перфорацией NS 35/ 7,5 PERF. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elevel.ru/shop/din-reyki/phoenix-contact-din-reyka-s-perforatsiey-ns-35-7-5-perf/>, свободный. – Загл. с экрана.
26. Крепеж DK35A. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moxa.ru/shop/accessories/mounting/dk35a/>, свободный. – Загл. с экрана.
27. Основная схемотехническая проектная и конструкторская документация при разработке АСУ ТП / Кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – 101 с.
28. Волошенко А.В., Медведев В.В. Технологические измерения и приборы. Курсовое проектирование: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 120.
29. КонсультантПлюс. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 09.03.2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
30. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studbooks.net/>, свободный. – Загл. с экрана.
31. КонсультантПлюс. Приказ Минтруда России N 988н, Минздрава России N1420н от 31.12.2020 «Об утверждении перечня вредных и (или)

опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

32. Пожарная безопасность. Инструкция по охране труда для инженера АСУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://firedeclaration.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

33. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913>, свободный. – Загл. с экрана.

34. ГОСТ 22269-76. Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012834>, свободный. – Загл. с экрана.

35. СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901704046>, свободный. – Загл. с экрана.

36. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. — 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.

37. ГОСТ 12.1.040-83 ССБТ. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200311>, свободный. – Загл. с экрана.

38. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования

безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>, свободный. – Загл. с экрана.

39. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>, свободный. – Загл. с экрана.

40. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, которое может воздействовать на человека. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vuzlit.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

41. ГОСТ 17.4.3.04-85. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200020658>, свободный. – Загл. с экрана.

42. ГОСТ Р 22.0.07-95. Государственный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001514>, свободный. – Загл. с экрана.

43. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973>, свободный. – Загл. с экрана.

44. Министерство энергетики Российской Федерации. Приказ от 8 июля 2002 года N 204 «Об утверждении глав правил устройства электроустановок». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456072457>, свободный. – Загл. с экрана.

45. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 15 декабря 2020 года N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок». [Электронный ресурс].

– Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573264184>, свободный. – Загл. с экрана.

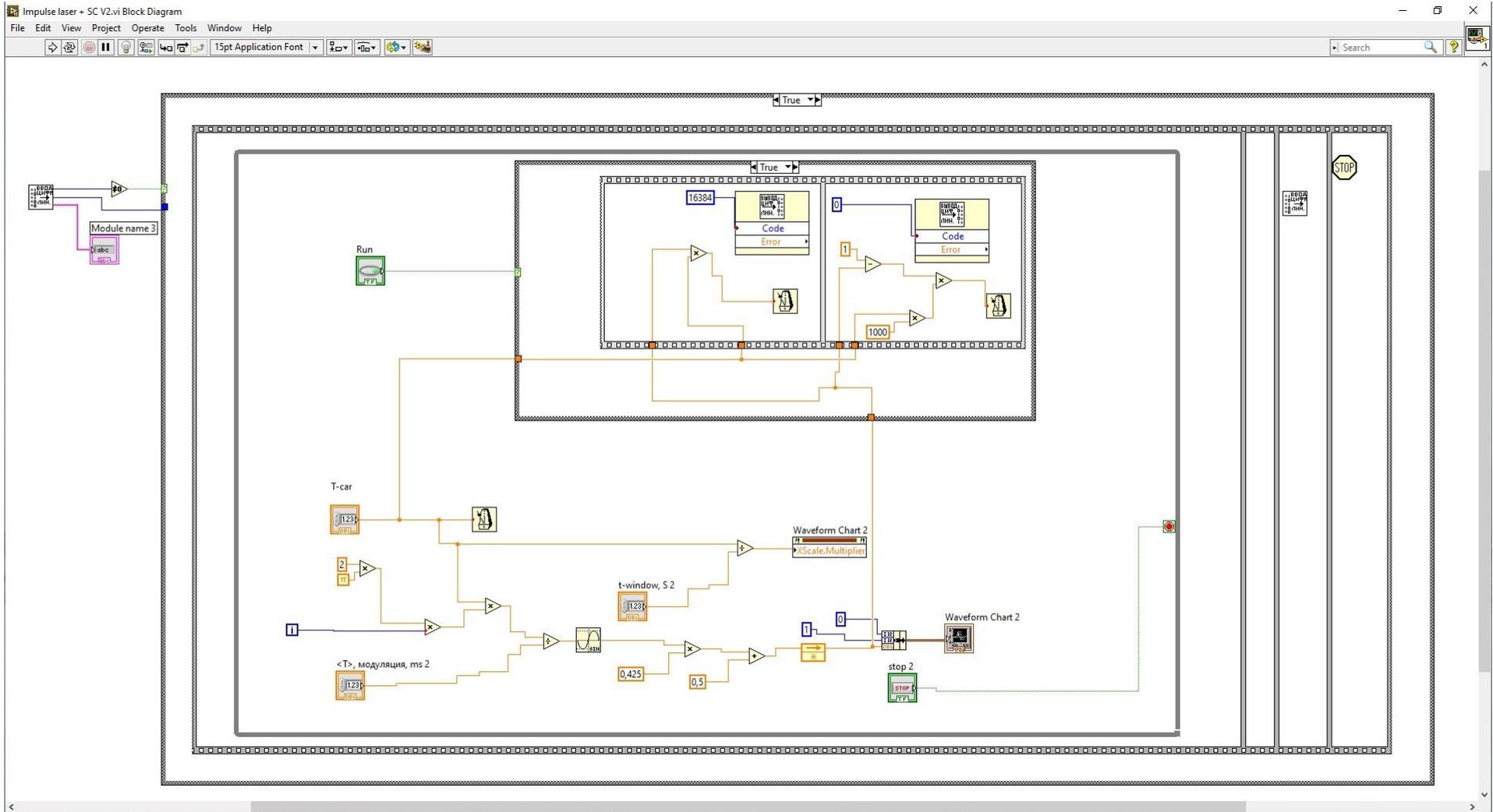
46. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>, свободный. – Загл. с экрана.

47. Правительство Российской Федерации. Постановление от 31 декабря 2020 года N 2398, «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573292854>, свободный. – Загл. с экрана.

Приложение А

(обязательное)

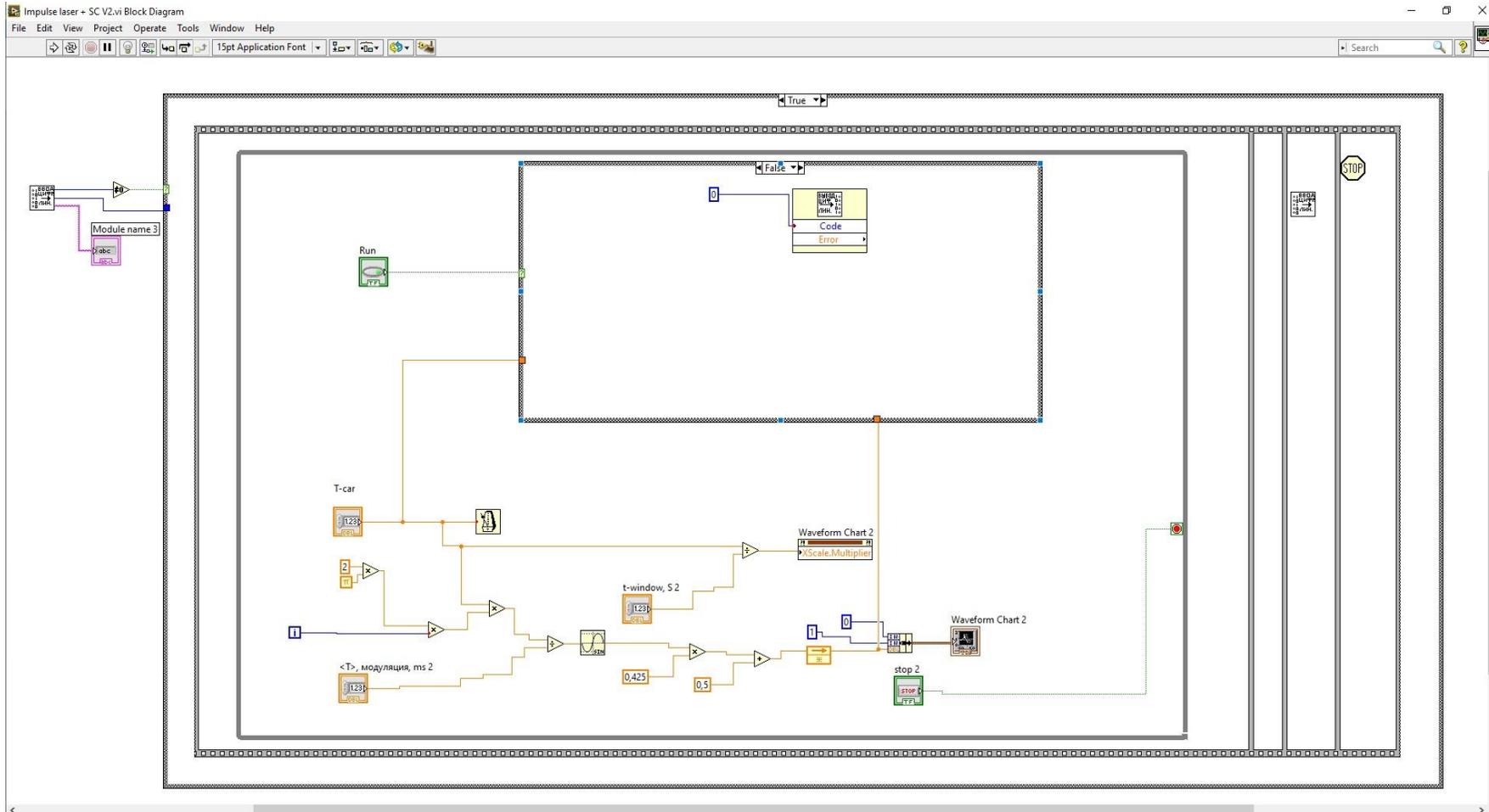
Программная реализация регулирования лазером в среде LabView (Прибор готов к работе, кнопка «Старт» в положении «Вкл»).



Приложение Б

(обязательное)

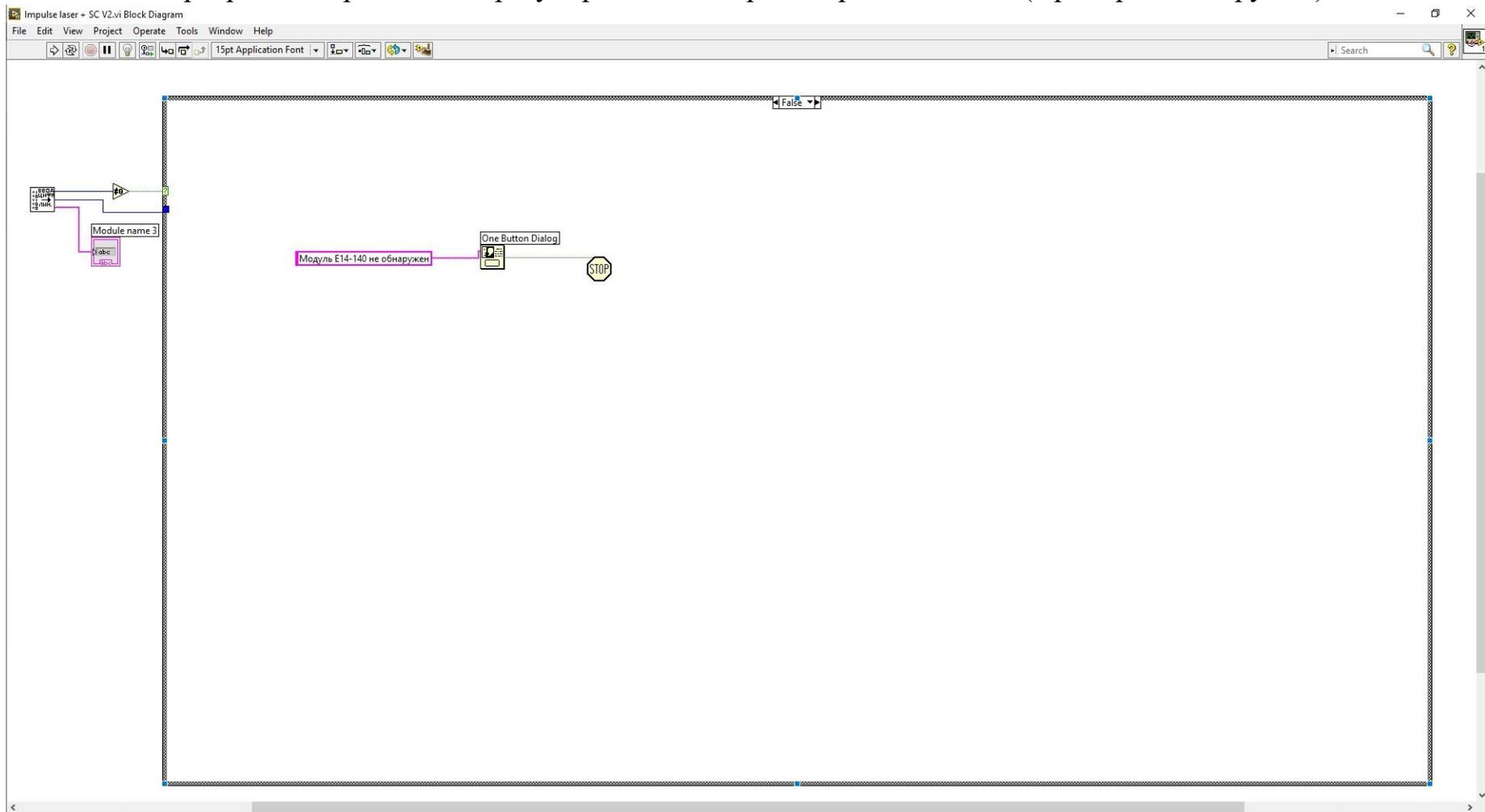
Программная реализация регулирования лазером в среде LabView (Прибор готов к работе, кнопка «Старт» в положении «Выкл»).



Приложение В

(обязательное)

Программная реализация регулирования лазером в среде LabVIEW (Прибор не обнаружен).



Приложение Г

(обязательное)

Интерфейс регулирования лазером в среде LabView.

