

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

Институт: Институт физики высоких технологий

Специальность: ОпTOTехника

Кафедра: Кафедра лазерной и световой техники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Проектирование облучательной установки на основе моделирования конструкции резервуара культиватора для выращивания хлореллы

УДК 621.383.52:631.371.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Арьянова Эржэна Доржиевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедры ЛИСТ, доцент	Яковлев Алексей Николаевич	К.ф.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЛИСТ	Гречкина Татьяна Валерьевна			

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель каф. МЕН ИСГТ ТПУ	Гаврикова Надежда Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ ИНК НИ ТПУ	Кырмакова Ольга Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЛИСТ	Яковлев Алексей Николаевич	К.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Способность формулировать цели, задачи и составлять план научного исследования в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи
P2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов
P3	Способность к исследованию и анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания, к постановке цели и задач проектирования в области светотехники, оптоэлектроники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы
P4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности
P5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.
P6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и

	конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности

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

Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки (специальность) 12.04.02 «Опtotехника»
 Кафедра Лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ЛИСТ
 _____ А.Н.
 Яковлев
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4А	Арьянова Эржэна Доржиевна

Тема работы:

Проектирование облучательной установки на основе моделирования конструкции резервуара культиватора для выращивания хлореллы

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Информационные источники кафедры и НТБ ТПУ, интернет ресурсы, кривая фотосинтеза</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<i>1. Работа с литературой; 2. Изучение нормативных документов; 3. Моделирование резервуара; 4. Проектирование схемы расположения облучательных приборов; 5. Создание визуализации проекта;</i>
Перечень графического материала	<i>Презентация по теме диссертации в PowerPoint, конструкция опытного образца культиватора</i>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
БЖД	Кырмакова Ольга Сергеевна
Экономика	Гаврикова Надежда Александровна
Английский язык	Ботова Анастасия Леонидовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Аналитический литературный обзор	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.09.2014
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав.кафедры ЛИСТ, доцент	Яковлев А.Н	к.ф.- м.н.,		29.09.2014

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Арьянова Э.Д		29.09.2014

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 85 _____ с., _____ 28 _____ рис., _____ 24 _____ табл., _____ 26 _____ источников, _____ 1 _____ прил.

Ключевые слова: хлорелла, культиватор, форма резервуара, компьютерное моделирование, световые поля

Объектом исследования является (ются) форма резервуара культиватора для выращивания хлореллы

Цель работы – улучшение эффективности культиватора для выращивания хлореллы, путем проектирования облучательной установки на основе моделирования конструкции резервуара

В процессе исследования проводилось компьютерное моделирование культиватора, теоретические расчеты

В результате исследования были рассмотрены несколько вариантов форм резервуара, на основе моделирования выбрана наиболее оптимальная конструкция

Степень внедрения: проведено моделирование

Область применения: сельское хозяйство, животноводство

Экономическая эффективность/значимость работы создание энергоэффективного автономного культиватора для выращивания хлореллы

В будущем планируется дальнейшее исследование, создание опытного образца, усовершенствуя 3d-модели

Определение, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ДРЛ - дуговая ртутная люминесцентная лампа;

КМК - культиватор маточной культуры;

ФБР - Фото-биореактор

УФ – излучение ультрафиолетового диапазона

СД – светодиоды

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. ГОСТ 12.0.003-74*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
5. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
6. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
7. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
8. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
9. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий.
10. Федеральный закон 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

Оглавление

Введение	10
1. Литературный обзор	12
1.1 Общие сведения о микроводоросли хлорелла.....	12
1.2 Анализ установок для культивирования хлореллы	15
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	23
Введение	23
4.1 Предпроектный анализ.	24
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	24
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	25
4.1.3 Представление SWOT-анализа.	28
4.1.3.1 Первый этап	28
4.1.3.2 Второй этап.....	29
4.1.3.3 Третий этап	30
4.2 Инициация проекта.	31
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	33
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта.	33
4.3.2 План проекта.....	34
4.3.3 Бюджет научного исследования	37
Список публикаций студента	43

Введение

Хлорелла – это представитель рода одноклеточных зеленых водорослей. Одним из перспективных направлений применения данной микроводоросли является ее использование в качестве кормовой добавки, что позволяет отказаться от широкого использования синтетических препаратов, стимуляторов и антибиотиков, применяемых для производства мясных и молочных продуктов. Кроме того, при подкормке сельскохозяйственных животных наблюдалась положительная тенденция, например увеличение среднесуточного привеса, повышение усвояемости кормов и т.п. [1]

Для культивирования хлореллы применяется специальное устройство, называемое установкой или реактором. Продуктивность микроводорослей в основном зависит от типа и конструктивных особенностей этих установок [1].

Для создания энергоэффективного и автоматизированного фотобиореактора нового поколения предназначенного для выращивания хлореллы в искусственных условиях был сформирован творческий коллектив с постановкой задачи для каждого члена команды.

Один из пунктов в проекте - улучшение эффективности установки, путем проектирования облучательной установки на основе моделирования конструкции резервуара.

Для улучшения эффективности установки были поставлены следующие задачи:

1. Провести исследования имеющихся установок;
2. Смоделировать оптимальную конфигурацию фотобиореактора;
3. Разработать облучательную установку.

Одной из задач стало компьютерное моделирование формы и размеров фотобиореактора.

Компьютерные модели стали обычным инструментом математического моделирования и применяются во многих сферах наукоемкого производства.

Компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения сложных систем. Эти модели предпочтительней применять в силу их простоты и удобства, например проведение реального эксперимента затруднено финансовыми или физическими препятствиями, а также непредсказуемостью результата. Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяет определить основные факторы, определяющие свойства исследуемого объекта [2].

Преимущества компьютерного моделирования:

- совершать многократные испытания модели, каждый раз возвращая её в первичное состояние;
- находить оптимальную конструкцию объекта, не изготавливая его пробных экземпляров;

В ходе работы была смоделирована наиболее оптимальная конфигурация фотобиореактора. При этом была разработана методика моделирования, позволяющая оценить эффективность распределения световых полей в резервуаре. Так же была получена модель, позволяющая масштабировать ее в соответствие с заданным объемом.

1. Литературный обзор

1.1 Общие сведения о микроводоросли хлорелла

Хлорелла представитель рода одноклеточных микроскопических водорослей, которая достаточно распространена в природе. Она встречается в виде зеленого налета на различных поверхностях, например на коре деревьев, сырой почве, в водоемах и озерах [3].

Данная микроводоросль получила широкое применения в различных сферах деятельности человека. В таких сферах как медицина, пищевая промышленность, сельское хозяйство, так же ее используют в качестве источника биотоплива и кислорода.

Одним из перспективных направлений использования хлореллы является ее использование в качестве добавки к кормовым смесям в сельском хозяйстве. И это не удивительно, ведь эта микроводоросль выигрывает по многим показателям среди водных и наземных растений. Так, например, в биомассе хлореллы количество белков составляет 40-60 %, углеводов - 30-35 %, липидов 5-10 % и до 10 % минеральных веществ [1]. Она богата аминокислотами и витаминами, некоторые из них приведены в таблице 1.1 – 1.2

Таблица 1.1 – Содержание аминокислот в хлорелле, г/кг.

Наименование	Количество
Глютаминовая кислота	31,84
Аспарагиновая кислота	25,66
Лейцин	21,68
Аланин	20,13
Валин	17,58
Глицин	17,02
Треонин	13,66
Фенилаланин	12,06
Серин	11,60

Таблица 1.2 – Содержание аминокислот в хлорелле, мкг/г.

Наименование	Количество
Каротин	1341
Токоферол (Е)	180
Рибофлавин (В2)	7,0
Пиридоксин (В6)	5,3

Применение суспензии хлореллы в кормовом рационе крупного рогатого скота позволяет получать дополнительные привесы от 25 до 42% и довести сохранность поголовья до 99%. Молочная продуктивность по дойному стаду увеличивается на 15-20%, при этом возрастают вкусовые качества и жирность молока.

В свиноводстве использование хлореллы позволяет получить среднесуточный привес молодняка или свиней на откорме увеличить на 30-40% без дополнительных затрат кормов. Суспензия хлореллы позволяет довести сохранность животных до 99% без использования ветеринарных препаратов.

Использование суспензии хлореллы в птицеводстве позволяет без дополнительных кормов увеличить массу птицы на 20%, сохранность поголовья молодняка без применения лечебных ветеринарных препаратов довести до 98%, улучшить инкубационные свойства яйца, а выход цыплят увеличить на 20-25%, причем цыплят с повышенной жизнеспособностью.

Микроводоросль хлорелла стимулирует рост животных, повышает усвояемость кормов, позволяет добиться сохранности поголовья. Кроме того хлореллу можно выращивать круглый год [4].

Так же один из плюсов хлореллы является то, что она позволяет восполнить недостаток зеленых кормов, не изменяя индустриальной технологии кормления и выращивания животных. Суспензия хлореллы легко включается в технологический процесс кормления любого вида сельскохозяйственных животных.

Кроме того хлорелла применима в качестве альтернативы использования антибиотиков в животноводстве. В странах Европейского союза было введен запрет на использование антибиотиков в качестве кормовых добавок в животноводстве. Это связано с тем, что кормовые антибиотики при попадании в организм человека, являются причиной возникновения болезнетворных и устойчивых к антибиотикам заболеваний [5].

1.2 Анализ установок для культивирования хлореллы

На протяжении долгового времени идет построение основных принципов искусственного выращивания хлореллы. Это манипуляция с составом питательной среды, создание открытых искусственных водоёмов, в которых воссоздаются естественные условия, специальные резервуары с искусственным освещением.

Большой объем литературы посвящен конструированию культиваторов от самых простых лабораторных экземпляров до сложных промышленных образцов [6].

Каких либо ограничений в используемых материалах при создании культиватора нет, это может быть бетон, стекло или оргстекло. Есть лишь несколько основных показателей, при которых происходит рост микроводоросли: достаточный уровень освещенности, стабильный температурный режим, доступ к углекислому газу и перемешивание суспензии.

При анализе существующих установок была создана классификация конфигураций культиваторов, применяемых при культивации хлореллы, которая представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Классификация культиваторов

Как видно из рисунка 1.1, основными факторами, влияющими на конструкцию биореактора, являются форма резервуара, степень изоляции и способ освещения.

Значительная часть производительности установки зависит от конструкции. А так же очень важен выбор источника освещения. По сравнению с естественным источником света искусственные практичней, существует возможность создавать свой цикл, то есть, нет ограниченности светового дня.

Чаще всего встречаются несколько основных конструкций:

- Открытые бассейны с естественным освещением;
- Закрытая система с естественным освещением;
- Биореакторы:

Открытые бассейны с естественным освещением

Данный тип установок представляют собой открытые круглые бассейны с диаметром до 20 м и высотой стенок до 50 см, с механическим перемешиванием выращиваемого слоя микроводоросли. Освещение происходит естественным путем. На рисунке 1.2 представлен пример установки для выращивания хлореллы под открытым небом.



Рисунок 1.2 – Установка для выращивания хлореллы под открытым небом.

Первые промышленные установки подобного типа были созданы в Японии (Рис. 1.3, 1.4).

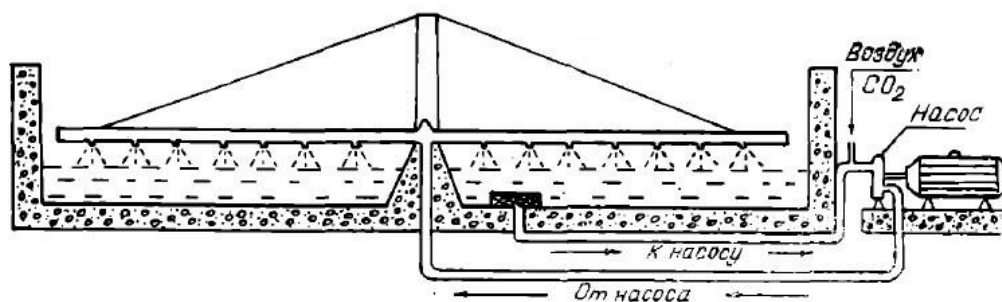


Рисунок 1.3 – Схема круглой цементированной установки для культивирования микроводорослей.

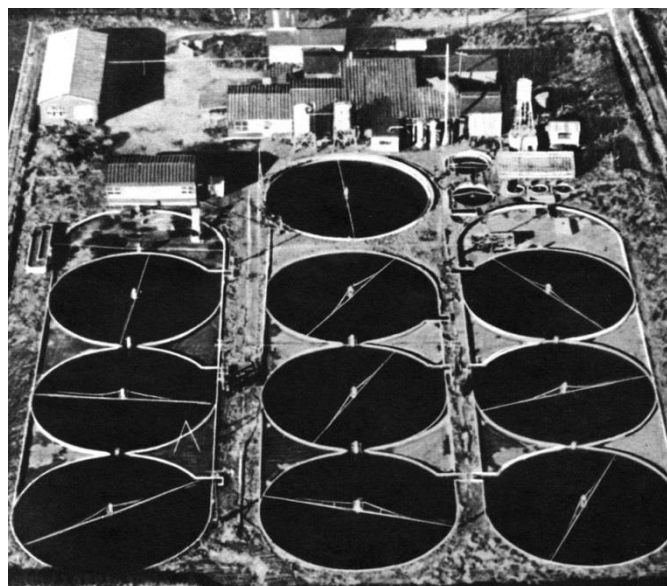


Рисунок 1.4 – Установки для культивирования микроводорослей в Японии.

Японская установка представляла собой круглый цементированный бассейн диаметром от 3 до 20 м, толщина слоя суспензии составляла от 10 до 12 см. Перемешивание осуществлялось с помощью насоса, который забирал жидкость из бассейна и возвращал ее обратно по средствам труб, которые вращались вследствие реактивной силы выбрасываемой суспензии. В установках этого типа продуктивность водорослей

составляла – 2-18,5 г сухого вещества с 1 м² водной поверхности в сутки [1].

Культивирование в данном типе установки тесно связано с климатическими условиями из-за чего сбор большого количества урожая возможен при больших производственных площадях. В условиях нашей климатической зоны, данная установка не пригодна для постоянного и стабильного культивирования микроводоросли на протяжении всего года.

Закрытая система с естественным освещением

Данный тип конструкции представляет собой систему труб, с системой перемешивания, чаще всего с помощью насосов, источник излучения – солнце.



Рисунок 1.5 – Закрытая установка для выращивания хлореллы.

Установка закрытой системы была разработана и применима в США. Они состояли из широких полиэтиленовых труб, замыкающихся в кольцо. Трубы можно было расположить горизонтально или вертикально. Предполагалось, что эту систему можно было установить на крышах здания.

Благодаря изолированности суспензии от внешней среды достигалась минимальное загрязнение биомассы. Минусы у данной системы такие же, как и у открытых бассейнов, кроме того трудности

возникали при очистке, клетки хлореллы нарастают на внутренней стороне резервуара.

Биореакторы

В биореакторах поддерживаются все необходимые условия для эффективного роста хлореллы, а именно:

- уровень освещенности;
- аэрация;
- поддержание температурного режима;
- перемешивание суспензии.

Биореактор представляет собой закрытую систему, состоящую из резервуара различной формы с поддерживающей системой. Пример биореактора на рисунке 1.6



Рисунок 1.6 - Примеры биореакторов: а – Культиватор маточной культуры КМК-150, б - Фото-биореактор ФБР-150 [7]

На рисунке 1.6 представлен культиватор, представляющий собой емкость для суспензии хлореллы с погруженными в нее источниками света оригинальной конструкции. Также он снабжен другими устройствами, обеспечивающими оптимальные условия для размножения хлореллы в специальной питательной среде.

На рисунке 1.7 представлен промышленный фотобиореактор PSI (Large-Scale Photobioreactors), который представляет собой искусственную среду для крупномасштабного выращивания и сбора фотосинтезирующих организмов, главным образом водорослей. Образец изготовлен в виде модульной системы, в котором задаются требуемые условия в соответствии с потребностями культивирования.



Рисунок 1.7 – Фотобиореактор PSI (Large-Scale Photobioreactors) [8]

Первые установки закрытого типа испытывали в Англии. Она представляла собой цилиндрический резервуар из непрозрачного материала (стеклопластик) объемом 330 л. Установка имела крышку, на которой были укреплены три лампы искусственного освещения в стеклянных колпаках. Здесь также имелся трубопровод для подачи газовой смеси, фильтрующий клапан, электропроводка, система сбора урожая и долива питательного раствора, патрубки и др. (рис. 1.8). Смесь воздуха с углекислым газом перед подачей в суспензию стерилизовалась. Перемешивание культуры производилась подачей воздуха с углекислым газом через барбатер, который был расположен на дне резервуара. В данной установке продуктивность водорослей оказалась невысокой [1].

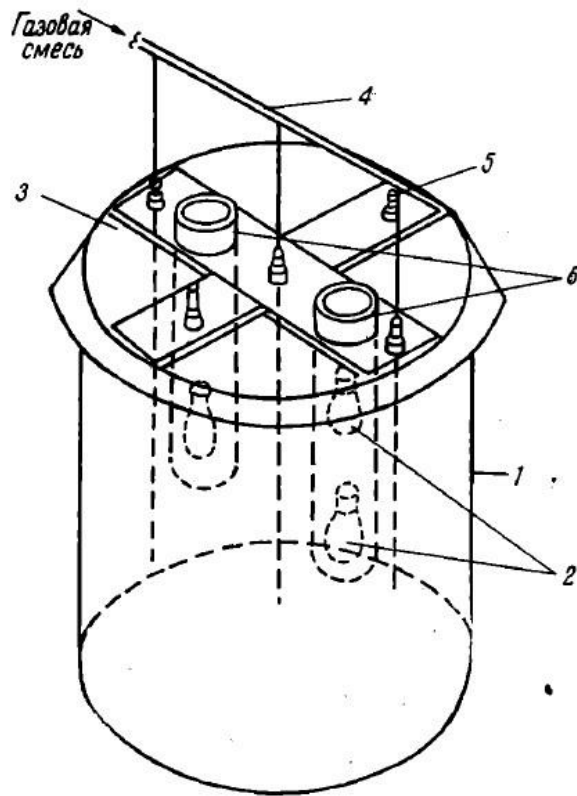


Рисунок 1.8 – Установка закрытого типа: 1 – цилиндрический резервуар; 2 – Лампы для освещения; 3 – крышка резервуара; 4 – трубопровод для подачи газовой смеси; 5 – фильтрующий клапан; 6 – стеклянный колпак для ламп искусственного освежения.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4А	Арьянова Эржэна Доржиевна

Институт	Кафедра	Направление/специальность	Оптотехника
Уровень образования	Магистратура		

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	<i>1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>1. Цели и результаты проекта 2. Организационная структура проекта 3. Иерархическая структура работ 4. Контрольные события проекта 5. План проекта</i>
3. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Бюджет научно – технического исследования (НИИ) 1. Расчет материальных затрат НИИ 2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ 3. Основная заработная плата исполнителей темы 4. Отчисления на социальные нужды 5. Накладные расходы 6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</i>
6. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Расчет коэффициента научно-технического уровня проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Потенциальные потребители результатов исследования*
- SWOT-анализ*
- Календарный график проведения исследования в виде диаграммы Ганта*
- Бюджет проекта*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Арьянова Э. Д.		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение.

Данный раздел посвящен определению экономической эффективности разработки энергоэффективного фотобиореактора для культивирования микроводоросли хлореллы.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта.

В данной выпускной квалификационной работе в качестве ресурсоэффективности данной разработки был выбран метод SWOT-анализа.

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) [24].

Для создания энергоэффективного и автоматизированного фотобиореактора нового поколения предназначенного для выращивания хлореллы в искусственных условиях был сформирован творческий коллектив с постановкой задачи для каждого члена команда.

Одной из пунктов в проекте является улучшение эффективности установки, путем проектирования облучательной установки на основе моделирования конструкции резервуара.

Была подобрана оптимальная форма биореактора, а так же спроектирована излучательная установка. Подтверждена возможность создания более эффективного фотобиореактора для культивации хлореллы, при анализе имеющихся установок на рынке.

Таким образом, целью организационно-экономического раздела является выявление сильных и слабых сторон объектов ВКР, которые рассматриваются как внутренние факторы, а также изучение внешних

факторов, каковыми являются возможности и угрозы, для получения четкого представления основных направлений развития энергоэффективного автоматизированного фотобиореактора.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи: выявить сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы со стороны конкурентных компаний, связать сильные и слабые стороны с возможностями и угрозами, проанализировать полученные результаты.

4.1 Предпроектный анализ.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.

Основным потенциальным потребителем разработанной установки является сельскохозяйственный сегмент. Планируется реализовать фотобиореактор региональном уровне. При успешном развитии, проект может достигнуть межрегионального уровня.

Так как в данной разработке для освещения реактора используются светодиодные светильники, затраты на электричество сократятся по сравнению с используемыми в современных фотобиореакторах галогенных и люминесцентных ламп. Так же срок службы светодиодов намного больше, чем у других ламп.

Учитывая, что система фотобиореактора полностью автоматизирована, сократятся затраты на обслуживающий персонал - для обслуживания одной или нескольких установок будет достаточно контроля одного человека.

На основе вышесказанного, в сравнении с используемыми на данный момент фотобиореакторами, данная установка по культивированию фермах, т.к. т производства патентованными разработками, уровня. ять фото-биореактор в сельском хозяйстве. тивированию хлореллы может получить масштабное развитие не только в больших сельскохозяйственных производствах, но и на малых фермах, т.к.

увеличивается продуктивность сельскохозяйственных животных при использовании суспензии хлореллы. Более того, хлорелла, являясь пробиотиком, позволяет отказаться от кормовых антибиотиков.

Для начала планируется распространить установку в Томской области, целевой аудиторией могут стать предприятия производящие мясо и молочные продукты, а также яйца, эти компании представлены в таблице 4.1 [25].

Таблица 4.1. Целевая аудитория Томской области

<i>Фирма производитель</i>	<i>Электронный адрес</i>	<i>Производимая продукция</i>	<i>Используемый корм</i>
ООО «Межениновская птицефабрика»	http://xn---7sbbaecuadfxddvhsbtyzn1a4c8b8p.xn--plai/	Один из крупнейших производителей мяса цыплят-бройлеров в Западной Сибири	Экологически чистые корма без использования гормональных препаратов и антибиотиков.
Свиноводческий комплекс ЗАО "Сибирская Аграрная Группа"	http://www.sibagrogroup.ru/production/factories/?ID=801	Обеспечивает производство 30 тыс. тонн свинины в год	Силос, комбикорма, добавки.
Птицефабрика «Томская» ЗАО "Сибирская Аграрная Группа"	http://www.sibagrogroup.ru/production/factories/?ID=1887	Производство промышленного яйца, производство мяса бройлеров	Комбикорма, добавки.
ООО «Деревенское молочко», г. Северск	http://derevenskoe-molochko.ru/	Молочные продукты	Силос, сено, добавки.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В России культиватор для выращивания хлореллы производят несколько компаний. Так, научно-производственная компания "ДЕЛО" является основателем внедрения инновационной биотехнологии хлореллы

в животноводство. Для выращивания хлореллы компания "ДЕЛО" предлагает:[7]

- установки серии КМК (культиватор маточной культуры) - КМК-150, производительностью 50 л суспензии в сутки;
- установки серии ФБР - ФБР-150 и ФБР-250, производительностью соответственно 150 и 250 л суспензии в сутки.

Компания ОАО «АгроСервер» предлагает для культивирования хлореллы биореактор КХ-60. Данный биореактор представляет собой модульную установку с производительностью суспензии хлореллы 60 л в сутки и плотностью клеток 50 – 60 млн/мл.

К₁ – установка научно – производственной компании "Дело" КМК – 150;

К₂ – установка компании ОАО "АгроСервер" КХ – 60;

Ф – разработанный фотобиореактор.

Таблица 4.2.Оценочная карта для сравнения конкурентных установок

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. Повышение производительности установки	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
2. Энергоэкономичность	0,15	5	1	1	0,75	0,15	0,15
3. Безопасность	0,1	5	2	2	0,5	0,2	0,2
4. Простота эксплуатации	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
2. Цена	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
4. Послепродажное обслуживание	0,1	5	2	2	0,5	0,2	0,2
Итого	1	39	23	24	4,85	2,85	3

Проанализировав доступную информацию о приведенных выше биореакторах, были выявлены недостатки установок:

1. Малая степень автоматизации, что делает необходимым наличие оператора для отслеживания параметров среды на протяжении всего цикла выращивания (около 18 часов), а это может привести к ошибке в технологическом процессе, так называемому «человеческому фактору».
2. Еще одним недостатком существующих конструкций является применение не энергоэффективных источников облучения: ламп накаливания и люминесцентных ламп.
3. Также форма источников облучения делает не возможным равномерное облучение хлореллы по всему объему культиватора.
4. К недостаткам можно отнести форму резервуаров для культивирования. Форма прямоугольного параллелепипеда создает большие потери излучения в углах резервуаров.
5. Отсутствие возможности регулировать спектральный состав излучателей для быстрого роста хлореллы.

Усовершенствованный фотобиореактор должен максимально автоматизировать процесс выращивания микроводорослей и устранить большую часть недостатков применяемых на сегодня культиваторов. Скорость получения и качество готового продукта должны выйти на новый уровень, в то же время, сократятся затраты на электроэнергию и работу обслуживающего персонала [26].

4.1.3 Представление SWOT-анализа.

4.1.3.1 Первый этап

Таблица 4.3. Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны разработки установки:</p> <p>С1 – заявленная экономичность и энергоэффективность технологии;</p> <p>С2 – полная автоматизация;</p> <p>С3 – экологичность;</p> <p>С4 – специально подобранный спектр освещения для быстрого роста хлореллы</p>	<p>Слабые стороны разработки установки:</p> <p>Сл1 – высокая цена в отличие от некоторых конкурентов;</p> <p>Сл2 – сложность в разработке установки.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1 – привлечение специалистов разного профиля для разработки установки;</p> <p>В2 – отказ от антибиотиков сельских хозяйств, использующих данную установку, следовательно, экономия бюджета.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1 – отсутствие финансирования проекта;</p> <p>У2 – отсутствие тенденции развития данной установки;</p> <p>У3 – нехватка специалистов для разработки данного фотобиореактора.</p>		

4.1.3.2 Второй этап

Второй этап - интерактивная матрица проекта (таблицы 4.4, 4.5, 4.6, 4.7). Выявление соответствия сильных и слабых сторон разработки внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 4.4. Интерактивная матрица «сильные стороны и возможности»

	Сильные стороны				
Возможности		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	+
	В2	+	+	-	+

Таблица 4.5. Интерактивная матрица «слабые стороны и возможности»

	Слабые стороны		
Возможности		Сл1	Сл2
	В1	+	+
	В2	+	-

Таблица 4.6. Интерактивная матрица «сильные стороны и угрозы»

	Сильные стороны				
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	-	-
	У2	+	+	+	+
	У3	+	+	+	+

Таблица 4.7. Интерактивная матрица «слабые стороны и угрозы»

	Слабые стороны		
Угрозы		Сл1	Сл2
	У1	-	+
	У2	+	+
	У3	-	+

4.1.3.3 Третий этап

Третий этап – итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 8).

Таблица 4.8. SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны разработки установки:</p> <p>С1 – заявленная экономичность и энергоэффективность технологии;</p> <p>С2 – полная автоматизация;</p> <p>С3 – экологичность;</p> <p>С4 – специально подобранный спектр освещения для быстрого роста хлореллы.</p>	<p>Слабые стороны разработки установки:</p> <p>Сл1 – высокая цена в отличие от некоторых конкурентов;</p> <p>Сл2 – сложность в разработке установки.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1 – привлечение специалистов разного профиля для разработки установки;</p> <p>В2 – отказ от антибиотиков сельских хозяйств, использующих данную установку, следовательно, экономия бюджета.</p>	<p>При привлечении специалистов разного профиля к работе над установкой можно проработать разносторонние аспекты фотобиореатора: инженеры-светотехники занимаются подбором наиболее эффективного для роста хлореллы спектра; инженеры – электрики занимаются разработкой автоматизации системы. За счет использования автоматизации системы и светодиодных источников света сократятся затраты на электроэнергию. Использование хлореллы в корм животным позволяет отказаться от применения антибиотиков чаще одного раза в год.</p>	<p>За счет того, что в данной установке больше новшеств и датчиков контроля показателей, установка может стоить дороже некоторых установок конкурентов. Но за счет энергосбережения фотобиореактор в скором времени окупает себя. При возникшей нехватки специалистов для разработки проекта, привлекались студенты с других институтов и кафедр.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1 – отсутствие финансирования проекта;</p> <p>У2 – отсутствие тенденции развития данной установки;</p> <p>У3 – нехватка специалистов для разработки фотобиореактора.</p>	<p>При отсутствии финансирования данного проекта есть возможность покупать детали за свой счет или принимать стороннюю помощь в получении деталей для установки. Сравнивая установку с конкурентными, учитывая все ее новшества, развитие установка получит довольно быстрое.</p>	<p>При разработке фотобиореактора все еще возникает нужда в сторонних специалистах разных профилей и направлений, из – за этого возникает сложность в разработке установки и сроках окончания готового фотобиореактора.</p>

4.2 Инициация проекта.

В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9. Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ООО «Межениновская птицефабрика»	Готовый энергоэффективный фотобиореактор с заявленными улучшенными характеристика в отличие от конкурентов. Повышенная производительность суспензии хлореллы за счет правильно подобранного спектра освещения и разработанных осветительных установок.
Свиноводческий комплекс ЗАО "Сибирская Аграрная Группа"	
Птицефабрика «Томская» ЗАО "Сибирская Аграрная Группа"	
ООО «Деревенское молочко», г. Северск	
Научная группа, руководитель	
Университет	Доход от реализации готовой установки в связи с финансированием проекта.

В таблице 4.10 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.10. Цели и результат проекта

Цели проекта:	Создание энергоэффективного, автоматизированного фотобиореактора нового поколения со светодиодными источниками света оптимального спектра излучения для уменьшения времени выращивания хлореллы в искусственных условиях.
----------------------	---

Ожидаемые результаты проекта:	Готовый энергоэффективный фотобиореактор с заявленными улучшенными характеристика в отличие от конкурентов. Повышенная производительность суспензии хлореллы за счет правильно подобранного спектра освещения и разработанных осветительных установок.
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие всем техническим характеристикам. Проект, выполненный в срок. Соответствие всем правилам безопасности.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Представление готовой установки к осени 2016г.;
	Соответствие заявленным улучшенным характеристикам;
	Электробезопасность установки; предоставление инструкции для пользователя.

Организационная структура проекта представлена в таблице 4.11.

Таблица 4.11. Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, мес.
1	Алексеев М.А., аспирант ТПУ.	Инженеры-конструкторы	Разработка системы автоматизации; электрическая часть.	17
2	Коршунов К.О., аспирант ТПУ.			17
3	Малахов А.С., аспирант ТПУ.	Маркетолог	Переговоры с заказчиком по установке фотобиореактора и проведению экспериментов над животными.	15
4	Иванова С.С., магистр ТПУ.	Руководитель проекта	Распределение обязанностей между участниками проекта; назначение сроков выполнения; помощь в экспериментировании и выполнении отчетов по экспериментам.	18
5	Арьянова Э.Д., магистр ТПУ	Инженеры-светотехники	Подбор наиболее благоприятного спектра облучения для быстрого роста хлореллы.	19
6	Трофимчук О.А., магистр ТПУ.			18
7	Шевченко И.Г., магистр ТПУ.			19
ИТОГО:				123

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке № 4.1 представлена ИСР по проекту фотобиореактора.

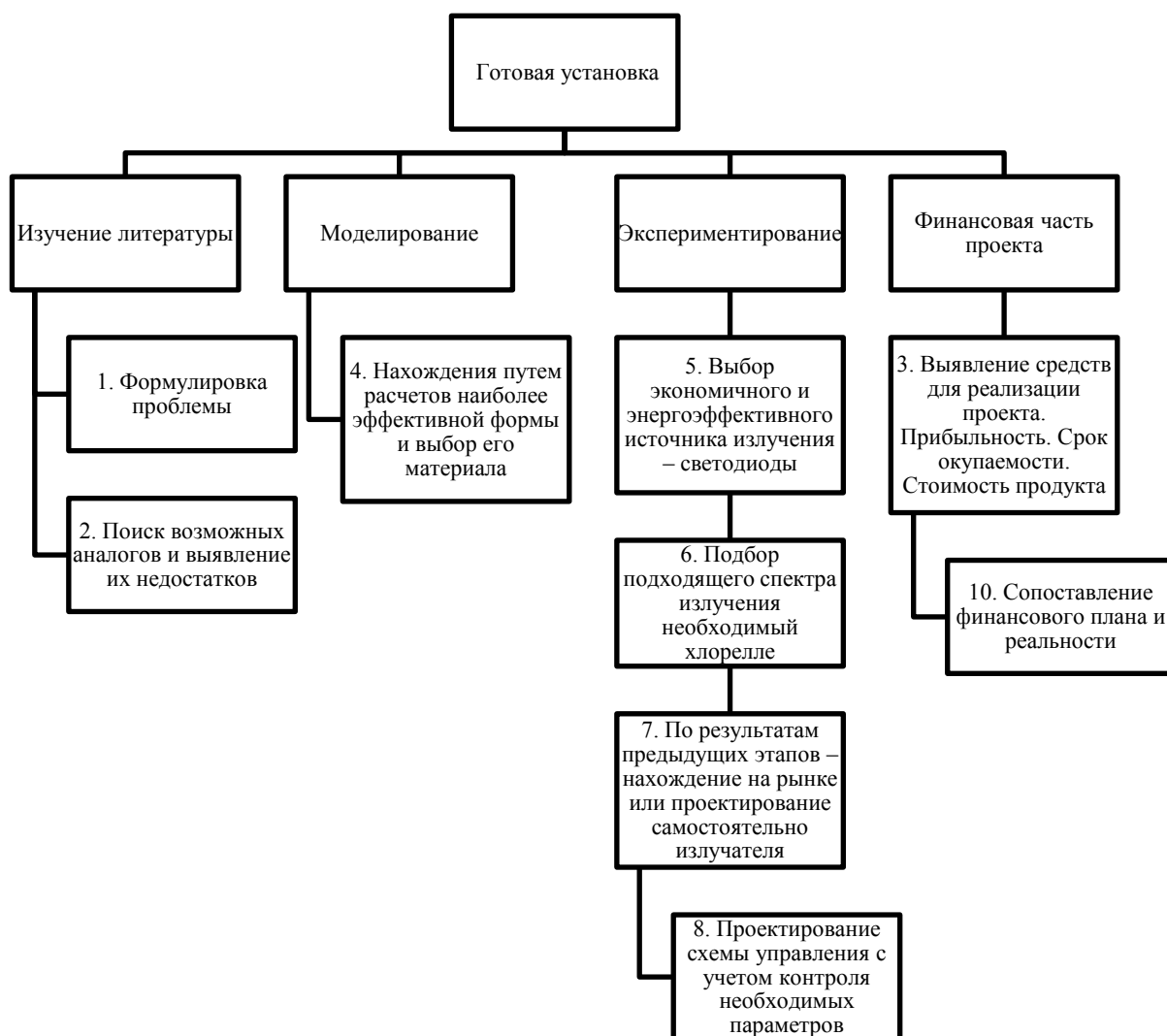


Рисунок 4.1. ИСР по проекту установки

4.3.2 План проекта

Таблица 4.12. Календарный план проекта

№	Название	Длительность, мес.	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Формулировка проблемы	2	7.09.14г.	27.10.14г.	Арьянова Э.Д., Шевченко И.Г., Трофимчук О.А.
2	Поиск возможных аналогов и выявления их недостатков				
3	Выявление средств для реализации проекта. Прибыльность. Срок окупаемости. Стоимость продукта	3	30.10.14г.	31.01.15г.	Малахов А.С., Трофимчук О.А., Иванова С.С.
4	Нахождения путем расчетов наиболее эффективной формы и выбор его материала	2	2.01.15г.	1.03.15г.	Арьянова Э.Д., Иванова С.С.
5	Выбор экономичного и энергоэффективного источника излучения – светодиоды	1	2.01.15г.	1.02.15г.	Шевченко И.Г., Иванова С.С., Арьянова Э.Д., Трофимчук О.А.
6	Подбор подходящего спектра излучения необходимый хлорелле	3	2.03.15г.	1.05.15г.	Шевченко И.Г., Иванова С.С., Арьянова Э.Д., Трофимчук О.А.
7	По результатам предыдущих этапов – нахождение на рынке или проектирование самостоятельно излучателя	2	2.04.15г.	25.06.15г.	Малахов А.С., Алексеев М.А., Коршунов К.О.
8	Проектирование схемы управления с учетом контроля необходимых параметров	2	3.09.15г.	1.11.15г.	Алексеев М.А., Коршунов К.О.
9	Создание автоматизированного сборника	6	3.09.15г.	28.02.16г.	Алексеев М.А., Коршунов К.О.
10	Сопоставление финансового плана и реальности	1	1.03.16г.	31.03.16г.	Трофимчук О.А., Малахов А.С.
11	Программирование БУ с учетом спроектированной схемы	2	1.04.16г.	31.05.16г.	Алексеев М.А., Коршунов К.О.

12	Опытная эксплуатация установки и устранение выявленных неполадок	1	1.06.16г.	27.06.16г.	Вся научная группа
Итого:		25	7.09.14г.	27.06.16г.	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы 4.13 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. Работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.13. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ															
				февр.		март			апрель			май			июнь				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1	Составление технического задания	Руководитель	9	2	3														
2	Поиск возможных аналогов и выявления их недостатков	Арьянова Э.Д., Шевченко И.Г., Трофимчук О.А.	20	2	3														
3	Поиск средств для реализации проекта. Прибыльность. Срок окупаемости. Стоимость продукта	Малахов А.С., Трофимчук О.А., Иванова С.С.	18																
4	Поиск наиболее эффективной формы и выбора его материала	Арьянова Э.Д., Иванова С.С.	7																

4.3.3 Бюджет научного исследования

Для реализации проекта потребуются инвестиционные вложения порядка 2 500 000 рублей и будут направлены на приобретение необходимых материально-технических и человеческих ресурсов для создания прототипа установки фотобиореактора. Сюда относится: приобретение необходимого готового оборудования, комплектующих, расходных материалов, химических реактивов питательной среды и маточной культуры хлореллы. Также в инвестиционные расходы включена консультация и оплата труда, как сторонних специалистов, так и участников проекта.

Данный этап включает в себя описание необходимых для реализации проекта средств, расходную часть, а также оценку экономической эффективности проекта, доступную на данный момент реализации.

В таблице 4.14 представлены инвестиционные расходы, включающие в себя все необходимые материальные и технические ресурсы для создания прототипа установки фотобиореактора.

Таблица 4.14. Инвестиционные расходы

Наименование	Количество	Цена	Стоимость, руб.
Резервуар	1 шт.	17 500 руб.	17 500
Датчик CO ₂	1 шт.	8 000 руб.	8 000
Датчик PH	1 шт.	2 000 руб.	2 000
Термостат	1 шт.	700 руб.	700
Датчик освещенности	2 шт.	750 руб.	1 500
Перепускной клапан	1 шт.	700 руб.	700
Кран с сервоприводом	2 шт.	4 000 руб.	8 000
Аэратор	1 шт.	3 500 руб.	3 500
Баллон	1 шт.	3 000 руб.	3 000
Клапан впуска	1 шт.	550 руб.	550

Тэн	1 шт.	500 руб.	500
Твердотельное реле	2 шт.	1 000 руб.	2 000
Блок питания	1 шт.	1 000 руб.	1 000
Облучатель	1 шт.	15 000 руб.	15 000
Питательная среда	150 л.	30 руб./л.	4 500
Маточная культура микроводоросли	-	1 000 руб.	1 000
Итого			69 450

Инвестиционные вложения в проект составляют 69 450 рублей и направлены на приобретение необходимых составляющих для создания опытного образца. Также в инвестиционные расходы включена питательная среда, необходимая для прироста хлореллы, и маточная культура хлореллы, помещающаяся в питательную среду.

Расходы на фонд оплаты труда (ФОТ) за 10 месяцев работы, представлены в таблице 4.15, составляют 1 487 402,7 руб. в месяц при среднесписочной численности персонала 9 человек.

Таблица 4.15. ФОТ

Наименование	З/п, руб.	Численность, чел.	ФОТ, руб.	Всего за 10 мес.
Руководитель проекта	29 744,67	1	29 744,67	297 446,7
Инженеры-светотехники	14 874,45	3	44 623,35	446 233,5
Инженеры-конструкторы	14 874,45	2	29 748,9	297 489
Ит-специалист	14 874,45	1	14 874,45	148 744,5
Маркетолог	14 874,45	1	14 874,45	148 744,5
Бухгалтер	14 874,45	1	14 874,45	148 744,5
Итого		9	148740,27	1487402,7

Текущие расходы проекта в месяц представлены в таблице 4.16 .

Таблица 4.16. Текущие расходы

Наименование	Вид затрат	Стоимость, руб. за 10 мес.
Закупка питательной среды	Сырье и материалы	5 000
Затраты на электричество	Эксплуатационные затраты	6890
Закупка баллона CO ₂	Сырье и материалы	2500
Банковские расходы	Эксплуатационные затраты	1500
Итого		15 890

Смета проекта

№	Наименование статьи расходов	Стоимость, руб.
1	Инвестиционные расходы	69 450
2	Расходы на фонд оплаты труда	1 487 402,7
3	Текущие расходы проекта	15 890
Итого:		1 572 742,7

Значительную часть расходов планируется покрыть при финансовой поддержке РФФИ. В этом году были поданы 2 заявки на конкурс инициативных научных проектов, выполняемых молодыми учеными (Мой первый грант) на сумму каждой заявки 900 тыс.руб. на 2 года и одна заявка на конкурс проектов фундаментальных научных исследований, выполняемых молодыми учеными (Эврика! Идея) на сумму 700 тыс.руб на 1 год.

На данный момент вкладываемые средства в проект идут из собственных средств участников и частично от софинансирования гранта РФФИ № 15-08-06682А, который закончился 31.12.2015 г.

На сегодняшний день мы имеем помещение, в котором будут проводиться опыты. Есть доступ к необходимому специализированному оборудованию для проведения исследований в данной области, такие как спектрофотометр, фотометрический шар, люксметр и др. Уже собран

испытательный макет, было проведено несколько базовых опытов, доказывающих правильность направления работы. Участники проекта имеют высшее образование по направлениям светотехники, электроники, энергетики и электроснабжения, что позволит подойти к выполнению проекта с разных сторон и свести к минимуму участие сторонних специалистов. Также имеем налаженные связи с другими лабораториями, институтами и предприятиями, консультации и помощь которых может потребоваться, например ТПУ, ТГУ, ЗАО «Физтех-Энерго» и др.

Список публикаций студента

1. Алексеев М. А. , Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Карпова О. С. , Коршунов К. О. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. Фотобиореактор для культивирования хлореллы // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. - 2015 - №. 3. - С. 221-223
2. Алексеев М. А. , Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Коршунов К. О. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. Разработка энергоэффективного фотобиореактора для выращивания хлореллы // От проектного инжиниринга к строительному : материалы секции студентов и школьников VI научно-технической конференции молодых специалистов, Омск, 7 Ноября 2015. - Омск: Омскбланкиздат, 2015 - С. 12-14
3. Алексеев М. А. , Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Карпова О. С. , Коршунов К. О. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. Исследование условий культивирования хлореллы с использованием светодиодных облучателей // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Саранск, 28-29 Мая 2015. - Саранск: Афанасьев В.С., 2015 - С. 255-260
4. Алексеев М. А. , Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Карпова О. С. , Коршунов К. О. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. Установка для культивирования микроводоросли хлореллы [Электронный ресурс] // Ресурсоэффективным технологиям - энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, Томск, 22-24 Апреля 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 377-381 - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C08/C08.pdf>
5. Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Карпова О. С. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. , Алексеев М. А. , Коршунов К. О. Культиватор для выращивания хлореллы в искусственных условиях // Архитекторы будущего: сборник научных трудов Всероссийской научной школы по

инженерному изобретательству, проектированию и разработке инноваций,
Томск, 28-30 Ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 18-23