

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки - 54.03.01 Дизайн  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>КОРПУС ДОМАШНЕГО ФОТОБИОРЕАКТОРА</b>

УДК 658.512.23:631.53.031-21:582.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Д51	Викулова Мария Алексеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Вехтер Евгения Викторовна	К. П. Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Хмелевский Юрий Петрович			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	К. Х. Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Кизеев Вениамин Михайлович			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Вехтер Евгения Викторовна	К. П. Н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	К. Т. Н.		

## Планируемые результаты обучения по направлению

### 54.03.01 Дизайн

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Применять глубокие социальные, гуманитарные и экономические знания в комплексной дизайнерской деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-5, ПК-2, ПК-6, УК-1)
P2	Анализировать и определять требования к дизайн-проекту, составлять спецификацию требований и синтезировать набор возможных решений и подходов к выполнению дизайн-проекта; научно обосновать свои предложения, осуществлять основные экономические расчеты проекта	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») (ОК-2, ОК-3, ОК-5, ОК-7, ОК-10, ОПК- 1, ОПК-4, ОПК-7, ПК-2; ПК-4, ПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-9, ПК-12, УК-1, УК-2, УК-4)
P3	Использовать основы и принципы академической живописи, скульпторы, цветоведения, современную шрифтовую культуру и приемы работы в макетировании и моделировании в практике составления композиции для проектирования любого объекта	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») (ОК-7, ОК-10, ОК-11, ОПК- 1, ОПК- 2, ОПК- 3, ОПК-4, ПК-1, ПК-2; ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-7, УК-1, УК-2, УК-6)
P4	Разрабатывать проектную идею, основанную на концептуальном, творческом и технологичном подходе к решению дизайнерской задачи, используя различные приемы гармонизации форм, структур, комплексов и систем и оформлять необходимую проектную документацию в соответствии с нормативными документами и с применением пакетов прикладных программ.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») (ОК-7, ОК-10, ОПК- 2, ОПК- 3, ОПК- 6, ОПК-7, ПК-1, ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, УК-1, УК-2, УК-6, УК-8)
P5	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде, активно владеть иностранным	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и

	языком на уровне, работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной профессиональной деятельности.	эргономика») (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ПК-2; ПК-9, ПК-10, УК-3, УК-4, УК-5, УК-6, УК-7, УК-8)
Р6	Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности в комплексной дизайнерской деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-9, ОК-11, ПК-9, ПК-11, ПК-12, УК-3, УК-4, УК-5)
Р7	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») (ОПК-4, ОПК-6, ОПК-7, ПК-6, ПК-10, УК-1)
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») (ОК-3, ОК-6, ОК-7, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ПК-2; ПК-4, ПК-11, ПК-12, УК-7, УК-8)
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы; готовность следовать профессиональной этике и корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, требования профессиональных стандартов (40.059 «Промышленный дизайн и эргономика») (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ПК-11, ПК-12, УК-3, УК-4, УК-5, УК-7, УК-8)

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки - 54.03.01 Дизайн  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Вехтер Е.В.  
 (Подпись)                      (Дата)                      Ф.И.О.

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8Д51	Викуловой Марии Алексеевне

Тема работы:

Корпус домашнего фотобиореактора
----------------------------------

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

Срок сдачи выполненной работы	
-------------------------------	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

**Исходные данные к работе** (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.).

**Объект исследования:** Корпус бытового фотобиореактора  
**Основание для разработки:** Необходимо разработать дизайн корпуса фотобиореактора, предназначенного для выращивания микроводорослей в домашних условиях  
**Функциональные особенности:** Обеспечивает благоприятные условия для роста микроводорослей  
**Цель разработки:** Разработка дизайна корпуса устройства для выращивания микроводорослей в домашних условиях

	<p><b>Требования к технической эстетики:</b> Наличие современного дизайна</p> <p><b>Требования к функционированию:</b> Необходимо разместить в корпусе требуемые внутренние комплектующие (нагревательный элемент, компрессор, плату, два драйвера, светодиоды), которые предназначены для обеспечения благоприятной среды для роста микроводорослей</p> <p><b>Требования к надежности:</b> Устройство должно функционировать, используемые материалы способы крепления должны соответствовать требованиям экологического подхода проектирования</p> <p><b>Требования к эргономике:</b> Все элементы корпуса должны соответствовать эргономическим требованиям и обеспечивать безопасную и комфортную работу пользователя с устройством</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><b>Аналитический обзор по литературным источникам:</b> Поиск аналогов устройства, используемых для выращивания микроводорослей. Поиск и анализ аналогов бытовых приборов</p> <p><b>Основная задача проектирования:</b> Разработка дизайна корпуса бытового фотобиореактора</p> <p><b>Содержание процедуры проектирования:</b> Анализ аналогов, эскизирование, работа с конструктивом устройства, разработка вариантов дизай-решений (форма, цветовое решение), 3D-моделирование, прототипирование, графическая подача проекта.</p> <p><b>Практический результат выполненной работы:</b> 3D-модель устройства, прототип, демонстрационный видеоролик</p> <p><b>Теоретические результаты выполненной работы по основному разделу:</b> анализ проблемы проектирования (общий обзор состояния вопроса, история развития проектного объекта, методы и средства проектирования, анализ проектной ситуации); разработка концепта (анализ вариантов проектируемого объекта, цветовое решение, композиционное и объёмно-планировочное решение, описание графической части ВКР и прототипа); технические и функциональные особенности разработки объекта (эргономика, экология, общие параметры</p>

	изготовления будущего продукта и влияние технологии производства на дизайн объекта); финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность <b>Заключение должно содержать:</b> анализ результатов теоретической и практической работы; рекомендации по практическому использованию разработки; обобщение приведённых в работе данных; обоснование решенной проектной задачи; перспективы разработанного концепта.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Графический сценарий, эскизы вариантов проектируемого объекта, графический эргономический анализ, конструкторская документация, два демонстрационных планшета формата А0.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Дизайн-разработка объекта проектирования	Хмелевский Юрий Петрович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Кизеев Вениамин Михайлович
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Вехтер Евгения Викторовна	к.п.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Д51	Викулова Мария Алексеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Д51	Викуловой Марии Алексеевне

<b>Школа</b>	ИШИТР	<b>Направление</b>	54.03.01 Дизайн
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат		

<b>Перечень вопросов, подлежащих разработке:</b>	
<i>Проблема конечного потребителя, которую решает продукт, который создается в результате выполнения НИОКР (функциональное назначение, основные потребительские качества)</i>	Фотобиореактор является кухонным бытовым прибором, который позволит пользователю самостоятельно выращивать микроводоросли в домашних условиях, что поможет решить проблему дефицита питательных веществ в организме человека
<i>Способы защиты интеллектуальной собственности</i>	Патент на полезную модель и на промышленный образец
<i>Объем и емкость рынка</i>	Микроводоросли являются конкурентоспособным продуктом на рынке микроводорослей, продуктов правильного питания, БАДов и суперфудов. В настоящее время, все вышеприведенные направления стремительно развиваются, а объем рынков растет с каждым годом.
<i>Современное состояние и перспективы отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт</i>	Страны Европы и Азии активно используют микроводоросли в качестве пищевой добавки. В России технология выращивания микроводорослей развита слабо, однако можно отметить, что в настоящее время в России расширяется ассортимент продукции из микроводорослей, нарабатываются производственная и научно-исследовательская базы, разрабатываются новые технологии и совершенствуется оборудование
<i>Себестоимость продукта</i>	18000
<i>Конкурентные преимущества создаваемого продукта</i>	Модульность устройства позволяет выращивать два вида микроводорослей одновременно. Наличие панели управления позволяет автономно настраивать все параметры, что позволяет выращивать любые виды микроводорослей. Корпус

	устройства спроектирован с учетом экологического подхода.
<i>Сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами</i>	Был проведен сравнительный анализ проектируемого устройства с зарубежными стартап-проектами по следующим критериям: габаритные размеры, производительность, количество режимов, наличие индикатора готовности и стоимость
<i>Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта</i>	Люди, поддерживающие здоровый образ жизни; Люди, проводящие профилактику заболеваний; Люди, кто придерживается определенного направления в культуре питания - вегетарианцы, веганы и т.п.; Люди, соблюдающие диету или особый тип питания – например, аюрведическое питание, для диабетиков; Люди, кто пытается улучшить обмен веществ (для похудения);
<i>Бизнес-модель проекта</i>	Была составлена бизнес-модель проекта, в которой рассматривались 9 основных элементов бизнеса.
<i>План продаж</i>	Был разработан план по продвижению продукта на рынок. План включает в себя 3 основных этапа: информирование о продукте, реклама продукта и устройства, продажа в точках сбыта.
<b>Перечень графического материала:</b>	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы(например, бизнес-модель)</i>	Таблица сравнения устройства с конкурентами. Бизнес-модель Остервальдера
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

Задание выдал консультант по разделу «Концепция стартап-проекта» (со-руководитель ВКР):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий эксперт ШИП	Кизеев Вениамин Михайлович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Д51	Викулова Мария Алексеевна		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Д51	Викуловой Марии Алексеевне

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Дизайн

Тема ВКР:

<b>Корпус домашнего фотобиореактора</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является корпус фотобиореактор для выращивания микроводорослей в домашних условиях. Корпус устройства изготавливается из цветного пластика методом вакуумной формовки в матрицу, а емкости для выращивания – из прозрачного акрилового стекла
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>СанПиН 2.2.2 2.4.1340-03 "Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы" ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» СП 52.13330.2016 <i>Естественное и искусственное освещение</i>. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата</li> <li>– Превышение уровня шума</li> </ul>

воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отсутствие или недостаток естественного или искусственного света</li> <li>– Пониженная световая и цветовая контрастность</li> <li>– Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека</li> <li>– Повышенный уровень локальной вибрации</li> <li>– Нервно-психические перегрузки</li> <li>– Умственное перенапряжение</li> <li>– Длительное сосредоточенное наблюдение</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– Угроза воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу из-за длительности разложения выбранных материалов
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– Пожар

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Д51	Викулова Мария Алексеевна		

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (специальность) - 54.03.01 Дизайн  
 Уровень образования - бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения - осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года  
 Форма представления работы:

Бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
Октябрь	Утверждение плана-графика, формулировка и уточнение темы. Работа над ВКР – анализ аналогов	10
Ноябрь	Работа над ВКР – Формулировка проблемы в выбранной сфере дизайна. На основе выбранного материала – статья	20
Декабрь	Работа над ВКР – сдача первого раздела ВКР, эскизы	40
Февраль	Работа над ВКР – Формообразование (объект), 2 часть.	50
Март	Работа над ВКР – 3D-модель, 3 часть, презентационная часть	60
Апрель	Работа над ВКР – Макетирование	70
Май	Работа над ВКР – Итоговая работа по текстовому материалу, чертежи, БЖД, экономика	85
Июнь	Сдача готовой текстовой и графической части ВКР	100

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Вехтер Евгения Викторовна	к.п.н		

**Консультант**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Хмелевский Юрий Петрович			

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Вехтер Евгения Викторовна	к.п.н		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа: 138 с., 52 рисунка, 6 таблиц, 83 источников, 15 приложений.

Ключевые слова: бытовой прибор, микроводоросли, устройство, проектирование, эргономика, фотобиореактор.

Объектом исследования является корпус бытового фотобиореактора для выращивания микроводорослей.

Цель работы – создание дизайна корпуса фотобиореактора для выращивания микроводорослей в домашних условиях.

В процессе исследования проводились теоретические исследования, разработка концепта и вариантов корпуса прибора, трехмерное моделирование и прототипирование.

В результате исследования был разработан дизайн-проект корпуса бытового фотобиореактора.

Основные конструктивные, технологические и техникоэксплуатационные характеристики: конструкция предполагает сборку из деталей, рассмотрены и выбраны доступные материалы и технологии изготовления.

Область применения: проектируемый объект предназначен для бытового использования в кухонной зоне.

Экономическая эффективность/значимость работы: проектируемый объект экономически выгоден для серийного производства и использования.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	17
1 Научно-исследовательская часть .....	19
1.1 Проблема питания 21 века .....	19
1.2 Области применения микроводорослей.....	20
1.3 Технология культивирования микроводорослей .....	24
1.4 Обзор аналогов .....	26
1.4.1 Обзор бытовых фотобиореакторов .....	26
1.4.2 Обзор промышленных фотобиореакторов .....	28
1.4.3 Обзор бытовых приборов .....	30
1.5 Обзор материалов, используемых для изготовления промышленных фотобиореакторов и бытовых приборов .....	32
2. Проектно-художественная часть .....	35
2.1 Методы проектирования .....	35
2.2 Техническое задание .....	37
2.3 Поиск художественного образа .....	37
2.4 Эскизирование .....	36
2.5 Художественно-образное решение итогового варианта корпуса фотобиореактора и его анализ .....	43
2.6 Функциональная целесообразность, рациональное конструктивное решение .....	45
2.6.1 Конструктивное решение блока с внутренними комплектующими .....	45
2.6.2 Конструктивное решение емкостей и крышки .....	47
2.6.3 Конструктивное решение корпуса прибора .....	50
2.6.4 Эргономический анализ фотобиореактора .....	52
2.6.5 Итоговый вариант корпуса .....	59
2.7 Используемые материалы и технология изготовления .....	60
2.8 Крепежные элементы .....	63

2.9 Колористическое решение .....	65
3. Разработка художественно-конструкторского решения .....	68
3.1 Конструкторская документация и 3d-моделирование .....	68
3.2 Прототипирование .....	69
3.3 Разработка фирменного стиля и создание планшета .....	70
3.3.1 Цветовое решение .....	70
3.3.2 Выбор шрифтов .....	72
3.3.3 Разработка логотипа .....	73
3.3.4 Разработка презентационного материала .....	74
3.4 Создание проморолика .....	76
4. Концепция стартап-проекта .....	78
4.1 Описание продукта .....	78
4.2 Целевые сегменты потребителей .....	79
4.3 Объём и емкость рынка. Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли .....	80
4.4 Планируемая стоимость продукта .....	83
4.5 Конкурентные преимущества .....	84
4.6 Интеллектуальная собственность .....	85
4.7 Бизнес модель проекта. Производственный план и план продаж .....	85
4.8 Стратегия продвижения продукта на рынок .....	86
5. Социальная ответственность .....	88
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ....	89
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства ....	89
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	91
5.2 Производственная безопасность .....	93
5.2.1 Анализ вредных факторов, возникающих при разработке и эксплуатации фотобиореактора .....	94

5.2.2	Обоснование мероприятий по защите работника от действия опасных и вредных факторов .....	98
5.3	Экологическая безопасность .....	98
5.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .	98
5.3.2	Анализ «жизненного цикла» объекта исследования .....	100
5.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	101
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	102
5.4.1	Анализ чрезвычайных ЧС, которые могут возникнуть в процессе разработки, производстве и эксплуатации устройства .....	102
5.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	103
5.5	Выводы .....	104
	Заключение .....	105
	Приложение А Техническое задание .....	107
	Приложение Б Внутренние комплектующие .....	109
	Приложение В Результаты экспертной оценки .....	112
	Приложение Г Антропометрические параметры руки .....	114
	Приложение Д Графический анализ ручки .....	115
	Приложение Е Тестирование ручек .....	116
	Приложение Ж Графический анализ панели управления .....	118
	Приложение К Работа с поверхностями .....	119
	Приложение Л Цветовое решение фотобиореактора .....	120
	Приложение М Конструкторская документация .....	121
	Приложение Н Оформление слайдов презентации .....	135
	Приложение П Стоимость комплектующих .....	136
	Приложение Р Бизнес модель Остервальдера .....	139
	Приложение С Список опасных и вредных факторов .....	141
	Приложение Т Мероприятия по защите от опасных и вредных факторов .	143
	Список литературы .....	146

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема питания населения является одной из наиболее серьезных. В результате незнания принципов рационального питания, экологических проблем и современных технологий производства продуктов питания, организм человека страдает от дефицита необходимых питательных веществ, витаминов и минералов. Одним из новых решений данной проблемы является внедрение в рацион микроводорослей, как пищевой добавки. Для выращивания микроводорослей применяются специальные устройства – фотобиореакторы, которые обеспечивают благоприятную среду для развития различных штаммов микроводорослей.

**Объектом** исследования является фотобиореактор для выращивания микроводорослей в домашних условиях. **Предмет** исследования – формирование эргономических требований к устройствам бытового назначения.

В качестве методов исследования использовались методы дизайн-проектирования: библиографический обзор, аналоговое проектирование, сценарное проектирование, эргономический анализ, тестирование юзабилити. Кроме этого, для оценки результатов проектирования применялся метод экспертных оценок «Дельфи».

Цель выпускной квалификационной работы заключается в разработке дизайна корпуса фотобиореактора для выращивания микроводорослей в домашних условиях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучение технологий выращивания микроводорослей;
- Изучение существующих аналогов;
- Разработка конструктивного и художественного решения;
- Поиск уникальной формы с помощью эскизирования;
- Эргономический анализ устройства;



- 3D-моделирование;
- Выбор материалов и технологий изготовления устройства;
- Создание прототипа устройства;
- Разработка графического оформления проекта;
- Разработка конструкторской документации;
- Создание презентационного видеоролика;
- Анализ финансовой оценки проекта;
- Оценка безопасности проекта.

## **1 Научно-исследовательская часть**

### **1.1 Проблема питания 21 века**

В настоящее время проблема питания населения является одной из крупнейших. Дефицит питательных веществ является причиной развития многих заболеваний, таких как гастрит, сахарный диабет, почечная недостаточность, сердечно-сосудистые заболевания и так далее [1].

Однако, даже при соблюдении рационального питания, которое способствует сохранению здоровья человека и обеспечивает устойчивую работу органов и всех систем, в современной жизни невозможно обеспечить человека необходимым количеством питательных веществ. В первую очередь это связано с экологическими проблемами. В настоящее время наблюдается повсеместное обеднение почв азотом и другими минералами, что является причиной снижения их содержания в растениях, которые потребляет человек [2]. Во многих странах были зафиксированы регионы с низким содержанием минералов в животных и растительных продуктах, а также в воде.

Вышеуказанные факты подтверждаются состоянием питания в большинстве регионов России. В результате исследования было установлено, что во все сезоны и у всех возрастных групп наблюдается дефицит витаминов и минералов. У (70-90) % был выявлен дефицит витамина С, у (50-55) % недостаток витаминов А, Е и бета-каротина, примерно у 30 % дефицит витаминов группы В и фолиевой кислоты [3]. Также в результате сокращения потребления мясных, молочных, рыбных продуктов, а также свежих фруктов и овощей появляются признаки белково-энергетической недостаточности, а также дефицит кальция, железа, магния, цинка, хрома, меди, селена, йода, витаминов группы F и P.

Опасным последствием технического прогресса является загрязнение окружающей среды. Токсичные вещества скапливаются в почвах, воде, растениях и воздухе, а в итоге – в организме человека. В результате чего

происходит вытеснение из организма полезных веществ и нарушение жизненно важных функций.

Следующей причиной являются современные технологии производства. В настоящее время производители стремятся увеличить объемы изготавливаемой продукции, а также увеличить сроки хранения. Для достижения этих целей они прибегают к консервации, рафинированию, пастеризации, эмульгированию, в результате чего происходит потеря витаминов, минералов и других биологически ценных веществ на всех этапах производства [4].

Последней причиной является незнание населения о принципах рационального питания. В первую очередь сюда относится нарушение режима и структуры питания. Другими словами это отсутствие полноценного завтрака или обеда, перекусы на «ходу», обильный ужин. Также сюда можно отнести высокотемпературный режим приготовления блюд. Высокотемпературная обработка приводит к потере микроэлементов и витаминов в готовом блюде [5].

Недостаток питательных веществ, витаминов и минералов можно восполнить благодаря рациональному совмещению традиционных продуктов с суперфудами, продуктами с высокой концентрацией полезных веществ. На сегодняшний день самое большое содержание питательных веществ содержится в микроводорослях.

## **1.2 Области применения микроводорослей**

Микроводоросли – это группа фототрофных организмов, представленная многочисленными видами, которые широко распространены в природе в различных средах (озера, реки, моря, почва) [6]. В настоящее время применение микроводорослей возможно во многих отраслях науки и техники. В рамках данной работы рассматривается применение микроводорослей в пищевой и косметической отрасли, в производстве кормов для животных и спортивного питания.

В приведенных областях используются следующие виды микроводорослей:

- *Chlorella Vulgaris* (Хлорелла)
- *Arthrospira platensis* или *Arthrospira maxima* (Спирулина)
- *Dunaliellasalina* (Дуналиелла соленоводная)
- *Haematococcuspluvialis* (Гематоккоккус плувиалис)
- *Botryococcusbraunii* (Ботриоккокк Брауна)

Наиболее широкое распространение в качестве пищевых добавок получили Хлорелла и Спирулина.

Спирулина – сине-зеленая водоросль, которая получает энергию при помощи фотосинтеза, хотя растением не является. Данный вид микроводорослей на 70 % состоит из белка, который на 95 % усваивается организмом. Кроме этого, спирулина содержит витамины группы В, бета-каротин, железо, медь, калий, марганец, магний, йод, цинк, а также 18 из существующих аминокислот [7].

Хлорелла – это одноклеточная водоросль с большим содержанием питательных веществ. В ней содержится витамин А и витамины группы В, аминокислоты, железо, цинк, фосфор, магний. В 100 гр хлореллы содержится 58 гр белка, в то время как в курином филе содержится всего 24 гр [8].

Данные микроводоросли способны очищать организм от тяжелых металлов (свинец, ртуть, уран, кадмий) благодаря зеленому пигменту хлорофиллу. Также микроводоросли оказывают на организм противовоспалительное и восстанавливающее действие, так например, спирулина помогает избавиться от аллергии, а хлорелла способствует заживлению поврежденных тканей [9]. Кроме этого, микроводоросли могут использоваться для профилактики и лечения различных заболеваний. Они способствуют снижению уровня холестерина в организме, укрепляют стенки сосудов, благодаря чему предотвращается возникновение сердечно-сосудистых заболеваний.

Спирулина содержит в себе синий пигмент фикоцианин, который обладает антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами. Поэтому спирулина может использоваться при профилактике и лечении онкологических заболеваний. Хлорелла, в свою очередь, поддерживает работу иммунной системы, в результате чего может использоваться для нейтрализации негативного воздействия химиотерапии или облучения [10].

Таким образом, микроводоросли могут использоваться как добавка к основному дневному рациону для снабжения организма всеми необходимыми питательными веществами, минералами и витаминами. Однако, микроводоросли являются полезной добавкой не только для человеческого организма, но и для животных, птиц и рыб.

Согласно проведенным исследованиям, хлорелла оказывает значительное влияние на сельскохозяйственных животных [11]. Она позволяет восполнить дефицит зеленых кормов, что очень актуально для регионов с неблагоприятным климатом и длительным зимним периодом. Так, применение хлореллы в рационах крупнорогатого скота позволяет увеличить вес молодняка на 25-40 %, сохранить поголовье до 99 %, а количество получаемой молочной продукции возрастает до 25 %, при этом возрастает жирность молока и его вкусовые качества. Кроме этого микроводоросли помогают предотвратить нарушения белково-минерального обмена, поддерживать уровень гемоглобина, белка и щелочного резерва.

Хлорелла используется как пищевая добавка при выращивании бройлеров в качестве дополнительного источника витаминов, углеводов и белков. Кроме необходимых питательных веществ, хлорелла содержит натуральные пигменты, что способствует оздоровлению животных, а также улучшению внешнего вида продукции [12]. Так, желтки в яйцах несушек, которым в рацион добавляли микроводоросли, обладали более яркой окраской.

Доказано, что при применении микроводорослей в кормлении повышается устойчивость животных к различным заболеваниям, связанных,

в первую очередь, с авитаминозом, ускоряется рост и размножение животных, повышается объем и качество получаемой продукции [13]. Микроводоросли подаются животным либо в виде суспензии через поилку, либо в виде гранулированного корма. Загущенная суспензия является эффективным лекарственным средством против диспепсии у животных.

Хлорелла также может использоваться для домашних животных: кошек, собак, птиц, рыб, черепах и так далее. Она применяется для оздоровления домашних питомцев, укрепления организма, повышения иммунитета, профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта и мочекаменной болезни, улучшения пищеварения, нормализации обмена веществ, улучшения состояния кожи и шерсти [14]. В этом случае хлорелла принимается курсом в течение 20 дней, животному дается 10 мл. на 1 кг. веса в сутки.

Микроводоросли могут также использоваться при изготовлении спортивного питания. Для роста мышечной массы необходимо потребление большого количества белка ежедневно. Хлорелла, выращенная в оптимальных условиях, содержит 50 % белка и 30 % углеводов, в то время как рациональное питание предполагает 30 % белка и 50% углеводов. Данное соотношение можно получить при культивировании хлореллы в фотобиореакторах при повышенных температурах или в условиях дефицита азота в среде [15].

Разрушенные клетки микроводорослей, так называемые паста или деструктат, могут применяться в косметике для изготовления масок, а также добавляться в крема или губные помады. Это обусловлено большим содержанием в микроводорослях протеина, комплекса незаменимых аминокислот, а также углеводов, жиров и витаминов. Эти компоненты обеспечивают энергетическую подпитку для кожи и оказывают положительное воздействие на эпидермис [16]. Кроме этого, микроводоросли участвуют в метаболизме коллагена, что оказывает эффективное действие на омоложение кожи.

### 1.3 Технология культивирования микроводорослей

Культивирование микроводорослей зародилось в 19 веке, когда немецкий ученый Фердинанд Кох смог в течение некоторого времени сохранить одноклеточную жгутиковую водоросль *Haematococcus* (Гематококк) [17]. Однако, так как в процессе культивирования не использовалась питательная среда, Коху не удалось выделить гематококк из других организмов. Первым, кто описал чистую среду водорослей, является датский микробиолог Мартин Бейеринк, который начал использовать воду из пробы и среду с желатином.

Наиболее важные исследования 19 века в области культивирования микроводорослей принадлежат Георгу Клебсу. Для выращивания микроводорослей он использовал чашки Петри, однако он так и не смог получить чистую культуру. Зато Клебс стал первым, кто смог выделить микроводоросли на агаре. Согласно его исследованиям, желатин не подходил для культивирования, так как микроводоросли полностью переваривали его, превращая твердый субстрат в жидкость.

Позже, в 1900 году, студенту Клебса, Х. Зумстейну, удалось получить чистую культуру микроводорослей. С помощью капиллярной пипетки он изолировал отдельные клетки, а для устранения загрязняющих бактерий он сделал среду максимально кислой, но не губительной для микроводорослей. Исследования Зумстейна продолжила Шарлотта Тарнец в 1912 году и обнаружила, что при выращивании в темноте зеленые формы микроводорослей становятся бесцветными, при этом снова обретают зеленый окрас на свету, но являются менее жизнеспособными.

Также большой вклад в развитие культивирования микроводорослей внесли Э. Аллен и Э. Нельсон, которые начали выращивать массовые культуры в больших количествах. В связи с этим они столкнулись с проблемой недостатка естественного освещения. Также ими было установлено, что для культивирования микроводорослей необходимо чистая

вода, поэтому они брали воду с Английского канала, кипятили и очищали ее древесным углем и пероксидом водорода.

Дефицит освещения первым решил немецкий физиолог и биохимик Отто Варбург [18]. Он начал применять искусственные источники света, которые состояли из лампы в 300 Вт в стеклянном стакане с холодной водой, служивший экраном, который абсорбировал инфракрасное излучение.

С 1937 по 1953 Л. Провасоли занимался проблемами создания искусственных сред для выращивания микроводорослей. Он провел всесторонние исследования и определил, какие витамины необходимы для большинства микроводорослей. Добавление витаминов и органических экстрактов в среду позволяет увеличивать количество выращиваемых микроводорослей. Также его исследования показывают, почему в среду необходимо первоначально добавлять только железо, а затем – кобальт, марганец, медь, молибден, цинк и так далее.

Все известные штаммы микроводорослей объединил в одну коллекцию Р. Старр. С 1953 по 1976 он собрал примерно 2300 штаммов. Данная коллекция является одним из крупнейших и разнообразных собраний живых микроводорослей на Земле.

Исследования, проведенные в 19-20 века, определили, от чего зависит урожайность микроводорослей [19]:

- Температура;
- Освещенность;
- Питательная среда;
- Подача углекислого газа;
- Наличие кислорода;
- pH среды.

Таким образом, в установке для выращивания микроводорослей штамм должен снабжаться постоянной подачей воздуха, что служит источником углекислого газа, кислорода, а также создает дополнительное перемешивание суспензии. Кроме этого, должно осуществляется постоянное



солнечное или искусственное освещение. Однако, культивировать микроводоросли при солнечном освещении рекомендуется только в летний период, в остальное время следует использовать искусственное освещение из-за сокращения светового дня. При этом интенсивность искусственного освещения должна находиться в диапазоне (20000-30000) люкс [20].

На урожайность микроводорослей влияет также температура. Были проведены исследования, в которых определялась температура, при которой урожайность была бы максимальной [21]. В рамках данного исследования микроводоросли выращивали при температуре 15 °С, 25 °С и 35 °С в течении трех суток. По результатам исследования было установлено, что повышение температуры приводит к увеличению концентрации клеток (при температуре (33-35) °С насчитывалось максимальное количество клеток). Однако, при повышении температуры выше 36 °С концентрация клеток снижается.

При культивировании также необходимо учитывать плотность клеток, так как чем плотность выше, тем мощность подачи углекислого газа должна быть больше.

## **1.4 Обзор аналогов**

### **1.4.1 Обзор бытовых фотобиореакторов**

В рамках данной работы рассматривается проектирование фотобиореактора для выращивания микроводорослей в домашних условиях.

Бытовые фотобиореакторы представлены только в виде стартапов и не выпускаются в серийном производстве. Первым стартапом бытового фотобиореактора является устройство Alg&you, который представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Alg&you

Один блок данного фотобиореактора имеет небольшие габаритные размеры (177x332x235 мм) [22], что приводит к малой ежедневной производительности (примерно 30-50 мл). То есть ежедневно выращивается одна порция микроводорослей. Для семьи из 3 человек необходимо будет устанавливать 3 блока, что увеличит занимаемую площадь и стоимость устройства.

Также к недостаткам данного фотобиореактора можно отнести отсутствие панели управления и наличие одного режима работы, что делает возможным выращивание только одного вида микроводорослей.

Из преимуществ данного устройства можно выделить модульный принцип – возможность добавлять блоки при необходимости.

Следующим проектом бытового фотобиореактора является Spirugrow (рисунок 2).



Рисунок 2 – Spirugrow

Представленный вариант обладает достаточно большими габаритными размерами (430x430x360 мм) при сравнительно низкой

ежедневной производительности (20 мл) [23]. Также для работы устройства необходимы специальные баллоны с углекислым газом и питательными веществами, что является дополнительным расходным материалом. Дизайн устройства не является интуитивно понятным, что может привести к замешательству пользователя или неправильно выполненным действиям.

К преимуществам устройства относится современный лаконичный внешний вид и наличие панели управления, что позволяет независимо включать и выключать подогрев, освещение или подачу углекислого газа.

### **1.4.2 Обзор промышленных фотобиореакторов**

На рисунке 3 представлен Культиватор маточной культуры КМК-150, предназначенный для выращивания микроводорослей в промышленных масштабах. Данный фотобиореактор относится к закрытому типу. Габаритные размеры установки 1500x500x1100 мм, объем, производимой суспензии 50 литров в сутки [24]. Корпус выполнен из стекла и алюминия. В качестве источника освещения – светодиоды.



Рисунок 3 - Культиватор маточной культуры КМК-150

К недостаткам данного устройства можно отнести прямоугольную форму, так как в этом случае не обеспечивается равномерного освещения всего объема.

Следующим примером промышленного фотобиореактора является Культиватор хлореллы КХ-60 (рисунок 4).



Рисунок 4 - Культиватор хлореллы КХ-60

Данный культиватор представляет собой модульную установку с производительностью суспензии микроводорослей 60 литров в сутки [25]. Корпус устройства состоит из одной емкости, двух светильников в стеклянных колпаках и сетчатой крышки.

Зарубежным аналогом промышленного фотобиореактора является немецкий фотобиореактор фирмы AEN Engineering GmbH & Co. KG (рисунок 5).



Рисунок 5 - Немецкий фотобиореактор фирмы AEN Engineering GmbH & Co. KG

В немецком фотобиореакторе микроводоросли выращиваются в стеклянных трубах, что обеспечивает стерильность, так как устройство полностью закрыто. Объем производимой суспензии составляет примерно 100 тонн в год [26].

Все вышеприведенные промышленные аналоги имеют схожие недостатки. Во-первых, отсутствие каких-либо органов управления, что означает невозможность регулирования температуры и насыщения углекислым газом и кислородом. Это приводит к тому, что в культиваторе

может выращиваться ограниченное количество видов микроводорослей, так как различные штаммы требуют различных условий выращивания.

Вторым недостатком является непривлекательный внешний вид. Несмотря на то, что устройства предназначены для промышленного использования, они должны иметь эстетически приятный вид, так как это напрямую связано с физиологическим и психологическим самочувствием человека. Примитивные геометрические формы, так называемые «коробки» создают негативную атмосферу, что приводит к искажению восприятия мира, уменьшению работоспособности, переутомлению, апатии и раздражению [27].

### **1.4.3 Обзор бытовых приборов**

Так как проектируемый прибор предназначается для домашнего использования, в качестве аналогов были также рассмотрены существующие бытовые приборы, которые обладают схожими функциями и элементами: наличие емкости, функция нагрева, наличие панели управления.

В первую очередь рассматривается чайник от фирмы Bork (рисунок 6).



Рисунок 6 - Чайник от фирмы Bork

Чайник состоит из двух частей: стеклянная емкость объемом 1,5 литра и стальная подставка с панелью управления [28]. У чайника удобная ручка,

которая обеспечивает максимальную площадь соприкосновения с рукой и удобный захват, так как располагается под небольшим углом.

На панели управления расположены 3 вида органов управления: круглые кнопки с диаметром 15 мм с золотым покрытием, круглые кнопки с диаметром 20 мм с золотым покрытием и прорезиненные кнопки с формой одной четверти круга. Цвет органов управления отличается от корпуса, что указывает пользователю, с чем именно взаимодействовать.

К недостаткам устройства можно отнести материалы изготовления, так как золотое покрытие не практично в использовании, потому что золото является мягким металлом, что может привести к царапинам на корпусе в процессе использования. Также минусом устройства является ориентация панели управления, так как такой угол наклона является недостаточным для комфортного использования.

В качестве аналога бытовых приборов была также рассмотрена йогуртница от фирмы Redmond (рисунок 7).



Рисунок 7 - Йогуртница от фирмы Redmond

Устройство состоит из пластикового корпуса и пластиковой емкости. Габаритные размеры – 240x230x150 мм [29]. Панель управления представлена светодиодным дисплеем, и пленочной клавиатурой с 4 кнопками диаметром 18 мм. Панель управления располагается под небольшим углом, что способствует комфортной работе пользователя.

К недостаткам данного устройства можно отнести отсутствие каких-либо выступов на корпусе и на емкости. Так как устройство имеет

достаточно большие габаритные размеры, при проектировании следует предусмотреть специальные поверхности на корпусе, которые бы предотвращали скольжение рук.

Таким образом, на основе вышеприведенных аналогов можно определить предварительные требования для бытового фотобиореактора:

- Форма емкостей для выращивания микроводорослей должна обеспечивать равномерное распределение света;
- Наличие панели управления;
- Дизайн устройства должен быть современным и интуитивно понятным;
- Форма всех элементов корпуса должна соответствовать эргономическим требованиям.

При проектировании необходимо уделить особое внимание формообразованию и эстетической составляющей. Кроме этого важно учитывать технологические и эргономические требования.

## **1.5 Обзор материалов, используемых в производстве промышленных фотобиореакторов и бытовых приборов**

Качество изделия в первую очередь зависит от выбранных материалов, а именно от их физических и механических свойств. Для бытового прибора материалы должны быть прочными, в процессе использования не должны деформироваться и царапаться. Также важны эстетические, технологические и экономические требования.

Так как основная функция фотобиореактора – выращивание микроводорослей, выбранный материал должен обладать соответствующими гигиеническими требованиями. Кроме этого, для роста микроводорослей необходимо поддерживать определенную температуру, следовательно, материал должен быть термостойким, не деформироваться и не терять свой внешний вид.

Ниже рассмотрены основные материалы, из которых в настоящее время изготавливаются промышленные фотобиореакторы и бытовые приборы.

**Стекло.** Данный материал является неорганическим и присутствует в природе в необработанном виде. Стекло широко применяется в промышленном дизайне для изготовления различных изделий: люстры, посуда, медицинские и бытовые приборы. Стекло является очень хрупким материалом: чтобы его разбить, не требуется больших усилий. Стекло обладает очень плохой теплопроводностью и хорошей термической устойчивостью – стекло не деформируется под действием сильных перепадов температур [30].

Изготовление стеклянных изделий достаточно сложный и трудоемкий технологический процесс. Существует два вида стеклянных изделий, от которых зависит технология изготовления: изделия в промышленных масштабах и художественные изделия.

Так как рассматриваемые устройства являются промышленными объектами, рассмотрим промышленный способ изготовления стеклянных изделий. Промышленные изделия изготавливаются из стекломассы на конвейере с помощью формовочной машины. То есть, специальные держатели берут часть стекломассы в виде капли и держат в висячем положении, затем нижняя часть капли закрывается нужной формой, а сверху подается сжатый воздух, который раздувает каплю по форме. Затем изделия поступают в специальный лер, где постепенно остывают. После этого изделия отправляются на проверочную и упаковочную линии [31].

Кроме литья, стекло поддается резки и шлифовки. Эти три технологии являются основными для обработки стекла.

**Органическое стекло.** Данный материал используется как альтернатива силикатному стеклу. Однако органическое стекло выигрывает по многим физическим свойствам. Так, органическое стекло приблизительно в 2 раза легче обычного стекла, а сопротивляемость удару выше в 5 раз [32].



Также органическое стекло является экологически чистым материалом, оно устойчиво к воздействию влаги, бактерий и микроорганизмов.

Данный материал намного легче обрабатывается различными способами: термоформовка, резка, токарная обработка, сверление, склеивание и сгибание. К недостаткам материала можно отнести высокую мягкость и чувствительность к царапинам.

**Пластик.** Для бытовых приборов чаще всего используется высококачественный инертный пластик или первичный пищевой пластик. Данный вид пластика выдерживает высокие температуры и не выделяет опасные вещества. Однако, устройства, выполненные из такого пластика, следует менять через 2 года эксплуатации [33]. По истечению срока даже высококачественные пластики начинают выделять вещества, опасные для здоровья человека.

**Алюминий.** Серебристо-серый металл применяется в пищевой промышленности. Алюминий обладает сочетанием ценных свойств. Так, этот металл в 3 раза легче железа, но при этом прочный, пластичный и не подвержен коррозии [34]. Кроме этого, алюминий легко обрабатывается всеми видами механической обработки: прокатке, волочению, штамповки, давлением и так далее. Алюминий, в отличие от пластика, не токсичен и не выделяет никаких вредных веществ.

Таким образом, в этой части были рассмотрены особенности материалов, которые применяются для изготовления бытовых приборов и фотобиореакторов. Во второй главе будут подробно рассмотрены материалы и технологии изготовления проектируемого устройства.

## **2 Проектно-художественная часть**

### **2.1 Методы проектирования**

В дизайне методом называется совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности, направленных на достижение конкретной цели или задачи [35]. Методы дизайн проектирования являются неотъемлемым инструментом планирования действий в процессе проектирования объекта. Дизайн-процесс можно разделить на следующие этапы:

- Составление или получение технического задания;
- Проведение предпроектного анализа;
- Создание эскизного варианта;
- Проработка выбранного варианта;
- Создание 3d-модели и визуализация;
- Подготовка конструкторской документации;
- Прототипирование;
- Подготовка продукта к производству

Существует большое количество методов проектирования, предназначенных для каждого этапа. На этапе проведения предпроектного анализа может использоваться метод библиографического обзора. Суть данного метода заключается в отборе важной информации из различных источников (книги, статьи журналов, диссертации, корпоративные и академические веб-сайты), которая могла бы служить обоснованием решений в рамках проекта [36]. В процессе обзора весь материал разделяется в соответствии с категориями исследования, например, хронологические, тематические или методологические.

Также, на предпроектном анализе часто используется метод аналогового проектирования, который включает в себя использование определенных качеств или технических решений объектов, знакомых пользователю [37]. Суть метода заключается в совершенствовании или

модернизации приема организации среды, приспособление технической или пространственной схемы к новым обстоятельствам. Аналогом может служить как реальный объект, так и стиль с его характерными чертами.

Для создания эскизных вариантов применяется метод сценарного проектирования, цель которого заключается в представлении проектируемого объекта в виде совокупности образов ситуаций в конкретной социально-культурной и пространственно-временной среде [38]. Для создания сценариев выбирается несколько образов, которые могут быть представлены в виде геометрических композиций, бионических форм и явлений природы. На основе выбранных образов создается форма проектируемого объекта, которая на данном этапе абстрагирована от конструктивного решения.

На этапе проработки утвержденного эскизного варианта используется метод эргономического анализа. В эргономическом анализе используются пять критериев:

- **Размер.** На основе антропометрических данных оцениваются все элементы устройства с точки зрения оптимальности их размеров;
- **Сила.** Оценивается величина усилия, которая необходима для эффективного использования устройства (нажатие на кнопку, поднятие предмета и так далее);
- **Доступность.** Оценивается оптимальное положение тела с точки зрения безопасности и простоты доступа пользователя к органам управления или частям прибора;
- **Зазор.** Определяет эффективное пространство, которое необходимо внутри и вокруг прибора и механизмов для безопасного и удобного использования;
- **Положение.** Оценивается положение тела и частей тела. В процессе эксплуатации прибора тело должно занимать естественное положение в пространстве, а отклонения и сгибания относительно нейтрального положения должны быть минимизированы.

После создания прототипа необходимо понаблюдать, как использует устройство конечный пользователь. Для этого может применяться метод тестирования юзабилити. Данный метод помогает определить, на каком этапе эксплуатации пользователь сбивается с толку или разочаровывается. В ходе тестирования выявляются практические проблемы, которые необходимо устранить перед запуском продукта на рынок. Данное тестирование может проводиться в несколько итераций.

## **2.2 Техническое задание**

В рамках данной работы разрабатывается дизайн корпуса бытового фотобиореактора по проекту группы разработчиков из Томского политехнического университета, инженерной школы новых технологий, отделения материаловедения. Совместно с ними было составлено техническое задание, которое позволило установить некоторые ограничения по форме для корпуса (Приложение А). На основе технического задания были выделены функциональные блоки корпуса, определены предполагаемые материалы изготовления и задана необходимая форма емкости.

Кроме этого, на данном этапе был составлен список внутренних комплектующих, которые должны размещаться в корпусе (Приложение Б). В таблице представлено по два варианта для некоторых комплектующих. Выбор того или иного варианта зависит от целесообразности его размещения в спроектированном корпусе фотобиореактора.

## **2.3 Поиск художественного образа**

Формообразование является неотъемлемой частью дизайн проектирования. Формообразование в дизайне заключается в создании организованного взаимосвязанного единства всех свойств проектируемого объекта, таких как конструкция, внешний вид, цвет, фактура, технологическая целесообразность [39]. Гармоничные узнаваемые формы,

приятные фактуры и цвета поверхностей – это первое, на что обращает внимание пользователь при первом знакомстве с объектом.

Первым этапом для создания формы объекта является поиск художественного образа. Исходя из основной функции (выращивание микроводорослей) [40] данного устройства были выбраны 4 художественных образа.

Так как микроводоросль развивается в жидкой среде, проектируемый объект связан с водой, и первым художественным образом является волна. Данный образ обладает изящными плавными линиями и будет интуитивно понятен пользователю. Волны могут быть высокие бурные и грозные, а могут быть теплыми и ласковыми, данные характеристики могут быть использованы для придания характера форме объекта.

Так как вода прозрачная, некоторые элементы объекта могут быть выполнены из прозрачных материалов. Также цвет волн может быть использован при выборе колористического решения для проектируемого объекта. Можно использовать цвета в диапазоне от светло-голубого до темно-синего (рисунок 8).



Рисунок 8 – Образ волны

В следующем сценарии образом послужили капли росы на листьях. Данный образ имеет множество вариаций по форме, одна капля может поглощать другую, также как один объект может находиться внутри другого объекта. В данном образе присутствует вариативная цветовая палитра,

многообразие зеленых и синих оттенков, а также гармоничное их сочетание (рисунок 9).

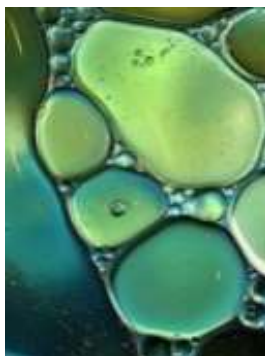


Рисунок 9 – Образ капли

Так как фотобиореактор предназначен для выращивания микроводорослей, образом для следующей сценографии послужили диатомовые водоросли. Это водоросли, клетки которых обладают своеобразным «панцирем», состоящего из диоксида кремния. Данный «панцирь» обладает необычной бионической структурой, которая может быть использована при проектировании элементов корпуса фотобиореактора. Также форма клетки, форма усеченного конуса, является подходящей для емкости для выращивания микроводорослей (рисунок 10).

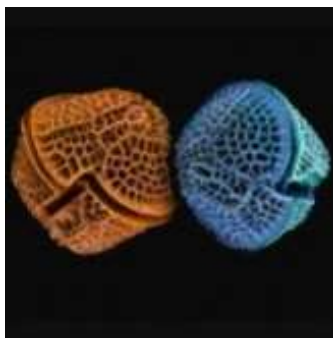


Рисунок 10 – Образ клеток

Последним художественным образом является полупрозрачная рыба шар. На основе данного образа емкость для выращивания микроводорослей можно сделать прозрачной. Также можно позаимствовать шарообразную форму и шероховатую фактуру при проектировании емкости (рисунок 11).



Рисунок 11 – Образ рыбы-шар

## 2.4 Эскизирование

Абстрагируясь от конструктивной составляющей, было создано несколько эскизов на основе выбранных художественных образов. На данном этапе было важно найти уникальную и необычную форму проектируемого фотобиореактора. Эскизы выполнялись с использованием программного обеспечения Adobe Sketchbook Pro. В процессе эскизирования рассматривались такие аспекты как целостность композиции и приятное цветовое решение, а также необходимо было учитывать эргономичность взаимодействия пользователя с устройством и технологичность изготовления созданной формы.

Первый эскиз создан на основе образа «Волна» (рисунок 12).

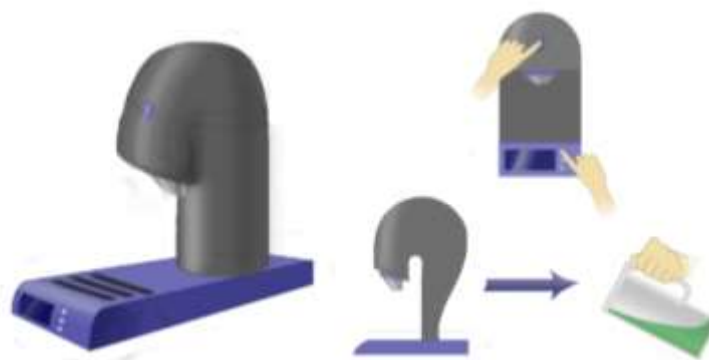


Рисунок 12 – Эскиз 1

Корпус устройства представляет собой плавную изогнутую форму, подобную перетеканию волны. К панели управления обеспечивается комфортный доступ, а цилиндрическая форма емкости обеспечивает равномерное рассеивание света. К недостаткам данного решения можно

отнести сложный доступ к емкости для выращивания микроводорослей, так как в этом случае она располагается сзади. Также недостатком является визуальная составляющая, форма корпуса выглядит массивной и тяжело. Кроме этого, созданная форма сложна в изготовлении.

Второй эскиз выполнен на основе сценария «Капля» (рисунок 13).



Рисунок 13 – Эскиз 2

В данном случае корпус представляет собой 2 блока, где один перетекает в другой словно капли. В правом блоке достаточно места для размещения всех комплектующих. Панель управления располагается таким образом, чтобы пользователь имел легкий доступ ко всем органам управления. Емкость для выращивания имеет цилиндрическую форму, что обеспечивает равномерное рассеивание света по всей площади. В качестве цветового решения используется палитра, состоящая из трех цветов (белый, зеленый, бирюзовый). Цветом корпус разделяется на функциональные блоки. Так в бирюзовый цвет окрашены подставка и крышка устройства, а в зеленый – область с панелью управления.

Третий эскиз связан со сценарием «Клетки» (рисунок 14).





Рисунок 14 – Эскиз 3

Преимуществом данного решения является модульность устройства – наличие двух емкостей позволяют выращивать 2 вида микроводорослей одновременно, либо увеличить объем выращивания одного вида. К недостаткам можно отнести форму емкостей, так как форма половины конуса является не комфортной в использовании и сложна в изготовлении. Также, панель управления располагается слишком низко и не имеет угла наклона, в результате чего, пользователю сложно с ней взаимодействовать.

Четвертый эскиз выполнен на основе сценария «Рыба-шар» (рисунок 15).



Рисунок 15 – Эскиз 4

В данном решении используется нестандартная шарообразная форма корпуса. Корпус устройства разделен на три функциональных блока, что подчеркивает выбранное цветовое решение. Панель управления расположена

под небольшим углом наклона, что обеспечивает удобный доступ к органам управления. К недостаткам данного решения относится сложность в изготовлении.

Созданные эскизы отображают форму проектируемого объекта, его колористическое решение, а также сценарий взаимодействия с устройством. Предположительно на эскизах корпус изготавливается из цветного пластика, а емкость для выращивания – из прозрачного пластика.

## **2.5 Художественно-образное решение итогового варианта корпуса фотобиореактора и его анализ**

Для выбора наилучшего варианты эскизного решения использовался метод экспертных оценок. Экспертная оценка была получена методом Дельфи. Целью метода «Дельфи» является получение информации высокой степени достоверности в процессе анонимного сбора и оценки мнений участников экспертных групп для принятия решения.

Алгоритм метода состоит из следующих этапов [41]:

- Определение целей и задач экспертизы;
- Формирование рабочей группы по сбору и обобщению мнений экспертов;
- Формирование группы экспертов, обладающих необходимыми компетенциями в исследуемой области (как правило 10-15 человек);
- Подготовка опросных анкет с чёткими и однозначно трактуемыми вопросами, предполагаемыми однозначные ответы;
- Проведение серии анкетирований
- Обобщение и оценка результатов анкетирования.

Экспертиза проводилась для выявления преимуществ и недостатков каждого эскиза, а также наилучшего варианта для дальнейшего проектирования. В число экспертов входили 12 человек, из них 9 преподавателей и 3 студентов магистратуры по направлению «Промышленный дизайн».

Для проведения экспертизы была составлена гугл форма, в которой каждый участник опроса мог анонимно оценить эскизы по 10 бальной шкале по таким критериям, как целостность композиции, колористическое решение, эргономика взаимодействия с объектом и технологичность изготовления. Также участники по желанию могли оставить вопросы и комментарии касательно каждого эскиза.

Для определения наилучшего эскизного решения суммировались все баллы экспертов по каждому критерию для каждого эскиза. Для наглядного отображения данных были созданы диаграммы с помощью Microsoft Excel. Результаты представлены в приложении В.

По результатам самостоятельной оценки эскизов и проведенного исследования методом экспертных оценок эскиз с образом «Капли» был оценен наиболее высокими баллами (рисунок 16).



Рисунок 16 – Эскиз с образом «Капли»

Данный вариант обладает гармоничным цветовым решением. Также панель управления выделена цветом, что акцентирует внимание на область взаимодействия с объектом. Форма является возможной для изготовления из пластика методом литья. Также данный вариант является наиболее эргономичным с точки зрения расположения панели управления и взаимодействия с емкостью для выращивания микроводорослей.

## 2.6 Функциональная целесообразность, рациональное конструктивное решение

### 2.6.1 Конструктивное решение блока с внутренними комплектующими

Следующим этапом проектирования является проработка каждого блока устройства с точки зрения конструктивного решения. В первую очередь был рассмотрен блок с внутренними комплектующими, так как именно он будет задавать основные габаритные размеры устройства и расположение остальных элементов.

Для того, чтобы правильно определить габаритные размеры блока, было необходимо создать условные 3D модели комплектующих:

- Контроллер (182x134x40 мм);
- 2 драйвера (200x30x28 мм).

Далее было решено, что комплектующие не могут находиться в боковой части корпуса, так как это создает трудности в их установке. Также при размещении комплектующих в цилиндрическом корпусе остается много свободного пространства, что приводит к необоснованному перерасходу материала и повышению стоимости изделия. Поэтому, было решено разместить комплектующие в подставке устройства.

Согласно эскизному решению, форма подставки представляет собой два цилиндра, соединенных между собой. В данной форме были размещены комплектующие (рисунок 17).

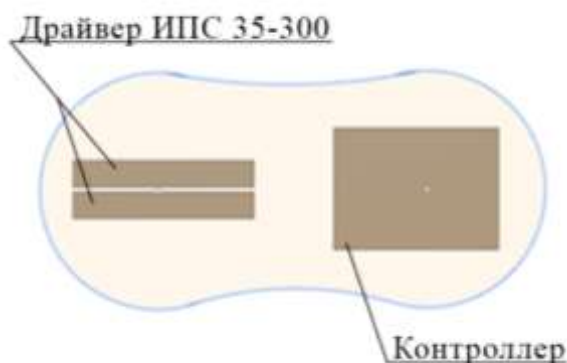


Рисунок 17 – Размещение комплектующих

На рисунке видно, что при такой форме корпуса остается слишком много пустого пространства, в результате чего, будет использоваться лишний материал, что никак не обосновано с конструктивной точки зрения. Поэтому было решено уйти от подобной формы и сделать подставку квадратной или прямоугольной формы (рисунок 18).

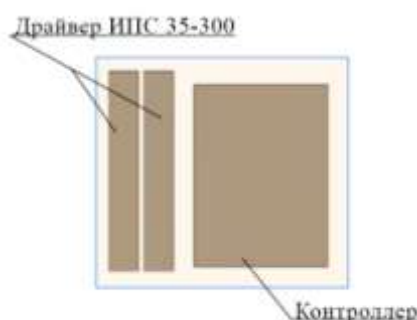


Рисунок 18 – Размещение комплектующих в прямоугольном корпусе

В данном случае комплектующие располагаются максимально компактно, занимают минимум места, в результате чего, уменьшаются габаритные размеры корпуса устройства и уменьшается количество используемого материала. Далее проводился поиск формы прямоугольной подставки (рисунок 19).

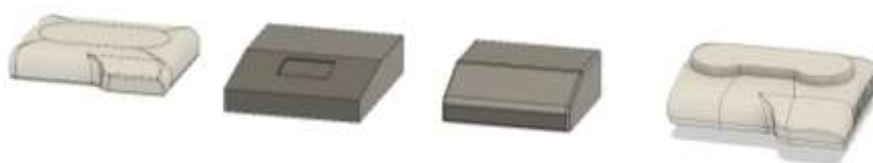


Рисунок 19 – Поиск формы прямоугольной подставки

Для дальнейшего проектирования был выбран последний вариант подставки, так как он обладает плавными и изящными линиями, также обозначено место для постановки емкости и размещения панели управления.

Следующим этапом было необходимо разделить подставку на части, чтобы обеспечить удобный доступ к внутренним комплектующим при сборке и обслуживании устройства. Также важно предусмотреть перфорацию в корпусе, чтобы обеспечить приток воздуха внутрь корпуса и избежать перегрева внутренних комплектующих (рисунок 20).



Рисунок 20 – Детализация подставки устройства

Таким образом, подставка была разделена на верхнюю и нижнюю части. По периметру корпуса была сделана небольшая ступенька, что обеспечивает удобную сборку. Так как верхняя часть корпуса больше по высоте, в ней была сделана перфорация для внутренней вентиляции. Также были разработаны посадочные места для крепежных элементов.

### **2.6.2 Конструктивное решение емкостей и крышки**

Так как внутренние комплектующие были перенесены из боковой части корпуса в нижнюю, на этом месте было решено расположить еще одну емкость. Данный вариант позволяет пользователю выращивать два вида микроводорослей одновременно. Так как разные микроводоросли обладают разным составом питательных веществ, витаминов и минералов, данное решение делает возможным получать все полезные вещества одновременно.

Форма емкостей представляет собой цилиндр, выполненный из прозрачного материала. Цилиндрическая форма наиболее благоприятна для выращивания микроводорослей, так как она способствует равномерному освещению всего объема, а использование прозрачного материала обеспечивает доступ естественного освещения. Это позволяет уменьшить интенсивность искусственного освещения, что приводит к сокращению потребления электроэнергии.

Для обеспечения постоянного перемешивания субстанции и снабжения субстанции кислородом и углекислым газом было необходимо подвести компрессор, который бы создавал циркуляцию воздуха в емкостях.

Изначально, компрессор планировалось размещать в крышке, из которой в емкость опускалась гибкий шланг с распылителем на конце (рисунок 21).



Рисунок 21 – Вариант компоновки №1

Однако, данное решение было неудачным с точки зрения эксплуатации устройства. В этом случае, для того, чтобы вытащить емкость, было необходимо приподнимать крышку и вытаскивать шланги, а на распылителях бы оставалась субстанция, которая бы стекала на корпус устройства.

Поэтому было решено перенести компрессор в центральную часть устройства и сделать загнутые прозрачные трубки с отверстиями, которая бы припаивалась к емкости (рисунок 22).

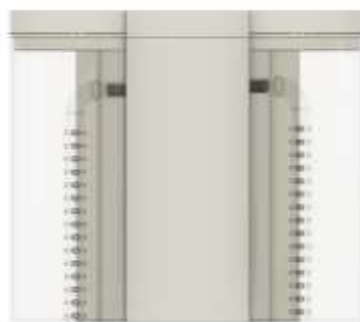


Рисунок 22 – Вариант компоновки №2

Данное решение оказалось технологически сложным и непрактичным с точки зрения эксплуатации. Для обеспечения функционирования такой системы было необходимо создавать отверстие в емкости, через которое подается воздух. Также необходимо было обеспечить четкое позиционирование и фиксацию емкости, чтобы пользователь без труда мог

подключить емкость к компрессору. Кроме этого, появилась проблема выливания субстанции из емкости. Так как в трубочке есть небольшие отверстия, субстанция бы через них попадала в трубочку и выливалась через боковое отверстие в емкости.

Для решения данной проблемы загнутые трубки были заменены на прямые, а в крышке создан специальный канал (рисунок 23), который обеспечивает движение воздуха от компрессора внутрь емкостей (рисунок 24).

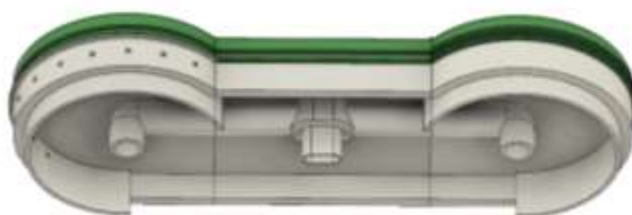


Рисунок 23 – Воздушный канал

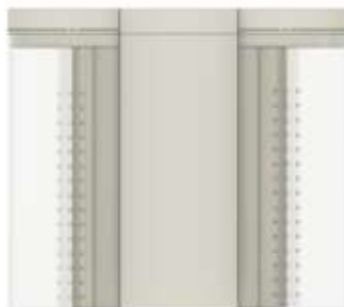


Рисунок 24 – Вариант компоновки №3

Было установлено, что компрессор должен оказывать давление не меньше 1,5 кгс в каждой емкости, чтобы выдавить субстанцию из трубки и обеспечить циркуляцию воздуха. Однако, мощность компрессора слишком мала для достижения данной цели. Таким образом, была создана трубка без отверстий с распылителем на конце (рисунок 25).





Рисунок 25 – Вариант компоновки №4

Крышка была разделена на три части, что позволило обеспечить автономность емкостей. Также созданная ступенька на крышке позволяет легко закрыть емкость и обеспечивает герметичность внутри.

### **2.6.3 Конструктивное решение центрального блока прибора**

Изначально, форма центрального блока устройства представляла собой форму бокса с двумя цилиндрическими вырезами (рисунок 26).



Рисунок 26 – Вариант формы центрального блока №1

Данная форма обусловлена тем, что необходимо обеспечивать равномерное освещение субстанции в емкостях, поэтому, по периметру цилиндрических вырезов предполагается размещение светодиодов. Однако, в этом случае, емкости могут вытаскиваться только строго вбок. Был проведен эксперимент, который показал, что подобное извлечение емкостей не является комфортным для пользователя. Поэтому, форма была изменена таким образом, что площадь размещения светодиодов осталась прежней, но пользователь может доставать емкость по диагонали (рисунок 27).



Рисунок 27 - Вариант формы центрального блока №2

Кроме этого, в центральном блоке располагается компрессор, поэтому было необходимо обеспечить к нему удобный доступ для обслуживания устройства. Для этого на задней поверхности блока было сделано посадочное место для компрессора, а также крышка с отверстиями, которые обеспечивают приток воздуха для исправной работы компрессора (рисунок 28).



Рисунок 28 – Посадочное место для компрессора

#### **2.6.4 Эргономический анализ фотобиореактора**

После того, как была создана форма всех основных частей корпуса, было необходимо провести эргономический анализ тех элементов, с которыми непосредственно взаимодействует пользователь. В данном устройстве было выделено 3 элемента: ручки емкостей, панель управления и поверхности.

В первую очередь был проведен поиск ГОСТов - межгосударственных стандартов, которые были приняты Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации СНГ. Межгосударственные

стандарты применяются для соблюдения технических регламентов, а также оценки соответствия данным требованиям. Для каждого технического регламента существует два перечня стандартов. Первый необходим для выполнения требований технического регламента, а второй содержит правила и методы испытания продукции. Некоторые межгосударственные стандарты разрабатываются на основе международных стандартов (ИСО, МЭК, ЕЭК ООН), а также европейских аналогов.

Все существующие ГОСТы собраны в Общероссийском классификаторе стандартов [42]. В данном классификаторе были найдены и изучены все ГОСТы, регламентирующие проектирование бытовых приборов. Данные стандарты описывают технические требования, правила и методы испытания, рекомендуемые материалы изготовления, маркировку, упаковку, транспортировку, хранение и безопасность при изготовлении и эксплуатации. Однако ни один из существующих ГОСТов не описывает эргономические требования при проектировании бытовых приборов. Так, в ГОСТе 7400-81 «Электрочайники и электросамовары бытовые. Технические условия» говорится: «Форма и расположение ручек должны обеспечивать удобство захвата и безопасную переноску приборов», но отсутствуют рекомендуемые размеры, которые бы отвечали эргономическим требованиям [43].

Для обеспечения удобного и безопасного использования бытовые приборы должны иметь размер и форму, соответствующую антропометрическим параметрам человека. Антропометрические параметры зависят от возрастных, половых, расовых и физических характеристик. Поэтому первым этапом в проведении эргономического анализа является определение целевой аудитории. Целевой аудиторией для фотобиореактора являются как женщины, так и мужчины любого возраста, за исключением детей. Также, проектируемый фотобиореактор на данном этапе разработки направлен только на российский рынок, поэтому пользователи будут преимущественной русской национальности.

На следующем этапе эргономического анализа был проведен поиск антропометрических данных. Антропометрические данные описываются в некоторых ГОСТах, которые были приняты в 1980-1990 годах. Однако, в мире происходит непрерывный процесс акселерации, в результате чего за прошедшие 30 лет средний рост населения России увеличился на 18 сантиметров (средний рост в 1980-х годах – 160 см, средний рост в 2018 году – 178 см) [44]. Таким образом, антропометрические данные, полученные в 1980-х годах не актуальны на сегодняшний день. Поэтому при проектировании использовались международные стандарты ИСО, которые содержат результаты исследований 2010-х годов [45].

В первую очередь была рассмотрена форма ручки емкости. При проектировании ручки устройства, в первую очередь необходимо определить ее функцию, чтобы понять, какое пространственное положение будет занимать рука.

В случае с фотобиореактором, ручка используется только для подъема и удерживания емкости. При подъеме любого объекта за ручку кисть совершает хватательное движение, то есть предмет или его часть удерживаются в определенном положении пальцами или ладонью. Так как кроме удерживания объекта ничего не требуется, то используется крюковой захват, то есть объект подвешивается на согнутых пальцах при поддержке или без поддержки большого пальца.

Наиболее удобный захват обеспечивается только при максимальном контакте между поверхностью ладони и пальцев и ручкой, поэтому форма ручки должна иметь сплющенное цилиндрическое или эллиптическое сечение. Также форма ручки должна соответствовать основным контурам руки во время хватки, но в то же время не должно быть контурного соответствия между сжатыми пальцами и ручкой, так как увеличивается риск несоответствия большому количеству рук.

Основные размеры кисти, которые необходимы для определения размеров ручки, представлены в приложении Г [46].

Длина ручки зависит от ширины кисти, для данного параметра необходимо использовать максимальное значение, чтобы обеспечить удобство использования для максимального количества пользователей. Обхват ручки зависит от длины кисти. Так как форма ручки преимущественно должна иметь эллиптическое сечение, то длинная сторона должна равняться расстоянию А, а короткая – расстоянию Б (рисунок 29).

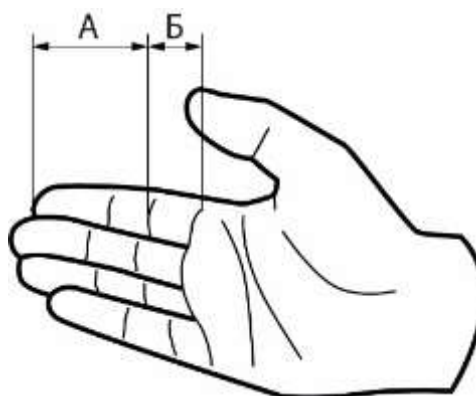


Рисунок 29. Необходимые размеры кисти для ручки с эллиптическим сечением

В этом случае необходимо выбрать минимальное значение, так как человек с маленькой рукой не сможет обхватить ручку слишком большую в диаметре. Ориентация ручки, по возможности, должна обеспечивать естественное положение кисти и ладони, при котором запястье допускает пронацию не более чем на  $30^\circ$ . Таким образом, угол наклона ручки может варьироваться от 0 до  $30^\circ$ .

Для подтверждения выдвинутой гипотезы было создано 4 вида ручек: с эллиптическим, круглым (диаметр 38 мм и 110 мм) и квадратным сечением (две ручки были прямые и две – с наклоном  $15^\circ$ ). На первом этапе эксперимента был проведен графический анализ ручек на предмет соответствия антропометрическим данным. Результаты представлены в приложении Д.

В результате графического эксперимента было выявлено, что ручка, представленная на рисунке 4 приложения Д, обеспечивает наибольшую

площадь касания ладони и пальцев с ручкой. Следовательно, данный вариант должен быть удобнее в использовании.

Далее из скульптурного пластилина были созданы макеты всех объектов и собрана тестовая группа в количестве 50 человек разного пола, возраста и с разными антропометрическими данными. Тестовая группа оценивала удобство взаимодействия с каждым вариантом на всех этапах эксплуатации устройства. Результаты представлены в приложении Е.

В ходе эксперимента тестовая группа оценила ручку (приложение Е, рисунок 4) наиболее высокими баллами, что подтверждает выдвинутую гипотезу. Ручка (приложение Е, рисунок 1), выполненная по ГОСТу, слишком тонкая для бытовых приборов. В этом случае происходит минимальный контакт ладони с поверхностью, что не позволяет комфортно удерживать вес полтора килограмма. Ручки (приложение Е, рисунок 2-3) также не обеспечивают максимального контакта с поверхностью из-за слишком большого размера. Однако, тестовая группа отметила преимущество ручки (приложение Е, рисунок 3), так как она располагается под углом  $15^\circ$ , что обеспечивает более удобный захват.

Таким образом, ручка для бытовых приборов должна иметь сечение в виде эллипса с обхватом 80-100 мм и быть под углом  $0-30^\circ$ . Длина ручки должна быть не меньше 94 мм, расстояние от емкости до ручки составляет 45 мм.

Исходя из полученных данных, было создано 3 варианта ручек, отвечающих всем выдвинутым требованиям (рисунок 30).



Рисунок 30 – Варианты формы ручек

В качестве итогового варианта был выбран третий вариант, так как он соответствует общей стилистики корпуса, а также близок по геометрии к выбранному художественному образу.

На следующем этапе эргономического анализа проводился анализ панели управления, которая включает в себя экран и органы управления. Ориентация панели управления должна обеспечивать естественное положение тела человека. Угол наклона панели управления относительно горизонтальной плоскости зависит от того, в каком положении осуществляется работа и от углов обзора человека [47].

Фотобиореактор является бытовым прибором и предполагается, что данное устройство будет располагаться на рабочей поверхности кухонного гарнитура, высота которой равна 850 мм. Поэтому фотобиореактор будет эксплуатироваться преимущественно в положении стоя. При проектировании панели управления учитываются угол поворота головы и глаз вниз (рисунок 31) [47].

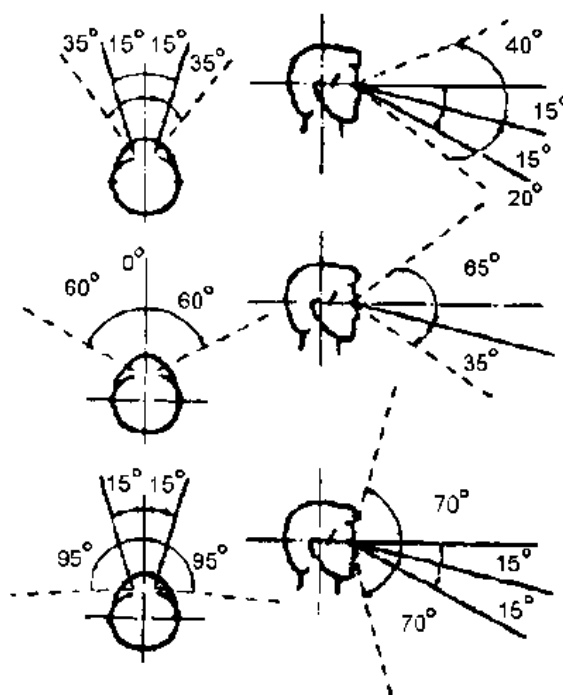


Рисунок 31 - Поле зрения

Так как максимальный поворот глаз вниз  $15^\circ$ , а головы -  $35^\circ$ , следовательно, минимальный наклон панели управления -  $15^\circ$ , максимальный

- 35°. Размер панели управления зависит от размера экрана и количества органов управления. Для подтверждения гипотезы был проведен графический анализ, результаты которого представлены в приложении Ж. В результате чего было подтверждено, что панель управления должна располагаться под углом 15-35°, что обеспечивает комфортную работу в положении стоя.

Орган управления состоит из приводного элемента и исполнительной части. Форма приводного элемента должна интуитивно подсказывать пользователю, чем и каким образом необходимо использовать тот или иной орган управления. Размер приводного элемента зависит от размера той части тела, с которой он будет соприкасаться.

В рамках данной работы рассмотрим только один вид органов управления - кнопки. Чаще всего для нажатия кнопки пользователь использует указательный палец. Согласно нормативам, максимальный размер указательного пальца равен 23 мм в диаметре [48]. Другие данные, регламентирующие размер кнопок для бытовых кухонных приборов отсутствуют. Поэтому было выдвинуто предположение, что размер может быть любой в диапазоне от 1 до 23 мм.

При проектировании панели управления также должна быть учтена возможность случайного нажатия кнопок. В случае если случайное нажатие нежелательно, можно использовать один из трех вариантов решения:

- Увеличить расстояние между кнопками;
- Предусмотреть специальную защиту кнопки: ограждение или специальный колпак;
- Утопить кнопки внутрь корпуса.

Для выявления оптимального размера кнопок был создан макет кнопки с диаметром 9, 12 и 15 мм. Тестовой группе было предложено оценить удобство нажатия на кнопку. По результатам эксперимента было установлено, что кнопки с диаметром 9 и 12 мм являются слишком маленькими, кнопка с диаметром 15 набрала наибольшее количество



положительных оценок. Следовательно, размер органов управления должен быть не меньше 15 мм.

При проектировании также важно обращать внимание на поверхности, с которыми взаимодействует пользователь. В случае если в корпусе есть какие-либо отверстия, их размер должен полностью исключать случайное попадание пальца внутрь. Для расчета диаметра или ширины отверстия используется минимальный диаметр указательного пальца, из которого вычитается небольшой припуск. Минимальный диаметр указательного пальца – 18 мм [48], следовательно, диаметр отверстия должен быть меньше данного значения.

Кроме этого, поверхности могут подсказывать пользователю, как использовать устройство. Так, например, на корпусе могут присутствовать специальные насечки, которые предотвращают скольжение рук по гладким поверхностям и указывают пользователю, в каком месте нужно взяться, чтобы открыть крышку, а в каком - для перестановки прибора. Однако, необходимо учитывать, что высота насечек не должна превышать 3 мм, для предотвращения повреждений кожного покрова.

### **2.6.5 Итоговый вариант корпуса**

Следующим этапом проектирования является сборка и детализация устройства. В первую очередь были добавлены бортики, которые фиксируют емкость в определенном положении и подчеркивают общую геометрию устройства (рисунок 32).



Рисунок 32 – Добавление фиксирующих бортиков

Также были проработаны поверхности, с которыми взаимодействует пользователь. На такие поверхности были нанесены насечки, которые предотвращают скольжение рук, а также подсказывают пользователю функционал того или иного элемента. Кроме этого, была создана перфорация для предотвращения перегрева внутренних комплектующих. Таким образом, насечки и перфорация появились на крышке устройства и на боковых поверхностях подставки. На ручках емкостей созданы насечки в форме капель, что соответствует выбранному художественному образу (приложение К).

Завершающим этапом является декорирование устройства. На центральной плоскости были размещены две шкалы, которые показывают пользователю уровень готовности субстанции в каждой емкости. Также добавлены декоративные диоды на центральной поверхности корпуса и над экраном. Итоговый внешний вид корпуса представлен на рисунке 33.



Рисунок 33 – Итоговый внешний вид корпуса

## **2.7 Используемые материалы и технология изготовления**

Следующим этапом проектирования стал подбор материалов и выбор подходящей технологии изготовления устройства. Выбор основывался на предъявляемых требованиях ко всем элементам корпуса, а также на экономических, экологических и технологических составляющих.

Корпус устройства должен обладать следующими свойствами:

- Прочность;
- Хорошая теплопередача;

- Возможность выдерживать температуру до 38 °С;
- Простота изготовления.

Таким образом, в качестве материала для изготовления корпуса рассматривались пластик и алюминий. Алюминий является более экономичным, экологичным и простым в изготовлении материалом. Однако, в процессе проектирования было установлено, что включенные светодиоды будут отдавать тепло в корпус и нагревать его примерно до 50 °С, что может стать причиной ожогов пользователя.

Поэтому, для сохранения свойств теплопередачи было решено сделать алюминиевые пластины в местах расположения светодиодов и нагревательной спирали. Для этого берется листовая алюминий с толщиной 2 мм и нарезается необходимой формы и размером с помощью лазера.

Сам корпус планируется изготавливать из пластика. Из всего многообразия пластиков был выбран АБС-пластик, так как он отвечает всем заданным требованиям.

АБС-пластик на сегодняшний день является одним из самых распространенных и доступных пластиков. Его популярность основана на наборе технических характеристик, которыми он обладает. В первую очередь следует отметить его высокие показатели износостойкости и прочности, а также долговечность эксплуатации. В случае с фотобиореактором важным является его температурный диапазон эксплуатации. АБС сохраняет все технические характеристики при температурах от -40 °С до +90 °С [49].

Кроме этого, АБС пластик может подвергаться переработке, после которой можно заново изготовить такие товары, как автомобильные компоненты, электродетали, детали насосов и так далее. Это позволяет многократно использовать материал, что приводит к сокращению загрязнений окружающей среды.

Наиболее простыми технологиями для изготовления деталей из АБС пластика в серийном производстве являются литье в силикон и формовка. Выбор той или иной технологии изготовления зависит от количества штук в

серии. Так, при мелкосерийном производстве, корпус лучше изготавливать технологией вакуумной формовки в матрицу.

Для изготовления корпуса методом вакуумной формовки необходимо создать матрицу всех деталей (верхняя и нижняя часть подставки, центральная часть корпуса и крышка). Далее в матрицу кладут лист пластика, прижимают тяжелой рамой и нагревают. Через какое-то время после нагрева в промежутке между пластиком и листом образуется вакуум, который заставляет лист пластика принимать заготовленную форму. После этого подводится сжатый воздух для того, чтобы охладить заготовку и отделить ее от стенок матрицы.

Для крупносерийного производства корпус устройства лучше изготавливать с использованием технологии литья в силикон. Для этого необходимо создать мастер-модели всех деталей корпуса (верхняя и нижняя часть подставки, центральная часть корпуса и крышка), которые могут быть изготовлены с помощью технологий 3Д-печати. Затем, мастер-модель помещается в пластиковую опалубку необходимых размеров, опалубка герметизируется, после чего в нее заливается двухкомпонентный силикон. После того, как силикон отвердеет, форма разрезается, извлекается мастер-модель, и в силиконовую форму заливают пластик. После отвердения пластика деталь извлекается из силиконовой формы, обрабатывается и красится.

Вентиляционные отверстия в крышке и верхней части подставки создаются с помощью фрезеровки, а на задней поверхности центральной части корпуса – с помощью лазерной резки.

Материал емкостей для выращивания микроводорослей должен быть прочным, прозрачным, не деформироваться и не изменять свой внешний вид при механическом воздействии и нагревании до 38 °С. Кроме этого, так как емкость контактирует с продуктом питания, материал должен отвечать гигиеническим требованиям. Данным требованиям соответствуют два

материала: стекло и акрил, но при сравнении их характеристик для изготовления емкостей был выбран акрил.

Светопропускная способность прозрачного акрила достигает 92 %, чем не уступает кварцевому стеклу. Масса акрилового стекла в 2,5 раза меньше, чем у кварцевого, а ударопрочность в 5 раз выше. Данный материал пропускает до 70 % УФ-лучей и абсолютно не чувствителен к их воздействию. Акрил может нагреваться до 80-100 °С, сохраняя при этом твердость, цвет и прозрачность.

Преимуществом акрила является также простота обработки. Данным материалом поддается таким видам обработки, как резка, гравировка, фрезеровка, сгибание, формование и так далее. Акриловое стекло является экологически чистым материалом, в процессе эксплуатации не продуцирует токсичных веществ и абсолютно безопасно для человека. После завершения срока эксплуатации предметы, изготовленные из акрилового стекла, подлежат утилизации и могут использоваться повторно после переработки.

Для изготовления емкостей в серийном производстве используется технология литья пластика в силикон. Для этого необходимо создать мастер-модель самой емкости с ручкой и трубки для транспортировки воздуха. Затем, на основе мастер-модели создается силиконовая форма, в которую заливается пластик. После того, как обе детали готовы, в дно емкости впаивается распылитель воздуха, к которому припаяна трубка.

## **2.8 Крепежные элементы**

Корпус устройства разрабатывался с учетом экологического подхода. Одной из важнейших задач экологического подхода является охрана и восстановление окружающей среды [50]. Экологический подход в дизайне проявляется в проектировании продукции, совместимой с окружающей средой. Это означает полное устранение или снижение негативного воздействия на природу путем использования альтернативных ресурсов и энергии, нетоксичных и предназначенных для переработки материалов,

экономии материалов и ресурсов, долговечности изделия и утилизации после окончания срока службы.

Для соответствия требованиям экологического подхода крепежные элементы были подобраны таким образом, чтобы корпус мог быть собран и разобран неограниченное количество раз. Это решение позволяет легко заменять сломанные детали, что позволяет значительно увеличить продолжительность срока эксплуатации устройства.

В качестве основных крепежных элементов были выбраны потайные гайки и винты. Данные крепежи используются для сборки подставки устройства, для сборки центрального блока с подставкой, а также крышки на задней поверхности центрального блока. Размер гаек и винтов подбирался исходя из размеров деталей корпуса. Таким образом, были выбраны гайки и винты М16, М8 и М5.

Для сборки экрана и кнопок с корпусом используются саморезы М3. Данный способ крепления деталей является наиболее простым и достаточно эффективным. Крепление на саморезах предполагает, что соединение будет разбираться не более 10 раз за все время эксплуатации устройства [51].

Для крепления алюминиевых листов к корпусу устройства были выбраны заклепки. Так как данное соединение не нужно будет разбирать во время эксплуатации устройства, с помощью заклепок создается неразъемное соединение. Для соединения на заклепки необходимо сначала подготовить детали: разметить центры отверстий под заклепки, пробить или просверлить отверстие. При этом, диаметр отверстия должен быть на 0,1-0,3 мм больше, чем диаметр заклепки.

Таким образом, для всех выбранных крепежных элементов в корпусе создаются посадочные места. Посадочные места под потайную гайку и винт представлены на рисунке 34.

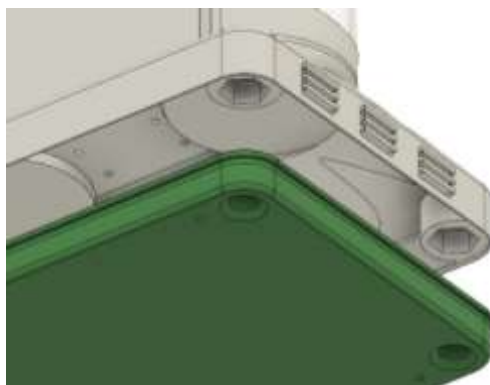


Рисунок 34 – Посадочные места под потайную гайку и винт

## 2.9 Колористическое решение

В промышленном дизайне цвет в первую очередь рассматривается как средство функциональной организации предметной среды [52]. В промышленных изделиях цвет выбирается с учетом следующих факторов:

- Функционального назначения изделия и условий его эксплуатации;
- Функционально-конструктивной структуры изделия;
- Особенности композиции формы изделия;
- Условий среды, в которой используется изделие.

Цвет помогает выделить те области изделия, с которыми должен взаимодействовать человек, это позволяет сделать устройство более эргономичным и интуитивно понятным. Таким образом, для промышленных изделий выбирается один основной нейтральный цвет (оттенки белого, серого или черного) и контрастный цвет, который акцентирует внимания на определенных зонах изделия.

В случае с фотобиореактором было выделено 3 области контакта человека с устройством: крышка, нижняя часть подставки и органы управления. В качестве основного цвета был выбран белый, так как данный цвет позволяет создать ощущение чистоты и легкости. А в качестве контрастного цвета выбран зеленый, так как он ассоциируется с такими понятиями как, свежесть, безмятежность, естественность, натуральность,

природа и исцеление. Также данный цвет обладает способностью бороться с депрессией [53]. Зеленый вызывает ощущение надежды, покоя, уверенности и стабильности.

Но так как бытовые приборы должны органично смотреться в среде, в которой они располагаются, а кухонные интерьеры у всех выполнены в разных стилях и цветах, было подобрано три дополнительных цветовых решения. Цвета подбирались, исходя из того, что в емкостях постоянно находится субстанция зеленого цвета, поэтому дополнительные цвета для элементов корпуса должны органично сочетаться с зеленым. С использованием программного обеспечения Adobe Color [54] были составлены цветовые гармонии, в каждой из которых основным цветом был зеленый.

Первой была составлена дополнительная цветовая гармония, в которой цвета располагаются напротив друг друга в цветовом круге. Согласно данной гармонии, дополнительным цветом к зеленому является розовый (рисунок 35).



Рисунок 35 – Дополнительная цветовая гармония

При создании гармонии родственных цветов, была выбрана группа сине-зеленых цветов. Это сочетание представляет собой сдержанную спокойную колористическую гамму. А введение белого цвета позволяет создать светлотный контраст, который помогает справиться с однообразием колорита (рисунок 36).





Рисунок 36 – Гармония родственных цветов

Так как не для всех интерьеров подходят изделия с яркими цветовыми акцентами, было решено создать монохромную гармонию. В основе данной гармонии лежит один цветовой тон, который в том или ином количестве присутствует в каждом из сочетаемых цветов (рисунок 37).



Рисунок 37 – Монохромная гармония

Из данного цветового сочетания был выбран серо-зеленый цвет, который в сочетании с зеленым и белым позволяет сделать объект спокойным и нейтральным.

Созданные дополнительные цветовые решения представлены в приложении Л.

### **3 Разработка художественно-конструкторского решения**

#### **3.1 Конструкторская документация и 3d-моделирование**

Создание 3d-модели проводилось в программе Autodesk Fusion 360. Данная программа является комплексным инструментом для промышленного дизайна, которая позволяет определить форму и конструктивные особенности проектируемого изделия. Fusion 360 поддерживает все существующие виды моделирования: твердотельное, параметрическое, сплайновое, прямое и поверхностное.

При создании 3d-модели фотобиореактора использовалось твердотельное моделирование, которое подразумевает создание тел, имеющих все атрибуты реального физического тела. Для визуализации также использовалась программа Autodesk Fusion 360. Данное программное обеспечение содержит большую библиотеку материалов и несколько пресетов освещения, что позволяет с точность передать внешние особенности устройства. Также Fusion 360 позволяет снять лишнюю нагрузку с компьютера за счет использования облачных технологий. Итоговая визуализация представлена на рисунке 38.



Рисунок 38 – Итоговая визуализация фотобиореактора

Для более наглядного представления конструкции устройства была создана взрыв-схема, которая показана на рисунке 39.



Рисунок 39 – Взрыв-схема фотобиореактора

Так как Fusion 360 использует систему автоматизированной технологической подготовки производства, то чертежи могут быть выведены автоматически. Таким образом, для точности изготовления были созданы чертежи всех деталей, а для обеспечения корректной сборки устройства был создан сборочный чертеж и спецификация (приложение М).

### **3.2 Прототипирование**

Завершающим этапом разработки корпуса фотобиореактора для выращивания микроводорослей является создание прототипа. Пластиковые детали корпуса изготавливаются из PLA пластика с использованием технологий 3D-печати. Для этого в трехмерной среде Fusion 360 проводилась специальная подготовка деталей к печати, чтобы итоговое изделие было максимально качественное. После того, как все детали были напечатаны, проводилась их последующая обработка и покраска.

Для изготовления емкостей были выбраны трубы из органического стекла необходимого размера, и листовое органическое стекло для создания дна и ручки емкости, которое нарезалось с помощью лазера. Для соединения трубы и дна используется клей Акрилат-85КТ, ручка к трубе прикручивается на саморезы. Для создания носика емкости труба нагревается и деформируется для получения необходимой формы.

После того, как все детали изготовлены, осуществляется сборка устройства: устанавливаются внутренние комплектующие и крепежные элементы. Готовый прототип устройства представлен на рисунке 40.



Рисунок 40 – Прототип устройства

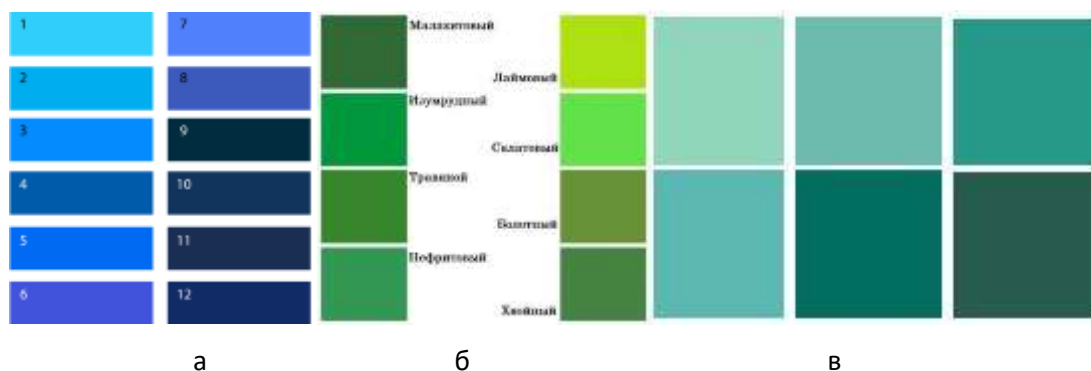
### **3.3 Разработка фирменного стиля и создание планшета**

На этапе разработки графического оформления презентационного материала для проекта основными задачами являются: выбор цветового решения, шрифтов и геометрии графических элементов.

#### **3.3.1 Цветовое решение**

Цвет играет важную роль в формировании фирменного стиля, так как цвета несут в себе ассоциации и задают настроение. Разрабатывая фирменную палитру, необходимо помнить, что каждый цвет обладает своим набором значений, затрагивает определённые человеческие чувства и эмоции и оказывает влияние на принятие решения.

Было выбрано три цветовых палитры, которые имеют отношение к художественному образу фотобиореактора (рисунок 41).



а) синяя цветовая гамма; б) зеленая цветовая гамма; в) цвет морской ВОЛНЫ

Рисунок 41 – Цветовые палитры

Синий цвет вызывает у пользователя ощущение спокойствия, надежности, защищенности, доверия и умиротворения. У зрителя, синий цвет вызывает ассоциации с водой, морем, небом, прохладой. Также, согласно исследованиям, у пользователей возрастает потребность в синем цвете при усталости и физических недомоганиях [53], именно поэтому многие марки лечебной косметики и лекарств используют синий цвет в своих фирменных стилях.

Зеленый цвет ассоциируется с такими понятиями как, свежесть, безмятежность, естественность, натуральность, природа и исцеление. Также данный цвет обладает способностью бороться с депрессией. Зеленый вызывает ощущение надежды, покоя, уверенности и стабильности.

Цвет морской волны ассоциируется с чистотой, невинностью, исцелением, творчеством и цверенностью. Данная цветовая схема обладает большой вариативностью в использовании, так как может преобладать как синий, так и зеленый цвет. Также, при смешении синего и зеленого, получается насыщенный сложный цвет, который привлекает внимание.

При выборе оттенков важно учитывать влияние теплых и холодных цветов на восприятие человека. Так, теплые оттенки говорят об энергичности компании, а ее непрерывном движении и силе. А холодные оттенки говорят о стабильности и надежности.

### 3.3.2 Выбор шрифтов

В настоящее время существует большое количество шрифтов, каждый из которых обладает своей индивидуальностью. Все основные шрифты можно разделить на следующие виды:

- Serif (с засечками) – смотрятся профессионально и классически;
- Sans serif (без засечек) – выглядят чисто и современно;
- Рукописные – выглядят тепло и привлекательно, но они плохо читабельны, поэтому используются только в заголовках;
- Script – предполагают изысканность и роскошь;
- Машинописные шрифты – имитируют текст, набранный на печатной машинке;
- Акцидентные шрифты – каждый шрифт в этой группе имеет собственные особенности, которые могут помочь передать характер объекта. Данные шрифты плохо читабельны, поэтому используются в качестве заголовка.

При выборе фирменного шрифта необходимо определить, какие ассоциации и настроение должен вызывать объект. В случае, если качества, которые передает шрифт, не соответствуют сообщению общего дизайна, это создаст визуальный диссонанс для зрителей или пользователей.

Шрифт является неотъемлемой частью логотипа, поэтому при выборе шрифта также важно учитывать масштабируемость и среду размещения. Если раньше шрифты использовались только в печатной среде, то теперь сфера применения значительно расширилась. Логотип может располагаться на дисплее смартфона, на кузове фургона, на оштукатуренной стене здания, на сайте и на многих других носителях. Поэтому важно проверить разработанный логотип во всех средах и убедиться, что шрифт остается читабельным и привлекательным в любом размере.

В фирменном стиле возможно использование двух шрифтов (трех, в крайнем случае) [56]. Однако при выборе шрифтовой пары необходимо

убедиться, что шрифты дополняют друг друга или отлично гармонируют, так как очень разные шрифты не будут смотреться хорошо вместе.

### 3.3.3 Разработка логотипа

Так как логотип должен отображать область действия прибора и производимый продукт, в качестве образа для логотипа была выбрана клетка хлореллы, которая выращивается в проектируемом устройстве. Для данного образа было разработано несколько вариантов фирменного знака в виде разной стилизации клетки хлореллы (рисунок 42).



Рисунок 42 - Логотип с художественным образом клетки хлореллы

Для каждого фирменного знака был подобран шрифт. Было выбрано семейство шрифтов Sans serif, так как они выглядят современно и лаконично. Так как в каждом варианте фирменного знака используются плавные формы, то шрифт должен подчеркивать эту геометрию, поэтому были подобраны округлые шрифты. Таким образом, из многообразия представленных шрифтов были выбраны шрифты такие как, Geometria, ALSSchlangesans, Appetite, Code Pro, Haettenschweiler, Viga-Regular, Amaranth.

Для дальнейшей разработки была выбрана зеленая цветовая гамма, так как данный цвет близок к продукту и вызывает ассоциации, связанные со здоровьем и жизнью. В качестве фирменного шрифта выбран Geometria, так как данный шрифт остается читабельным при любом размере и имеет большое количество начертаний, что увеличивает вариативность использования.

### 3.3.4 Разработка презентационного материала

Планшет ВКР состоит из двух листов формата А0, размерами 841x1189 мм с вертикальной ориентацией. Планшет является своеобразным рекламным плакатом, который должен отражать все особенности и преимущества данного проекта. На планшете должна располагаться следующая информация:

- 3Д модели;
- Взрыв-схемы;
- Чертежи;
- Эргономика взаимодействия человека с объектом;
- Цветовые решения объекта;
- Текстовые блоки.

В первую очередь, планшет должен привлекать к себе внимание, заинтересовывать зрителя. Эту функцию выполняет ай-стоппер - это определенный объект, образ или иначе “крючок”, который моментально захватывает внимание. Его главная задача – вызвать любопытство, поразить, выделить из общего ряда, приковать внимание и обеспечить тем самым интерес и запоминаемость.

Как правило, роль ай-стопера в планшетах выполняют 3Д модели, которые показывают объект в наиболее удачном и информативном ракурсе, возможно, расположенный в среде.

После того, как ай-стоппер привлек внимание, зритель начинает искать другую информацию, чтобы больше узнать об объекте. Поэтому важно крупным блоком указать название объекта и поясняющую надпись (что это за объект). Заголовок должен быть читабельным, т.е. написан крупно, четко, хорошо читаемым шрифтом и для усиления эффекта быть контрастным по отношению к основному фону.

Блоками меньшего размера располагаются чертежи, эргономический анализ и цветовые решения. Эти блоки являются дополнительными, и



человек доходит до их изучения только в том случае если его заинтересовал сам объект.

Текста на планшете не должно быть слишком много. По возможности, поясняющая информация должна быть оформлена в виде тезисов или инфографики. Такая подача упрощает восприятие информации и больше привлекает к себе внимание. Текст должен быть читаемым и иметь цвет, контрастный к фону.

При верстке планшета особое внимание необходимо уделить цветам. При больших размерах отчетливее проявляется влияние цветовых комбинаций на кажущийся размер и читабельность. Цвета должны быть как можно более сочными и яркими, чтобы сразу бросаться в глаза, привлекать внимание.

Для выделения цветов и усиления их контрастности любому планшету необходим правильный баланс белого ко всем остальным цветам. По классическим канонам не следует избавляться от белого поля, так как белый цвет наполняет композицию воздухом.

Для создания необходимого впечатления от объекта, необходимо продумать в каких местах какие блоки будут располагаться. При беглом просмотривании человек в первую очередь обращает внимание на самые крупные и заметные блоки, постепенно переходя к более мелким. Поэтому, в планшете можно управлять направлением взгляда зрителя, располагая в необходимом порядке крупные и мелкие блоки.

На основе вышеприведенных правил, был создан планшет для подачи проекта (рисунок 43).



Рисунок 43 – Планшет

Следующим видом презентационного материала являются слайды для представления проекта. Были рассмотрены оформление титульного слайда, слайда с изображением или текстом и слайда с какими-либо пунктами или инфографикой. В оформлении используются плавные линии, а основным цветом является зеленый, что поддерживает общий стиль проекта. Примеры оформления слайдов представлены в приложении Н.

### 3.4 Создание проморолика

Проморолик является одной из разновидностей рекламных видеороликов, который оказывает направленное воздействие на целевую аудиторию. Основной целью проморолика является продвижение товара на рынке и информирование потенциальных покупателей о его преимуществах. Проморолики в основном размещаются на просторах интернета или демонстрируются на различных мероприятиях.

Сценарий проморолика выстраивается вокруг ключевой информации о выпуске нового продукта на рынке. Для создания проморолика о

фотобиореакторе проводилась съемка прототипа, что позволило показать принцип действия устройства и взаимодействие пользователя с объектом.

Перед началом съемки была написана сценография будущего промо ролика. Согласно сценографии, ролик должен состоять из трех частей:

- Показ деталей корпуса фотобиореактора;
- Показ принципа работы устройства;
- Показ способа употребления готовых микроводорослей.

Съемка проводилась с помощью полупрофессионального фотоаппарата Nikon D3100. Отснятый материал необходимо было смонтировать в промо ролик. Монтаж осуществлялся с помощью программного обеспечения Adobe After Effects. При монтаже были выбраны наиболее интересные и информативные кадры, сделана стабилизация некоторых кадров, чтобы сгладить тряску камеры, а также сделана цветокоррекция всего материала, чтобы сделать его более насыщенным и контрастным.

Кроме постобработки видео была создана анимация, которая показывает, что наливается в емкости для выращивания микроводорослей, а также полезные свойства микроводорослей. Для этого была создана анимация линий при помощи параметра Trim path и анимация появления текста.

Так как созданный ролик является рекламным, в нем должен размещаться логотип и название устройства. Для анимации логотипа использовался эффект Card Wipe, а также параметры Rotation и Position.

Для фонового сопровождения промо ролика была выбрана музыка, которая не отвлекает внимание от содержимого ролика, и поддерживает атмосферу.

## **4 Концепция стартап-проекта**

### **4.1 Описание продукта**

В настоящее время особенно остро стоит проблема питания современного населения. Постоянно ускоряющийся темп жизни приводит к тому, что люди пропускают основные приемы пищи либо заменяют их продуктами, относящимися к категории фастфуда, с высокой энергетической ценностью для быстрого восстановления энергии. Однако, данные продукты не позволяют получить человеку необходимое количество питательных веществ (белков, жиров и углеводов), витаминов, минералов и аминокислот.

Кроме этого, из-за экологических проблем во фруктах и овощах становится все меньше необходимых витаминов и минералов. В современных технологиях производства для увеличения сроков хранения готового продукта применяются консервация, рафинирование, пастеризация и эмульгирование, в результате чего происходит потеря ценных биологических веществ, витаминов и минералов.

Для решения проблемы питания современного населения можно вводить в рацион суперфуды. Одним из самых перспективных суперфудов являются микроводоросли – продукты с высоким содержанием биологически активных веществ. Так, прием ежедневной порции 100 мл микроводорослей восполнит дефицит необходимых питательных веществ, витаминов и минералов в организме.

Для выращивания микроводорослей применяются специальные устройства - фотобиореакторы. Данное устройство обеспечивает благоприятную среду для роста микроводорослей благодаря совокупности условий: освещенность, тепло, снабжение кислородом и азотом и обеспечение постоянного перемешивания субстанции.

В настоящее время, человеку, который хочет добавить микроводоросли в свой рацион, приходится покупать их небольшими объемами в жидком или засушенном виде.

С появлением бытового фотобиореактора пользователь самостоятельно сможет выращивать микроводоросли. А предлагаемого объема (3 литра) достаточно, чтобы ежедневно обеспечивать порцией микроводорослей семью из (3-4) человек.

#### **4.2 Целевые сегменты потребителей**

Первым этапом запуска любого бизнеса является определение целевой аудитории – конкретной группы людей, на которую направляются маркетинговые коммуникации компании. К целевой аудитории относятся не только существующие покупатели предлагаемого продукта, но и потенциальные потребители, которых необходимо привлекать, чтобы занять стабильное положение в отрасли.

Наличие целевой аудитории позволяет создать для них идеальный продукт, продать в нужном месте, используя правильные средства коммуникации. Для определенного целевого сегмента потребителей свойственны признаки и характеристики, которые являются общими для каждого его представителя. Для определения целевой аудитории происходит объединение потребителей по конкретным критериям (например, географический, социально-демографический, психографический, поведенческий) [57].

Целевая аудитория бытового фотобиореактора выделяется по поведенческому критерию и включает следующих потребителей:

- Люди, поддерживающие здоровый образ жизни;
- Люди, проводящие профилактику заболеваний ;
- Люди, кто придерживается определенного направления в культуре питания - вегетарианцы, веганы и т.п.;
- Люди, соблюдающие диету или особый тип питания – например, аюрведическое питание, для диабетиков ;
- Люди, кто пытается улучшить обмен веществ (для похудения);

- Люди, ухаживающие за своей внешностью, то есть в косметологических целях.

#### 4.3 Объем и емкость рынка. Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли

Развитие рынка микроводорослей началось в Японии в 1950-х годах. В настоящее время микроводоросли в качестве пищевой добавки активно используются в странах Азии и Европы. Как видно на рисунке 44, мировые объемы продаж микроводорослей увеличиваются с каждым годом [58].

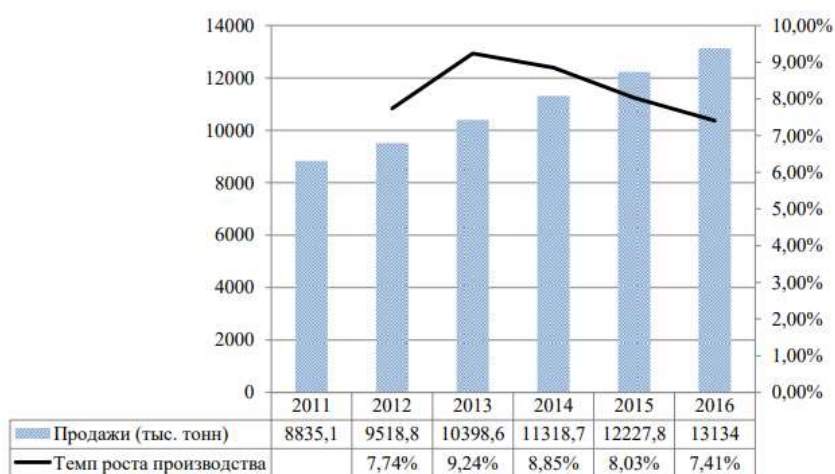


Рисунок 44 – Объем мирового рынка микроводорослей и темп производства в 2011-2016 годах

На 2019 год мировой рынок продуктов с хлореллой составляет более 60 млрд. долларов [58]. Крупнейшим производителем микроводорослей 21 века является Китай (рисунок 45).

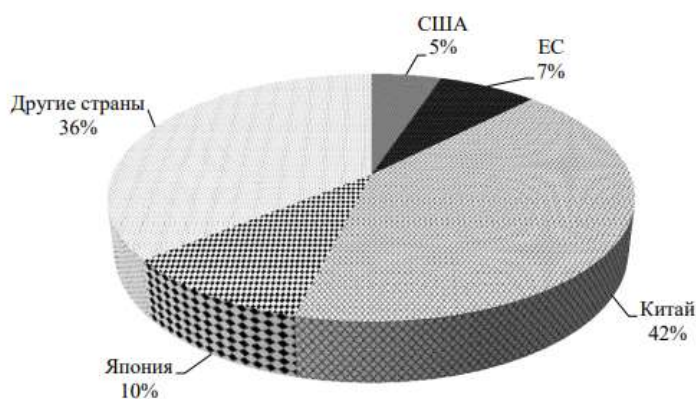


Рисунок 45 – Доля рынка по продажам по регионам в 2016 году

В России применение микроводорослей в качестве продукции для человека развито слабо. Это связано с тем, что на территории России сложно организовать предприятие по выращиванию биомассы из-за некомфортных климатических условий (низкие температуры и недостаточное количество естественного освещения). Таким образом, на территории России микроводоросли могут культивироваться только в специальном оборудовании - фотобиореакторах, что увеличивает затраты на создание предприятия.

В настоящее время биомасса микроводорослей, производимая в России для человека, недостаточно качественная и не может конкурировать с мировыми лидерами. Однако, российская индустрия микроводорослей стремительно развивается: расширяется ассортимент продукции из микроводорослей, нарабатываются производственная и научно-исследовательская базы, разрабатываются новые технологии и совершенствуется оборудование [59]. На рисунке 46 представлены сферы российского рынка, в которых применяются микроводоросли.



Рисунок 46 – Доли российского рынка каждой отрасли, в которых применяются микроводоросли [58]

Микроводоросли могут конкурировать также на таких рынках, как рынок суперфудов, рынок продуктов правильного питания, рынок биологически активных добавок. Согласно маркетинговой компании Mintel, с

2011 по 2015 год мировое количество продуктов с маркировкой «суперфуд», «суперфрукт» и «суперзерно» выросло на 202 %. Выручка производителей суперфудов превышает 69,4 млрд. долларов, а объем мирового рынка органических продуктов составил 81,6 млрд. долларов [60]. На рисунке 47 представлены доли объема мирового рынка суперфудов.

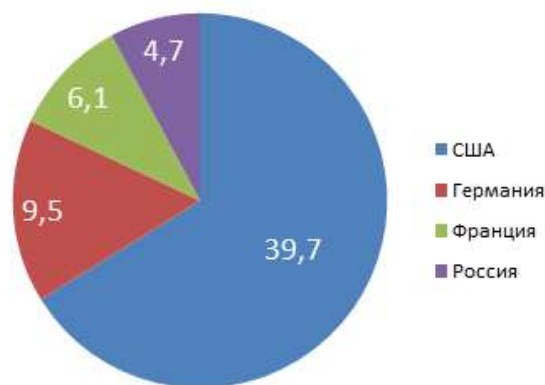


Рисунок 47 – Объем мирового рынка суперфудов в млрд. долларов

По оценке IFOAM, объем российского рынка экологически чистых продуктов не превышает 4,7 млрд. долларов [61].

Сегмент продуктов здорового питания является одним из самых быстрорастущих на глобальном рынке продуктов и напитков. В 2016 году объем рынка продуктов правильного питания вырос на 6,8 % и составил 36 млрд. долларов. Также рынок продуктов, не содержащих в составе определенных ингредиентов (например, вызывающие аллергию или непереносимость), вырос на 7 %. По прогнозам экспертов, к 2021 году рынок данных категорий продуктов составит 833 млрд. долларов [62].

В настоящее время рынок биологически активных добавок также стремительно развивается. Сегодня лидирующее место по производству биологически активных добавок занимает США [63]. На 2017 год объем российского рынка БАДов, согласно Discovery Research Group, составил 9 453,3 тонн, что равняется 269 812 тысяч долларов. За последующий год темп прироста объема производства составил 6,4 % [64].



#### 4.4 Планируемая стоимость продукта

На данном этапе проектирования рассматривается мелкосерийное производство фотобиореакторов. В рамках мелкосерийного производства производится от 10 до 1000 единиц продукции в год.

Корпус фотобиореактора состоит из следующих частей: подставка, корпус, две прозрачные емкости и две крышки. Емкости изготавливаются из акрилового стекла, остальные части корпуса – из цветного пластика. В производстве все детали планируется изготавливать методом вакуумной формовки в матрицу.

За основу расчета стоимости вакуумной формовки были взяты расценки Санкт-петербургской компании «Виразж» [65]. Итоговая сумма складывается из стоимости материала для оттиска (3500 руб за кв. м.), снятие одного оттиска (1500 руб), стоимость работы (15000 рублей за партию одной детали). Таким образом, стоимость вакуумной формовки каждой детали для серии 100 штук представлена ниже.

Формовка емкостей  $(6,9*2)*100+6,9=1387$  см.кв = 0,14 м.кв

$0,14*3500+1500*100+15000=165490$  руб

Формовка подставки нижней  $62*100+62=6262$  см.кв = 0,63 м.кв

$0,63*3500+1500*100+15000=167205$  руб

Формовка подставки верхней  $217*100+217 = 21917$  см.кв = 2,2 м.кв

$2,2*3500+1500*100+15000 = 172700$  руб

Формовка крышки  $60*100*60 = 6060$  см.кв = 0,6 м.кв

$0,6*3500+1500*100+15000=167100$

Формовка корпуса  $420*100+420 = 42420$  см.кв = 4,24 м.кв

$4,24**3500+1500*100+15000=179840$

В устройстве также присутствуют детали из алюминия. Для одного устройства необходим алюминиевый лист с габаритными размерами 500x400 мм и толщиной 2 мм. Был выбран лист из алюминиевого сплава АМгб, так как такие листы обладают средней прочностью, хорошо гнутся и варятся, коррозионно стойкие. Стоимость такого листа 1170 рублей [66].

Также в стоимость устройства входит стоимость внутренних комплектующих (приложение П). Итоговая стоимость комплектующих равняется 8268 рублей.

Таким образом, себестоимость одного устройства равняется примерно 18000 рублей. А стоимость серии из 100 штук 1796135 руб.

#### 4.5 Конкурентные преимущества

В настоящее время, существующие фотобиореакторы для домашнего использования не выпускаются в серийном производстве и доступны только по предварительному заказу. На рисунке 48 представлено сравнение спроектированного фотобиореактора с зарубежными аналогами.

Критерии	Alg&You	Spirugrow	Algalife
Производ, мл/сут	30-50	20	400-600
Габариты, мм	177x332x235	430x430x360	314x271x339
Кол-во режимов	1	1	6
Индикатор готовности	Нет	Да	Да
Цена	18	64	25
Страна	Франция	Италия	Россия
Внешний вид			

Рисунок 48 – Сравнение с конкурентами

С точки зрения дизайна, важным преимуществом является модульность устройства. Разделение на 2 отдельные емкости решают проблему вариативности и позволяют одновременно выращивать два вида микроводорослей.

Наличие панели управления позволяет выращивать абсолютно любые виды микроводорослей, так как есть возможность автономной настройки температуры, интенсивности освещенности, силы подачи углекислого газа.

Кроме этого, корпус устройства выполнен с учетом принципа экологического подхода в проектировании. Это значит, что в корпусе используются такие соединения всех элементов, которые обеспечивают сборку и разборку корпуса неограниченное количество раз. Данное решение

позволяет легко заменить любую сломавшуюся деталь, что повышает период эксплуатации устройства. Также это позволит экспортировать устройство в страны Европы и США.

#### **4.6 Интеллектуальная собственность**

Существует три вида патента для защиты объекта: патент на полезную модель, патент на изобретение, патент на промышленный образец [67].

Спроектированный фотобиореактор может быть запатентован в качестве полезной модели. В этом случае будет запатентовано инновационное техническое решение, относящееся к устройству и реализованное на практике. То есть будут разглашены конструктивные особенности устройства.

Для дополнительной защиты изделия можно оформить патент на внешний вид устройства (промышленный образец). Для патента художественно-конструкторского решения необходимо, чтобы внешний вид устройства обладал новизной и оригинальностью.

При этом в режиме ноу-хау останутся разработанные режимы для выращивания различных штаммов микроводорослей.

#### **4.7 Бизнес-модель проекта. Производственный план и план продаж.**

Разработанный фотобиореактор подходит только для домашнего использования или небольших офисных помещений, так как максимальный объем выращивания микроводорослей составляет 3 литра. Таким образом, помимо продажи самого устройства для бытового использования может выпускаться сборник рецептов блюд с микроводорослями. Кроме этого, так как микроводоросли могут применяться не только в качестве пищевой добавки, но и как косметическое средство, может выпускаться сборник с рецептами кремов, тоников и другой ухаживающей косметикой.

Также дополнительным источником дохода является продажа расходных материалов: штаммов микроводорослей и питательной среды.

При использовании устройства в офисах и общественных помещениях необходимо увеличивать объемы емкостей для выращивания, так как потреблять готовый продукт будет большее количество людей. В этом случае может появиться линейка корпусов, которые бы предусматривали различный объем. Будет организовано послепродажное обслуживание, что также является дополнительным источником дохода.

В качестве бизнес модели была составлена модель Остервальдера, в которой подробно описаны девять ключевых элементов бизнеса (Приложение Р).

#### **4.8 Стратегия продвижения продукта на рынок**

Так как в настоящее время в России мало, кто осведомлен о пользе микроводорослей, необходимо познакомить пользователя с продуктом. Только после знакомства продукт можно выпускать на рынок.

В первую очередь продукт можно распространять через спортивные залы, фитнес центры и спа-салоны, например, в меню может быть введен коктейль на основе микроводорослей, где первый коктейль будет пробным и бесплатным. Также может продаваться месячный курс коктейлей по себестоимости, чтобы люди смогли оценить результат и захотели приобрести устройство себе домой.

Также могут проводиться промо акции в супермаркетах, где будет раскрываться польза микроводорослей, рекламироваться продукт и устройство, а люди смогут пробовать концентрат микроводорослей, либо напитки на их основе.

Кроме этого, рекламные акции устройства и продукта могут проводиться через блогеров на ютубе и в инстаграмме, которые пропагандируют правильное питание и здоровый образ жизни. К ним можно отнести Машу Соколову, Соню Солдатову, Юлию Ушакову и других.

Фотобиореактор производит продукт, влияющий на здоровье человека. Было рассмотрено 3 устройства, которые в той или иной мере помогают человеку оставаться здоровым: очиститель воздуха, ионизатор, прибор для спелеотерапии (солевая лампа). Первых два прибора реализуются через магазины цифровой и бытовой техники, а солевые лампы продаются через аптеки. Таким образом, фотобиореактор может продаваться, как через магазины, так и через аптеки, только в этом случае устройство будет позиционировать по-разному на разную целевую аудиторию.

## **5 Социальная ответственность**

Целью выпускной квалификационной работы является разработка дизайна корпуса фотобиореактора для выращивания микроводорослей в домашних условиях. Микроводоросли широко применяются в качестве источника необходимых питательных веществ в рационе человека и животных, основы для изготовления спортивного питания, а также для изготовления косметических средств. Таким образом, потенциальными потребителями проектируемого устройства являются люди, заботящиеся о своем здоровье и внешнем виде, люди с домашними животными, спортсмены, люди, имеющие профессию, связанную с тяжелыми физическими нагрузками.

Разработка корпуса проходит такие этапы, как эскизирование, проектирование, 3D-моделирование, визуализация и макетирование. Спроектированный фотобиореактор состоит из корпуса, изготовленного из белого и цветного пластика, двух емкостей, изготовленных из прозрачного пластика, и четырех алюминиевых пластин. Пластиковые элементы корпуса в мелкосерийном производстве изготавливаются методом вакуумной формовки в матрицу, а алюминиевые пластины вырезаются при помощи лазера.

В рамках данного раздела определяются возможные опасные и вредные факторы технологического процесса при производстве пластиковых деталей, создаются мероприятия по предотвращению негативного воздействия приборов на здоровье человека, разрабатываются безопасные условия труда, рассматриваются организационные и технические меры, которые должны предприниматься в чрезвычайных ситуациях, а также изучаются вопросы охраны окружающей среды.

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

### **5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Трудовое право определяется как вид социальных правил, система общеобязательных, установленных или санкционированных и обеспеченных государственных норм, которые позволяют регулировать общественные отношения. Трудовое право может включать в себя не только нормы, установленные государством, но и нормы, разработанные работодателем. Работодатели вправе принимать локальные нормативные акты, содержащие нормы трудового права, в пределах своих компетенций.

Нормы трудового права регламентируют такие аспекты работы, как:

- Права и обязанности работников и работодателей;
- Минимальный размер оплаты труда;
- Максимальную продолжительность рабочей недели;
- Минимальную продолжительность оплачиваемого отпуска;
- Нормы охраны труда.

В рамках данного раздела будут рассмотрены нормы трудового права для разработки и производства бытового фотобиореактора, а также эргономические требования к рабочим местам на каждом этапе жизненного цикла устройства.

На этапе разработки дизайн-проекта большую часть времени занимает создание визуального образа, моделирование и визуализация с использованием персонального компьютера. При работе за компьютером тело человек долгое время находится в статичном положении, также идет нагрузка на центральную нервную систему и зрительный анализатор. Кроме этого, человек может подвергаться следующим видам негативного воздействия:

- Повышенное излучение от ПК;

- Нарушение организации рабочего места (неправильная посадка, неправильное расположение монитора и так далее);
- Недостаточная освещенность рабочего места;
- Наличие посторонних шумов.

Как и любая трудовая деятельность, работа за компьютером предполагает наличие перерывов за рабочую смену. При равномерной нагрузке и выполнении работ без повышенной вредности и опасности работник имеет право на перерыв для отдыха и употребления пищи. Однако, при длительной работе за компьютером предусмотрено дополнительное время отдыха. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, совокупная продолжительность отдыха за одну смену составляет 50-140 минут [68]. Отвлечение от монитора и физическая разминка должны происходить не реже, чем один раз в два часа. Однако, если рабочая смена длится 12 часов, то последние 4 часа работы предполагают пятнадцатиминутный перерыв каждый час. Такие перерывы позволяют поддерживать необходимый уровень производственной безопасности, а также снятие излишнего физического и морального напряжения.

Все пластиковые детали корпуса фотобиореактора изготавливаются методом вакуумной формовки в матрицу. Можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы при работе с вакуумно-формовочной машиной:

- Подвижные части производственного оборудования;
- Повышенные уровни шума;
- Повышенная влажность, температура и запыленность воздуха;
- Повышенная температура поверхности оборудования.

Перед началом работы на вакуумно-формовочной машине работник должен надеть спецодежду и обувь, проверить уплотнение дверей сушильной камеры, работу вакуумной установки, исправность ограждений вращающихся частей оборудования, исправность инструментов и



контрольно-измерительных приборов. В процессе рабочей смены работник должен следовать инструкции по охране труда при работе на вакуум-формовочной машине [69].

Работу на вакуум-формовочной машине можно отнести к виду работы с вредными и опасными условиями труда, поэтому, согласно 108 статье Трудового кодекса Российской Федерации [70], продолжительность работы за одну неделю составляет 30-36 часов. Если работник находится на смене 5 дней в неделю, то ему предоставляется два дня для отдыха, длительность которого, по общему правилу, не должна быть меньше 42 часов. В течении рабочей смены рабочему выделяется один обеденный перерыв длительностью 30-60 минут, а также двадцатиминутные перерывы каждые два часа.

Для работающих во вредных и опасных условиях труда предусмотрен основной оплачиваемый отпуск длительностью не менее 28 дней и дополнительный оплачиваемый отпуск. Дополнительный отпуск служит для нейтрализации воздействия неблагоприятных факторов на рабочего.

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

При организации рабочего места необходимо учитывать эргономические требования для обеспечения эффективного, безопасного и комфортного рабочего процесса. Рациональная организация рабочего места позволит снизить утомляемость человека и сохранить его здоровье. В первую очередь будут рассмотрены основные эргономические требования, предъявляемые к оборудованию и организации рабочего места пользователя ПК [71]:

- Конструкция всех элементов рабочего места, а также их взаимное расположение должны соответствовать эргономическим требованиям с учетом характера деятельности, выполняемой пользователем;

- Экран монитора ПК должен находиться на расстоянии 600-700 мм от пользователя;
- При вертикальном расположении монитора ПК уровень глаз должен приходиться на центр или 2/3 высоты экрана. Линия взора должна быть перпендикулярна центру экрана, а ее отклонение от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости должно равняться  $\pm (5-10)^\circ$ ;
- На рабочем месте должна находиться подставка для ног с габаритными размерами не менее 300X400 мм, возможностью регулировки по высоте до 150 мм, и по углу до  $20^\circ$ . Поверхность подставки должна быть рельефной;
- Сиденье и спинка стула или кресла должны обладать полумягкой поверхностью с нескользящим, воздухопроницаемым и не электризующимся покрытием, которое легко очищается от загрязнений.

Таким образом, при соблюдении данных требований будет увеличена работоспособность и производительность отдельного сотрудника и коллектива в целом.

В процессе трудовой деятельности людей, работающих на станках, в том числе вакуум-формовочных машинах, преобладает мышечная нагрузка. Для таких видов работы требуется высокая координация движений, концентрация внимания, сосредоточенное наблюдение за ходом технологического процесса. Работа за станком связана с рабочей позой стоя, непостоянной ходьбой и временным физическим напряжением.

Для работы в положении стоя высота рабочей поверхности должна равняться 1100 мм над уровнем пола. В зоне оптимальной досягаемости (900-1150 мм) должны размещаться важные и часто используемые органы управления. Вспомогательные органы управления могут располагаться в зоне максимальной досягаемости моторного поля (750-1800 мм) из-за редкого использования (2-4 раза за смену) [72].

Работы на станках имеют второй разряд зрительной работы – работы очень высокой точности. Поэтому размер объектов не должен быть меньше 0,15-0,3 мм, а также должен обеспечиваться средний контраст объекта с фоном. Работа на станках связана с повышенным напряжением зрительного анализатора, а в поле зрения присутствуют движущие части. Исходя из этого, рекомендуемое освещение на рабочем месте должно составлять 1000 лк [73].

Также важно рассмотреть этап эксплуатации фотобиореактора. Так как данное устройство является бытовым прибором, работа с ним осуществляется в кухонной зоне. Для обеспечения комфортной работы с устройством необходимо подобрать нужную высоту кухонного гарнитура. В настоящее время в большинстве кухонных гарнитуров столешница располагается на высоте 850 мм над уровнем пола. Однако, если рост пользователя больше, то есть возможность приподнять кухонный гарнитур с помощью специальных ножек для кухонной мебели. Благодаря данному решению высота столешницы будет регулироваться в диапазоне 850 до 960 мм.

## **5.2 Производственная безопасность**

Производственной безопасностью называют систему организационных мероприятий и технических средств, которые уменьшают или предотвращают вероятность воздействия на рабочих опасных производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности [74]. В рамках данного раздела будут рассмотрены и проанализированы опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть в процессе проектирования, производства и эксплуатации бытового фотобиореактора. По результатам проделанной работы будет составлен список мероприятий, благодаря которым можно будет избежать воздействия вредных и опасных факторов на всех этапах жизненного цикла изделия.

Для выявления потенциальных опасных и вредных факторов был изучен ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы.

Классификация» [75]. Список опасных и вредных факторов, характерных для проектирования, производства и эксплуатации фотобиореактора представлен в приложении С.

### 5.2.1 Анализ вредных факторов, возникающих при разработке и эксплуатации фотобиореактора

Микроклимат на рабочем месте определяется как совокупность факторов, влияющих на человека, таких как температура, влажность, скорость движения воздуха и температура окружающих поверхностей. Отклонения от оптимальных показателей микроклимата могут возникнуть на любом этапе жизненного цикла устройства и привести нарушению теплообмена организма человека. Для обеспечения нормального функционирования и теплового состояния организма необходимо поддерживать оптимальные показатели микроклимата.

На рисунке 49 приведены оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах.

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

Рисунок 49 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочем месте

Для обеспечения и поддержания оптимальных показателей микроклимата используются коллективные средства защиты, такие как установки кондиционирования, отопительные установки, вентиляция и увлажнители воздуха.

Превышение уровня шума на рабочем месте может возникнуть на этапе производства фотобиореактора при работе на вакуум-формовочной машине. Шумы создают значительную нагрузку на нервную систему человека, в результате чего длительное воздействие шума может привести к заболеваниям ЦНС, головной боли, раздражительности, снижению слуха и глухоте. Оптимальные показатели шума на рабочем месте приведены на рисунке 50.

Предельно допустимые эквивалентные уровни звука, дБА			
Категории напряженности трудового процесса	Категории тяжести трудового процесса		
	легкая и средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени
Напряженность легкой и средней степени	80	75	75
Напряженный труд 1 степени	70	65	65
Напряженный труд 2 степени	60	-	-
Напряженный труд 3 степени	50	-	-

<\*> Примечание. Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса по условиям труда следует проводить в соответствии с действующим документом по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса.

Рисунок 50 - Оптимальные показатели шума на рабочем месте

Для поддержания оптимальных показателей шума необходимо использовать средства коллективной защиты (звукопоглощающие покрытия, защитные кожухи, перфорированные экраны) и индивидуальной защиты (средства защиты для ушей).

Недостаток естественного и искусственного освещения может возникнуть как при разработке и производстве фотобиореактора, так и при его эксплуатации. Недостаточное освещение создает нагрузку на зрительный аппарат, влияет на психику и эмоциональное состояние человека, вызывает усталость ЦНС. Норма освещенности рабочего места зависит от его категории. Так, работу на вакуум-формовочной машине можно отнести к работе с очень высокой точностью, для которой нормы освещенности находятся в диапазоне 1000-4000 лк. При работе за персональным компьютером, норма освещенности находится в пределах 300 лк. Такая же освещенность должна поддерживаться и при эксплуатации фотобиореактора.

Кроме уровня освещенности, необходимо учитывать такие показатели, как ослепленность и коэффициент пульсации источника освещения. Оптимальные значения для первого показателя находятся в пределах 10-40 %, а для второго – не больше 15 %.

В качестве мер защиты можно применять комбинированные системы освещения с использованием люминесцентных ламп типа ЛБ и ЛД [76].

В основном, все бытовые приборы, станки и компьютеры питаются от сети 220 В частотой 50 Гц, а напряжение считается безопасным, если равно меньше 42 В. При работе с бытовыми приборами человек может замкнуть собой цепь: проводник-рука-туловище-нога-земля, в результате чего получит травму. При получении электрической травмы происходит поражение центральной нервной системы и сердечно-сосудистой системы, может нарушиться ритм дыхания или сердца и наступить их остановка.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током необходимо использовать индивидуальные средства защиты: диэлектрические перчатки, диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки.

В производстве наличие вибрации на рабочем месте достаточно распространено, поэтому необходимо определить ее действительное значение и сократить до установленных норм. В случае с производством фотобиореактора источником вибрации является вакуум-формовочная машина. На рисунке 51 приведены допустимые значения вибрации на рабочем месте.

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Коррекция	Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения	
				м/с <sup>2</sup>	дБ
Локальная		X <sub>л</sub> , Y <sub>л</sub> , Z <sub>л</sub>	W <sub>h</sub>	2,0	126
Общая	1	Z <sub>o</sub>	W <sub>k</sub>	0,56	115
		X <sub>o</sub> , Y <sub>o</sub>	W <sub>d</sub>	0,40	112
	2	Z <sub>o</sub>	W <sub>k</sub>	0,28	109
		X <sub>o</sub> , Y <sub>o</sub>	W <sub>d</sub>	0,2	106
	3а	Z <sub>o</sub>	W <sub>k</sub>	0,1	100
		X <sub>o</sub> , Y <sub>o</sub>	W <sub>d</sub>	0,071	97
	3б	Z <sub>o</sub>	W <sub>k</sub>	0,04	92
		X <sub>o</sub> , Y <sub>o</sub>	W <sub>d</sub>	0,028	89
	3в	Z <sub>o</sub>	W <sub>k</sub>	0,014	83
		X <sub>o</sub> , Y <sub>o</sub>	W <sub>d</sub>	0,0099	80

Рисунок 51 – Допустимые значения вибрации на рабочем месте

В случае если уровень вибрации превышает допустимые значения, изменяется физиологическое и функциональное состояние человека. Это может проявляться в повышении утомляемости, увеличении времени зрительной и двигательной реакции, нарушении вестибулярного аппарата, нарушении координации движений. Кроме этого могут развиваться нервные заболевания, заболевания сердечно-сосудистой системы, нарушение функций опорно-двигательного аппарата.

Для предотвращения возникновения вибрационной болезни необходимо использовать средства индивидуальной защиты, например, защитные перчатки, рукавицы и обувь, прокладки и вкладыши.

В процессе работы на персональном компьютере или за станком могут возникнуть нервно-психические перегрузки, которые включают в себя умственное и эмоциональное перенапряжение и перенапряжение анализаторов. Нервно-психологические перегрузки могут проявляться в виде чувства постоянно усталости, раздражительности, заторможенности или излишней активности, депрессии или навязчивости. В случае, если не приняты меры по нормализации психического состояния, могут появиться заболевания сердечно-сосудистой системы, ослабление иммунной системы и

дисфункция пищеварительной системы. Для предотвращения перегрузок нервной системы, работникам должно быть отведено достаточное количество времени для отдыха.

### **5.2.2 Обоснование мероприятий по защите работника от действия опасных и вредных факторов**

Для уменьшения или исключения действия вредных и опасных факторов на человека на рабочем месте проводится целый комплекс мероприятий по охране труда. К данным мероприятиям могут относиться инженерно-технические решения, расчеты, выбор и обоснования защитных и санитарно-гигиенических систем и устройств. В приложении Т приведен список мероприятий по защите от влияния вредных факторов, описанных выше.

## **5.3. Экологическая безопасность**

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

Экологическая безопасность отражает состояние защищенности природной среды и интересов человека от возможного негативного влияния природных и антропогенных факторов, чрезвычайных ситуаций и их последствий. Проектируемый объект может создавать угрозу экологической безопасности, как на этапе производства, так и в процессе эксплуатации. Это негативное влияние на экологию связано с возможными отходами и выбросами.

Для выявления степени негативного влияния объекта исследования на окружающую среду необходимо провести анализ материалов, используемых для его производства. Для создания фотобиореактора используются ABS-пластик, акриловое стекло и алюминий.

ABS-пластик – это современный материал, представляющий собой синтетический полимер желтоватого цвета. Данный материал получают



методом сополимеризации, суть которого заключается в совместной полимеризации нескольких отдельных мономеров, в результате чего образуются высокомолекулярные составы.

ABS-пластик может представлять опасность для окружающей среды и для здоровья человека в нескольких случаях. Во-первых, при нагреве пластика до температуры плавления выделяются пары ядовитого акрилонитрила, что может вызвать раздражение глаз и дыхательных путей, головную боль и тошноту. Однако эта угроза для человека есть только на этапе производства самого пластика, так как температура плавления (220 °С) не достигается ни при формовании пластика, ни при эксплуатации устройства.

Угроза экологии заключается в том, что ABS-пластик разлагается в почве не менее 500 лет, в воде этот срок увеличивается в несколько раз. Кроме этого, во время разложения пластика, выделяются токсичные вещества (стирол, фенол, уретан и другие), которые отравляют почву и воду.

Акриловое стекло получают промышленным методом путем полимеризации метилового акрилата и прозрачного акрилового органического материала. Как и все виды синтетических пластиков, акриловое стекло при нагреве до 160 °С выделяет токсичные пары, которые могут нанести вред здоровью человека и окружающей среде. Также, изделия из данного материала имеют длительный срок разложения в почве (не менее 500 лет).

Алюминий является одним из самых экологичных материалов в настоящее время. Так, изготовления алюминия происходит на заводах, использующих гидроэлектроэнергию, что полностью исключает вредные выбросы в атмосферу. В процессе эксплуатации, изделия из алюминия не выделяют никаких вредных или опасных паров. И, хотя процесс разложения изделий из алюминия занимает приблизительно 500 лет, алюминий является самым часто перерабатываемым материалом.

### 5.3.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

Жизненный цикл изделия включает в себя явления и процессы, начиная от зарождения идеи нового продукта и заканчивая его утилизацией по завершению срока эксплуатации. На рисунке 52 представлены основные этапы жизненного цикла изделия.



Рисунок 52 – Этапы жизненного цикла изделия

Приведенные этапы жизненного цикла изделия будут рассмотрены на примере устройства для выращивания микроводорослей.

На этапе маркетинговых исследований проводится анализ рынка и изучение спроса в области товаров здорового питания, суперфудов и БАДов. Затем происходит разработка дизайн-проекта, в рамках которого формируются принципиальные решения, создаются геометрические модели и чертежи, проводятся расчеты и моделирования процессов. Таким образом, этап проектирования включает в себя широкий спектр работ, начиная от создания внешнего вида устройства и заканчивая испытаниями прототипа.

По завершению этапа проектирования начинается подготовка к производству, для чего необходимо разработать маршрутную и операционную технологию изготовления деталей, технологию сборки и монтажа изделий, а также технологию контроля и испытаний.

На этапе производства изготавливаются матрицы для вакуумной формовки деталей, формы для литья, приобретаются материалы и

комплектующие, непосредственное изготовление всех деталей, сборка устройства, испытания и итоговый контроль.

К постпроизводственным этапам относится упаковка, транспортировка, продажа потребителю, эксплуатация, ремонт и обслуживание и утилизация.

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

Если рассматривать жизненный цикл устройства с точки зрения экологической безопасности, то основная угроза заключается в длительном сроке разложения пластиковых деталей, то есть возникает проблема утилизации. Фотобиореактор проектировался таким образом, что элементы корпуса могут разбираться и собираться неограниченное количество раз, что позволяет без труда заменить любую вышедшую из строя деталь. Сломанная деталь может быть направлена на завод производителя, где она будет переработана, а потребитель может получить исправную деталь.

Так, детали корпуса, изготовленные из ABS-пластика, могут быть переработаны методом литья, которое происходит под давлением или экструзией. Полученные в ходе переработки листы ABS-пластика могут применяться для облицовки дверей, внешней облицовки и в сантехнике (умывальники, ванны, душевые кабины).

Емкости, изготовленные из акрилового стекла, также можно перерабатывать и повторно использовать. Однако, акриловое стекло относится к седьмой группе перерабатываемых пластмасс и в основном не собирается для утилизации. Поэтому завод-производитель может организовать сбор емкостей из акрилового стекла, которые можно будет разрезать на небольшие кусочки, переплавить и использовать в других продуктах.

Детали из алюминия поддаются сто процентной переработке, не утрачивая при этом своих свойств. Поэтому из переплавленного алюминия можно получать аналогичные детали неограниченное количество раз.

Кроме проблемы утилизации существует также опасность интоксикации организма человека в процессе производства пластиковых изделий. Для предохранения дыхательных путей, кожных покровов и глаз необходимо использовать индивидуальные средства защиты: спецодежду, перчатки, очки, щитки, респираторы, изолирующие защитные приспособления.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в процессе разработки, производстве и эксплуатации устройства**

Чрезвычайные ситуации – это совокупность обстоятельств и условий, возникших на определенной территории в результате аварии, катастрофы или опасного природного явления. Чрезвычайные ситуации делятся на природные, техногенные и биолого-социальные. Чрезвычайные ситуации могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, материальные потери, нарушение жизнедеятельности людей. Ликвидацию чрезвычайных ситуаций осуществляют предприятия, учреждения и организации, на территории которых произошло происшествие.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является возникновение пожара. Данное происшествие может случиться при использовании персонального компьютера, при работе с вакуум-формовочной машиной, а также в процессе эксплуатации самого устройства. Это может быть связано с рядом факторов:

- Нарушение правил пользования бытовыми приборами;
- Неисправности устройства;
- Неисправность электрической сети.
- Возникновение короткого замыкания в электропроводке.

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

Возможность возникновения пожаров можно свести к минимуму, если регулярно проводить профилактические мероприятия. На производстве необходимо своевременно смазывать трущиеся детали и механизмы качественной смазкой, а также постоянно следить за их температурой, чтобы избежать перегрева. Также необходимо систематически контролировать исправность защитных устройств и аппаратов на электрооборудовании.

Для профилактики пожаров в жилых помещениях необходимо тщательно проверять электрооборудование, при наличии каких-либо дефектов следует избегать их эксплуатации. Также необходимо рассчитывать напряжение общей сети и не подключать к ней одновременно несколько мощных приборов, чтобы избежать возникновения замыкания.

В случае возникновения возгорания необходимо выполнить следующие действия:

- Сообщить о пожаре по телефону «112» или «01»;
- Если горение только началось, можно потушить его водой, накрыть толстым покрывалом, забросать песком или землей;
- Горящую электропроводку и электроприборы нельзя тушить водой;
- В случае, если нет возможности справиться с огнем, необходимо немедленно покинуть помещение;
- При высокой температуре и задымленности следует передвигаться ползком, прикрывая нос и рот влажной тряпкой или рукавом рубашки;
- При невозможности эвакуироваться следует загерметизировать свое помещение, и звать на помощь через окна или балкон.

## 5.5 Выводы

В результате проведенных исследований в рамках раздела «Социальная ответственность» были изучены правовые нормы трудового законодательства для рабочих, чья деятельность связана с работой на персональном компьютере, и для рабочих, взаимодействующих со станками на производстве. Также были рассмотрены эргономические требования к рабочим местам с компьютером, станком и кухонным бытовым оборудованием. Соблюдение данных норм и требований позволит обеспечить безопасный и комфортный рабочий процесс, а также снизит возможность воздействия вредных и опасных факторов на человека во время разработки, производства и эксплуатации устройства.

Кроме этого, был проанализирован жизненный цикл проектируемого устройства с точки зрения его воздействия на окружающую среду. В результате анализа было установлено, что вред экологии может быть нанесен только в процессе получения выбранных материалов. А при рациональной организации сбора и переработки деталей, вышедших из строя, устройство не будет наносить вред экологии.

Также были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на этапах разработки, производства и эксплуатации устройства. Были разработаны мероприятия для профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций, а также правила поведения при возникновении происшествия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проектирования был разработан корпус фотобиореактора для выращивания микроводорослей в домашних условиях. Разработанный объект соответствует эргономическим, экономическим, экологическим, эстетическим и технологическим требованиям.

На первом этапе проектирования был проведен анализ существующих аналогов, материалов, используемых для изготовления фотобиореакторов и кухонных бытовых приборов, а также выполнены эскизы. Далее, с использованием программного обеспечения Autodesk Fusion 360 была создана 3D-модель устройства, разработана конструкторская документация и эргономические схемы. Для выявления функциональности устройства был создан прототип в натуральную величину. В качестве графического оформления проекта были выполнены два планшета формата А0, презентация и видеоролик.

Разработанный дизайн-проект может быть запущен в серийное производство. В рамках работы была рассчитана себестоимость устройства, а также разработан план по запуску продукта на рынок.

В процессе работы над дизайн-проектом были решены все поставленные задачи:

- Изучение технологий выращивания микроводорослей;
- Изучение существующих аналогов;
- Разработка конструктивного и художественного решения;
- Поиск уникальной формы с помощью эскизирования;
- Эргономический анализ устройства;
- 3D-моделирование;
- Выбор материалов и технологий изготовления устройства;
- Создание прототипа устройства;
- Разработка графического оформления проекта;
- Разработка конструкторской документации;

- Создание презентационного видеоролика;
- Анализ финансовой оценки проекта;
- Оценка безопасности проекта.



## Приложение А

(Рекомендуемое)

### Техническое задание

Количество блоков	электрический блок, емкость, крышка
Комплекующие	компрессор, 2 драйвера, котроллер, нагревательная спираль, светодиоды.
Емкость	Объем от 3 литров. Форма цилиндрическая или сферическая или коническая. Материал изготовления прозрачный или непрозрачный пластик (тогда предусмотреть окошечко для наблюдения) или стекло. Необходимо обеспечить возможность мыть емкость, также необходимо обеспечить удобное использование - наличие крышки или отсека для добавления воды и микроэлементов, а также простое отсоединение блока культивирования от блока электрики (чтобы не поднимать всю электронику, когда сливаем готовый продукт), либо наличие сливных кранов
Панель управления	Экран, органы управления, датчики (циркуляции, нагрева). Отображается температура и концентрация, время культивирования либо время до готовности. Также можно вынести параметры освещения (облученность/PPFD, спектральный состав), показывать будут не с датчика, а с заложенных в контроллер данных. Выбор режима: спирулина, хлорелла, свободный режим. Органы управления для включения всех элементов электрического блока (компрессора, вентилятора, нагревательного элемента). Общая кнопка на включение/выключение устройства. Панель управления располагается в верхней части устройства. Работает







	от сети.
Гигиенические требования	Госты, снипы, нормативы по объектам, взаимодействующим с продуктами питания
Экономические требования	Материалы и технология изготовления выбираются с учетом обеспечения привлекательного внешнего вида, но готовое устройство должно быть доступно для жителей среднего класса
Цветовое решение	произвольное
Дополнительные устройства/аксессуары	Система хранения для питательных растворов и маточных растворов, инфракрасная сушилка для водоросли. Дополнительно можно предусмотреть возможность масштабирования/модульности (чтобы эргономично сопрягались) для больших семей или коллективов

## Приложение Б

(Рекомендуемое)

### Внутренние комплектующие

Название	Характеристики	Габариты	Количество	Цена, шт	Фотография
Компрессор на батарейках Силонг DC-900	Мощность 5 Вт Производительность 100 (л/ч) Батарейки 2xD (1,5 В)  Максимальное автономное время работы - 18 часов	12x10x6	1	405	
Компрессор AQUAEL OXYBOOST 200 plus, двухканальный	Мощность: 2,5 Вт Производительность: 200 л/ч Объем аквариума: 150-200 л	10 x 10 x 6 см, вес 0.37 кг	1	871	
Профиль алюминиевый		15x15 1 м	1	45	
Распылитель для компрессора	Керамический	30x50x6 мм Вес 90г	2	25	

Шланг		5 мм 1м	1	25	
Драйвер ИПС35-300	Допустимое входное напряжение 44-116 В Максимально потребляемая мощность 39Вт Максимальная входная мощность 35Вт Расчетное время работы 60000 часов.	202x30x 28 мм 156 г	2	1596	
Светодиоды	диоды белого и красного цвета (1:2)		48	2100	
Греющий кабель SRL 16-2	Кабель способен самостоятельно менять свое тепловыделение в зависимости от окружающей температуры.  Кабель безопасен в работе, долговечен, надежен в работе, имеет низкое электропотребление.	Ширин а 1 мм Толщин а 3-4 мм	2 длинны основан ия корпуса	190 за м	
Модуль AVR Mega16	Сменный модуль для подключения контроллеров AVR в DIP40 корпусах. Таких как ATmega16, ATmega32, ATmega8535 Позволяет расширить возможности отладочной платы.		1	400	
Микроконтроллер ATmega16		4.83x 52.58x 13.97 мм	1	380	



**Приложение В**  
(Справочное)  
**Результаты экспертной оценки**

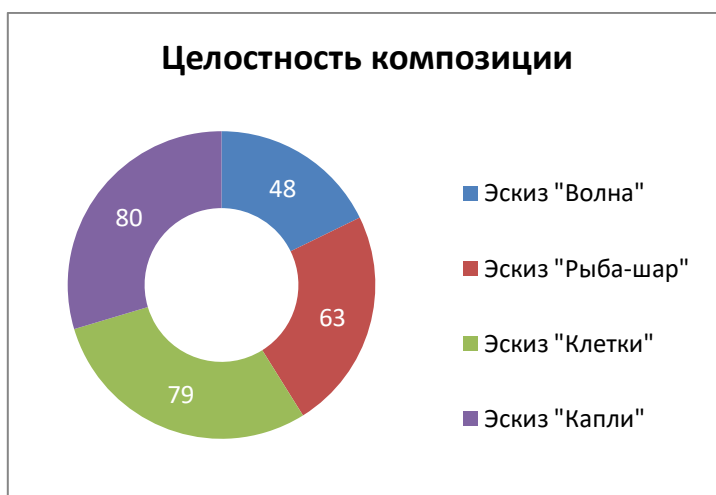


Рисунок В.1 – Диаграмма по критерию «Целостность композиции»

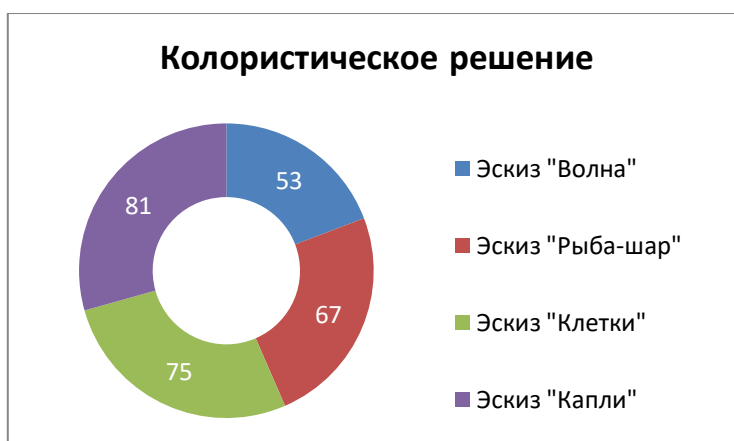


Рисунок В.2 – Диаграмма по критерию «Колористическое решение»

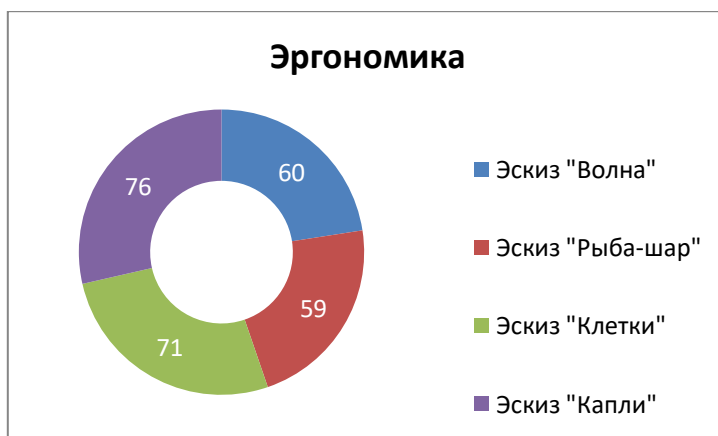


Рисунок В.3 – Диаграмма по критерию «Эргономика взаимодействия»

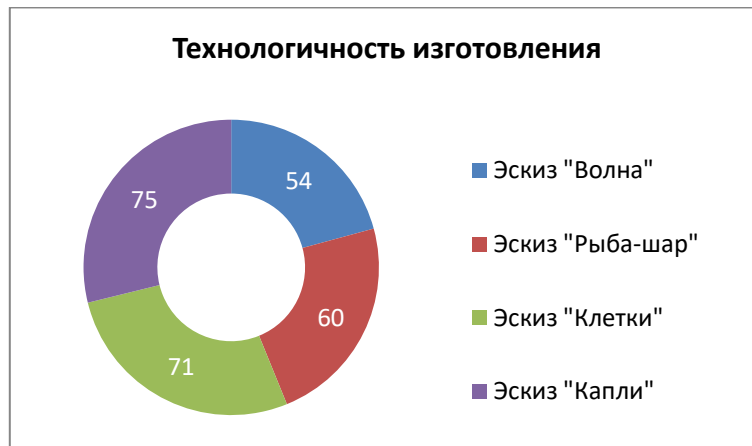
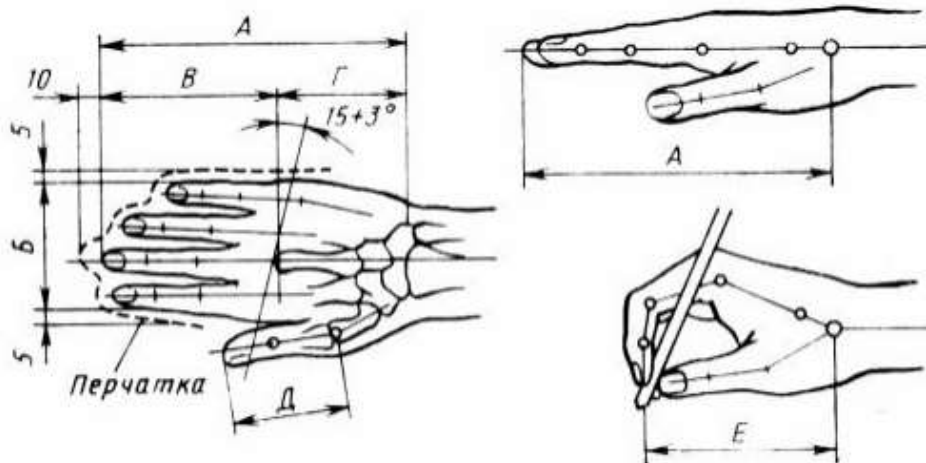


Рисунок В.4 – Диаграмма по критерию «Технологичность изготовления»

## Приложение Г

(Справочное)

### Антропометрические параметры руки



Измеряемая величина	Обозначение (по рис. 1.18)	Мужчины		Женщины	
		Средняя	Максимальная	Средняя	Максимальная
Длина кисти	<i>A</i>	193	208	176	178
Ширина кисти (у основания большого пальца)	<i>B</i>	86	94	74	79
Длина среднего пальца	<i>B</i>	117	127	102	104
Длина пястья (до центра кулака)	<i>Г</i>	76	81	71	74
Длина большого пальца	<i>Д</i>	69	76	61	61
Длина кисти при письме	<i>E</i>	117	127	–	104



## Приложение Д

(Рекомендуемое)

### Графический анализ ручки

Серым цветом отмечены места контакта ладони и пальцев с ручкой.

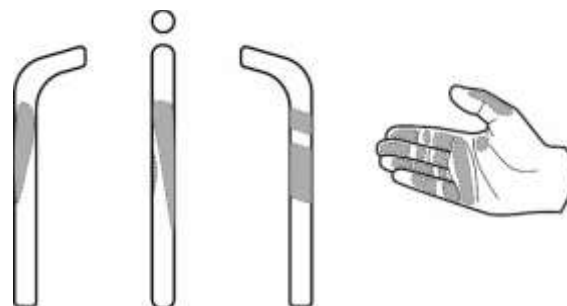


Рисунок Д.1 - Ручка с круглым сечением 38 мм в диаметре (размеры по ГОСТу), прямая

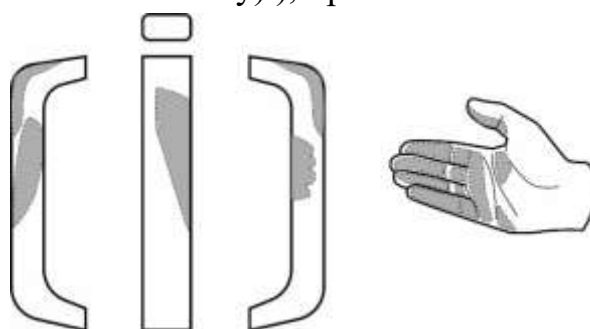


Рисунок Д.2 - Ручка с квадратным сечением 40x30 мм, прямая

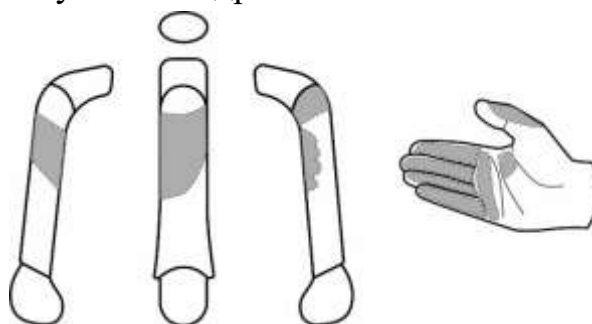


Рисунок Д.3 - Ручка с эллиптическим сечением 40x30 мм, угол наклона 15°

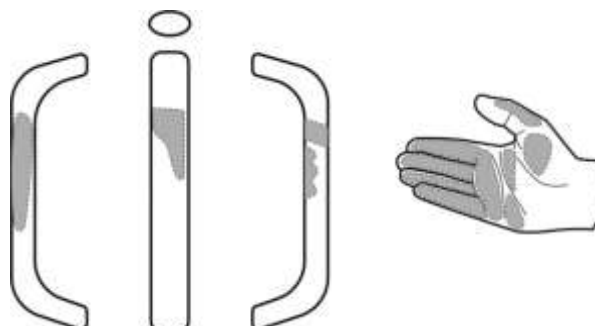


Рисунок Д.4 - Ручка с эллиптическим сечением 30x20 мм, прямая

## Приложение Е

(Обязательное)

### Тестирование ручек



Рисунок Е.1 - Ручка с круглым сечением 38 мм в диаметре (размеры по ГОСТу), прямая



Рисунок Е.2 - Ручка с квадратным сечением 40x30 мм, прямая



Рисунок Е.3 - Ручка с эллиптическим сечением 40x30 мм, угол наклона 15°



Рисунок Е.4- Ручка с эллиптическим сечением 30x20 мм, прямая

## Приложение Ж

(Обязательное)

### Графический анализ панели управления



Рисунок Ж.1 - Поле обзора горизонтальной панели управления в положении стоя



Рисунок Ж.2 - Поле обзора панели управления с углом наклона 30° в положении стоя

**Приложение К**  
(Рекомендуемое)  
**Работа с поверхностями**

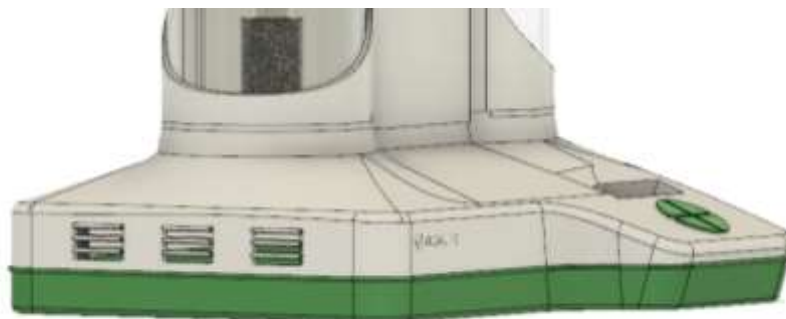


Рисунок К.1 – Перфорация и насечки на боковой поверхности подставки



Рисунок К.2 – Перфорация и насечки на крышке устройства



Рисунок К.3 – Насечки на ручке емкости

## Приложение Л

(Обязательное)

### Цветовое решение фотобиореактора



Рисунок Л.1 – Цветовое решение с бирюзовым цветом



Рисунок Л.2 – Цветовое решение с розовым цветом



Рисунок Л.3 – Цветовое решение с серо-зеленым цветом

**Приложение М**  
**(Обязательное)**  
**Конструкторская документация**

## Приложение Н

(Обязательное)

### Оформление слайдов презентации

#### ФОТОБИОРЕАКТОР ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

Выполнила Викулова Мария  
Научный руководитель Хмелевский Юрий Петрович

Рисунок Н.1 - Оформление титульного слайда

Заголовок

1



Рисунок Н.2 – Оформление слайда с изображением



Спортсмены



Владельцы домашних  
животных



Граждане, заботящиеся  
о своем здоровье





Рисунок Н.3 – Оформление слайда с инфографикой







## Приложение О

(Обязательное)

### Стоимость комплектующих

Название	Характеристики	Габариты	Количество	Цена, шт	Фотография
Компрессор AQUAEL ОХУВОО ST 200 plus, двухканальный	Мощность: 2,5 Вт Производительность: 200 л/ч Объем аквариума: 150-200 л	10 х 10 х 6 см, вес 0.37 кг	1	871	
Распылитель для компрессора	Керамический	30x50 x6 мм Вес 90г	2	25	
Шланг		5 мм 1м	1	25	
Драйвер ИПС35-300	Допустимое входное напряжение 44-116 В Максимально потребляемая мощность 39Вт Максимальная входная мощность 35Вт Расчетное время работы 60000 часов.	202x30x28 мм 156 г	2	1596	

Светодиоды	диоды белого и красного цвета (1:2)		48	2100	
Греющий кабель SRL 16-2	Кабель способен самостоятельно менять свое тепловыделение в зависимости от окружающей температуры.  Кабель безопасен в работе, долговечен, надежен в работе, имеет низкое электропотребление.	Ширина 1 мм Толщина 3-4 мм	2 длины основания корпуса	190 за м	
Модуль AVR Mega16	Сменный модуль для подключения контроллеров AVR в DIP40 корпусах. Таких как ATmega16, ATmega32, ATmega8535 Позволяет расширить возможности отладочной платы.		1	400	
Микроконтроллер ATmega16		4.83x 52.58x 13.97 мм	1	380	



## Приложение Р

(Обязательное)

### Бизнес модель Остервальдера

<p><b>Ключевые партнеры</b> Отношения производителя с поставщиком для гарантии получения качественных комплектов.</p>	<p><b>Ключевые виды деятельности</b> <b>Производство</b> Производство фотобиореакторов для выращивания микроводорослей Обеспечение послепродажного обслуживания</p>	<p><b>Ценностные предложения</b> Объем производимой продукции ежедневно больше, чем у конкурентов. Наличие двух емкостей позволяет выращивать два вида водорослей одновременно. Наличие режимов позволяет выращивать любые виды микроводорослей. Устройство экологически-безопасное, есть возможность заменить любую деталь, в случае если она вышла из строя, что увеличивает срок службы устройства. Прибор подлежит переработки по истечению срока</p>	<p><b>Взаимоотношения с клиентами</b> Создание соцсетей для поддержания обсуждений, ответов на вопросы клиентов. Персональная поддержка во время покупки устройства и последующее обслуживание прибора.</p>	<p><b>Потребительские сегменты</b> Многосторонние рынки (люди, следящие за своим питанием, люди, ухаживающие за своей внешностью, люди, у которых есть домашние питомцы).</p>
	<p><b>Ключевые ресурсы</b> Точки продаж, Бренд, Команда, Финансовые</p>		<p><b>Каналы сбыта</b> Создание сайта, настройка таргетированной рекламы для определенной целевой аудитории, реклама блогеров, которые пропагандируют здоровый образ жизни,</p>	

		эксплуатации. Современный дизайн. Легкость в эксплуатации и обслуживании.	размещение рекламных баннеров в фитнес центрах/аптеках. Участие в выставках, связанных со спортом и правильным питанием	
<b>Структура издержек</b> Расходы на создание, воплощение и тестирование фотобиореактора Поддержание взаимодействия с клиентами Аренда помещения Выплаты зарплаты команде Реклама Налоги		<b>Потоки поступления доходов</b> Продажа устройства для частного использования. Сдача устройства в аренду для офисных помещений или фитнес центров. Послепродажное обслуживание		

## Приложение С

(Обязательное)

### Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата				<p>Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[77].</p> <p>Требования к шуму на рабочем месте регламентирует ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [78].</p> <p>Электробезопасность на рабочем месте устанавливает ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [79].</p> <p>Вибрацию на рабочем месте нормирует СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [80].</p> <p>Требования к микроклимату на рабочем месте устанавливает СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования</p>
2. Превышение уровня шума				
3. Отсутствие или недостаток естественного или искусственного света				
4. пониженная световая и цветовая контрастность				
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека				
6. Повышенный уровень локальной вибрации				
7. Нервно-психические перегрузки				
8. Умственное				

перенапряжение				к микроклимату производственных помещений [81].
9. Длительное сосредоточенное наблюдение				Умственное, эмоциональное и психологическое напряжение регламентирует Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [82].

## Приложение Т

(Обязательное)

### Мероприятия по защите от опасных и вредных факторов

Опасные и вредные факторы	Мероприятия
1. Отклонение показателей микроклимата	Оборудования помещений системами отопления; Установка и регулярное обслуживание систем вентиляции и кондиционирования; Установка штор, жалюзи, козырьков, навесов для защиты здания от солнца; Использование рациональных технологических процессов и оборудования; Установка теплозащитных экранов; Использование средств индивидуальной защиты.
2. Превышение уровня шума	Использование звукоизолирующих кабин наблюдения; Установка звукозащитных кожухов на оборудование; Использование акустических экранов; Использование глушителей шума в установках.
3. Отсутствие или недостаток естественного или искусственного света	Установка более мощных ламп в светильниках; Установка дополнительных



<p>4. пониженная световая и цветовая контрастность</p>	<p>источников освещения; Использование люминесцентных ламп; Установка дополнительного источника для освещения рабочей поверхности; Чистка стекол в светопроемах при недостатке естественного освещения; Перемещение рабочих мест в зоны с достаточным естественным освещением.</p>
<p>5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека</p>	<p>Обеспечение недоступности электроведущих частей; Обеспечение защитного заземления, зануления или защитного отключения оборудования; Проведение профилактических мер с целью предупреждения повреждений изоляции; Использование электрозащитных средств; Обеспечение безопасной эксплуатации оборудования.</p>
<p>6. Повышенный уровень локальной вибрации</p>	<p>Использование кабин дистанционного управления; Применение динамического виброгашения; Проведение гидропроцедур или процедур сухого воздушного</p>

	<p>обогрева для рук;</p> <p>Проведение производственной гимнастики;</p> <p>Витаминопрофилактика.</p>
7. Нервно-психические перегрузки	<p>Ограничение поступающей информации;</p> <p>Рациональное распределение время труда и отдыха;</p> <p>Проведение производственной гимнастики;</p> <p>Прослушивание функциональной музыки;</p> <p>Организация комнат для психологической разгрузки</p>
8. Умственное перенапряжение	
9. Длительное сосредоточенное наблюдение	

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная организация здравоохранения. Основные проблемы питания [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.who.int/nutrition/challenges/ru/> (Дата обращения: 20.01.19)
2. В.П. Казначеев. Экология человека. Основные проблемы. / Сборник научных трудов Москва «Наука», 1988
3. Батурин А.К., Мендельсон Г.И. Питание и здоровье: проблемы XXI века // Пищевая промышленность. – 2005. - №5. – С. 38-40.
4. Еганян А.Г. Улучшение качества продуктов питания как основа повышения конкурентоспособности // Пищевая промышленность. – 2006. - №6. – С. 52-54.
5. Богатырев А.Н. Качество пищи и культура питания // Пищевая промышленность. – 2006. - № 7, 8.
6. Владимирова М.Г., Семенов В.Е. Интенсивная культура одноклеточных во-дорослей. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 59 с.
7. Мельников С.С. Спирулина: Справочное пособие в вопросах и ответах. Минск: Право и экономика, 2005. 51 с.
8. Махамадбеков С.М., Хайтова Л.Т. Продуктивность хлореллы и перспективы ее использования в хозяйственных целях // Физиология растений -сельскому хозяйству: Сб. статей. Душанбе: Изд-во АН ТаджССР, 1965. С. 55-63.
9. Спруж Я.Я., Тумалаев Н.Р. Перспективы использования хлореллы: рекомендации. Махачкала: Госагропром ДАССР, 1990. 68 с.
10. Музафаров, А.М. Культивирование и применение микроводорослей / А.М. Музафаров, Т.Т. Таубаев. - Ташкент: Фан УзССР. - 1984. - 136 с.
11. Яковлева, Т.В. Применение суспензии хлореллы в кормлении свиней / Т.В. Яковлева, Л.А. Яковлев // Ученые записки УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»: науч.-практ. журнал. - Витебск. - 2013. - Т. 49, вып. 2, ч. 1. - С. 264-268.

12. Муханов Н. Б., Шорабаев Е. Ж., Дастанова Ж. К. Возможности использования биомассы хлореллы в кормлении сельскохозяйственных животных // Молодой ученый. — 2015. — №7.2. — С. 21-22. — URL <https://moluch.ru/archive/87/17222/> (дата обращения: 21.01.2019).
13. Эленшлетер А. Терапевтическая эффективность использования суспензии хлореллы в рационах коров //Профилактика и терапия болезней животных.-Барнаул.-1981.-С.32.39
14. Долгов В. Повышение биологической ценности хлореллы //Пути повышения качества продуктов животноводства и их ветеринарно-санитарная оценка.-Киев.-1981.-С. 166-168.
15. Лисовский Г. М. Управляемое культивирование микроводорослей. Изд. «Наука», 1964. – 153с
16. Хлорелла в косметике [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://cosmetic.ua/hlorella\\_v\\_kosmetike](http://cosmetic.ua/hlorella_v_kosmetike) (Дата обращения: 15.02.19)
17. Минюк, Г.С. Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс [Текст] / Г.С. Минюк, И.В. Дробецкая, И.Н. Чубчикова // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, № 2. – С. 5–23
18. Березов, Т.Т. Биологическая химия [Текст]: учебник / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина, 2008. – 704 с.
19. Перт, С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток [Текст] / С. Дж. Перт; перевод с англ. Т.А. Петровой, И.Н. Позмоговой под ред. И.Л. Работновой – М.: Мир, 1978. – 332 с.
20. Штоль, А.А. Расчет и конструирование культиваторов для одноклеточных водорослей [Текст] / А.А. Штоль, Е.С. Мельников, Б.Г. Ковров. – Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1976. – 96 с.
21. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник/ Г.Б. Минервин, В.Т. Шимко, А.В. Ефимов и др. - М., «Архитектура - С», 2004, 288 с
22. Alg&you [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.alg-and-you.com/> (Дата обращения: 02.03.19)

23. Spirugrow [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://spirugrow.it/> (Дата обращения: 02.03.19)
24. Оборудование для культивирования хлореллы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.xn--80ajrbapo1b.xn--plai/equipment-for-clorella.html> (Дата обращения: 02.03.19)
25. Музафаров А.М. Таубаев Т.Т. Культивирование и применение микроводорослей. –Т.: ФАН Узбекской ССР, 1984. –122 с.
26. Немецкий фотобиореактор фирмы AEN Engineering GmbH & Co. KG [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://aen-engineering.ucoz.com/> (Дата обращения: 02.03.19)
27. Янушкина Ю.В. Визуально-кинестетическая экология публичных пространств современного города. - Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 7, Филос. 2014. № 3 (23) - С. 71–76.
28. Чайник K810 Gold [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.bork.ru/eShop/Gold\\_line/k810-gold/](https://www.bork.ru/eShop/Gold_line/k810-gold/) (Дата обращения: 02.03.19)
29. Йогуртница REDMOND RYM-5402 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://redmond.company/ru/products/yogurt\\_makers/yogurt\\_nica-redmond-rym-5402/](https://redmond.company/ru/products/yogurt_makers/yogurt_nica-redmond-rym-5402/) (Дата обращения: 02.03.19)
30. Качалов Н. Стекло. Издательство АН СССР. Москва. 1959
31. Ашарина Н.А. Русское стекло. – М., 1998.
32. Матушевская А. Натуральные и искусственные смолы – некоторые аспекты структуры и свойств: сборник / отв. ред. З. В. Костяшова, редколлегия: З. В. Костяшова, Т. Ю. Суворова, А. Р. Манукян. — Калининград : Министерство культуры Калининградской области, Калининградский областной музей янтаря, 2013. — 113 с.
33. Аскадский А.А. Структура и свойства теплостойких полимеров. М., Химия, 1981.
34. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы. Состав, свойства, технология, применение: Справочное издание. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1983. — 280 с.: ил.

35. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник/ Г.Б. Минервин, В.Т. Шимко, А.В. Ефимов и др. - М., «Архитектура - С», 2004, 288 с
36. Мартин Б., Ханингтон Б. Универсальные методы дизайна. - СПб.: Питер, 2014. - 208 с.: ил.
37. Мартынов Ф.Т. Основные законы и принципы эстетического формообразования и их проявления в архитектуре и дизайне. Екатеринбург, 1992.
38. Манн, Иванов, Фербер. Дизайн-сценарий. Определение и типология дизайн-сценария, Москва, 2002.
39. Бондарев Ю.И. Формообразование как основа дисциплин «Дизайн-проектирования» и «Рисунок» // Наука. Искусство. Культура. - 2016.- №4. - С. 111-120.
40. Промышленный дизайн: учебное пособие/ под ред. Б.Е. Кочегаров. – ДВГТУ, 2006. – 153 С.
41. Метод Дельфи – в чем заключается, достоинства и недостатки, как его эффективно использовать? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kak-bog.ru/metod-delfi-v-chem-zaklyuchaetsya-dostoinstva-i-nedostatki-kak-ego-effektivno-ispolzovat> (Дата обращения: 21.03.19)
42. Общероссийский классификатор стандартов [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://standartgost.ru/g/pkey-14294848765/%D0%9E%D0%9A\\_001-2000](https://standartgost.ru/g/pkey-14294848765/%D0%9E%D0%9A_001-2000) (Дата обращения: 03.05.2019)
43. ГОСТ 7400-81. Электрочайники и электросамовары бытовые. Технические условия
44. Акселерация роста и развития [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://narfu.ru/agnu/www.agtu.ru/fad08f5ab5ca9486942a52596ba6582elit.html> (Дата обращения: 11.04.19)
45. СТБ ЕН 547-2-2003. Безопасность машин. Размеры тела человека. Часть 2. Основные принципы для определения размеров отверстий доступа отдельными частями тела

46. Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна: Учебник для студентов вузов/ И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А. Л. Карунин, В.В. Ломакин, В.М. Шарипов; Под общ. ред. В.М. Шарипова. – М.: МГТУ “МАМИ”, 2002. - 230 с
47. Чулков Н. А. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 180 с.
48. СТБ ЕН 547-3-2003. Безопасность машин. Размеры тела человека. Часть 3. Антропометрические данные
49. Современные промышленные термопласты. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.chemicalnow.ru/chemies-5632-1.html> (Дата обращения: 19.04.19)
50. Панкина М.В., Захарова С.В. Экологический дизайн как направление современного дизайна. Определение понятия // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9670> (дата обращения: 03.06.2019).
51. Крепление саморезами древесины, металла, ДСП, ДВП, пластика, кирпича, бетона, оргалита. Шурупы. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://hw4.ru/tighten-screw-process> (Дата обращения: 23.05.19)
52. Цветоведение и колористика: учебное пособие / О.А. Куликова, Е.М. Давыдова; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. – 122с.
53. Фрейзер Б. Реальный мир. Управление цветом. – Вильямс, 2006. – 624 с.
54. Adobe Color [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://color.adobe.com/ru/create> (Дата обращения: 23.05.19)
55. Бецольд В. Учение о цветах по отношению к искусству и технике. — СПб, 1878
56. Туэмлоу Э. Графический дизайн. Фирменный стиль, новейшие технологии и креативные идеи. – М.: Астрель, 2006. – 298 с.

57. Черчилль Г., Браун Т. Маркетинговые исследования. Москва, 2007. – 704 с.
58. Биотех 2030. Маркетинговое исследование мировой индустрии микроводорослей, Декабрь 2016 / Биотех 2030. – URL : <http://docplayer.ru/57656864-Marketingovoe-issledovanie.html> (дата обращения : 06.05.2019).
59. Мещерякова Ю. В. Культивирование микроводоросли хлорелла / Ю. В. Мещерякова // Наука в центральной России. – 2013. – №2. – С. 56–60.
60. Маркетинговое исследование – суперфуд [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://givemebid.com/superfood18072016/> (Дата обращения: 17.05.19)
61. Горшков Д.В. Рынок экологически чистых продуктов: зарубежный опыт и перспективы России [Текст] / Д.В. Горшков // Маркетинг в России и за рубежом. – 2004. - №6.
62. Российский рынок здоровых продуктов: тенденции и перспективы [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://bake.ingredients.pro/news/editorial/rynok-zdorovykh-produktov-tendentsii-i-perspektivy/> (Дата обращения: 17.05.19)
63. Анализ рынка биологически активных добавок [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.alppp.ru/law/informacija-i-informatizacija/44/statja--analiz-rynka-biologicheski-aktivnyh-dobavok.html> (Дата обращения: 17.05.19)
64. Гуковский И.С. Российский рынок БАД тенденции и перспективы// Фармацевтический вестник №14 (377), 2005 - С.28.
65. Вакуумная формовка пластика [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.viraj-spb.ru/vakuumnaya-formovka-plastika/> (Дата обращения: 19.05.19)
66. Алюминиевые листы в Томске [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://dural16.ru/delivery/Tomsk> (Дата обращения: 19.05.19)



67. Патентная система налогообложения [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.nalog.ru/rn70/taxation/taxes/patent/> (Дата обращения: 19.05.19)

68. СанПиН 2.2.2\_2.4.1340-03 "Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы"

69. Инструкция по охране труда при работе на вакуум формовочной машине [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://инструкция-по-охране-труда.рф> (Дата обращения: 27.05.19)

70. Трудовой кодекс Российской Федерации, ст.108. Перерывы для отдыха и питания

71. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы : Санитарные правила и нормы . — М .: Информационно-издательский центр Госкомсаннадзора России, 1996. — 64 с.

72. ГОСТ 22269-76. Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. – Введ. 01.01.78 - М.: Издательство стандартов, 1990

73. ГОСТ 12.3.025 – 80. Система стандартов безопасности труда. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. – Введ. 01.07.82 - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

74. Производственная безопасность БЖД. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/3567302/> (Дата обращения: 27.05.19)

75. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 01.03.2017 - М.: Стандартиформ, 2016

76. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. – Введ. 08.05.2017 - М.: Стандартиформ, 2017

77. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – Введ. 01.11.2015 - М.: Стандартинформ, 2015

78. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – Введ. 01.07.83 - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

79. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – Введ. 31.10.96 - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

80. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Введ. 01.10.96 - М.: Стандартинформ, 2017

81. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – Введ. 01.11.2005 - М.: Стандартинформ, 2016

82. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – Введ. 15.07.2003 - М.: Стандартинформ, 2016