

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов
и производств

Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко


« 25 » июня 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: «Разработка автоматизированной системы управления эксперименталь-
ной установкой по проращиванию микровзелени»

Исполнитель

студент группы 041-об

 21.06.2024
(подпись, дата)

П.К. Стоцкая

Руководитель


профессор, д-р техн. наук

 21.06.2024
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Консультант: по безопасности
и экологичности

доцент, канд. техн. наук

 19.06.2024
(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

профессор, д-р техн. наук

 21.06.2024
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2024


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой


подпись

О.В. Скрипко
И.О. Фамилия

« 28 » июня 2024 г.

З А Д А Н И Е

К выпускной квалификационной работе студента Стоцкой Полины Константиновны _____

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка автоматизированной системы управления экспериментальной установкой по проращиванию микрозелени

(утверждена приказом от 11.04.24 № 965-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) _____

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: 1) Материалы по теме, опубликованные на форумах сайта кафедры АППиЭ; 2) Приказ об утверждении темы бакалаврской работы; 3) Материалы, собранные в ходе практики.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

1) Обзор источников, содержащих информацию о микрозелени, технологиях ее выращивания и устройств для ее выращивания;

2) Изучение полезных свойств микрозелени и факторов, влияющих на ее рост;

3) Пошаговое рассмотрение технологий выращивания микрозелени и предложение собственного устройства для ее выращивания;

4) Разработка конструкции, включая выбор и описание используемого оборудования;

5) Разработка структурной и принципиальной схем устройства управления;

6) Составление алгоритма для написания программы работы контроллера;

7) Написание программы для работы устройства управления;

8) Безопасность и экологичность;

9) Проектирование макетной платы для расположения на ней электронных компонентов

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Процесс технологический

Лист 2: Схемы устройства управления принципиальная и структурная

Лист 3: Конструкция проращивателя

Лист 4: Разработка системы освещения

Лист 5: Схема программы алгоритмическая

Лист 6: Вид внешний контроллера управления

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе:

Безопасность и экологичность – Булгаков А.Б., доцент, канд. техн. наук

7. Дата выдачи задания 05.02 2024

Руководитель выпускной квалификационной работы:

Скрипко Ольга Валерьевна, профессор, д-р техн. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 05.02 2024


(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 94 с., 42 рисунков, 12 таблиц, 7 частей, 43 источников.

МИКРОЗЕЛЕНЬ, ТЕХНОЛОГИЯ, УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЛЕР, АЛГОРИТМ, ARDUINO, ПРОГРАММА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА, КОНСТРУКЦИЯ

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка системы автоматизированного управления экспериментальной установкой по проращиванию микрозелени. Для решения данной задачи был изучен технологический процесс проращивания микрозелени, рассмотрены существующие устройства для ее проращивания, разработана конструкция собственного устройства, разработаны структурная и принципиальная схемы устройства управления проращивателем, произведен подбор аппаратуры для устройства управления, разработан алгоритм программы и написана программа управления, а также разработана печатная плата блока управления.

Разработанная система имеет два режима работы: ручной и автоматический.

Благодаря разработанному устройству можно проращивать микрозелень, использовать его в научных целях, изучая влияние на микрозелень таких параметров среды, как температура и освещенность, а также обучать студентов работе с контроллерами и другими электронными компонентами, программированию. Доработанный проект станет установкой для осуществления научной деятельности по изучению роста и состава микрозелени.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Обзор источников	10
1.1 Обзор работ по проращиванию микрозелени, опубликованных на сайте кафедры АППиЭ	10
1.2 Обзор докладов и статей по проращиванию микрозелени, опубликованных в сборниках и журналах	13
1.3 Обзор источников от других исследователей	14
1.4 Полезные свойства микрозелени	17
2 технологии проращивания микрозелени	21
2.1 Неавтоматизированные способы проращивания	21
2.2 Автоматизированные способы проращивания	23
3.3 Разработка собственной конструкции проращивателя	27
3 Выбор средств автоматизации	30
3.1 Устройство управления на основе циклического таймера JZ-801	30
3.2 Устройство управления на базе микроконтроллера	35
3.2.1 Выбор микроконтроллера	35
3.2.2 Выбор жидкокристаллических индикаторов	40
3.2.3 Выбор преобразователей постоянного напряжения	42
3.2.4 Выбор электронных реле	43
3.2.5 Выбор водяного электронасоса	45
4 Разработка измерителя температуры	46
4.1 Выбор измерителей температуры	46
4.2 Снятие характеристики термистора	47
4.3 Написание программы для измерителя температуры	49
5 Разработка осветительной установки	51
5.1 Влияние освещения на рост микрозелени	51
5.2 Характеристики источников света	52
5.3 Расчет мощности светодиодов	56

5.4	Выбор светодиодов для осветительной установки	58
5.5	Разработка осветительной установки	59
5.6	Снятие характеристик фоторезистора	63
5.7	Разработка программы управления системой освещения	64
6	Разработка программы управления поливом	65
7	Безопасность и экологичность	72
7.1	Безопасность	72
7.1.1	Электробезопасность	72
7.1.2	Требования к техническим средствам АСУ	74
7.1.3	Безопасное освещение	75
7.2	Экологичность	75
7.3	Чрезвычайные ситуации	77
	Заключение	79
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	80
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	85
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	91
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	93

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСУ – Автоматизированная система управления.

Arduino IDE – интегрированная среда разработки для микроконтроллеров.

Компас-3D – Программное обеспечение для создания 3D моделей и чертежей.

PWM/ШИМ (широтно-импульсная модуляция) – способ модуляции, использующий импульсы переменной ширины.

DRAKON Editor - свободный кросс-платформенный редактор диаграмм для визуального языка ДРАКОН.

EasyEDA это - это веб-среда для автоматизированного проектирования электронных устройств.

Proteus Professional – пакет программ для автоматизированного проектирования электронных схем.

DC-DC преобразователь – это преобразователи постоянного напряжения, повышающие либо понижающие его относительно входного.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире все большую популярность приобретает употребление микрозелени – маленьких питательных проростков растений. Это обусловлено тем, что люди всё больше стали уделять внимания экологии и здоровому питанию. Микрогрины известны своим приятным внешним видом, нежной структурой и огромным содержанием витаминов и полезных веществ, которые благотворно влияют на иммунитет, пищеварение, кровеносную систему человека, кожу, волосы и другие системы организма.

Многие люди предпочитают выращивать микрозелень самостоятельно, кто-то даже заводит домашние мини-фермы, используя специальные устройства для ее выращивания – проращиватели. Ежедневный урожай можно снимать круглый год. Для ее выращивания не требуется специальной и сложной подготовки.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке собственного устройства для выращивания микрозелени, а также для изучения влияния на ее рост и состав различных факторов окружающей среды, таких как температура и освещенность.

Тема исследований роста и состава микрозелени актуальна в связи с развитием ее популярности и с тем, что данный вопрос до сих пор является малоизученным. На рынке не представлены устройства для проведения подобных исследований.

При разработке конструкции использовались пластиковый корпус для размещения в нем сетчатых лотков для семян, расходная емкость, форсунки для опрыскивания растений, вмонтированные в крышку корпуса, резиновые трубы для доставки по ним жидкости, а также для отвода жидкости из устройства, металлическая подставка на ножках, поддерживающая конструкцию.

При разработке устройства управления проращивателем были использованы электронные компоненты: микроконтроллер Бузина Нано, DC-DC преоб-

разователь, модуль реле, автомобильный насос омывателя, семисегментные индикаторы, кнопки без фиксации, резисторы, фоторезистор, силовой транзистор, потенциометр, светодиоды, термисторы, переключатель и блок питания, подающий напряжение всей системе управления.

Также было использовано программное обеспечение Arduino IDE, Proteus Professional, EasyEDA, КОМПАС-3D, DRAKON Editor.

В работе был реализован автоматический полив микрозелени по заданным значениям времени, а также разработаны система мониторинга температуры микроклимата и система освещения с постоянным поддержанием необходимого растениям уровня освещенности.

В дальнейшем проект может быть доработан и использован для создания коммерческих проращивателей для домашнего садоводства и научно-исследовательской деятельности.

Также разработанное устройство может быть использовано в качестве учебного стенда для обучения студентов основам электроники и программирования микроконтроллеров.

1 ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ

Данный раздел выпускной квалификационной работы посвящен изучению различных источников, затрагивающих тему микрозелени, ее свойств и пользы, способов ее выращивания, а также средств, методов, технологий выращивания, используемых для этого приборов и приспособлений, и, конечно, автоматических устройств, гроубоксов, проращивателей семян.

В каждом из пунктов этого раздела приведен краткий обзор соответствующих статей.

1.1 Обзор работ по проращиванию микрозелени, опубликованных на сайте кафедры АППиЭ

Статья «Система автоматизации теплиц» [1].

В данной статье рассматривается современная теплица как сложный механизм, направленный на создание максимально комфортных условий для выращивания растений. Такая теплица должна содержать систему автоматического подогрева, вентиляцию воздуха и проветривание, систему орошения и автоконтроль влажности, освещение. Система автоматического подогрева включает в себя датчики температуры, электромагнитные реле, нагреватели и электровентиляторы. Системы вентиляции могут быть разными: простейшие системы представляют собой комплекс оборудования, воздействующего на оконные и/или дверные рамы, в более сложных вариантах возможно использование дополнительных элементов, либо может использоваться полный климат-контроль.

Автоматизировать полив можно с помощью устройств, способных контролировать объем, напор и время полива. Рассмотренные виды орошения: капельная, внутрипочвенная и дождевая. В вариантах освещения рассмотрены люминесцентные лампы, газоразрядные и светодиодные светильники. Приведены преимущества и ограничения использования каждого вида.

Статья «Аэропоника» [2].

Статья поднимает вопросы опробования и трудностях выращивания сельскохозяйственной продукции. Для решения предлагаются к использованию новые

методы выращивания, например, аэропоника. Рассматривается методика такого выращивания, которая включает в себя распыление питательного раствора на корни растений таким образом, чтобы они не успевали высыхать. Такая система включает в себя насосы, таймер, распылители и бак, в котором будет храниться жидкость для полива. Система автоматизированного выращивания данным методом дополняется датчиками (датчик концентрации CO₂, датчик температуры окружающей среды, датчик температуры питательного раствора, датчик освещения) микроконтроллером для управления элементами системы, устройством вывода информации, насосом и светодиодами. Особое внимание уделяется рассмотрению вопросов влияния температуры на рост растений, влияние на них содержания в воздухе кислорода и других газов, а также поглощению излучения с разными длинами волн.

Статья «Система управления микроклиматом в теплице» [3].

В статье рассмотрена система, включающая в себя форточки, систему вентиляции, экраны, досветку, систему испарительного охлаждения и доувлажнения, систему отопления, систему подачи CO₂, датчики (контроля температуры, влажности, ЕС и pH), а также рассмотрены различные системы контурного отопления. Автоматика построена на базе прибора ОВЕН. Статья описывает разработанную и внедренную к эксплуатации систему автоматизированного регулирования микроклимата теплицы в тепличном комбинате «Нефтекамский».

Для регулировки и контроля температуры используются электронные устройства, разделены контуры обогрева. В качестве регулирующих органов использованы имеющиеся трехходовые регулирующие клапаны. Распределенная система управления представляет собой двухуровневую сетевую структуру. Также рассматриваются механизмы обмена данными между контроллерами и решаемые в контроллерах задачи автоматического регулирования температуры, управления насосами и приводами, включения и выключения освещения.

Статья «Автоматический проращиватель семян» [4].

В статье рассматривается проблема неэффективного проращивания микро-

зелени с помощью экстенсивных методов и средств. Потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, а микрозелень, благодаря своим свойствам и составу, способна восполнить эти пробелы и недостаток витаминов в организме, также благотворно повлиять на иммунную и пищеварительную системы. Большое внимание уделено определению понятия «семя» и появлению микрозелени, а также условиям, необходимым для появления этих проростков, и техническим требованиям к проросткам, участвующим в лабораторных испытаниях. Рассмотрены преимущества (автоматизированный процесс, ускоренное проращивание за счет оптимальных условий, возможность выращивать сразу несколько видов) и недостатки стандартных «спраутеров», а также их техническое устройство (емкость с водой, система подачи воды, контейнер, в котором прорастают семена, бак для слива воды, термометр и электроника, контролирующая насос), принцип работы (циркуляция воды в системе полива) и инструкция по эксплуатации.

Статья «Оценка концентраций витаминов и каротиноидов в новых пищевых продуктах» [5].

Микрогрины (рассада съедобных овощей и зелени) за последние несколько лет приобрели популярность как новое кулинарное направление. Они обладают удивительно насыщенным вкусом, яркими цветами и хрустящей текстурой и могут подаваться в качестве съедобного гарнира или нового ингредиента для салата. Однако в настоящее время отсутствуют научные данные о питательной ценности микрогринов. Данная статья описывает настоящее исследование, которое было проведено с целью определения концентраций аскорбиновой кислоты, каротиноидов, филохинона и токоферолов в 25 коммерчески доступных микрозеленых растениях. Результаты показали, что различные микрогрины содержат чрезвычайно разное количество витаминов и каротиноидов. Данные о фитонутриентах могут обеспечить научную основу для оценки питательной ценности микрозеленых растений и внести вклад в базу данных о составе пищевых продуктов. Эти данные также могут быть использованы в качестве ориентира для

рекомендаций учреждений здравоохранения и выбора потребителями свежих овощей.

1.2 Обзор докладов и статей по проращиванию микрозелени, опубликованных в сборниках и журналах

Статья «Разработка конструкции проращивателя микрозелени» [6].

Как видно из названия, статья посвящена разработке конструкции для проращивания микрозелени. План этой разработки был создан исходя из недостатков проращивания ручным устаревшим способом. Такой проращиватель включает в себя группу опрыскивателей, верхний корпус (крышка), нижний корпус (подставка), трубку слива, лоток для семян, поддон, трубку для подачи воды, расходную емкость, насос и контроллер для управления насосом. В статье описаны режимы работы проращивателя, определяемые контроллером, технология проращивания с помощью данного устройства и его технические характеристики.

Статья «Автоматизация аэропонного способа питания растений» [7].

В данном докладе рассмотрены внешние факторы, изменения которых, позволяет контролировать процесс биологических и биохимических превращений в живых системах. Предложена конструкция аэропонной установки и состав автоматизированной системы управления микроклиматом и питанием растений, и приведена ее схема. Техническим результатом, обеспечиваемым аэропонной установкой, является легкость изменения состава питательного раствора и простота его доставки к корням растений за счёт использования водонепроницаемого коллектора.

Статья «Обзор технических средств для проращивания семян» [8].

В данной статье кратко приведен обзор технических средств, применяемых для проращивания семян, обозначены достоинства и недостатки этих средств, предложены пути устранения этих недостатков.

Статья «Автоматизированный проращиватель микрозелени» [9].

В статье рассматривается разработка автоматизированного проращивателя микрозелени, которые используются для биотехнологической трансформации

семян. Описана актуальность данного устройства с учетом стоимости зарубежных аналогов и их недостаточного функционала. Рассмотрены необходимые функции устройства для создания благоприятных условий при проращивании различных сортов семян. Перечислены используемые распространенные электронные компоненты, а также описаны планы по созданию устройства с использованием материалов отечественного производства. Указаны технические характеристики разрабатываемого устройства, приведен пошаговый план по его разработке.

Статья «Автоматизированный гроубокс» [10].

Статья посвящена миниатюрной теплице, устанавливаемой в помещении без создания неудобств для проживающих в нем людей. В такой теплице могут использоваться различные методы выращивания: классический (с использованием почвы) и аэропонный. Эта теплица позволяет выращивать некоторые виды растений, которые без создания специальных для них условий невозможно вырастить дома. Также в статье приводятся схематичный принцип работы устройства и принцип работы системы в виде блок-схемы. Гроубокс можно применять для исследования влияния параметров окружающей среды и питания на рост и химический состав растительного сырья.

1.3 Обзор источников от других исследователей

Статья «Моделирование влажностного режима в автоматизированном гроубоксе» [11].

Статья говорит о важности и актуальности исследования системы интеллектуального управления параметрами технологического процесса выращивания клубники в тепличных условиях. И посвящена она одному из составляющих элементов такого метода – моделированию влажностного режима в гроубоксе. А именно: решению проблемы перевода абсолютных единиц в относительные для построения точной модели. В процессе решения была составлена таблица данных в рабочем диапазоне для гроубокса по ID-диаграмме, приведена сама диаграмма и создан блок перевода абсолютных единиц ($K\Gamma_{water}/K\Gamma_{air}$) в относительные (%) в среде моделирования MATLAB Simulink.

Статья «Динамическая модель VPD в системе управления микроклиматом в гроубоксе» [12].

Статья рассматривает применение динамической модели VPD в системе управления микроклиматом в гроубоксе. В работе предложено дифференциальное уравнение саморегулирования растением температуры листа за счёт явления транспирации под действием дефицита давления водяного пара (VPD). В основу уравнения положена формула объединенного газового закона, а интенсивность транспирации определяется как мощность, которая развивается в листе растения на испарение воды с его поверхности. Структура VPD как объекта управления в гроубоксе представлена обычной каскадной САР с сигналом из промежуточной точки и позволяет осуществить независимую настройку регуляторов при моделировании. Представлены расчеты, таблица, отражающая связь между VPD и некоторыми заболеваниями растений, чертеж структуры VPD как объекта управления и сама модель.

Статья «Устройство для выращивания растений методом барабанной аэропоники» [13].

Представленная модель относится к сельскому хозяйству, в частности к оборудованию для субстратного выращивания растений методом аэропоники, и может быть использована для круглогодичного выращивания сельскохозяйственных растений и размножения безвирусного посадочного материала в контролируемых условиях. В конструкции модели объединены системы аэропоники и гидропоники. Применение барабана позволяет уменьшить размер установки, разделение барабана на 3 части позволяет выращивать растения на разных фазах роста и продолжительности срока вегетации. Использование форсунки позволяет обеспечить дозирование питательного состава в определенных участках барабана, уменьшить расход питательного раствора. Данная установка состоит из основных частей: барабан под установку контейнеров для семян субстратом из льноватина, ведущие ролики, каплеуловитель, сливное отверстие, емкость для хранения питательного раствора, фильтр очистки питательного раствора, элек-

тронасос, распылитель питательного раствора (форсунка), трубопровод, электродвигатель, лампа. Семена выращиваемых растений высеваются на увлажненный субстрат (льноватин). Стандартные контейнеры с семенами устанавливаются в барабан. В статье также представлены общий вид установки и вид отдельного контейнера.

Статья «Автоматизация выращивания микрозелени: проект MFFE» [14].

В работе описан опыт разработки и создания проращивателя для микрозелени. Описаны структурные составляющие автоматической системы, комплектующие, программное решение. Также речь идет о полезных свойствах микрозелени, веществах, содержащихся в ней. Прототип проращивателя разрабатывается с целью понижения цены устройства по сравнению с предлагаемыми на рынке аналогами. Доклад содержит фотографии общего вида микрофермы, описание и фото системы фильтрации воздуха, представленной входным и выходным воздушными фильтрами, блока автоматизации и схем прошивки для Arduino NANO для двух блоков.

Статья «Влияние субстрата на рост микрозелени» [15].

В статье рассказывается о видах субстратов для проращивания семян микрозелени, описывается эксперимент по выявлению субстрата, способствующего наиболее высокой урожайности. Доклад описывает полезность микрозелени и ее влияния на организм, дает определение микрозелени, описывает ее преимущества. В докладе приводится историческая справка о первом употреблении микрогринов. Для экспериментального проращивания выбраны два вида: кресс-салат и свекла мангольд. Описан процесс выращивания, приведены фото, изображающие засеивание и вид субстрата. Приведены две таблицы для сравнительного анализа семян. Доклад подробно описывает влияние каждого субстрата и дает характеристику метода выращивания с использованием именно этого субстрата.

Статья «Микрозелень в грубоксе как основа здорового питания населения в условиях пандемии» [16].

В современных условиях одним из перспективных направлений является

выращивание микрозелени в Гроубоксе. Гроубокс - оборудование для выращивания растений, позволяющее регулировать микроклимат и поддерживать благоприятные условия среды (почвенной или гидропонной). Статья рассказывает об особенностях выращивания микрозелени в гроубоксе и рассказывает об используемых системах: освещение, вентиляция, фильтрация и увлажнение. Особое внимание доклада уделяется разработке освещения, сравниваются виды ламп, приводятся фотографии гроубокса при использовании различных видов освещения и к каждому виду приводится краткое описание.

1.4 Полезные свойства микрозелени

Неоднократные исследования в области эпидемиологии утвердили важность потребления растительной пищи (фруктов и овощей) с целью снижения рисков развития хронических заболеваний (сердечно-сосудистые заболевания, рак). Рацион, в который входит употребление фруктов и овощей, обогащает организм человека аскорбиновой кислотой (витамин С), филлохиноном (витамин К1), каротиноидами (соединения провитамина А), кофферолами (витамин Е). Все эти биологически активные соединения обладают защитными свойствами против развития сердечно-сосудистых заболеваний и рака, а также в целом благотворно влияют на организм человека [17].

Но не всегда и не все люди имеют доступ к свежим и качественным овощам и фруктам. Особенно тяжело приходится тем, кто проживает в суровых природных условиях, жителям крайнего севера, поселенцам холодных территорий или же пустынь и жарких мест, территорий, на которых невозможно земледелие из-за непригодности почв. В такой ситуации на помощь приходит микрозелень, которая может стать хорошим аналогом для получения организмом человека необходимых витаминов и полезных веществ, т.к. ее выращивание не требует засеивания огромных плодородных земель и постоянного ухода. Достаточно простого гроубокса или же проращивателя, который является удобным за счет простоты использования и своих размеров, позволяющих установить его в любом помещении, в том числе в домах. Что является преимуществом данного устройства перед теплицами или фермами и огородами.

Микрозелень – это молодые побеги обычных растений, чаще всего – зелени и корнеплодов, реже – злаков. То есть следующая после проростков стадия формирования растений. Многочисленные исследования ученых всего мира доказали полезность свойств микрогринов. Они содержат в 100 раз больше ферментов, чем в сырых овощах, т.к. находятся в стадии активного роста.

Исследования показали, что микрозелень богата витаминами (С, В, К, Е), минералами, каротиноидами, растительным белком, и такими элементами, как йод, железо, магний, кальций, калий, сера, фосфор, а также эфирными маслами. Эти элементы имеют следующее влияние на организм:

- витамин С является антиоксидантом;
- витамины группы В играют важную роль в клеточном обмене;
- витамин К является антиоксидантом и замедляет процесс старения, повышая барьерную функцию слизистых оболочек и кожи, обеспечивая нормальную деятельность зрительного анализатора;
- витамин Е рассматривается как средство профилактики онкологических заболеваний благодаря его антиоксидантским свойствам, также он благотворно влияет на состояние кожи и волос;
- рутин препятствует образованию тромбов и оказывает противовоспалительный эффект;
- хлорофилл также является антиоксидантом и обладает противоопухолевым эффектом;
- каротиноиды укрепляют иммунитет;
- фолиевая кислота способствует образованию новых клеток;
- все эфирные масла обладают рядом свойств, не зависящих от их вида: противовоспалительным, бактерицидным, интивирусным, укрепляющим, восстанавливающим, расслабляющим, тонизирующим, омолаживающим, интидепрессивным, желчегонным и многими другими.

Также в ней содержится бета-каротин, блокирующий UV-излучение и защищающий кожу, волосы и ногти от негативного воздействия окружающей среды.

Регулярное добавление микрогринов в пищу благотворно влияет на сердечно-сосудистую, пищеварительную, нервную, репродуктивную и эндокринную системы [18].

Микрозелень может свободно добавляться в пищу следующим образом:

- в качестве дополнения к салатам или супам;
- дополнение к коктейлям или сокам перед смешиванием в блендере;
- в качестве посыпки к бутербродам или пище;
- как гарнир;
- добавление в омлеты и запеканки;
- как замена листьев салата в сэндвичах и т.д.

Различные виды микрозелени имеют разный вид, запах и вкус, они зависят от растений, из которых она выращена. Например, у горчицы мягкий приятный аромат, а ее проростки имеют темно-пурпурный цвет. Эти свойства можно использовать для создания неповторимых вкусов блюд.

Как уже было сказано выше, различные виды микрозелени имеют не только разный вкус и внешний вид, но и разный состав и могут оказывать различное влияние на организм. Несколько примеров приведено ниже.

Базилик. В нем содержатся каротин, аскорбиновая кислота, витамины группы В и эфирные масла, благодаря чему он оказывает положительное влияние на систему пищеварения.

Бораго (огуречная трава) способствует снижению стресса, повышает иммунитет и ускоряет метаболизм.

Горох славится высоким содержанием клетчатки, белка и сложных углеводов.

Горчица благоприятно влияет на кровообращение, благодаря укреплению сосудов и повышает аппетит.

Гречка зеленая улучшает пищеварение и повышает иммунитет.

Кольраби известна высоким содержанием витамина С.

Брокколи имеет оздоровительные и противоопухолевые свойства.

Клевер очищает кровь, выводит шлаки и способствует быстрому восстановлению после болезни, т.к. он богат белками и витаминами А, В, С, Е и К.

Кориандр или же кинза оказывает положительное действие на работу сердца и сосудов, т.к. в ее составе масса витаминов, а также фосфор и калий.

Лен способствует поддержанию здоровья, молодости и красоты, а также снижению веса, благодаря содержащимся в нем жирным кислотам Омега-3 [19].

Также микрозелень может помочь в борьбе с лишним весом, т.к. имеет минимальную калорийность. Еще один плюс микрозелени заключается в том, что она не имеет каких-то опасных для здоровья свойств (кроме индивидуальной непереносимости и аллергии) и может свободно добавляться в рацион абсолютно любого человека, а также входить в состав кормов для некоторых животных.

Итак, подводя итоги данного раздела, можно сделать вывод, что употребление микрозелени набирает популярность не случайно. Это отличная добавка к пище, которая помимо приятного внешнего вида, разнообразных вкусовых качеств и нежной текстуры имеет массу полезных свойств и содержит в своем составе огромное количество полезных элементов. Она может стать настоящим спасением для людей, которые не имеют возможности на регулярной основе получать полезные витамины и другие элементы из овощей и фруктов.

В свою очередь, проращиватель становится идеальным устройством для проращивания данного вида зелени, благодаря достоинствам простоты в использовании и компактности. Еще более комфортным устройством является автоматизированный проращиватель, он сводит к минимуму количество манипуляций по уходу за растением, снимает задачи пользователя и освобождает его личное время. Чтобы придать микрозелени необходимые пользователю свойства и качества, нужно знать, какие факторы и каким образом влияют на рост и состав микрогринов. Именно поэтому необходимо создать устройство, позволяющее изучать влияние параметров окружающей среды на растения.

2 ТЕХНОЛОГИИ ПРОРАЩИВАНИЯ МИКРОЗЕЛЕНИ

Существует несколько способов выращивать микрозелень. К таким способам можно отнести как автоматизированные, предполагающие использование автоматизированных проращивателей, так и неавтоматизированные, которые происходят с использованием неавтоматизированных гроубоксов, теплиц, и совсем простых подручных средств.

Данный раздел посвящен описанию этих способов и разработке собственной конструкции для проращивания методом аэропоники. Технология проращивания представлена на листе 1, а внешний вид конструкции – на листе 3.

2.1 Неавтоматизированные способы проращивания

Метод неавтоматизированного проращивания микрозелени предполагает использование субстрата. Он является простейшим из всех способов, так как такой метод не предполагает использования каких-либо механизмов и устройств.

В качестве субстрата могут выступать кокосовый субстрат, верховой торф, вермигрунт, льняной коврик, джутовый коврик, агровата, почва, бумага. Субстрат – питательная среда для развития организмов. Другими словами, субстрат – среда, в которую помещаются семена.

Каждый самостоятельно решает, каким субстратом он будет пользоваться, станет ли использовать примеси, добавки и какие-то удобрения, сколько дней он будет проращивать микрозелень, но все равно основной порядок действий (план основных действий по проращиванию данным методом) сохраняется одинаковым:

1. Подготовка емкости. В качестве емкости подойдет пластиковый толчок, коробка, контейнер, горшок или любой другой сосуд, напоминающий по форме сосуд. В дне проделываются дренажные отверстия, чтобы вода не застаивалась при поливе.

2. Подготовка семян (не является обязательным). Семена предварительно замачиваются, согласно инструкции, к тому или иному виду рассады.

3. Подготовка и расположение субстрата. В емкость помещается выбранный субстрат. Желательно выкладывать его нетолстым слоем (до 4 см).

4. Высадка семян. На поверхность равномерно выкладываются семена и обильно смачиваются из пульверизатора. После этого семена немного укрывают землей (в случае использования грунта/почвы в качестве субстрата).

5. Накрывание емкости. В целях сохранения влажности и тепла емкость укрывается пленкой, крышкой или стеклом.

6. Размещение контейнера. Контейнер с семенами помещается в место с достаточной освещенностью, например, на подоконник.

7. Увлажнение. Увлажнение необходимо проводить ежедневно около трех раз в сутки.

8. Сбор урожая. Стоит помнить, что каждому виду микрозелени необходимо различное количество дней для проращивания.

Все основные этапы (помимо необязательного – замачивания семян) представлены на рисунке 1.

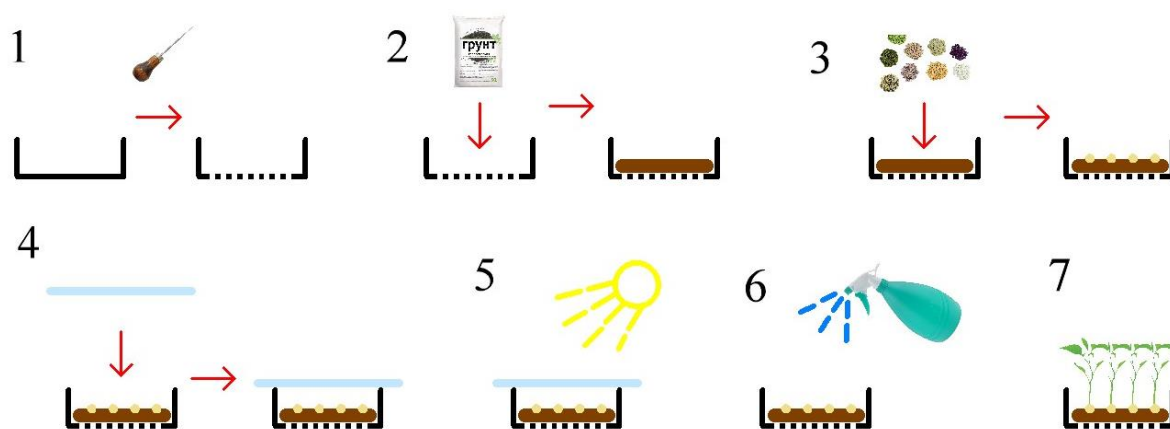


Рисунок 1 – Этапы выращивания микрозелени с использованием субстрата

Данный метод выращивания доставляет множество проблем:

- низкая производительность;
- длительная подготовка оборудования (продельывание отверстий в дне), промывка контейнеров после использования перед новой посадкой;
- длительная подготовка семян (вымачивание);
- возможное возникновение плесени, которое может произойти из-за слишком увлажненного субстрата, из-за зараженного контейнера или субстрата,

из-за повышенной влажности под крышкой, из-за слишком плотной высадки семян, из-за избытка света;

– возможное загнивание микрозелени из-за того, что семена находятся в воде;

– постоянная необходимость контроля процесса роста и постоянная необходимость орошения вручную [20].

Все эти проблемы требуют ежедневного ухода за микрозеленью и ежедневной занятости человека, а также риск возникновения плесени слишком высок и может навредить всему урожаю. Эти трудности легко решаются автоматизацией процесса проращивания, которая сводит к минимуму участие человека и значительно снижает риск возникновения плесени.

2.2 Автоматизированные способы проращивания

К автоматизированным технологиям можно отнести гидропонику и аэропонику.

Гидропоника – способ выращивания растений без почвы (хотя возможно использование другого субстрата) в специально приготовленных растворах солей или в пористых средах, пропитанных такими растворами. Отличительной чертой гидропоники является то, что корни растений постоянно находятся в воде.

Для проращивания таким методом используются специальные конструкции – проращиватели. Они представляют собой боксы, на крышках которых расположены корзинки, в них помещаются семена. Дно этих контейнеров заполнено водой, которая подается с помощью шланга или труб и насоса, а также сливается или откачивается через специальное отверстие. Как правило, циркуляция воды происходит с определенной периодичностью и длительностью. Для этого используются таймеры. Т.к. в конструкции присутствуют таймер и насосы, это требует постоянного подключения проращивателя к сети. Иногда такие устройства дополняются освещением. Также необходимо следить за поддержанием температуры воздуха. Внешний вид стандартного проращивателя микрозелени методом гидропоники представлен на рисунке 2.

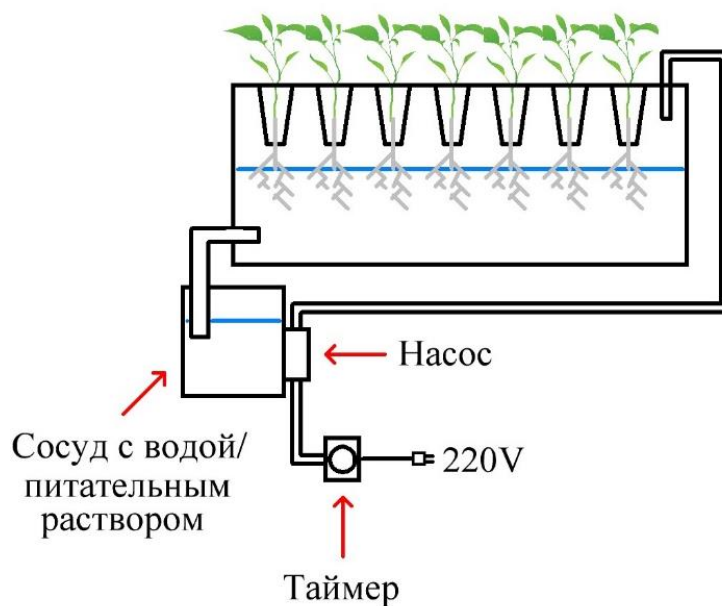


Рисунок 2 – Общий вид конструкции проращивателя для проращивания методом гидропоники

Основные этапы процесса выращивания микрозелени методом гидропоники:

1. Подготовка оборудования. Включает в себя сборку конструкции, заполнение сосуда водой/питательным раствором.
2. Подготовка субстрата и расположение его в лотках/корзинках (при его использовании). В этот шаг входит стерилизация и промывка субстрата водой, а также очищение другими веществами, например, раствором серной кислоты (по необходимости).
3. Высадка семян. Подготовка проводится по необходимости.
4. Расположение проращивателя в выбранном месте с подходящим климатом.
5. Включение в сеть, что обеспечивает работу конструкции и автоматический полив.
6. Сбор урожая.

Из перечисленных выше этапов четко видны преимущества автоматизированного способа выращивания микрозелени над неавтоматизированным. Полив происходит автоматически, нет необходимости тратить на это время и силы, не нужно всё время находиться рядом, система всё сделает сама.

К преимуществам гидропоники можно отнести:

- отсутствие почвы, что означает устранение вредных, патогенных организмов;
- в таких установках можно вырастить гораздо большее количество зелени, в почве же растения не любят скученности;
- рациональное использование воды;
- быстрый рост микрозелени;
- отсутствие вредителей и сорняков;
- усваивание микрогринами всех питательных веществ, ничего не уходит в грунт.

К минусам же выращивания данным методом можно отнести постоянную необходимость подключения к сети, стоимость конструкции, отсутствие поддержания почвой стабильной среды вокруг корней [21].

Аэропоника – процесс выращивания растений в воздушной среде без использования почвы, при котором питательные вещества к корням растений доставляются в виде аэрозоля. Аэропоника является способом проращивания без использования субстрата вообще. Как видно из определения, принцип выращивания данным методом – распыление аэрозолем в закрытых и полужакрытых средах воды или раствора с минеральными веществами. Корни постоянно находятся в воздухе.

Конструкция проращивателя содержит контейнер, в который помещается сеточка (или корзинки) для размещения на ней семян, бак для воды или раствора с минералами, насос, который будет откачивать эту воду и подавать по трубе или шлангу в распылители, а также таймер для регулирования полива. Система требует постоянного питания от сети. Общий вид такой конструкции приведен на рисунке 3.

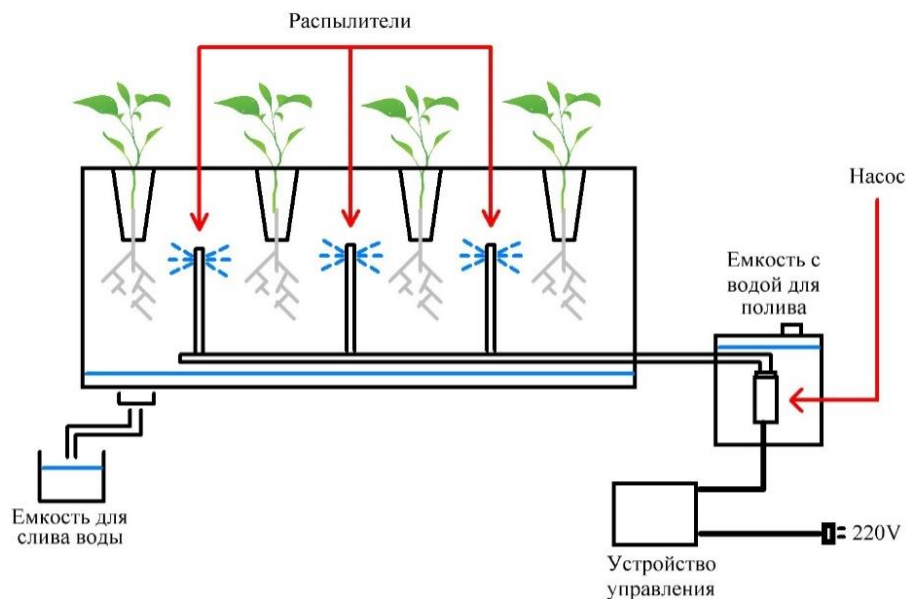


Рисунок 3 – Общий вид конструкции проращивателя для проращивания методом aeropоники

Стандартный набор шагов по работе с таким проращивателем:

1. Подготовка оборудования. Включает в себя сборку конструкции, заполнение сосуда водой/питательным раствором.
2. Высадка семян.
3. Размещение устройства в выбранном месте.
4. Включение проращивателя в сеть.
5. Сбор урожая.

Аeropоника является явным лидером среди остальных видов проращивания микрозелени. Благодаря отсутствию субстрата, упрощается процедура подготовки к высадке, а также невозможно распространение вредителей и болезней. Насыщенная кислородом среда ускоряет рост и развитие растений, ускоренная вегетация позволяет получать урожай несколько раз в год, стабильно и без привязки к колебаниям климата. Распылители орошают aeropонную систему с периодичностью, необходимой для оптимального роста растений. Ухаживать за зеленью и овощами проще простого. Например, для обновления или пересадки достаточно удалить старое растение и промыть оросительную систему. Высокая урожайность благодаря возможности засеивания с высокой плотностью. Глав-

ным плюсом и отличительной чертой является невозможность образования плесени за счет постоянного пролива воды. Вода не застаивается, а сразу же сливается, что спасает от плесени и загнивания. Производительность такой системы составляет 300% от почвенных методов проращивания.

К минусам относятся повышенные требования к гигиене и защите от вирусов и бактерий, т.к. корневая система является открытой, и высокая стоимость устройства, которая полностью окупается его удобством [22].

3.3 Разработка собственной конструкции проращивателя

Использование аэропоники позволяет создавать полностью автоматические системы при условии автоматизации не только полива, но и вентиляции, освещения, поддержания температуры и влажности.

Если система является полностью автоматизированной, действия человека по уходу за микрозеленью сводятся лишь к высадке семян и сбору урожая. Постоянный контроль за ростом не требуется.

На рынке представлены автоматизированные проращиватели микрозелени, автоматизация которых заключается в автоматизации системы полива и, максимум, регулировки температуры путем проветривания среды внутри проращивателя с помощью отверстий в боковых стенках конструкции.

В рамках выпускной квалификационной работы разработан такой проращиватель, который регулирует систему полива, освещения и имеет систему мониторинга температуры.

Такая конструкция, в отличие от описанных в предыдущем пункте, является полностью закрытой. Распылители закреплены на крышке устройства, осуществляется капельный полив, подобный дождю, который орошает не только корни, но и всю микрозелень сверху вниз. В такой среде за счет ее закрытости поддерживается постоянная высокая влажность и достаточно высокая температура, которая измеряется и выводится на индикатор. Оптимальная температура для роста микрозелени составляет от 18 до 24 градусов Цельсия, а оптимальная влажность – от 40 до 60%. Система освещения представлена светодиодами, расположенными над крышкой контейнера. Для получения данных о температуре,

и освещенности внутри конструкции установлены соответствующие датчики. Все системы управляются устройством управления (контроллером), разработке которого посвящен следующий раздел.

Пользователю полностью автоматизированного устройства не придется выстраивать дополнительную систему освещения в помещении и следить за своевременным поливом. Человеку будет необходимо лишь поместить семена в проращиватель, включить контроллер и периодически менять воду, весь остальной уход за семенами выполнит проращиватель. Внешний вид устройства представлен на рисунке 4.

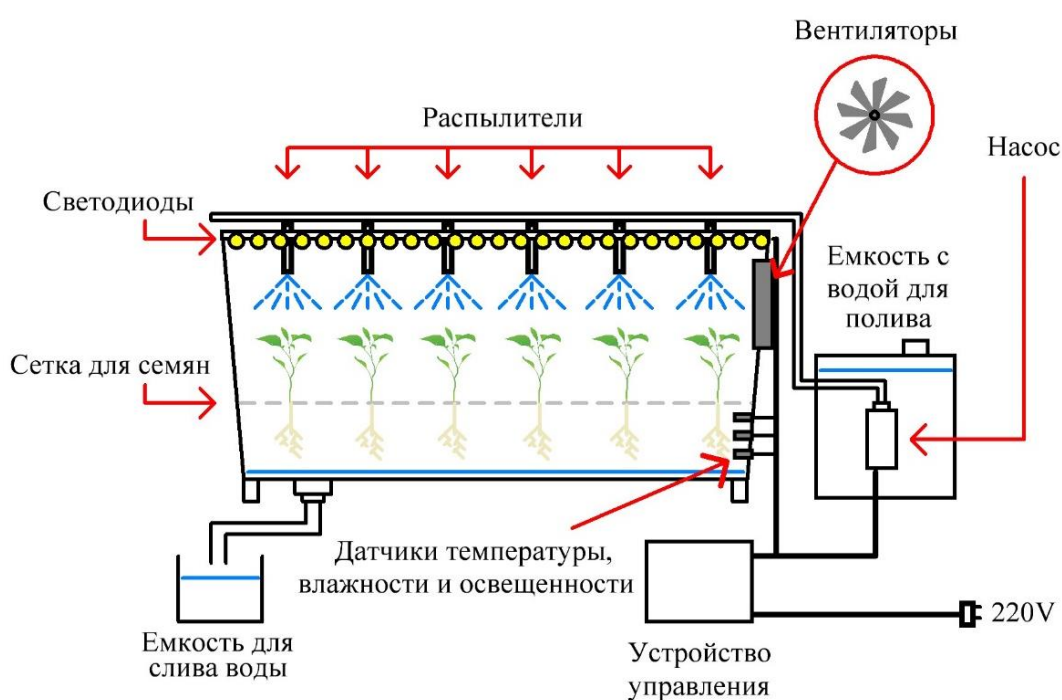


Рисунок 4 – Общий вид конструкции полностью автоматизированного проращивателя

Ранее в рамках курсового проекта был разработан проращиватель с автоматизированной системой полива. Конструкция содержит следующие элементы:

- контейнер – корпус проращивателя;
- подставка для корпуса на ножках;
- пластиковая крышка контейнера с вмонтированным в нее органическим стеклом, в котором проделаны отверстия для форсунок;
- форсунки, соединенные прозрачными трубами между собой;

- насос омывателя автомобильного стекла;
- трубка, соединяющая насос с системой форсунок;
- контейнер для воды/питательного раствора, в который вмонтирован насос;
- насос;
- трубка, вмонтированная в дно контейнера для отвода воды;
- сосуд для приема воды, которая слилась после процесса орошения;
- устройство управления в двух вариантах: на базе микроконтроллера Arduino Nano 3.0 и на базе программируемого циклического таймера JZ-801.

Внешний вид конструкции изображен на рисунке 5. Система является полностью закрытой, полив осуществляется капельным методом. Устройство работает от сети.

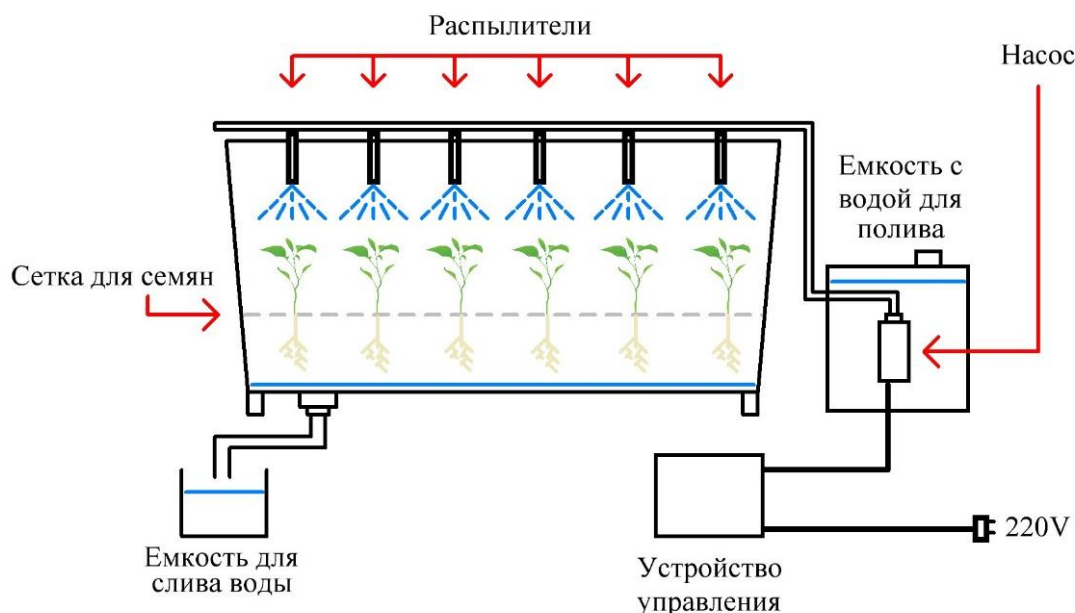


Рисунок 5 – Общий вид конструкции разработанного проращивателя

3 ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Любая автоматизация предполагает использование различных электронных компонентов, а также программируемых контроллеров, которые управляют исполнительными механизмами для осуществления контроля и управления различными процессами и системами. Для осуществления управления электроникой в данной выпускной квалификационной работе используются микроконтроллер Arduino Nano V3 и программируемый циклический таймер JZ-801. Сначала рассмотрим систему на базе циклического таймера.

3.1 Устройство управления на основе циклического таймера JZ-801

Программируемый циклический таймер JZ-801 – реле времени, используемое как программируемый таймер для периодического включения вентиляции, отопления, освещения, микро-насосов, и других устройств с питанием, как от постоянного, так и переменного напряжения. Внешний вид устройства представлен на рисунке 6. В данной выпускной квалификационной работе он будет использован для включения и отключения полива.



а)

б)

Рисунок 6 – Программируемый циклический таймер JZ-801:

а – вид сверху; б – вид снизу

Максимальный ток коммутации реле 10А, но для повышения надежности и долговечности реле желательно ограничить коммутируемый ток до 5А, что при напряжении 220В соответствует мощности 1100Вт.

Присутствует возможность настройки для срабатывания от внешнего сигнала. Имеет LED индикатор отображения текущего отчета времени, режима работы и настройки. Обозначение разъемов и кнопок представлено на рисунке 7.



Рисунок 7 – Обозначение разъемов и кнопок реле JZ-801

Далее приведено назначение разъемов и кнопок.

Разъем 1:

- 6.0 — 30.0V — положительный контакт питание модуля;
- GND — заземляющий контакт питание модуля;
- Trigger — вход управления, положительный контакт;
- GND_T — вход управления, заземляющий контакт.

Разъем 2:

- NO — нормально разомкнутый контакт;
- COM — общий контакт реле;
- NC — нормально замкнутый контакт.

Технические характеристики устройства:

- диапазон питающего напряжения 6–30В;
- управление нагрузкой до 10А (желательно не более 5А) при постоянном напряжении до 30В и переменном до 220В;
- рабочая температура: от -40С до 85С;
- потребляемый ток: 20мА, при замкнутом состоянии реле: 60мА;
- тонкая настройка времени замкнутого и разомкнутого состояния реле;
- временной интервал: 0.1сек. – 999мин.;
- возможность циклического повторения включения/выключения реле;
- количество повторений цикла: 1–999 и режим бесконечного повтора;

- возможность запуска таймера внешним сигналом через вход Trigger;
- напряжение внешнего управляющего сигнала 3-24В.

К особенностям и преимуществам можно отнести присутствие защиты от переплюсовки питания и то, что коммутируемое напряжение гальванически развязано от напряжения питания и управления таймера.

Модуль реле времени собран в бескорпусном виде, габариты платы 63 мм на 37 мм. В левом части модуля установлен трехразрядный семисегментный дисплей, на котором отображается режим работы и время, под ним расположен микроконтроллер. На другой стороне платы установлено одно реле.

Программирование реле осуществляется с помощью четырех кнопок, чтобы зайти в меню выбора режимов, необходимо нажать и удерживать кнопки SET.

- OP — время выключения (время во включенном состоянии);
- CL — время включения (время в выключенном состоянии);
- LOP — количество повторений (рабочих циклов таймера вкл/выкл).

Для того, чтобы сохранить настройки, необходимо снова нажать и удерживать кнопку «SET» на 1-2 секунды, после этого реле покажет выбранный активный режим, дисплей проморгает несколько раз, подтверждая настройки и начнет работать. Во время настроек OP и CL можно задать различные единицы измерения (для отображения используется точка), для этого во время редактирования нажмите кнопку «STOP». Если горит, самая правая точка, время задается в секундах (1с), если горит средняя точка, время в десятых долях секунды (0.1с), если горят все точки, время задается в минутах.

Реле времени может работать в одном из режимов, представленных ниже, чтобы изменить режим, нужно нажать и удерживать кнопку «SET» и кнопками «UP» и «DOWN» выбрать режим.

Режим 1.1: В данном режиме контакты NC — COM замкнуты, а NO — COM разомкнуты, при подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger» реле переключится, контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM замкнуты и начинается отсчет времени установленный в параметре «OP», после

окончания отсчета реле переключится. При повторной подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger», реле не будет реагировать, пока не кончится выставленное время «OP».

Режим 1.2: В данном режиме контакты NC — COM замкнуты, а NO — COM разомкнуты, при подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger» реле переключится, контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM замкнуты и начинается отсчет времени установленный в параметре «OP», после окончания отсчета реле переключится. Но до того, как время закончится, можно начать отсчет времени сначала, подав сигнал на вывод «Trigger».

Режим 1.3: В данном режиме контакты NC — COM замкнуты, а NO — COM разомкнуты, при подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger» реле переключится, контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM замкнуты и начинается отсчет времени установленный в параметре «OP», после окончания отсчета реле переключится. При повторной подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger», реле сбросит время.

Режим 1.4: В данном режиме контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM замкнуты, при подаче питания на модуль реле начнет отсчет времени установленный в параметре «OP», после окончания отсчета реле переключится, на вывод «Trigger» реле не реагирует.

Режим 2.1: В данном режиме контакты NC — COM замкнуты, а NO — COM разомкнуты, при подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger» начинается отсчет времени установленный в параметре «CL», после окончания, реле переключится, контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM замкнуты и начинается отсчет времени установленный в параметре «OP». При повторной подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger», реле не будет реагировать, пока не кончится выставленное время «OP» и «CL».

Режим 2.2: В данном режиме контакты NC — COM замкнуты, а NO — COM разомкнуты, при подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger» начинается отсчет времени установленный в параметре «CL», после окончания реле переключится, контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM

замкнуты и начинается отсчет времени установленный в параметре «OP». До того, как время закончится, можем начать отсчет времени сначала, снова подав сигнал на порт «Trigger».

Режим 3.1: В данном режиме, контакты NC — COM замкнуты, а NO — COM разомкнуты, при подаче логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger» реле переключится, контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM замкнуты и начинается отсчет времени установленный в параметре «OP», после окончания отсчета реле переключится начинается отсчет времени установленный в параметре «CL». Всё это повторяется указанное в параметре «LOP» количество раз, если указана бесконечность (—), то реле будет повторять эти действия бесконечно. При повторной подачи сигнала «Trigger» отсчет остановится и реле перейдет в исходное состояние.

Режим 3.2: В данном режиме, контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM замкнуты, при подаче питания на модуль реле, начинается отсчет времени установленный в параметре «OP», после окончания отсчета реле переключится начинается отсчет времени установленный в параметре «CL». Всё это повторяется указанное в параметре «LOP» количество раз, если указана бесконечность (—), то реле будет повторять эти действия бесконечно. В данной работе используется именно этот режим.

Режим 4: В данном режиме, контакты NC — COM замкнуты, а NO — COM разомкнуты, при подаче и удержании логической единицы (от 3V до 24V) на вывод «Trigger», реле переключится контакты NC — COM разомкнуты, а NO — COM замкнуты. Реле будет в таком состоянии, пока есть сигнал на «Trigger», как только подача сигнала на «Trigger» прекращается, реле отключается не сразу, срабатывает таймер, выставленный в OP и реле переключится [23].

Также данная система имеет желтую кнопку (SB5), включающую полив в ручном режиме, и красный переключатель (SA3), подающий питание. Питание устройства происходит от сети. Схема подключения представлена на рисунке 8. Также эта схема дублируется на листе 2.

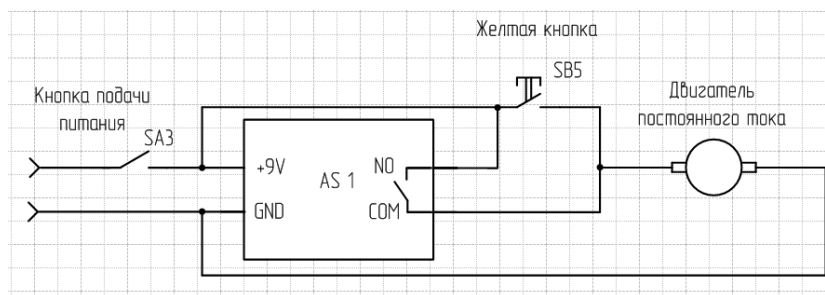


Рисунок 8 – Схема подключения элементов в системе управления поливом на основе реле JZ-801

3.2 Устройство управления на базе микроконтроллера

Устройство управления на базе микроконтроллера включает в себя микроконтроллер, модуль реле, DC-DC преобразователь, четыре индикатора, устройство измерения температуры, представленное двумя термисторами, переключатель между ручным и автоматическим режимами работы, желтую кнопку включения полива в ручном режиме, красный переключатель подачи питания, зеленую резервную кнопку, красную кнопку установки длительности полива, синюю кнопку установки периода полива, силовой транзистор, потенциометр, фоторезистор, светодиоды и блок питания. Структурная схема устройства управления и принципиальная схема подключения элементов приведены на листе 2. Элементы, входящие в состав осветительной установки и устройства измерения температуры, будут описаны в соответствующих разделах.

3.2.1 Выбор микроконтроллера

В данной работе был использован микроконтроллер Бузина Нано, но т.к. он является аналогом Arduino Nano V3, повторяет его распиновку и имеет принцип работы, то ниже будут приведены характеристики для Arduino.

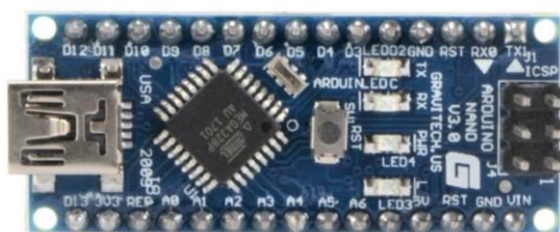
Микроконтроллер – однокристальный, 4-, 8-, 16- или 32-разрядный микрокомпьютер. Разработан специально для встраиваемых систем управления технологическими процессами, периферийными, коммуникационными, бытовыми приборами, и другими устройствами с целью минимизации числа микросхем, энергопотребления и стоимости электроники [24].

Платформа Arduino Nano— открытая и компактная платформа семейства Arduino, построенная на микроконтроллере ATmega328 (Arduino Nano 3.0) или ATmega168 (Arduino Nano 2.x).

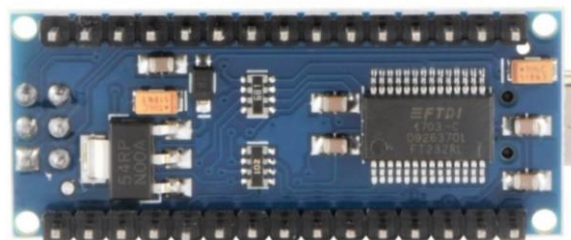
Arduino Nano — это уменьшенный аналог Arduino Uno, отличающийся формфактором платы, которая в 2-2.5 раза меньше (19 x 43 мм), чем Arduino Uno (53 x 69 мм), отсутствием силового разъема постоянного тока и работе через кабель Mini-B USB. Платформа Nano имеет контакты в виде пинов, поэтому ее легко устанавливать на макетную плату. На плате используется чип FTDI FT232RL для USB-Serial преобразования и применяется mini-USB кабель для связи с ардуино вместо стандартного. Связь с различными устройствами обеспечивают UART, I2C и SPI интерфейсы. В данном проекте используется Arduino на микроконтроллере ATmega328. Характеристики прибора отражены в таблице 1, а внешний вид – на рисунке 9.

Таблица 1 – Характеристики Arduino на микроконтроллере ATmega328

Микроконтроллер	ATmega328P
Рабочее напряжение, В	5
Напряжение питания (рекомендуемое), В	7-12
Напряжение питания (предельное), В	6-20
Цифровые входы/выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	8
ШИМ (PWM) пины	6
Постоянный ток через вход/выход, мА	40
Максимальный выходной ток вывода 3.3V, мА	50
Flash-память, Кб	32 из которых 2 используются загрузчиком
SRAM, Кб	2
EEPROM, Кб	1
Тактовая частота, МГц	16
Встроенный светодиод	13
Длина, мм	45.0
Ширина, мм	18.0
Вес, г	7 г



а)



б)

Рисунок 9 – Arduino Nano 3.0:

а – вид сверху; б – вид снизу

Далее представлено описание элементов платы Arduino Nano 3.0:

- USB Jack – разъем USB Mini-B для подключения устройств USB;
- Analog Reference Pin – для определения опорного напряжения АЦП;
- Ground – земля;
- Digital Pins (2-13) – цифровые выводы;
- TXD – пин передачи данных по UART;
- RXD – пин приема данных по UART;
- Reset Button – кнопка перезагрузки микроконтроллера;
- ICSP (In-Circuit Serial Programmer) – контакты для перепрограммирования платы;
- Microcontroller ATmega328P – микроконтроллер — главный элемент на плате;
- Analog Input Pins (A0-A7) – аналоговые входы;
- Vin – вход используется для подачи питания от внешнего источника;
- Ground Pins – земля;
- 5 Volt Power Pin – питание 5 В;
- 3 Volt Power Pin – питание 3.3 В;
- RST – вход для перезагрузки;
- SMD Crystal – кварцевый резонатор (жарг. «кварц») — прибор, в котором пьезоэлектрический эффект и явление механического резонанса используются для построения высокочастотного резонансного элемента электронной схемы;
- TX LED (White) – светодиод — индикатор отправления данных по UART;
- RX LED (Red) – светодиод — индикатор приёма данных по UART;

- Power LED (Blue) – светодиод — индикатор питания;
- Pin 13 LED (Wellow) – подключенный светодиод к 13-му пину.

Распиновка Arduino Nano 3.0 представлена на рисунке 10.

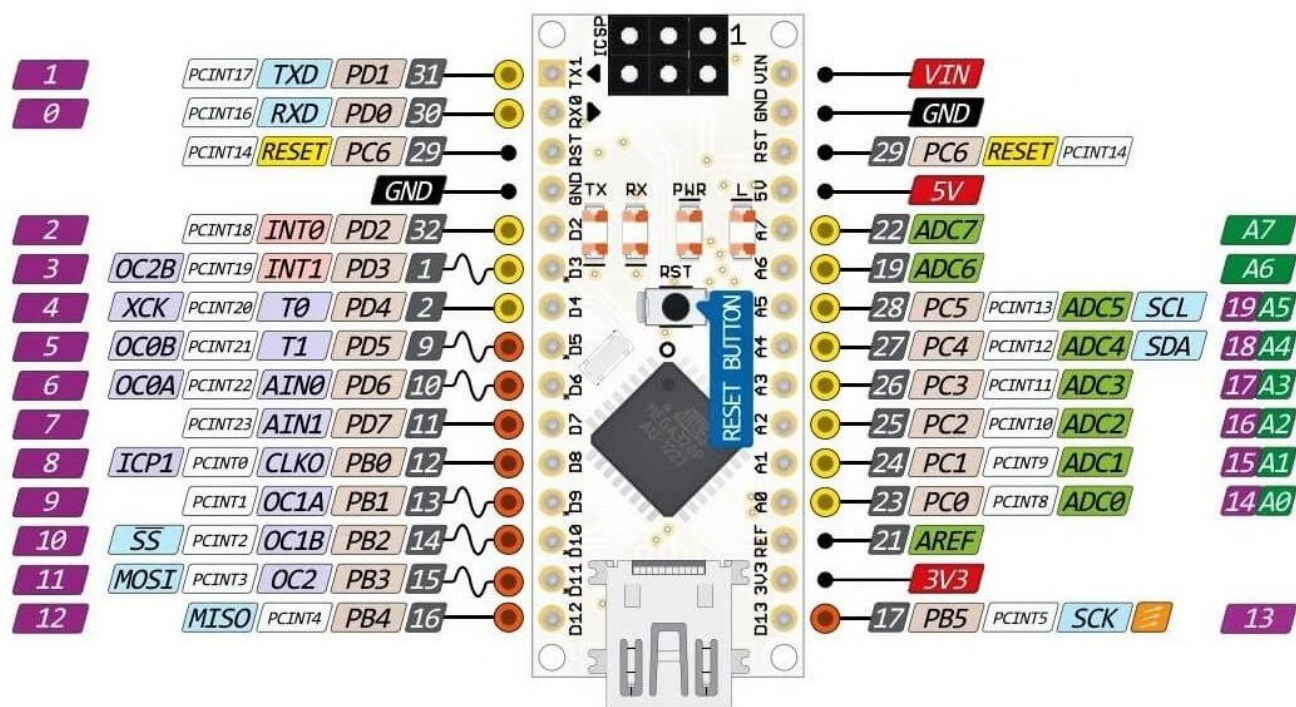


Рисунок 10 – Распиновка Arduino Nano 3.0

Каждый из 14 цифровых выводов Nano, используя функции `pinMode()`, `digitalWrite()`, и `digitalRead()`, может настраиваться как вход или выход. Выводы работают при напряжении 5 В. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор 20-50 кОм и может пропускать до 40 мА. Некоторые выводы имеют особые функции:

- последовательная шина: 0 (RX) и 1 (TX). Выводы используются для получения (RX) и передачи (TX) данных TTL. Данные выводы подключены к соответствующим выводам микросхемы последовательной шины FTDI USB-to-TTL;
- внешнее прерывание: 2 и 3. Данные выводы могут быть сконфигурированы на вызов прерывания либо на младшем значении, либо на переднем или заднем фронте, или при изменении значения. Подробная информация находится в описании функции `attachInterrupt()`;

– ШИМ: 3, 5, 6, 9, 10, и 11. Любой из выводов обеспечивает ШИМ с разрешением 8 бит при помощи функции `analogWrite()`;

– SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Посредством данных выводов осуществляется связь SPI, которая, хотя и поддерживается аппаратной частью, не включена в язык Arduino;

– LED: 13. Встроенный светодиод, подключенный к цифровому выводу 13. Если значение на выводе имеет высокий потенциал, то светодиод горит.

На платформе Nano установлены 8 аналоговых входов, каждый разрешением 10 бит (т.е. может принимать 1024 различных значения). Стандартно выходы имеют диапазон измерения до 5 В относительно земли, тем не менее имеется возможность изменить верхний предел посредством функции `analogReference()`. Некоторые выводы имеют дополнительные функции:

– I2C: A4 (SDA) и A5 (SCL). Посредством выводов осуществляется связь I2C (TWI). Для создания используется библиотека `Wire`.

Дополнительная пара выводов платформы:

– AREF. Опорное напряжение для аналоговых входов. Используется с функцией `analogReference()`;

– Reset. Низкий уровень сигнала на выводе перезагружает микроконтроллер. Обычно применяется для подключения кнопки перезагрузки на плате расширения, закрывающей доступ к кнопке на самой плате Arduino.

Arduino Nano может получать питание через подключение Mini-B USB, или от нерегулируемого 6-20 В (вывод 30), или регулируемого 5 В (вывод 27), внешнего источника питания. Автоматически выбирается источник с самым высоким напряжением. Микросхема FTDI FT232RL (или CH340G) получает питание, только если сама платформа запитана от USB. Таким образом при работе от внешнего источника (не USB), будет отсутствовать напряжение 3.3 В, генерируемое микросхемой FTDI FT232RL (или CH340G), при этом светодиоды RX и TX мигаю только при наличии сигнала высокого уровня на выводах 0 и 1 [25].

Программы для Arduino пишутся на C++.

Микроконтроллер в автоматическом режиме работы подает сигнал на мотор двигателя насоса через реле для подачи воды в форсунки, а также выводит на два дисплея значения времени. На одном дисплее выводится период полива и его длительность, на втором – обратный отсчет времени до следующего полива. Кнопки позволяют задать эти значения. Более подробно принцип работы системы описан в разделе разработки программы управления поливом. Принцип управления контроллером системами освещения и системой мониторинга температуры описан в соответствующих разделах.

3.2.2 Выбор жидкокристаллических индикаторов

TM1637 — это модуль, который представляет собой небольшую плату с четырёхразрядным семисегментным LED-дисплеем на основе I2C-драйвера. Внешний вид дисплея представлен на рисунке 11.

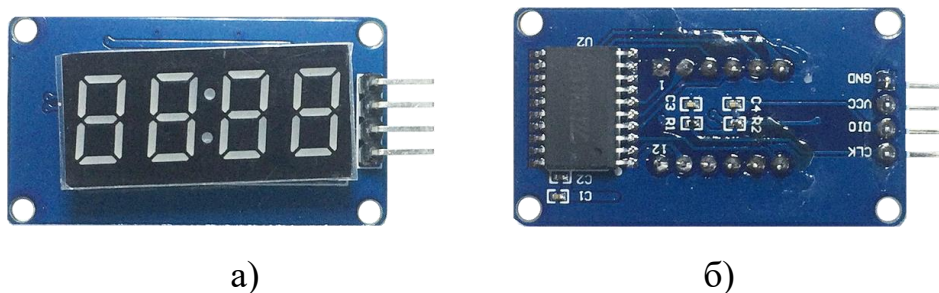


Рисунок 11 – Индикатор TM1637 (вид сверху и снизу):

а – вид сверху; б – вид снизу

Эти модули представлены в четырех цветах: красный, синий, зеленый и белый. Мной используется модуль с красным светом сегментов. Такие модули применяются в часах, вольтметрах, весах, индикаторах электроприборов и т.д. Схема подключения к Arduino Nano 3.0 изображена на рисунке 12.

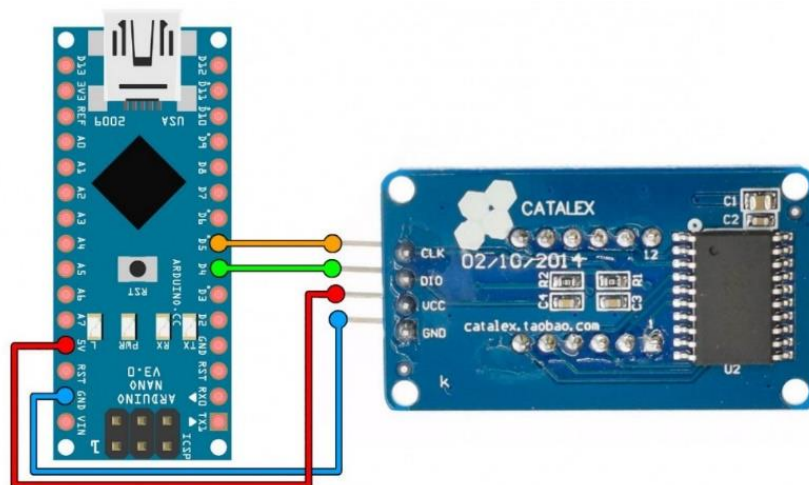


Рисунок 12 – Схема подключения индикатора TM1637к Arduino Nano 3.0

Как видно из схемы, для подключения к Ардуино используется всего 4 контакта:

- VCC +5 Вольт;
- GND – Земля;
- CLK – CLOCK;
- DIO – DataInOut.

Подключение происходит к цифровым контактам. Характеристики модуля представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики индикатора TM 1637

Напряжение питания, В	3,3 – 5,5
Потребляемый ток, мА	0,2-80
Градаций яркости индикаторов	8
Размеры платы, мм	42*24
Двухпроводной последовательный интерфейс	(CLK, DIO)

Некоторые возможные функции модуля:

- зажигать сразу все знаки или по одному сегменту или символу;
- выводить цифры от 0 до 9 и некоторые буквы;
- показывает цифры от -999 до 999;
- цифры могут выводиться как с нулями слева, так и без них;
- есть возможность выводить бегущую строку с задержкой. Функция уже

заложена в библиотеку;

- различные функции появления символов, несколько эффектов;
- вывод символа в определённую позицию (ячейку).

Для работы с модулем разработана специальная библиотека [26].

3.2.3 Выбор преобразователей постоянного напряжения

DC-DCпреобразователь напряжения LM2596 с вольтметром. Понижающий преобразователь со стабилизацией напряжения. Необходим для понижения напряжения с блока питания и подачи пониженного на Ардуино. Настройка выходного напряжения осуществляется с помощью переменных резисторов. Имеет встроенный дисплей, отображающий значение выходного напряжения [27].

Характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики DC-DCпреобразователь напряжения LM2596

Входное напряжение, В	4 - 40
Выходное напряжение, В	1,25 - 37
Максимальный ток, А	до 3
Максимальная мощность, Вт	20
Эффективность преобразования (КПД), %	88
Защита от переплюсовки	да
Защита от перегрева	да
Защита от короткого замыкания	да
Размер, мм	61 * 34 * 12

Внешний вид преобразователя представлен на рисунке 13, а схема подключения – на рисунке 14.



Рисунок 13 – DC-DCпреобразователь напряжения LM2596

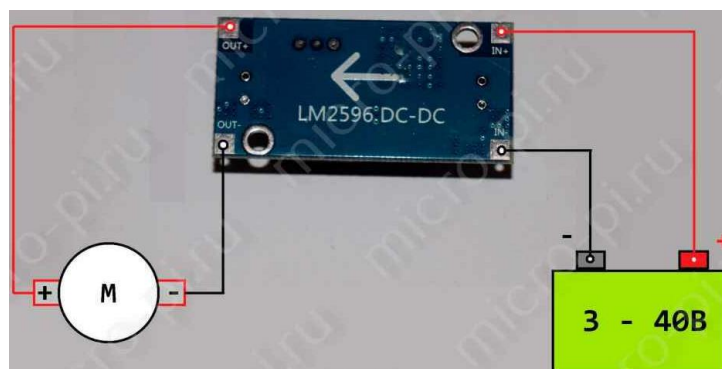


Рисунок 14 – Схема подключения DC-DC преобразователя напряжения LM2596

В нашем случае IN+ и IN- подключаются к источнику питания, OUT- подключается к двигателю насоса, а OUT+ к VIN на Ардуино и на переключатель SA1, связанный с COM модуля реле.

3.2.4 Выбор электронных реле

Модуль реле используется для управления двигателем насоса. Модули реле для управления большим входным током позволяют создавать напряжение электронного устройства с силовой электроникой, например, чайником, телевизором, компьютером, освещением, для управления одной нагрузкой, находящейся под переменным напряжением 220В. Применение реле дает гальваническую развязку между цепями управления и нагрузки. На модуле реле имеется встроенный транзистор, что позволяет подключать его напрямую к микроконтроллеру. Внешний вид модуля представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – внешний вид модуля реле

Характеристики модуля представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики модуля реле

Напряжение управления, В	5
Напряжение коммутации, В	до 250 (переменный) и 28 (постоянный)
Тип коммутации, А	10
Входной сигнал	Цифровой логический

Модуль имеет 6 контактов. В нашем случае DC+ подключается к Ардуино на 5В, DC- идет на землю, IN подключается к цифровому входу D2, NO идет на мотор насоса, COM подключается к переключателю режимов, а NC не используется.

Модуль содержит в себе реле JQC-3FF. Его характеристики представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики реле JQC-3FF

Первоначальное сопротивление	1000 MW, 500VDC
Диэлектрическое сопротивление - между катушкой и контактами - между открытыми контактами - контактная группа	1500VAC, 1 мин.
	750VAC, 1 мин.
	2500VAC, 1 мин.
Время срабатывания (при номинальном напряжении)	макс. 10мс
Время отпускания (при номинальном напряжении)	макс. 5мс
Подъем температуры	макс. 60°C
Ударопрочность - функциональный - разрушительный	98 м/с ² (10г)
	980 м/с ² (100г)
Устойчивость к вибрациям	1,5мм, 10...55Гц
Влажность	35...85%RH
Температура окружающей среды	-40...+85°C
Устройство	PCB
Удельный вес	≈ 10г
Конструкция	герметизированный IP67, негерметизированный

Габаритные размеры, коммутационная схема, типология печатной платы представлены на рисунке 16 [28].

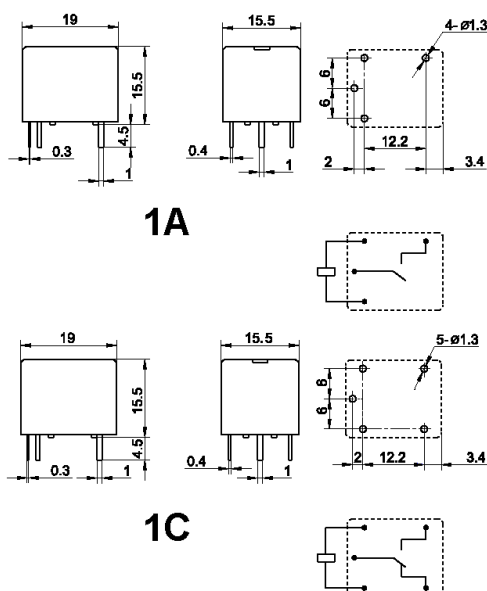


Рисунок 16 – Габаритные размеры, коммутационная схема, типология печатной платы реле JQC-3FF

3.2.5 Выбор водяного электронасоса

Насос. При выборе насоса рассматривались два варианта – насос стеклоомывателя автомобиля, который был бы вмонтирован в корпус сосуда, содержащего воду/питательное вещество, или же погружной аквариумный насос. Выбор пал на автомобильный насос, так как аквариумные в среднем дороже по цене и сложнее встраиваются в емкость с водой для полива. К насосу подключаются кнопка для управления им в ручном режиме, модуль реле и преобразователь напряжения.

Мотор омывателя STARTVOLT SWP 0548 выполнен в черном пластиковом корпусе. Его характеристики представлены в таблице 7.

Таблица 7 – характеристики STARTVOLT SWP 0548

Номинальное напряжение , В	12
Номинальная сила тока , А	4
Производительность , мл/сек	16
Давление жидкости, кг/см ²	2,5

4 РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

4.1 Выбор измерителей температуры

Для измерения температуры используются два термистора mf52-103 в герметичном корпусе. Один устанавливается внутри проращивателя, другой – снаружи. Внешний вид термистора представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – Внешний вид термистора mf52-103

Термистор – это полупроводниковый прибор, сопротивление которого меняется в зависимости от температуры. Данный термистор имеет отрицательный температурный коэффициент, это значит, что при увеличении температуры сопротивление уменьшается и наоборот. Сопротивление прибора при комнатной температуре (25°C) 10 кОм. Диапазон температур от -40°C до +125°C. Бета коэффициент, который определяет температурную характеристику, составляет 3435. Подключение к контроллеру изображено на рисунке 18.

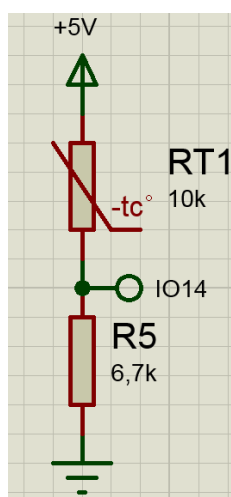


Рисунок 18 – Подключение термистора к контроллеру (скриншот из программы Proteus)

Для этого используется резистор с сопротивлением 6,8кОм. На контроллере можно выбрать любой свободный аналоговый вход, в данном случае это

входы А0 и А1.

4.2 Снятие характеристики термистора

Была проведена серия опытов по снятию зависимости сопротивления термистора от температуры. Термистор нагревался и охлаждался, сопротивление измерялось мультиметром. Результаты измерений представлены в таблице 8, где R_t – сопротивление в кОм, T – температура в °С.

Таблица 8 – Результаты измерения температуры и соответствующего ей сопротивления термистора

R_t	13,37	13,16	12,77	11,95	11,42	7,09	6,55
T	19,1	19,5	20,2	22	23,4	35,5	39,3

По данным представленной выше таблицы был построен график, отражающий зависимость сопротивления термистора от температуры (рисунок 19). На горизонтальной оси расположена температура, на вертикальной оси - сопротивление.

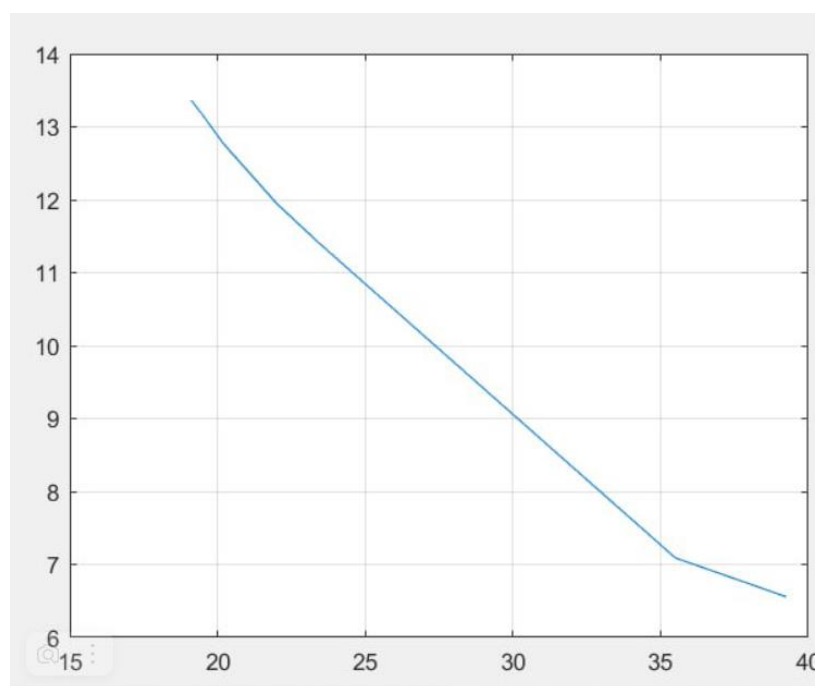


Рисунок 19 – График зависимости сопротивления термистора от температуры

Аппроксимируем график (рисунок 20) и найдем функцию этого графика, тогда, подставив вместо R_t сопротивление, можно будет вычислить искомую

температуру T. Красная линия на графике – исходная линия, синяя – аппроксимированная. Сопротивление будем вычислять через напряжение по формулам, представленным ниже.

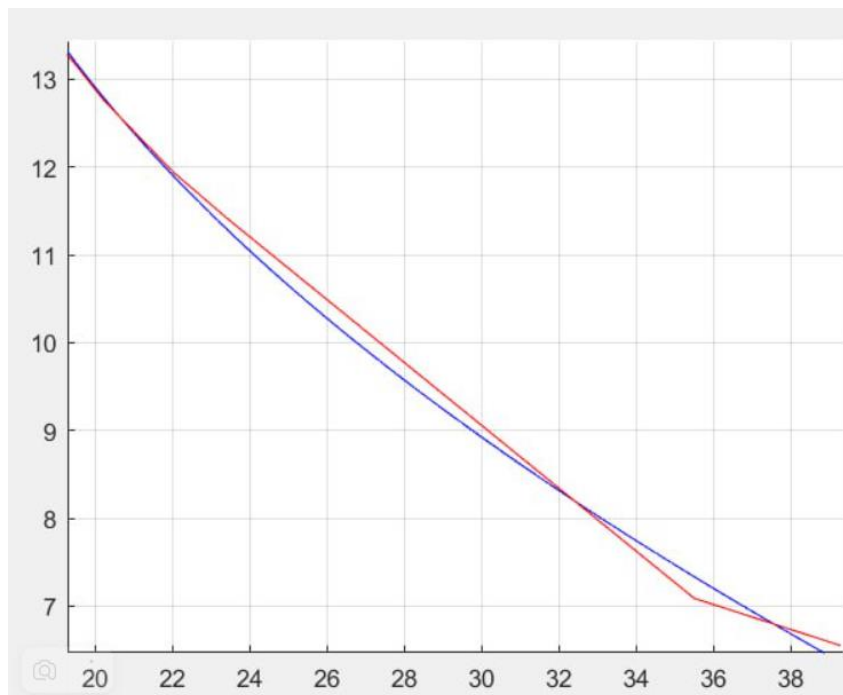


Рисунок 20 – График соответствия сопротивлению температуры

Функция аппроксимированной линии имеет вид:

$$T = 0,1707 \cdot Rt^2 - 6,2373 \cdot Rt + 72,0689 \quad (1)$$

После подключения термистора к контроллеру снимем значение напряжения и выведем его на монитор в программе Arduino IDE (рисунок 21).

```
#include <GyverNTC.h>

int analogPin = A0; // номер порта к которому подключен термистор
int val = 0; // переменная для хранения считываемого значения

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // установка связи по COM3
}

void loop()
{
  val = analogRead(analogPin); // считываем значение
  Serial.println(val); // выводим полученное значение
```

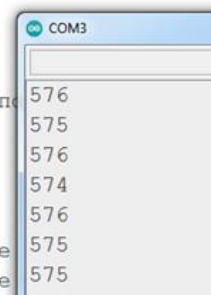


Рисунок 21 – Вывод значения с термистора в программе Arduino IDE

На мониторе представлено оцифрованное значение напряжения. Для того

чтобы перевести его в привычный вид, необходимо максимально возможное напряжение (5 В) разделить на 1024 и умножить на значение с монитора (в данном случае 576):

$$\frac{5}{1024} \cdot 576 = 2.8125 \text{ В} \quad (2)$$

Далее необходимо рассчитать значение сопротивления термистора. Для этого воспользуемся формулой:

$$U_t = U_n \cdot \frac{R_t}{R_t + R}, \quad (3)$$

где R_t – сопротивление термистора,

R – сопротивление резистора,

U_t – напряжение термистора,

U_n – напряжение питания.

Выразим из этой формулы сопротивление термистора R_t , напряжение берем равным 2,8125 В, которое вычислили ранее:

$$R_t = \frac{U_t \cdot R}{U_n - U_t} = \frac{2,8125 \cdot 6800}{5 - 2,8125} = 8742,9 \text{ Ом} \quad (4)$$

Подставим это значение в функцию графика на рисунке 20 вместо R_t :

$$T = 0,1707 \cdot 8,7429^2 - 6,2373 \cdot 8,7429 + 72,0689 = 30,58^\circ\text{C} \quad (5)$$

Таким образом, в момент снятия напряжения на термисторе его температура составляла 30,58 °С.

4.3 Написание программы для измерителя температуры

Далее необходимо подключить оба термистора к контроллеру и осуществить вывод их значений на индикатор ТМ1637. Для этого дополним предыдущую программу (рисунок 21). Термисторы подключаются к аналоговым входам

A0 и A1. Индикатор подключен к дискретным выходам D11 и D12.

В программе объявляются переменные, необходимые для расчета напряжения, сопротивления и температуры обоих резисторов, согласно формулам, представленным в предыдущем пункте, а также объявляются номера пинов, к которым подключены термисторы и индикатор. Далее осуществляется установка связи и задается яркость индикатора. Считываются цифровые значения. После чего по формулам происходит перевод снятых с термисторов цифровых значений в температуру и происходит вывод этих значений на индикатор. Вывод длится по очереди в течение трех секунд.

Код программы представлен в приложении Б.

5 РАЗРАБОТКА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

5.1 Влияние освещения на рост микрозелени

Известно, что на рост любых растений влияет окружающая их среда и масса составляющих, например, температура, вода, состав удобрений, содержание кислорода. Особое действие на рост и развитие микрозелени оказывает фактор освещения, которому посвящен данный пункт.

Не все знают, что на рост культур можно оказывать влияние с помощью разного светового спектра. Для этого можно использовать фитолампы.

Существует мнение, что самыми полезными свойствами для роста микрозелени обладают красный (600-700 нм) и синий (400-500 нм) цвета, которые ускоряют рост, стимулируют образование белка и влияют на фотосинтез. В то время как желтый и зеленый цвета практически не оказывают благоприятного влияния. Ультрафиолет также является полезным для микрозелени, он повышает холодоустойчивость, защищает растения от вредителей и бактерий. Ниже приведена таблица с этими данными [29].

Таблица 9 – Виды излучения и их характеристики

Длина волны, нм	Влияние на растение
До 380	Вызывает у растений ожог, скручивание стеблей, пожелтение листьев
(380-430)	Уменьшает межузловую часть растения, повышает устойчивость к холоду, стимулирует интенсивное развитие витаминов. Ствол становится массивнее
(430-490)	Стимулирует рост растения благодаря увеличению листьев, что позволяет поглощать больше света
(490-570)	Отражается листьями, из-за чего человек видит их зелеными
(570-600)	Вызывает вытягивание растений
(600-780)	Стимулирует активный рост растения и образование углеводов благодаря увеличению фотосинтеза
От 780	Повышает температуру растения, что может привести к его гибели

Также влияние длины волны на растущее растение отражает график, изображенный на рисунке 22.

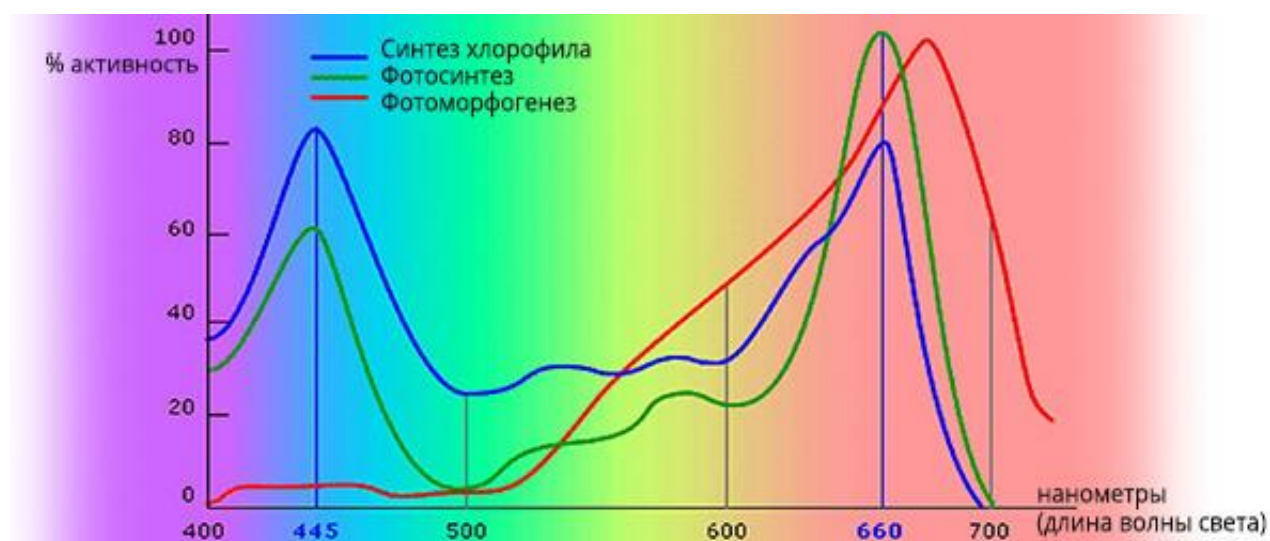


Рисунок 22 – Влияние длины волны света на растущее растение

Наибольшую интенсивность протекания фотосинтеза можно наблюдать при красном свете. Но при использовании одного лишь красного света развитие растений нарушается, вследствие чего они могут погибнуть. Это подтверждается, например, исследованиями корейских ученых, которые изучали влияние красного и синего светов на состав листьев салата. При освещении чистым красным в листьях наблюдается значительно меньше антиоксидантов, хлорофилла и полифенолов, чем при освещении красным и синим одновременно, но при этом масса салата получается больше. Подобные исследования проводились на факультете биологии в Московском государственном университете. Где было установлено, что под узкополосными красным и синим освещениями в листьях китайской капусты наблюдается снижение синтеза сахаров, угнетение роста растения и не происходит цветения.

5.2 Характеристики источников света

С учетом всех этих особенностей были разработаны специальные фитолампы: люминесцентные, натриевые, металлогалогеновые и светодиодные.

Далее приведены краткие характеристики этих ламп, а также их достоинства и недостатки.

Люминесцентные лампы - газоразрядные лампы, выполненные в виде

стеклянной трубки. В таких лампах разряд в парах ртути создает ультрафиолетовое излучение, а люминофор преобразовывает его в видимый спектр. Свет слегка отдает голубым. Внешний вид лампы представлен на рисунке 23.



Рисунок 23 – люминесцентная лампа

К сложностям применения таких ламп можно отнести необходимость в постоянной подаче напряжения и контроле силы тока, из-за чего невозможно подключение их к сети напрямую. Поэтому приходится использовать пускорегулирующие аппараты. Новые же поколения таких ламп отличаются небольшими размерами и уже встроенными в их цоколь ПРА, а также низким энергопотреблением, из-за чего они получили название энергосберегающие. Они являются достаточно дешевыми и их можно использовать без вентиляционной системы, что делает их популярными у гроверов.

К недостаткам этих ламп относятся слабая мощность, относительно малое время работы (до 12 000 часов) и ослабевающая при этом интенсивность выделяемого светового потока.

Натриевые лампы высокого давления также являются газоразрядным источником света, но отличаются от предыдущих тем, что вместо ртутных паров используют пары натрия. Из-за чего свет получается не голубым, а ярким желто-оранжевым. Как видно из таблицы выше, эти лампы особенно продуктивны на стадии роста. Существует два вида таких ламп: дуговые натриевые трубчатые и дуговые натриевые зеркальные, по названию несложно догадаться о их внешних

различиях, представленных на рисунке 24.



Рисунок 24 – натриевые лампы высокого давления

К плюсам таких фитоламп можно отнести невысокую цену, неплохие показатели КПД (в световую энергию преобразовывается до 30 процентов электроэнергии) и достаточный срок работы (до 20000 часов).

К минусам относятся сложности с подключением (та же ситуация с ПРА, как и в примере выше), высокий коэффициент теплоотдачи, что делает невозможным установку близко к растениям без системы охлаждения, а также этот фактор влияет на пожарную безопасность.

Металлогалогеновые лампы – газоразрядный источник света высокого давления, где в роли светящегося тела выступает разряд в парах ртути. Отличие от люминесцентных заключается в том, что коррекция разряда осуществляется при помощи галогенидов некоторых металлов.

Являются идеальными для теплиц, благодаря высокой мощности и спектру, наиболее близкому к солнечному.

Имеют много недостатков: очень маленький срок службы (до 10000 часов), сильный нагрев вынуждает установить вентиляцию, потребляют много мощности. К опасностям относятся взрывы при попадании на лампу воды. Их внешний вид представлен на рисунке 25.



Рисунок 25 – металлогалогеновые лампы

Светодиодные лампы – лампы, источником света в которых являются светодиоды. В результате при составлении из них различных комбинаций можно создать абсолютно любой светильник – от биколорного до Full Spektrum.

К достоинствам таких ламп относятся большое время работы (до 50000 часов), минимальное тепловыделение, ровный световой поток, экологичность и другие факторы.

Из недостатков разве что – высокая цена [30]. Внешний вид представлен на рисунке 26.



Рисунок 26 – светодиодные лампы

Все эти лампы могут быть использованы при проращивании растений, в том числе микрозелени, в различных условиях: теплицах, гроубоксах, автоматизированных проращивателях. При сравнении приведенных выше показателей было выявлено, что лучшим освещением для микрозелени являются светодиодные лампы. Также приведенные выше исследования говорят о том, что необходимы светодиоды с широким спектром.

5.3 Расчет мощности светодиодов

Для того чтобы оценить полезность света для растений, существуют следующие параметры:

– фотосинтетически активное излучение (PAR). Измеряется в Вт/м². Это характеристика мощности излучения на растение в диапазоне 400–700 нм на 1 м²;

– Фотосинтетический поток фотонов (PPF). Измеряется в мкмоль/с. Выражение потока света в количестве фотонов в секунду в диапазоне длин волн 400–700 нм;

– Плотность фотосинтетического потока фотонов (PPFD). Измеряется в мкмоль/(с/м²). Характеристика числа фотонов, которые падают на один квадратный метр в секунду в диапазоне длин волн 400–700 нм. Графически эти две характеристики изображены на рисунке 27.

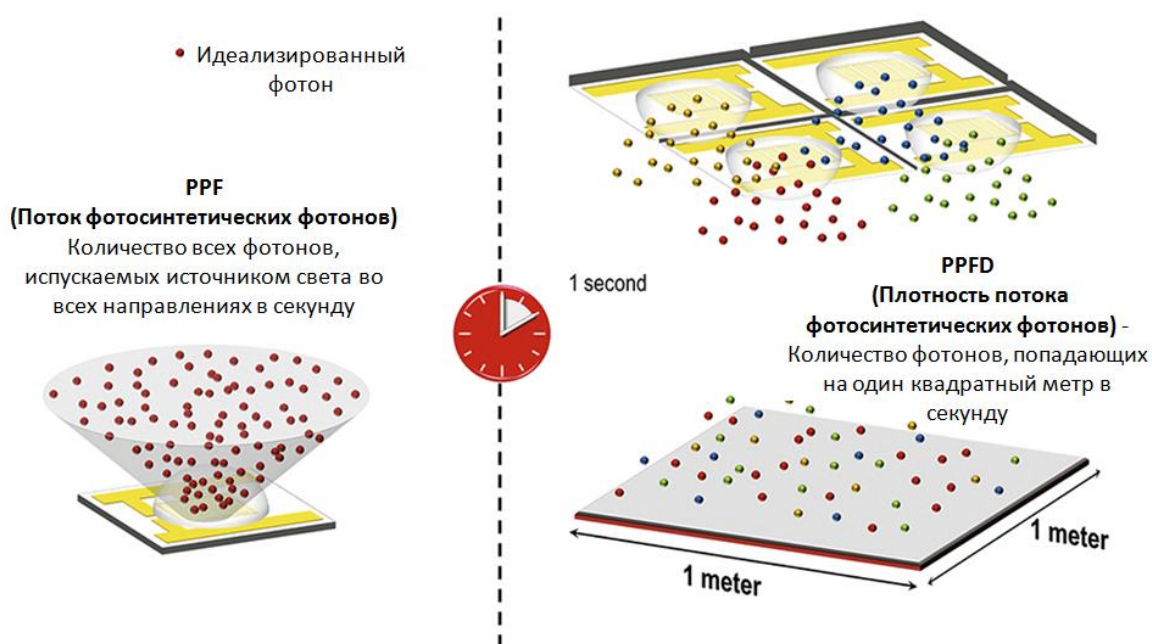


Рисунок 27 – Графическое изображение PPF и PPFD

В зависимости от вида разным растениям необходима разная плотность фотосинтетического потока фотонов. Например, томатам или огурцам требуется более 300 мкмоль/с/м², для проращивания зерна или грибов – 75 мкмоль/(с/м²). Для микрозелени рекомендовано от 100 до 200 мкмоль/(с/м²) [31].

Для выбора светодиодного источника можно использовать относительную квантовую эффективность для растения RQE, которая определяется кривой

«McCree 1972», рисунок 28 [32]. RQE — это мера, показывающая наибольшую производительность каждого фотона.

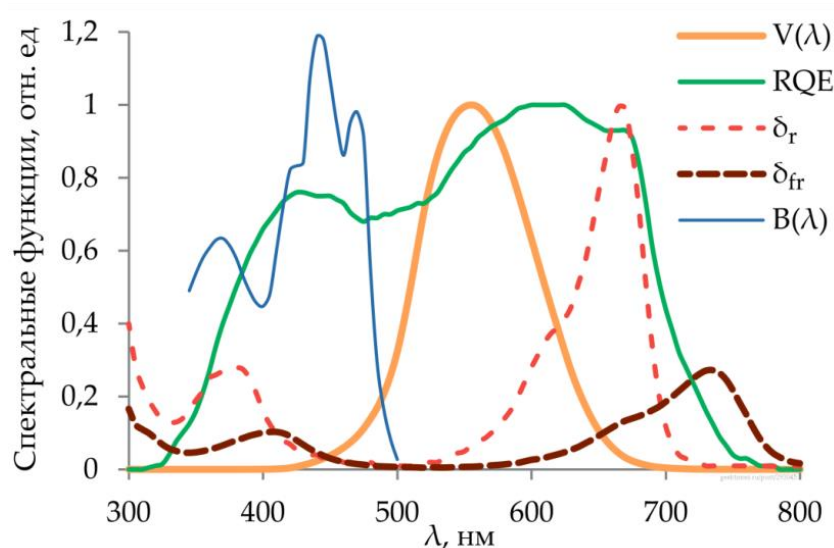


Рисунок 28 – $V(\lambda)$ — кривая видности для человека; RQE — относительная квантовая эффективность для растения (McCree 1972); σ_r и σ_{fr} — кривые поглощения фитохромом красного и дальнего красного света; $B(\lambda)$ — фототропическая эффективность синего света

Выбранная лампа должна обеспечить 300 эфф. мкмоль/(с/м²), данный параметр берется «с запасом», при необходимости понизить его можно, понизив напряжение в системе. Также она должна иметь нейтральную температуру света (4000– 5000 К) и наиболее высокий индекс цветопередачи Ra (максимально близкий к 100). Возьмем, например, светодиодный чип LC-3&500FS5-G SERIES с мощностью 3 Вт. Он имеет температуру 5000 К и индекс цветопередачи 96 %. Рассчитаем энергетическую ценность света, мкмоль/Дж:

$$YPF = \frac{\eta}{100} \cdot \left[1,15 + \frac{35 \cdot Ra - 2360}{CCT} \right] = \frac{66,6}{100} \cdot \left[1,15 + \frac{35 \cdot 96 - 2360}{5000} \right] = 0,9 \quad (6)$$

Что при умножении на потребляемые лампой 3 Вт составит 2,7 эфф. мкмоль/с. Площадь посадки составляет 0,12 м². Тогда плотность освещения:

$$\frac{Y_{PF}}{S} \cdot \frac{2,7}{0,12} = 22,5 \text{ эфф. мкмоль/(с/м}^2\text{)} \quad (7)$$

Для обеспечения необходимых 300 эфф. мкмоль/(с/м²) будет достаточно всего лишь 4 таких лампы, которые будут расположены над крышкой конструкции на расстоянии 30 см от растений.

Таким образом, можно сделать вывод, что для обеспечения правильного освещения микрорзелени необходимо и достаточно использовать светодиоды с напряжением по 3В. Это означает, что общее напряжение питания осветительной сети составляет 12В, в соответствии с чем необходимо выбрать светодиоды на 3В и блок питания на 12В.

5.4 Выбор светодиодов для осветительной установки

Выбранный осветительный прибор – светодиодный чип LC-3&500FS5-G SERIES. Его характеристики представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики светодиодного чипа LC-3&500FS5-G SERIES

Спектр, нм	380-840
Температура, К	5000
Мощность, Вт	3
Напряжение, В	3-3,2
Ток, А	700
Световой поток, лм	100-200
Индекс цветопередачи, %	96

Его размеры и внешний вид представлены на рисунке 29.

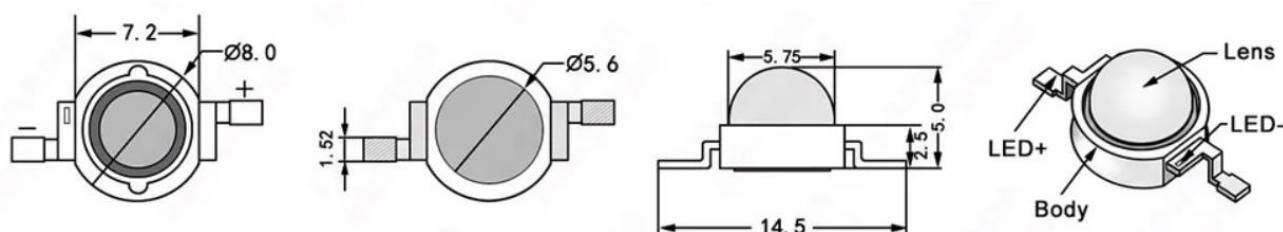


Рисунок 29 – Размеры и внешний вид светодиодного чипа

5.5 Разработка осветительной установки

Как было сказано выше, осветительная установка представлена четырьмя светодиодами, соединенными последовательно. Каждый светодиод имеет напряжение 3В. Таким образом, для питания цепи необходимо суммарно 12В, что будет обеспечено блоком питания Rexant 200-024-1. Его внешний вид представлен на рисунке 30.



Рисунок 30 – Внешний вид блока питания Rexant 200-024-1

Он рассчитан на входное напряжение от 110 до 240В. Имеет выходное напряжение 12В, выходной ток 2А, мощность 24Вт. Помимо освещения к нему также подключен весь блок управления. Общий вид схемы подключения блока к освещению представлен на рисунке 31.

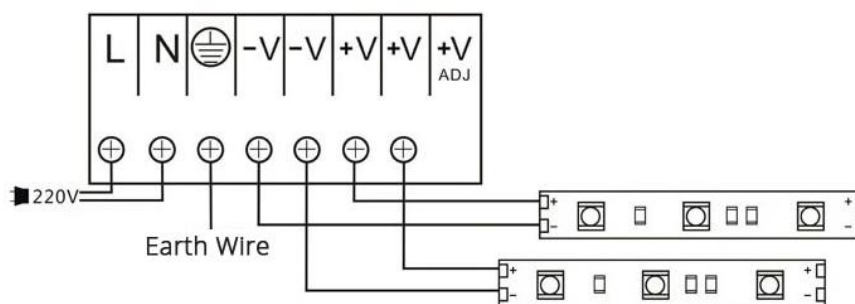


Рисунок 31 – Подключение блока питания к освещению

К контроллеру блок подключается через DC-DC преобразователь, питающийся так же от выхода 12В.

Для регулирования напряжения на светодиодах используется транзистор IRF540. Его внешний вид представлен на рисунке 32.

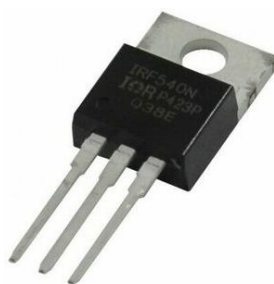


Рисунок 32– Внешний вид силового транзистора IRF540

Транзистор – полупроводниковый прибор, способный небольшим входным сигналом управлять значительным током выходной цепи. Входной сигнал – сигнал с контроллера, выходной – идущий на светодиоды. Тип транзистора – мосфет. Это управляемый переключатель с тремя контактами (затвор, сток и исток). Полярность мосфета – N, это означает, что управляющий пин (затвор) подключается к любому цифровому на микроконтроллере (в данном случае D10) через токоограничивающий резистор, который защищает прибор от большого тока. Также он подтягивается к земле через резистор, чтобы транзистор автоматически закрылся при отсутствии сигнала. “Плюс” источника питания подключается напрямую к нагрузке, GND соединяется с GND микроконтроллера. GND нагрузки подключается на выход (сток) мосфета [33]. Схема подключения представлена на рисунке 33.

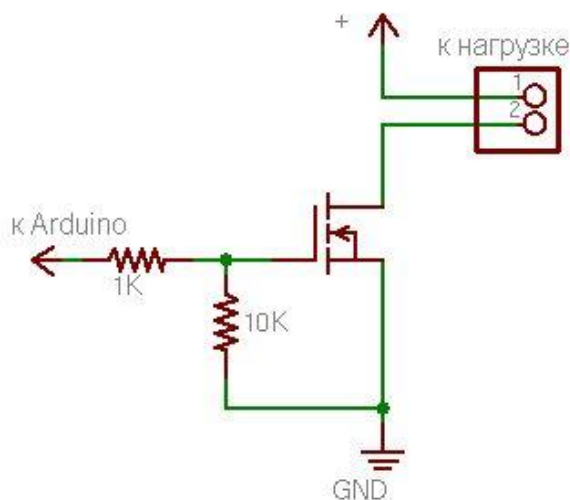


Рисунок 33 – Схема подключения силового транзистора IRF540

Его характеристики представлены в таблице ниже.

Таблица 11 – Характеристики мосфета IRF540

Максимальная рассеиваемая мощность, Вт	125
Предельно допустимое напряжение сток-исток, В	100
Предельно допустимое напряжение затвор-исток, В	20
Пороговое напряжение включения, В	4
Максимально допустимый постоянный ток стока, А	28
Максимальная температура канала, °С	150
Общий заряд затвора, нК	59
Время нарастания, мс	60
Выходная емкость, пФ	800
Сопротивление сток-исток открытого транзистора, Ом	0,077

Также в системе освещения используется потенциометр, который необходим для регулирования подачи напряжения на светодиоды в ручном режиме работы. Был выбран потенциометр (переменный резистор) СП346М. Его внешний вид представлен на рисунке 34.



Рисунок 34 – Внешний вид переменного резистора СП346М

Он имеет три ножки, крайние подключаются к VCC и GND, а центральная – на любой аналоговый пин микроконтроллера, в данном случае на A4. Он имеет номинальное сопротивление 22 кОм, номинальную мощность 0,125 Вт, максимальное рабочее напряжение 150 В, угол поворота движка 270 °, рабочую температуру от – 45 до + 70 °С [34].

В автоматическом режиме необходимый растениям уровень освещенности поддерживается с помощью фоторезистора. Фоторезистор — полупроводниковый прибор, изменяющий величину своего сопротивления при облучении светом. Его внешний вид представлен на рисунке 35.



Рисунок 35 – Внешний вид фоторезистора

Схема его подключения представлена на рисунке 36.

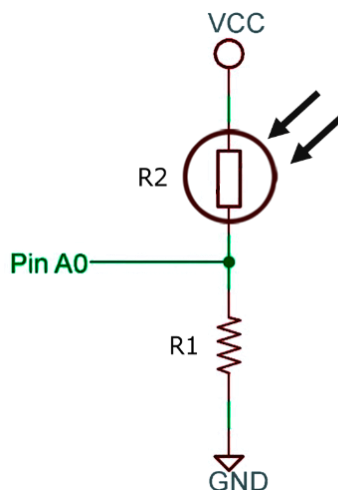


Рисунок 36 – схема подключения фоторезистора

В данной работе он подключен к аналоговому входу A7. Диапазон его рабочих температур от – 30 до +70 °С, имеет мощность 90 мВт, является выводным на керамической подложке.

5.6 Снятие характеристик фоторезистора

Была проведена серия опытов по снятию зависимости сопротивления фоторезистора от освещенности. Фоторезистор затемнялся и подсвечивался, сопротивление измерялось мультиметром. Освещенность помещения измерялась люксометром. Результаты измерений представлены в таблице 12, где R_f – сопротивление в кОм, E – освещенность в лк. На горизонтальной оси расположен уровень освещенности в люксах, на вертикальной – сопротивление в омах.

Таблица 12 – Результаты измерения освещенности и соответствующего ей сопротивления фоторезистора.

R_f	1,38	2,25	2,3	8	11	15,5
E	150	77	63	55	25	20

По данным представленной выше таблицы был построен график, отражающий зависимость сопротивления фоторезистора от освещенности (рисунок 37).

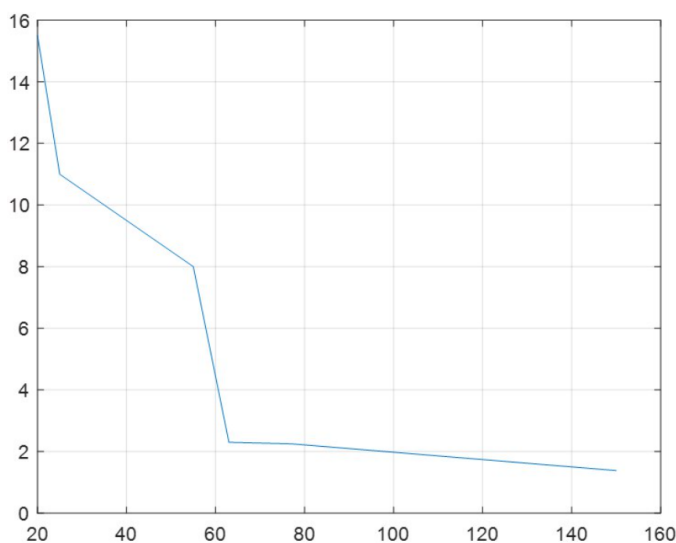


Рисунок 37 – График зависимости сопротивления фоторезистора от освещенности

Аппроксимируем график и найдем его функцию, тогда, подставив вместо r сопротивление, можно будет вычислить искомую освещенность E .

Функция аппроксимированного графика имеет вид:

$$E = 0,5333 \cdot R_f \cdot R_f - 15,0741 \cdot R_f + 127,6873, \quad (8)$$

где E – освещенность,

R_f – сопротивление фоторезистора.

После подключения фоторезистора к контроллеру снимем значение напряжения и переведем его в сопротивление с помощью формулы:

$$U_f = U_n \cdot \frac{R_f}{R_f + R}, \quad (9)$$

где R_f – сопротивление фоторезистора,

R – сопротивление резистора,

U_f – напряжение фоторезистора,

U_n – напряжение питания.

Выразим из этой формулы сопротивление фоторезистора R_f :

$$R_f = \frac{U_f \cdot R}{U_n - U_f} \text{ Ом} \quad (10)$$

Рассчитанное сопротивление подставляется в функцию аппроксимированного графика вместо R_f и рассчитывается освещенность E .

5.7 Разработка программы управления системой освещения

Фоторезистор устанавливается внутри проращивателя, фиксирует показания освещенности внутри конструкции. Если она недостаточна, контроллер подает большее напряжение на светодиоды, если уровень освещенности больше необходимого значения, контроллер подает на светодиоды меньшее напряжение. Управление происходит с помощью ШИМ-сигнала, а регулирования уровня осуществляется с помощью пропорционального регулятора. Значение освещенности в люксах выводится на индикатор, подключенный к аналоговым входам А3 и А2 (его описание и характеристики приведены в разделе ниже). Расчет напряжения, сопротивления и освещенности в коде происходит согласно формулам, приведенным выше. Код программы представлен в приложении В.

6 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВОМ

Программа для микроконтроллера составлен на языке Дракон. Это графический язык, который был разработан совместными усилиями Федерального космического агентства России и Российской академии наук. Особенно часто он используется в космонавтике, медицине и бизнесе [35]. Программа для составления таких алгоритмов называется Дракон-конструктор. Она позволяет конвертировать построенный алгоритм в выбранный вами язык. Алгоритм содержит 7 частей, которые представлены на рисунках 37-32.

Установка (рисунок 37). В этой части кода подключаются библиотеки для кнопок, управляющих поливом, и индикаторов, назначаются выходы для этих кнопок, реле и индикаторов. Происходит привязка кнопок и индикаторов к библиотекам. Вводятся переменные для таймера (отсчет секунд, минут, настройка обратного отсчета). Комментарий, содержащийся в алгоритме, указывает на то, что у кнопок указан тип, пин, к которому каждая из них подключена, и тип подключения. Все шаги выполняются последовательно.

HIGH_PULL говорит о том, что в случае, когда вывод определен как выход, на выходе мы получаем сигнал логической единицы, т.е. напряжение близко к напряжению питания.

NORM_OPEN – нормально разомкнутые контакты означает, что у кнопки имеются два несимметричных состояния: активное и пассивное. В активном состоянии кнопка нажата, в пассивном – нет.

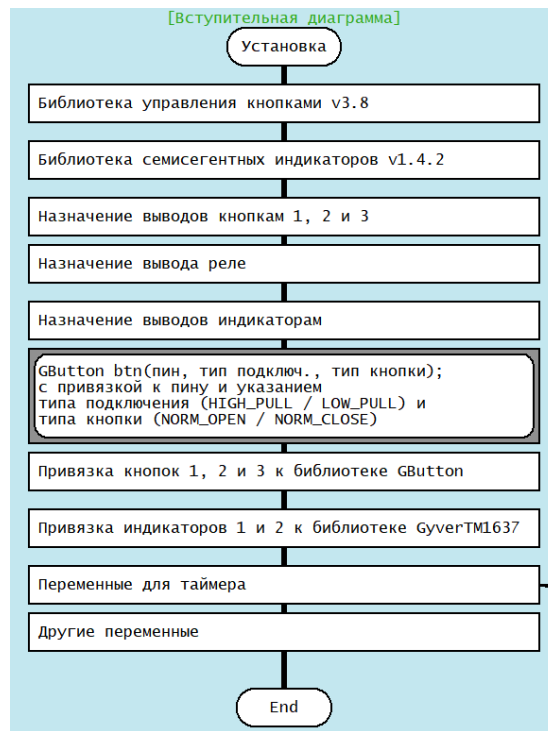


Рисунок 37 – Вступительная диаграмма – установка

Настройка (рисунок 38). В этой части кода происходит указание микроконтроллеру команд, которые он выполнит в момент загрузки, а потом забудет про них: определение выводов для кнопок как входов с подтяжкой, определение пина, к которому подключено реле, как выход, инициализация индикаторов, открытие последовательного порта и задание скорости для последовательной передачи данных, 9600 является типичной скоростью обмена для компьютерной коммуникации. Все шаги выполняются последовательно.

INPUT_PULLUP (подтяжка) означает, что в данном режиме пин работает как вход, микроконтроллер подключает к входной цепи внутренний подтягивающий резистор. При этом поступающий сигнал с датчика будет инвертироваться. Высокий уровень будет приводить к нулю на входе, а низкий – к высокому напряжению.

Инициализация – создание, активация, подготовка к работе, определение параметров.

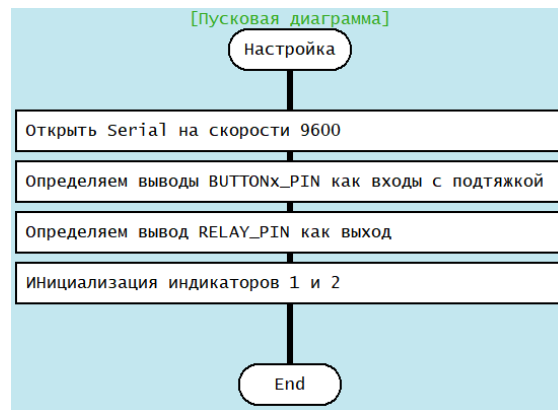


Рисунок 38 – Пусковая диаграмма – настройка

Управление поливом проращивателя (рисунок 39). Эта часть кода циклическая, она будет выполняться снова и снова, пока не сядет батарейка или плата не будет перезагружена. В ней пишется основная программа. Эта часть имеет две ветки, вторая выполняется после выполнения первой. Здесь осуществляется управление поливом посредством замыкания и размыкания реле, а также выводятся соответствующие значения времени на дисплей.

Первая ветка. `Serial.print` - Передает данные через последовательный порт как ASCII текст. Эта функция может принимать различные типы данных. Так целые числа выводятся соответствующими им символами ASCII.

Происходит вывод периода и длительности полива на первый индикатор (верхний дисплей). Это происходит с помощью двух условий «если». Если оставшееся время до полива больше нуля, то включается алгоритм «Таймер периода», оставшееся время выводится на втором индикаторе (нижний дисплей), включается алгоритм «Кнопочное управление», после чего может быть осуществлен переход ко второй ветке.

Если время до полива не больше нуля, т.е. пришло время полива, то проверяется разомкнуто ли реле, если оно разомкнуто, то нужно его замкнуть, т.е. включить полив, а потом перейти к выполнению алгоритма «Таймер длительности». Реле замыкается посредством `digitalWrite` (эта функция позволяет управлять подключенным к микроконтроллеру оборудованием для подачи или снятия рабочего напряжения на пины), `Serial.println` (функция передачи данных в последовательный порт, сопровождая переход на новую строку).

Если же реле замкнуто, то сразу выполняется алгоритм «Таймер длительности». После него проверяется условие. Если оставшееся время полива меньше секунды, то есть действие полива завершено, то оставшееся время в минутах приравнивается к периоду полива, реле размыкается посредством функции управления оборудованием digitalWrite, полив прекращается, отсчет полива выводится на индикатор 2. После чего осуществляется переход к алгоритму «Кнопочное управление».

Если же оставшееся время полива больше единицы, полив продолжается, на индикатор 2 выводится отсчет полива, происходит переход к кнопочному управлению. После алгоритма «Кнопочное управление» осуществляется переход на вторую ветку. Вторая ветка ведет к завершению цикла.

Кнопочное управление (рисунок 40). Эта часть алгоритма состоит из трех ветвей, осуществляющих опрос кнопок и выполняющих соответствующие этим кнопкам действия.

Первая ветвь: 1 кнопка – управление отображением режимов (на самом же деле в данный момент кнопка является резервной и не функционирует). Происходит опрос зеленой кнопки. Проверяется условие на один клик. Если кнопка нажата, эта информация передается микроконтроллеру и осуществляется переход на вторую ветвь. Если же кнопка не нажата, то переход на вторую ветвь осуществляется сразу же.

Вторая ветвь: 2 кнопка – установка длительности полива. Происходит опрос красной кнопки. Проверяется условие на наличие нажатий. Если кнопка не была нажата, то осуществляется переход на третью ветвь. Если же кнопка была нажата, считается количество нажатий, от которого зависят следующие действия. Комментарий оповещает о том, что если было одно нажатие, то к длительности полива добавляется 5 секунд, если было два нажатия, то вычитается 5 секунд, если было три нажатия – длительность полива обнуляется. Минимальная величина значения может достигать 0 секунд, а максимальная – 99. После выполнения действий осуществляется переход на третью ветвь.

Третья ветвь: 3 кнопка – установка периода полива. Происходит опрос синей кнопки. Проверяется нажатие кнопки. Если кнопка не нажималась, то происходит завершение алгоритма. Если же кнопка нажималась, происходит переход к алгоритму «Установка периода полива». Имеется комментарий, описывающий работу данного алгоритма (алгоритм с переключателем, соответствующий комментарию изображен на рисунке 41). Считается количество нажатий синей кнопки. Если нажатие было одно, то добавляется одна минута, если нажатий было два, то добавляется 5 минут, если нажатий было три, то вычитается 10 минут, если же нажатий было 4, период полива обнуляется. Минимально возможная величина времени – 0 минут, максимально - 99 минут. Далее обнуляются часы. И алгоритм завершается.

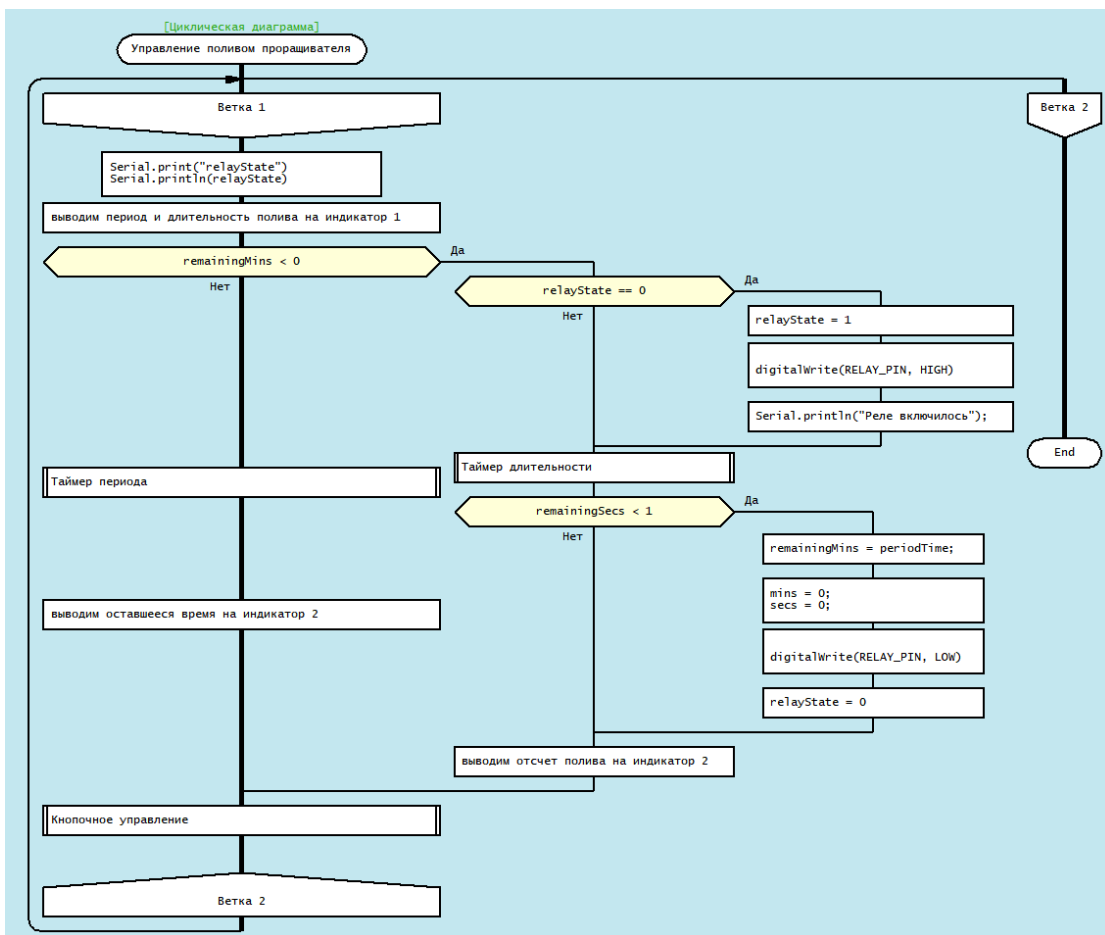


Рисунок 39 – Циклическая диаграмма – управление поливом проращивателя

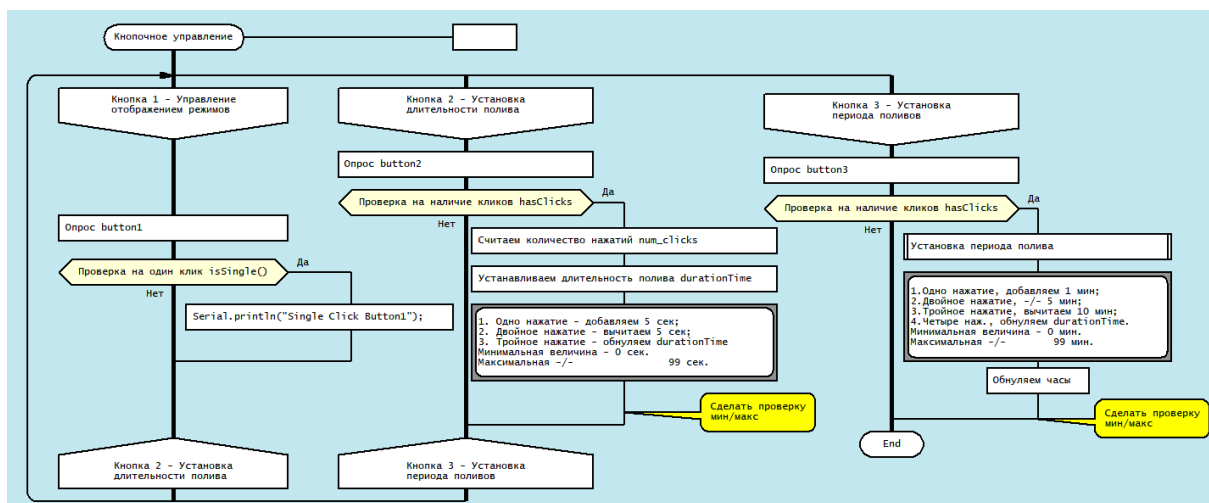


Рисунок 40 – кнопочное управление

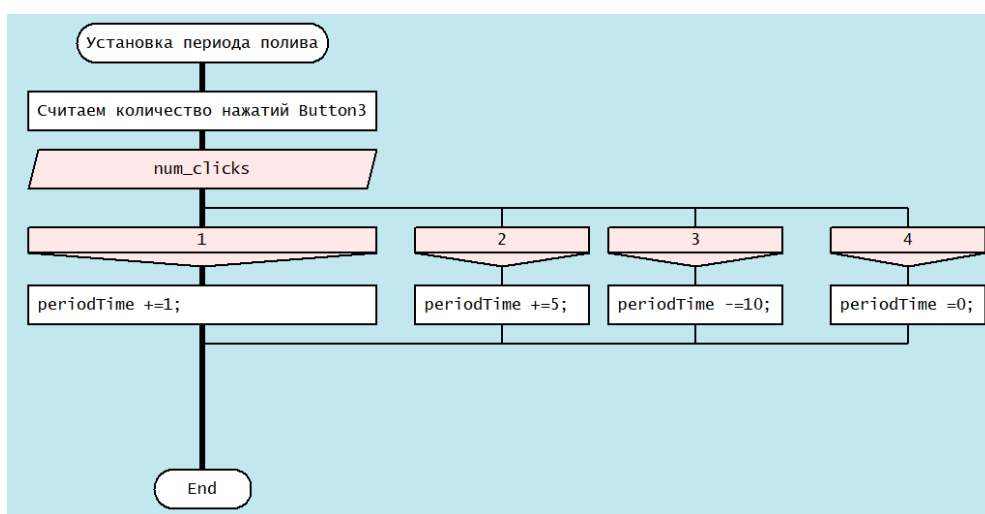


Рисунок 41 – установка периода полива

Таймер длительности (рисунок 42). Этот алгоритм состоит из двух ветвей и осуществляет настройку часов и обратного отсчета времени до следующего полива. Если количество миллисекунд больше значения таймера на 1000, то значение таймера приравнивается значению миллисекунд, переменная секунды увеличивается на один. Иначе совершается переход к ветви обратного отсчета.

Совершается проверка. Если количество секунд меньше длительности времени, то оставшееся время равняется разности между длительностью и секундами и еще единицей. Иначе обнуляем секунды. И алгоритм завершается.

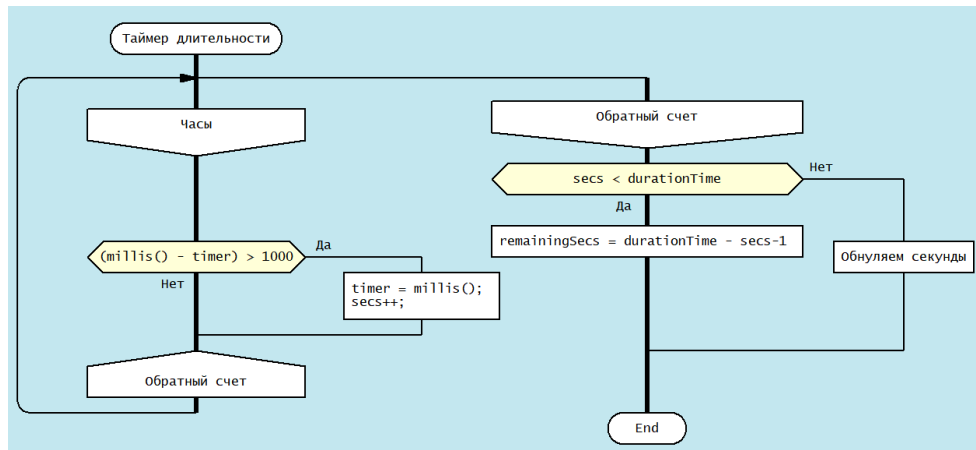


Рисунок 42 – таймер длительности

Таймер периода (рисунок 43). Этот алгоритм также представлен двумя ветвями. Ветвь «Часы» почти полностью повторяет ветвь с таким же названием из предыдущего алгоритма. Отличие заключается в том, что после увеличения переменной секунды на один происходит проверка. Если полученное значение больше 59, т.е. составляет одну минуту, секунды обнуляются, а минута увеличивается на один. После чего происходит переход ко второй ветви. Если же значение меньше 59, то переход на вторую ветвь осуществляется сразу.

В ветви обратного отсчета происходит сравнение. Если количество минут больше, чем период+1, то часы обнуляются и алгоритм заканчивается. Иначе оставшемся секундам присваивают значение разницы 59 и количества секунд, и оставшемся минутам – период–минуты-1. И только тогда алгоритм завершен.

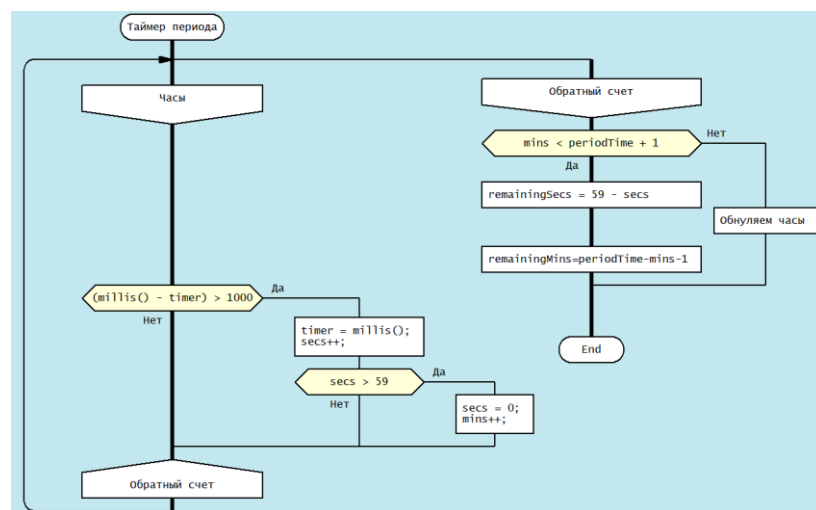


Рисунок 43– таймер периода

Код программы представлен в приложении А.

7 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Безопасность – такое состояние, при котором присутствует защищенность от каких-либо негативных воздействий, которые представляют угрозу человеку, его имуществу, окружающей среде, обществу или государству [36].

Опасность – такое состояние, при котором человеку, его имуществу, окружающей среде, обществу или государству угрожает какой-либо фактор. Источниками опасности могут являться различные вещи и явления, которые делятся на несколько категорий:

- опасности техногенного характера (аварии, взрывы, авиакатастрофы, утечки химических веществ и т.д.);

- опасности природного характера (стихийные бедствия: извержения вулканов, лавины, наводнения, пожары, штормы, камнепады, землетрясения, молнии, смерчи, оползни и т.д.);

- опасности антропогенного характера, т.е. опасности, вызванные деятельностью человека (загрязнение среды токсичными веществами, нарушение экосистемы, радиационные излучения и т.д.);

- опасности экологические (изменение климата, загрязнение воздуха, загрязнение природы веществами, которые не разлагаются и т.д.);

- опасности социальные (различные формы насилия, мошенничество, суициды и т.д.);

- опасности биологического характера (болезни, бактерии, грибки, вирусы, кровососущие насекомые и т.д.).

7.1 Безопасность

7.1.1 Электробезопасность

Безопасность данного проекта напрямую связана с электробезопасностью и эксплуатацией электроприборов, т.к. разрабатываемое в рамках ВКР устройство состоит из электронных компонентов и питается от сети напряжением 220В.

Электробезопасность – комплекс мер и правил, которые нацелены на

предотвращение угрозы и вреда жизни и здоровью людей, вызванных несоблюдением правил безопасной эксплуатации электрооборудования и электрических приборов.

Несоблюдение электробезопасности может приводить к различным негативным последствиям: травмам, ожогам, выходу из строя приборов, пожарам, поражению электрическим током и др.

Предполагается, что разрабатываемое в ходе ВКР устройство будет использоваться в домашних условиях, а также в учебных заведениях в научных целях, поэтому при его эксплуатации необходимо соблюдать бытовые правила работы с электроприборами:

- прежде чем пользоваться установкой, необходимо убедиться в ее целостности и отсутствию повреждений;

- нельзя допускать попадания воды и других жидкостей на электрические элементы, не предполагающие контакта с водой, тем более при подключении прибора к сети;

- нельзя подключать устройство к сети при неисправности шнура, вилки или розетки;

- нельзя устанавливать устройство на мокрую поверхность;

- нельзя устанавливать устройство на неровную поверхность, что может привести к его повреждениям, а также разливу жидкости, используемой для полива микрорзелени, которая может попасть на электронные элементы и повредить их;

- при работе с установкой нельзя касаться открытых металлических частей;

- запрещено перегружать электрическую сеть;

- при работе с электрическим прибором необходимо следить за волосами и выступающими частями одежды, которые могут коснуться открытых электрических частей или же задеть установку, что приведет к ее падению и иному повреждению;

- при эксплуатации устройства необходимо следить за нагревом проводов,

чтобы предотвратить и предупредить их перегрев;

– нельзя ставить и размещать предметы и вещи на крышке устройства, а также на блоке управления, что может вывести его из строя.

При использовании установки в детских учебных заведениях следует придерживаться дополнительных правил: при обнаружении неисправностей конструкции, перегрева проводов, попадания жидкости в электрические компоненты, неправильного поведения устройства и других ситуаций, не соответствующих штатному режиму работы проращивателя, дети должны обратиться за помощью взрослых и не пытаться исправить проблему самостоятельно.

Электрическая часть (контроллер управления, представленный платой с элементами, блок питания, система освещения в виде платы с элементами) не должна иметь прямого контакта с водой, должна находиться в закрытом корпусе. Система освещения, представленная светодиодами не должна располагаться вблизи расположения опрыскивателей, чтобы на светодиоды и провода, подводящие к ним ток, не попадала жидкость. Датчики, находящиеся внутри проращивателя, обязаны находиться в герметичном корпусе, не пропускающим жидкость.

7.1.2 Требования к техническим средствам АСУ

Также любые технические средства АСУ обязаны соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок» и ГОСТ 12.2.070-81 «Правила техники безопасности электрических цепей» [37], а также требованиям по безопасности средств вычислительной техники, используемой в АСУ, по ГОСТ 25861-83 «Машины вычислительные и системы обработки данных. Требования электрической и механической безопасности и методы испытаний» [38].

Установка технических средств должна быть проведена таким образом, чтобы была обеспечена безопасность при монтаже, наладке и пуске, а также при ремонте.

Защита технических средств АСУ от воздействия внешних электрических и магнитных полей, а также помех в цепи электропитания должна быть достаточной для эффективной работы технических средств системы автоматического

управления по назначению во время эксплуатации системы.

Каждый элемент средства АСУ, который подключен к сети и находится под напряжением, должен иметь защиту от случайного прикосновения к нему человека, а сами технические средства обязаны иметь зануление или заземление, согласно ГОСТ 12.1.030-81 и «Правилами устройства электроустановок» [39].

7.1.3 Безопасное освещение

При выборе типа освещения необходимо учитывать его влияние на здоровье глаз человека и не допускать прямого попадания лучей в глаза пользователю проращивателя. Для этого было выбрано наиболее безопасное освещение – светодиоды. Они представляют наименьшую опасность по сравнению с аналогами:

- в металлгалогенных лампах могут содержаться токсичные металлы, которые при повреждении лампы могут нанести вред здоровью человека. Также эти лампы имеют высокую яркость;

- натриевые лампы также имеют высокую яркость, которая может привести к повреждению сетчатки глаза;

- люминесцентные лампы могут привести к ожогам роговицы глаза из-за ультрафиолетового излучения;

- газоразрядные лампы при ее повреждении могут выделить ртуть, которая приводит к отравлению.

Для того, чтобы исключить попадание прямого света в глаза человека, осветительная установка располагается строго над крышкой проращивателя светодиодами вниз по направлению к микрозелени.

7.2 Экологичность

Электронные компоненты в составе контроллера управления могут нанести вред окружающей среде при их неправильной утилизации. Это обусловлено содержанием в них опасных веществ и материалов, например, свинца, ртути, кадмия, бромированных органических соединений, которые могут оказать негативное влияние на почву и водоемы. А также токсичные вещества могут повлиять на организм человека или животных. Поэтому важно правильно утилизировать электронику.

Приказ Минприроды России от 11.06.2021 N 399 "Об утверждении требований при обращении с группами однородных отходов I - V классов опасности" утверждает требования по утилизации отходов электронного, компьютерного, оптического и электрического оборудования, которое пришло в непригодность и утратило свои потребительские качества [40].

Такие отходы подлежат сбору, хранению и транспортировке с последующими обработкой и утилизацией в целях обеспечения безопасности жизни и здоровья человека, окружающей среды, общества и государства.

Пользователям запрещено самостоятельно утилизировать отходы электрического и электронного характера, сжигая их, кроме случаев, при которых возможно извлечение полезных компонентов из печатных плат. При этом необходимо нейтрализовать отходящие элементы и газы.

Граждане могут передавать отходы электронного и электрического оборудования в специальные организации, специализирующиеся на ремонте и обслуживании компьютерного, электронного и электрического оборудования, которые собирают данные приборы для последующей обработки и утилизации.

Сбор и хранение отходов данного типа должны осуществляться на специализированных объектах в таких помещениях, которые предусматривают наличие вентиляции и средствами пожаротушения.

Хранение отходов данного типа необходимо осуществлять не более 36 месяцев.

При утилизации отходов данного типа необходимо:

- выявить исправное оборудование, которое можно использовать повторно после обработки и восстановления;
- отсортировать отходы по группам;
- разобрать отходы на компоненты;
- извлечь из оборудования вещества, представляющие опасность;
- провести измельчение неметаллических и полимерных компонентов.

Обращение с такими отходами, которые содержат драгоценные металлы, возникшие после обработки отходов электрического и электронного характера,

должно осуществляться, согласно законодательству РФ (Федеральный закон от 26.03.1998 N 41-ФЗ "О драгоценных металлах и драгоценных камнях") [41].

Утилизация оборудования данного типа должна проводиться, согласно с документацией, регламентирующей правила утилизации отходов электрического и электронного характера. Соблюдение всех вышеперечисленных правил нацелено на сохранение жизни и здоровья человека, окружающей среды и государства, а также общества в целом, и не допустить возникновения ЧС вследствие утилизации отходов электрического и электронного типов.

7.3 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация – это ситуация, образовавшаяся на некоторой территории после катастрофы, аварии, стихийного бедствия, возникновения заболевания. Вследствие такой ситуации наносится вред жизни и здоровью людей, окружающей среде. (закон от 21.12.94 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера») [42].

Для того, чтобы сократить число чрезвычайных ситуаций и не допустить их возникновения, проводятся мероприятия, которые называются предупреждение ЧС. Такие мероприятия проводятся заблаговременно. Они направлены на сохранение жизней и здоровья людей, а также сохранение имущества, сохранение целостности окружающей среды и минимизации материальных и финансовых потерь при ликвидации ЧС.

При работе с разрабатываемым устройством может возникнуть такая чрезвычайная ситуация, как пожар. Пожар является самой распространенной ЧС техногенного характера. Пожарная безопасность – это такое состояние, при котором присутствует защищенность жизни и здоровья человека, его имущества, окружающей среды, общества и государства от пожаров. (закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ "О пожарной безопасности") [43].

Для того, чтобы не допустить возникновения пожара при перегрузке или коротком замыкании, любая электрическая система должна иметь предохранительные автоматы. Корпус устройства должен состоять из невоспламеняющихся материалов. Должно быть обеспечено заземление.

Т.к. эксплуатация устройства осуществляется в помещении, следует соблюдать правила пожарной безопасности для помещений:

- в помещениях запрещено разжигать огонь;
- в помещениях запрещено курить;
- запрещено пользоваться электрооборудованием при наличии в помещении запаха газа;
- запрещено закрывать вентиляционные отверстия на электрических установках;
- запрещено накрывать чем-либо электроустановки или сушить на них вещи;
- нельзя блокировать выходы из помещения, это может усложнить эвакуацию в случае возникновения пожара;
- запрещено хранить легковоспламеняемые предметы рядом с устройством;
- в учебном заведении необходимо установить датчики возгорания и задымления для своевременного обнаружения возникшего пожара;
- необходимо проводить регулярные тренировки по эвакуации в случае возникновения пожара;
- необходимо регулярно проверять работоспособность пожарных сигнализаций и датчиков дыма;
- необходимо обучиться пользованию огнетушителями;
- необходимо изучать план эвакуаций из зданий;
- в случае возникновения пожара, необходимо покинуть помещение и вызвать спасательную службу;
- в детских учебных заведениях эксплуатация электроприборов должна проводиться только в присутствии взрослых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы были разработаны экспериментальная установка по проращиванию микрозелени и устройство управления к ней. Также был составлен алгоритм программы работы блока управления и код программы. Разработана печатная плата, структурная и принципиальная схемы устройства управления. В работе был автоматизирован полив микрозелени, а также разработаны система мониторинга температуры микроклимата и осветительная установка. Устройство собрано и протестировано, работает исправно.

В ходе работы были изучены автоматические и неавтоматические технологии проращивания микрозелени, рассмотрены конструкции, работающие на основе методов гидропоники и аэропоники, и предложено собственное устройство. Был изучен язык программирования Дракон, на котором был составлен алгоритм управления системой полива с помощью микроконтроллера, а также этот алгоритм был автоматически конвертирован в программу на языке C++. Программа была загружена в микроконтроллер, устройство протестировано. Также на C++ были написаны и протестированы программы для работы системы освещения и устройства измерения температуры.

Дальнейшее развитие проращивателя может заключаться в создании системы вентиляции с целью регулирования температуры и влажности микроклимата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система автоматизации теплиц [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://forum.kafedra.apie.ru/index.php?topic=162.0>. – 25.03.2024
2. Аэропоника [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://forum.kafedra.apie.ru/index.php?topic=388.0>. – 25.03.2024
3. Система управления микроклиматом теплицы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://forum.kafedra.apie.ru/index.php?topic=387.0>. – 25.03.2024
4. Автоматический проращиватель семян [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://forum.kafedra.apie.ru/index.php?topic=499.0>. – 25.03.2024
5. Оценка концентраций витаминов и каротиноидов в новых пищевых продуктах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://forum.kafedra.apie.ru/index.php?topic=471.0>. – 25.03.2024
6. Разработка конструкции проращивателя микрозелени [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60048400>. – 25.03.2024
7. Автоматизация аэропонного способа питания растений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49355444>. – 25.03.2024
8. Обзор технических средств для проращивания семян [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49755217>. – 25.03.2024
9. Автоматизированный проращиватель микрозелени [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54119948>. – 25.03.2024
10. Автоматизированный гроубокс [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49755218>. – 25.03.2024
11. Моделирование влажностного режима в автоматизированном гроубоксе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49558961>. – 25.03.2024
12. Динамическая модель VPD в системе управления микроклиматом в гроубоксе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41557007>. – 25.03.2024

13. Устройство для выращивания растений методом барабанной аэропоники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48776806>. – 25.03.2024

14. Автоматизация выращивания микрозелени: проект MFFE [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44522755>. – 25.03.2024

15. Влияние субстрата на рост микрозелени [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50521122>. – 25.03.2024

16. Микрозелень в грубоксе как основа здорового питания населения в условиях пандемии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47264518>. – 25.03.2024

17. Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.researchgate.net/profile/Gene-Lester/publication/267354000_Microgreens_Assessment_of_Nutrient_Concentrations/links/549062e50cf225bf66a82d04/Microgreens_Assessment_of_Nutrient_Concentrations.pdf. – 25.03.2024

18. Что такое микрозелень? [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://minifermer.ru/page_413.html. – 25.03.2024

19. Как использовать выращенную микрозелень в кулинарии [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sibseed.ru/blog/poleznaya_zelen_doma/kak_ispolzovat_vyrashchennuyu_mikrozelen_v_kulinarii/. – 25.03.2024

20. Способы выращивания микрозелени в домашних условиях на подоконнике в земле и без земли [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://architecture_and_design.ru/dacha_and_landscaping/kak_vyrastit_mikrozelen_v_domasnih_usloviah_4_prostyh_sposoba_po_posadke.html. – 25.03.2024

21. Преимущества и недостатки Гидропоники [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rdm_garden.ru/stati_o_gidroponike/preimuchestva_i_nedostatki_gidroponiki/. – 25.03.2024

22. Аэропоника – получаем урожай прямо из воздуха [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ogorod.ru/ru/main/tekno/8840/Aeroponica-poluchaem-urozhaj-pryamo-iz-vozdukha.htm>. – 25.03.2024
23. Обзор реле времени с задержкой, JZ 801 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-rele-vremeni-s-zaderzhkoy-jz-801/>. – 16.06.2024
24. Микроконтроллер. Большая Российская энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/mikrokontroller-e95536>. – 16.06.2024
25. Arduino Nano V3.0 Характеристики, распиновка, драйвера, описание платы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://micro-pi.ru/arduino-nano-v3-0-obzor-drajvera/>. – 16.06.2024
26. Tm1637 индикатор [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://arduino-kid.ru/indicator_TM1637. – 16.06.2024
27. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ DC DC НАПРЯЖЕНИЯ LM2596 С ВОЛЬТМЕТРОМ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://navipoisk.ru/modul-pitaniya-dc-dc-lm2596/>. – 16.06.2024
28. JQC 3FF сверхминиатюрные реле высокой мощности [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.dart.ru/cataloguenew/relay/relays_hf/html/jqc-3ff.shtml. – 16.06.2024
29. Создание эффективных светодиодных фитосветильников [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://led-e.ru/lighting/designing/sozдание-fitosvetilnikov/>. – 16.06.2024
30. Какие лампы используются в растениеводстве [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://agrodom.com/advice/kakie-lampy-ispolzuyutsya-v-rastenievodstve-osveshchenie-v-gidroponike/>. – 16.06.2024
31. Обоснование параметров и режимов работы системы освещения при выращивании микрозелени без естественного света [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-parametrov-i-rezhimov-raboty-sistemy-osveshcheniya-pri-vyraschivanii-mikrozeleni-bez-estestvennogo-sveta#:~:text=>. – 16.06.2024

32. Стоцкая П. К. Выбор фитоосвещения для автоматизированного проращивателя микрорзелени // П. К. Стоцкая, В. Л. Русинов // Материалы XXXIII научной конференции Амурского государственного университета «День науки», Благовещенск, 18 апреля 2024 года. – С. 103–104. – УДК 664.765.

33. IRF540 MOSFET описание производителя. Даташиты. Основные параметры и характеристики. Поиск аналога. Справочник [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://alltransistors.com/ru/mosfet/transistor.php?transistor=2419>. – 16.06.2024

34. Резистор переменный [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.chipdip.ru/product/sp3_4bm_0.125w_22_ком_3_12. – 16.06.2024

35. Паронджанов В. Д. Алгоритмы и жизнеритмы на языке ДРАКОН. Разработка алгоритмов. Безошибочные алгоритмы. — М., 2019. — 374 с.

36. Федеральный закон от 28.12.2010 N 390 ФЗ (ред. от 10.07.2023) «О безопасности»

37. ГОСТ 12.2.070 81 «Правила техники безопасности электрических цепей» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rst.gov.ru/>. – 16.06.2024

38. ГОСТ 25861 83 «Машины вычислительные и системы обработки данных. Требования электрической и механической безопасности и методы испытаний» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rst.gov.ru/>. – 16.06.2024

39. ГОСТ 12.1.030 81 «Правила устройства электроустановок» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rst.gov.ru/>. – 16.06.2024

40. Приказ Минприроды России от 11.06.2021 N 399 "Об утверждении требований при обращении с группами однородных отходов I – V классов опасности" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/>. – 16.06.2024

41. Федеральный закон от 26.03.1998 N 41 ФЗ «О драгоценных металлах и драгоценных камнях» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/>. – 16.06.2024

42. Закон от 21.12.94 № 68 ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/>. – 16.06.2024

43. Закон от 21.12.1994 N 69 ФЗ "О пожарной безопасности" [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https https://www.consultant.ru/](https://www.consultant.ru/). – 16.06.2024


```

// Autogenerated with DRAKON Editor 1.26
// Generator adopted by Bardynin Dmitry, Astrakhan-Sochi, 2015-2019, ver.0.11
//Ustanovka
// Biblioteka upravlenija knopkami v3.8
#include "GyverButton.h"
// Biblioteka semisegentnyh indikatorov v1.4.2
#include "GyverTM1637.h"
// Naznachenie vyvodov knopkam 1, 2 i 3
#define BUTTON1_PIN 7
#define BUTTON2_PIN 8
#define BUTTON3_PIN 9
// Naznachenie vyvoda rele
#define RELAY_PIN 2
// Naznachenie vyvodov indikatoram
#define CLK1 4 // clk pervogo indikatora
#define DIO1 3 // dio pervogo indikatora
#define CLK2 5 // clk vtorogo indikatora
#define DIO2 6 // dio vtorogo indikatora
// Privjazka knopok 1, 2 i 3 k biblioteke GButton
GButton button1(BUTTON1_PIN, HIGH_PULL, NORM_OPEN);
GButton button2(BUTTON2_PIN, HIGH_PULL, NORM_OPEN);
GButton button3(BUTTON3_PIN, HIGH_PULL, NORM_OPEN);
//Privjazka indikatorov 1 i 2 k biblioteke GyverTM1637
GyverTM1637 disp1(CLK1, DIO1); // Indikator 1
GyverTM1637 disp2(CLK2, DIO2); // Indikator 2
// Peremennye dlja tajmera
int secs = 0; // tekusznie sekundy (chasy)
int mins = 0; // tekusznie minuty (chasy)
unsigned long timer; // chasy
int remainingSecs = 0; // ostavshiesja sekundy (obratnyj schet)
int durationTime = 5; // Dlitel'nostj poliva, 0...99 sek
int periodTime = 60; // period (interval) poliva, 0...99 min (obratnyj

```

schet)

```
int remainingMins = 60; // ostavshiesja minuty do nachala poliva (obratnyj schet)
//unsigned long prevTime; // predyduszhee znachenie vremeni
//unsigned long curentTime; // tekuszhee znachenie vremeni
// Drugie peremennye
boolean relayState = 0; // sostojanie rele poliva: 0 - vykljucheno, 1 vkljucheno
// Nastrojka
void setup( ) {
    // Otkrytj Serial na skorosti 9600
    Serial.begin(9600);
    // Opredeljaem vyvody BUTTONx_PIN kak vhody s podtjazhkoj
    // k kotorym podkljuchajutsja knopki
    pinMode(BUTTON1_PIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(BUTTON2_PIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(BUTTON3_PIN, INPUT_PULLUP);
    // Opredeljaem vyvod RELAY_PIN kak vyhod
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
    // pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT)
    // INicializacija indikatorov 1 i 2
    disp1.clear();
    disp1.brightness(5); // jarkostj, 0 - 7 (minimum - maksimum)
    disp2.clear();
    disp2.brightness(3); // jarkostj, 0 - 7 (minimum - maksimum)
}
//Upravlenie polivom proraszhivatelja
void loop( ) {
    Serial.print("relayState");
    Serial.println(relayState);
    // vyvodim period i dliteljnostj poliva na indikator 1
    disp1.point(1); // vkl / vykl tochku (POINT_ON / POINT_OFF)
    disp1.displayClock(periodTime, durationTime); // vyvodim funkciej chasov
    if (remainingMins < 0) {
        if (relayState == 0) {
            relayState = 1;
            digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
        }
    }
}
```

```

        Serial.println("Rele vkljuchilosj");
    } else {
    }
    Tajmer_dliteljnosti(); // insertion
    if (remainingSecs < 1) {
        remainingMins = periodTime;
        mins = 0;
        secs = 0;
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        relayState = 0;
    } else {
    }
    // vyvodim otschet poliva na indikator 2
    disp2.point(0); // vkl / vykl tochku (POINT_ON / POINT_OFF)
    disp2.displayClock(0, remainingSecs); // vyvodim vremja funkciej chasov
} else {
    Tajmer_perioda(); // insertion
    // vyvodim ostavsheesja vremja na indikator 2
    disp2.point(1); // vkl / vykl tochku (POINT_ON / POINT_OFF)
    // disp2.displayClockTwist(remainingMins, remainingSecs, 35); // vyvodit chasy i
minuty s aeffektom skrutki
    disp2.displayClock(remainingMins, remainingSecs); // vyvodim vremja funkciej chasov
}
Knopochnoe_upravlenie(); // insertion
}
void Knopochnoe_upravlenie( ) {
    // Opros button1
    button1.tick(); // objazateljnaja funkcija obrabotki. Dolzhna postojanno oprashivatjsja
    if (button1.isSingle()) {
        Serial.println("Single Click Button1");
    } else {
    }
    // Opros button2
    button2.tick(); // objazateljnaja funkcija obrabotki. Dolzhna postojanno oprashivatjsja
    if (button2.hasClicks()) {

```

```

//Schitaem kolichestvo nazhatij num_clicks
byte num_clicks=button2.getClicks();
//Serial.println("number of button 2 clicks")
//Serial.println(num_clicks)
//Serial.println(secs)
// Ustanavlivaem dliteljnostj poliva durationTime
switch(num_clicks){
    case 1:
        durationTime +=5;
        break;
    case 2:
        if(durationTime > 5){
            durationTime -= 5;
        }
        else if (durationTime <=5){
            durationTime = 0;
        }
        break;
    case 3:
        durationTime = 0;
        break;
}
} else {
}
// Opros button3
button3.tick(); // objazateljnaja funkcija obrabotki. Dolzhna postojanno oprashivatjsja
if (button3.hasClicks()) {
    Ustanovka_perioda_poliva(); // insertion
    // Obnuljaem chasy
    secs = 0;
    mins = 0;
} else {
}
}

```

```

void Tajmer_dliteljnosti( ) {
    if ((millis() - timer) > 1000) {
        timer = millis();
        secs++;
    } else {
    }
    if (secs < durationTime) {
        remainingSecs = durationTime - secs-1;
    } else {
        // Obnuljaem sekundy
        secs = 0;
    }
}

void Tajmer_perioda( ) {
    if ((millis() - timer) > 1000) {
        timer = millis();
        secs++;
        if (secs > 59) {
            secs = 0;
            mins++;
        } else {
        }
    } else {
    }
    if (mins < periodTime + 1) {
        remainingSecs = 59 - secs;
        remainingMins=periodTime-mins-1;
    } else {
        // Obnuljaem chasy
        secs = 0;
        mins = 0;
    }
}

void Ustanovka_perioda_poliva( ) {
    //Schitaem kolichestvo nazhatij Button3

```

```
byte num_clicks=button3.getClicks();
if (num_clicks == 1) {
    periodTime +=1;
} else {
    if (num_clicks == 2) {
        periodTime +=5;
    } else {
        if (num_clicks == 3) {
            periodTime -=10;
        } else {
            if (num_clicks == 4) {
                } else {
                    // illegal code ("Not expected: " + num_clicks)
                }
            }
            periodTime =0;
        }
    }
}
}
```

```

#define CLK 12
#define DIO 11
#include "GyverTM1637.h"
GyverTM1637 disp(CLK, DIO);
int analogPin0 = A0; // номер порта термистора внутри
//int analogPin1 = A1; // номер порта термистора снаружи
double valv = 0; // значение, считанное с термистора внутри
//double vals = 0; // значение, считанное с термистора снаружи
double Urtv = 0; // значение напряжения на термисторе внутри
//double Urts=0; // значение напряжения на термисторе снаружи
double Rtv = 0; // значение сопротивления на термисторе внутри
//double Rts=0; // значение сопротивления на термисторе снаружи
double tv = 0; // значение температуры на термисторе внутри
//double ts=0; // значение температуры на термисторе снаружи
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // установка связи по serial
  disp.clear();
  disp.brightness(7); // яркость, 0 - 7 (минимум - максимум)
}
void loop()
{
  valv = analogRead(analogPin0); // считываем значение со внутреннего тер-
мистора
  //vals = analogRead(analogPin1); // считываем значение с внешнего терми-
стора
  Urtv = 5.0 / 1024.0 * valv; // расчет напряжения на внутреннем терми-
сторе
  //Urts = 5.0 / 1024.0 * vals; // расчет напряжения на внешнем термисторе
  Rtv = Urtv * 6.8 / (5 - Urtv); // расчет сопротивления внутреннего терми-
стора
  //Rts = Urts * 6.8 / (5 - Urts); // расчет сопротивления внешнего термистора

```

```
tv = 0.1707 * Rtv * Rtv - 6.2373 * Rtv + 72.0689; // расчет температуры внутри
//ts = 0.1707 * Rts * Rts - 6.2373 * Rts + 72.0689; // расчет температуры снаружи
int tvint = tv * 100;
//int tvins = ts * 100;
if (millis() % 6000 > 3000) {
    disp.displayInt(tvint);
    disp.point(1);
    delay(500);
} else {
    disp.displayInt(tvins);
    disp.point(1);
    delay(500);
}
}
```

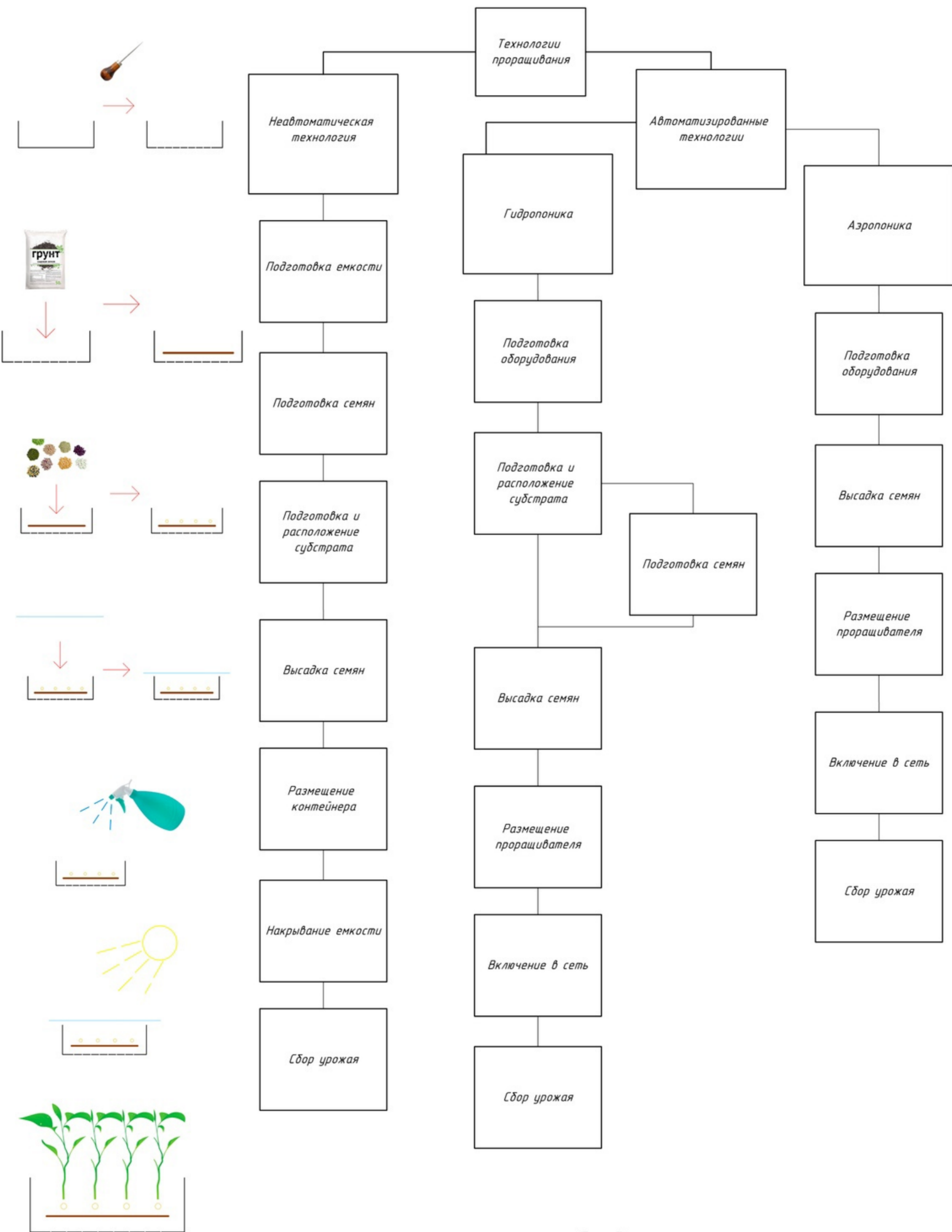


```

#include <GyverTM1637.h>
#define CLK A3
#define DIO A2
#include "GyverTM1637.h"
GyverTM1637 disp(CLK, DIO);
#define pot A4
#define mos 10
#define phot A7
int light_set_point = 90;
int P_koef = 1;
int light_n_luks = 0;
int valv = 0;
double Urtv = 0;
double Rtv = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  disp.clear();
  disp.brightness(7); // яркость, 0 - 7 (минимум - максимум)
}
void loop() {
  //analogWrite(mos, (analogRead(pot) / 4)); // ручной режим
  analogWrite(mos, P_regul(light_set_point, light_n_luks)); // автоматический режим
  // Serial.println((analogRead(phot)/4));
  valv = analogRead(phot);
  //Serial.println(valv);
  Uf = 5.0 / 1024.0 * valv;
  //Serial.println(Uf);
  Rf = Uf * 6.8 / (5 - Uf);
  light_n_luks = 0.5333 * Rf * Rf - 15.0741 * Rf + 127.6873;
  Serial.println(light_n_luks);
  delay(100);
  disp.clear();
}

```

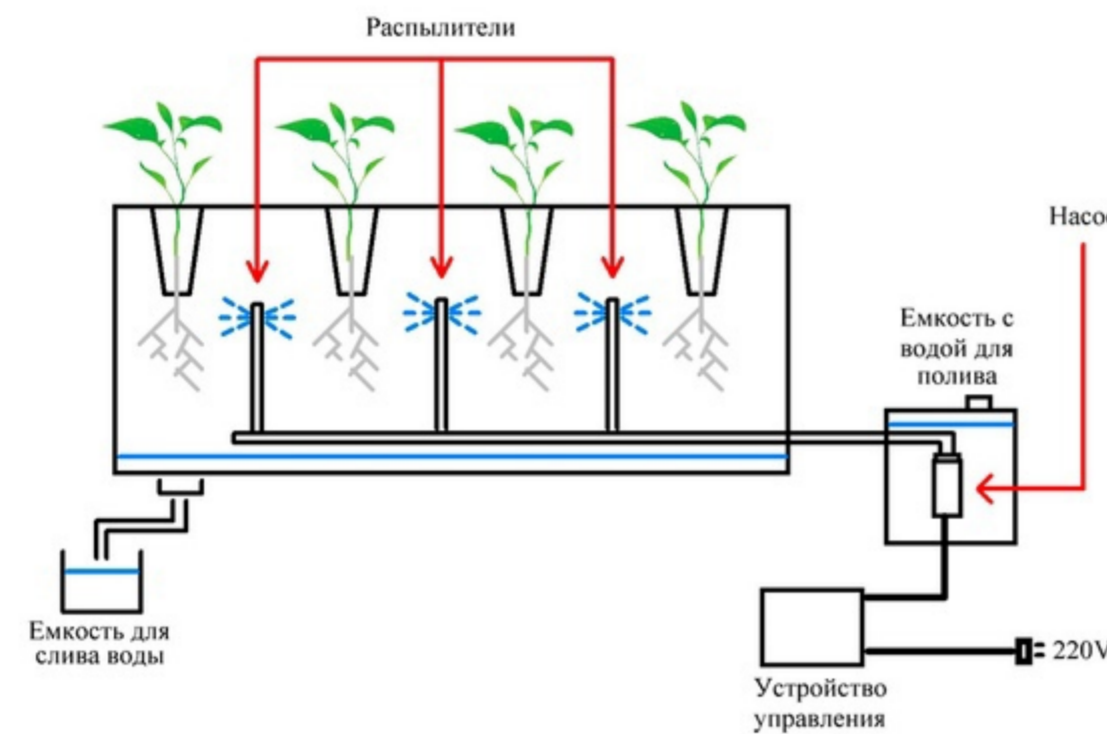
```
disp.displayInt(light_n_luks);  
}  
byte P_regul(int set_point, int feedback) {  
    int u = ((set_point - feedback) * P_koef);  
    if (u > 255) u = 255;  
    if (u < 0) u = 0;  
    return (u);  
}
```

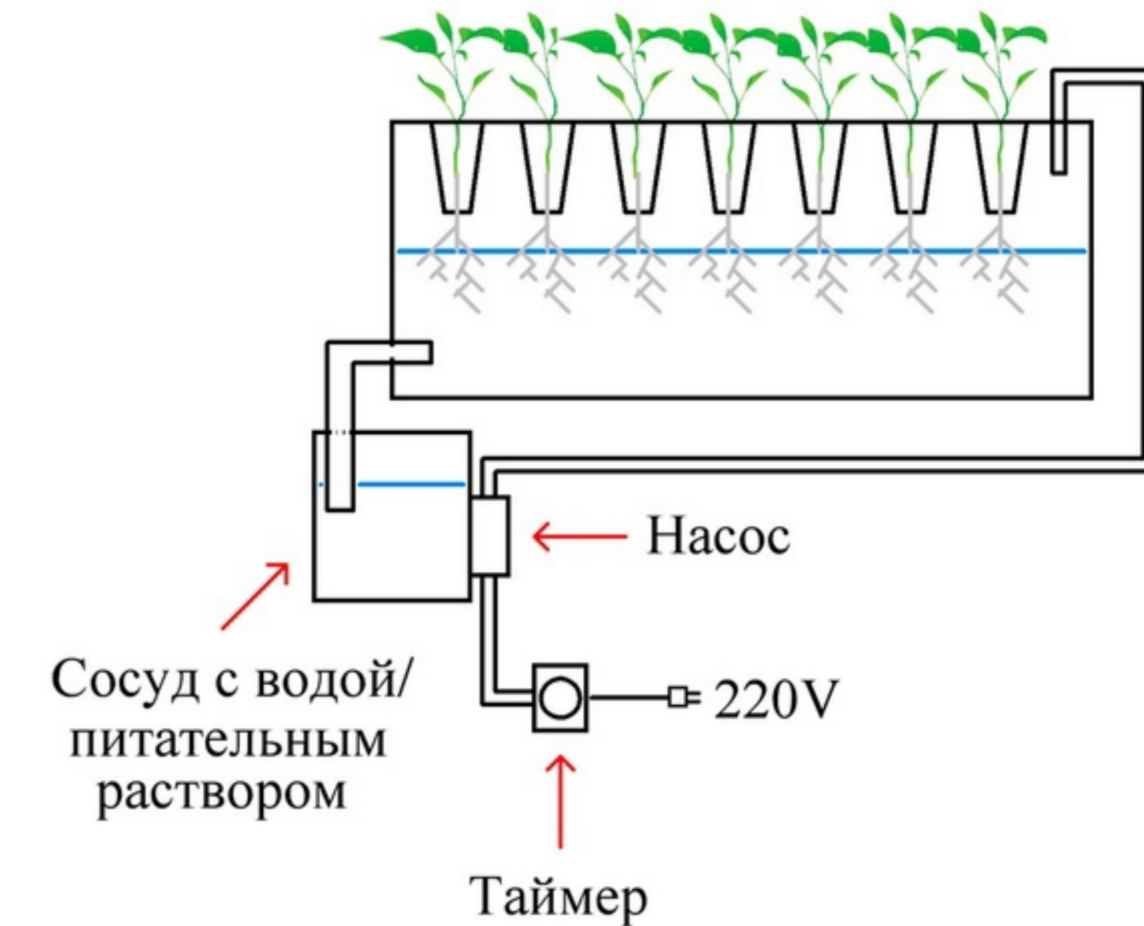
Стадии роста микрозелени



Устройство для выращивания микрозелени методом аэропонике



Устройство для выращивания микрозелени методом гидропонике



Конструкция проращивателя с автоматизированным поливом, освещением и вентиляцией

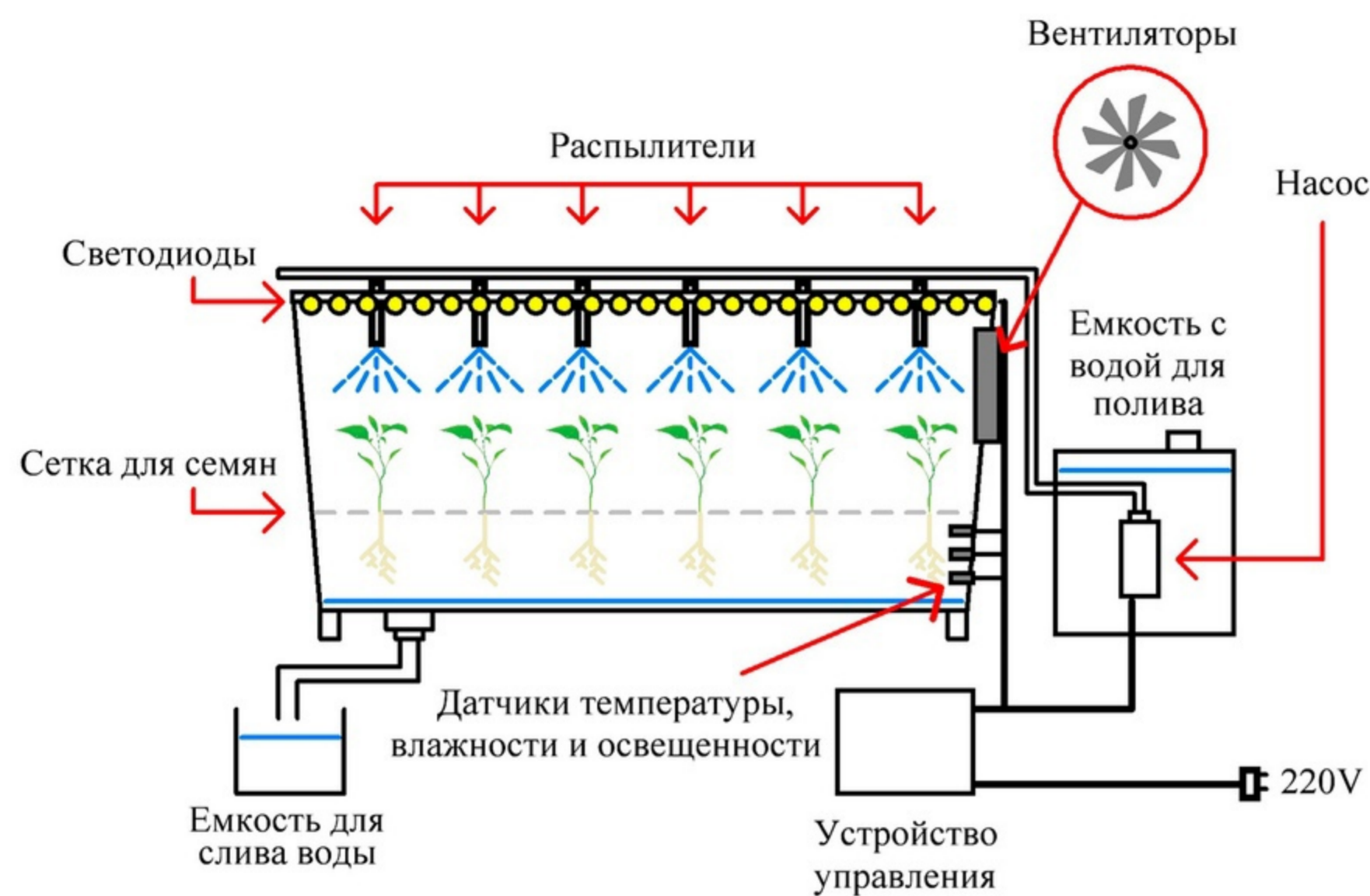
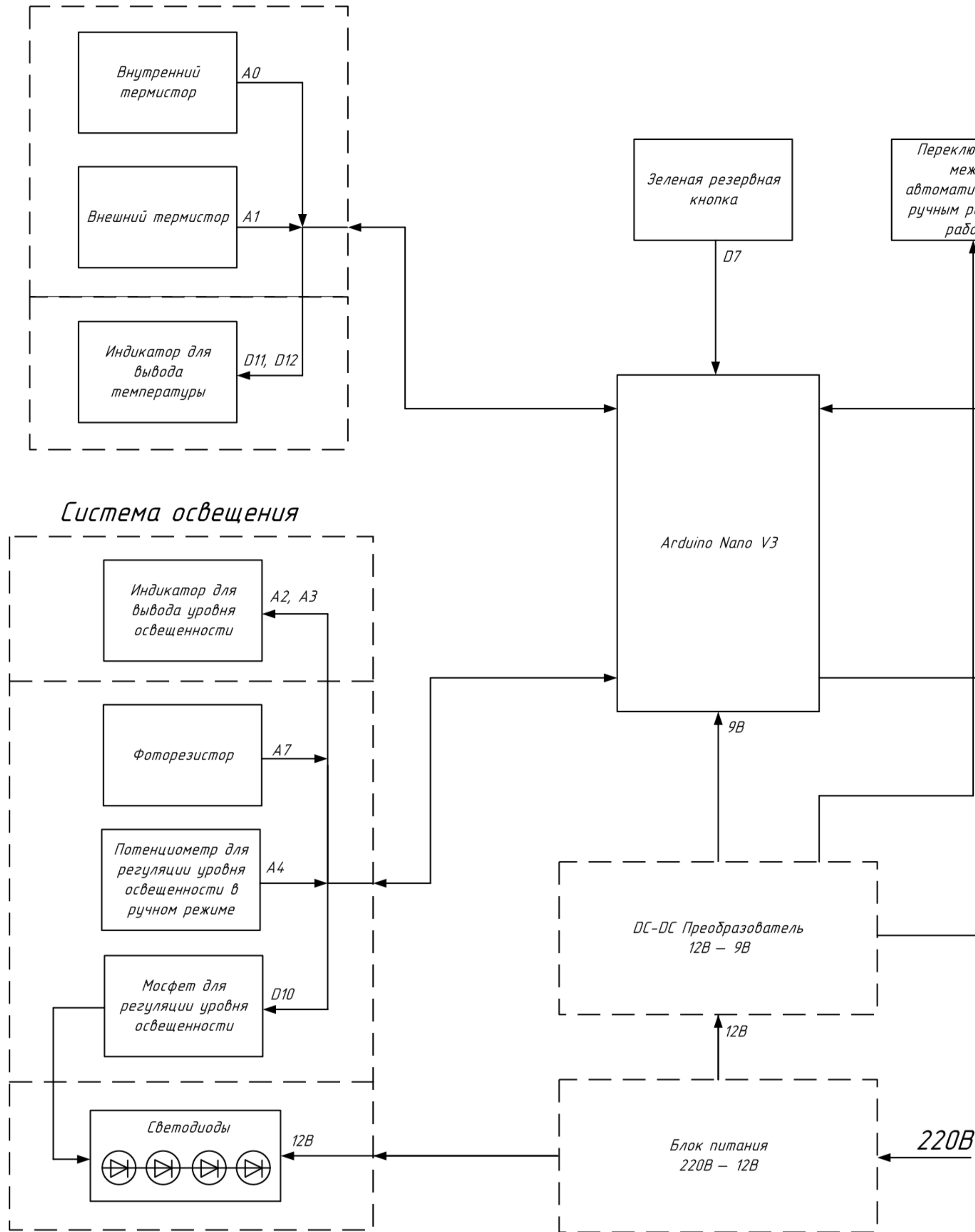


Таблица содержания белков, жиров и углеводов в микрозелени

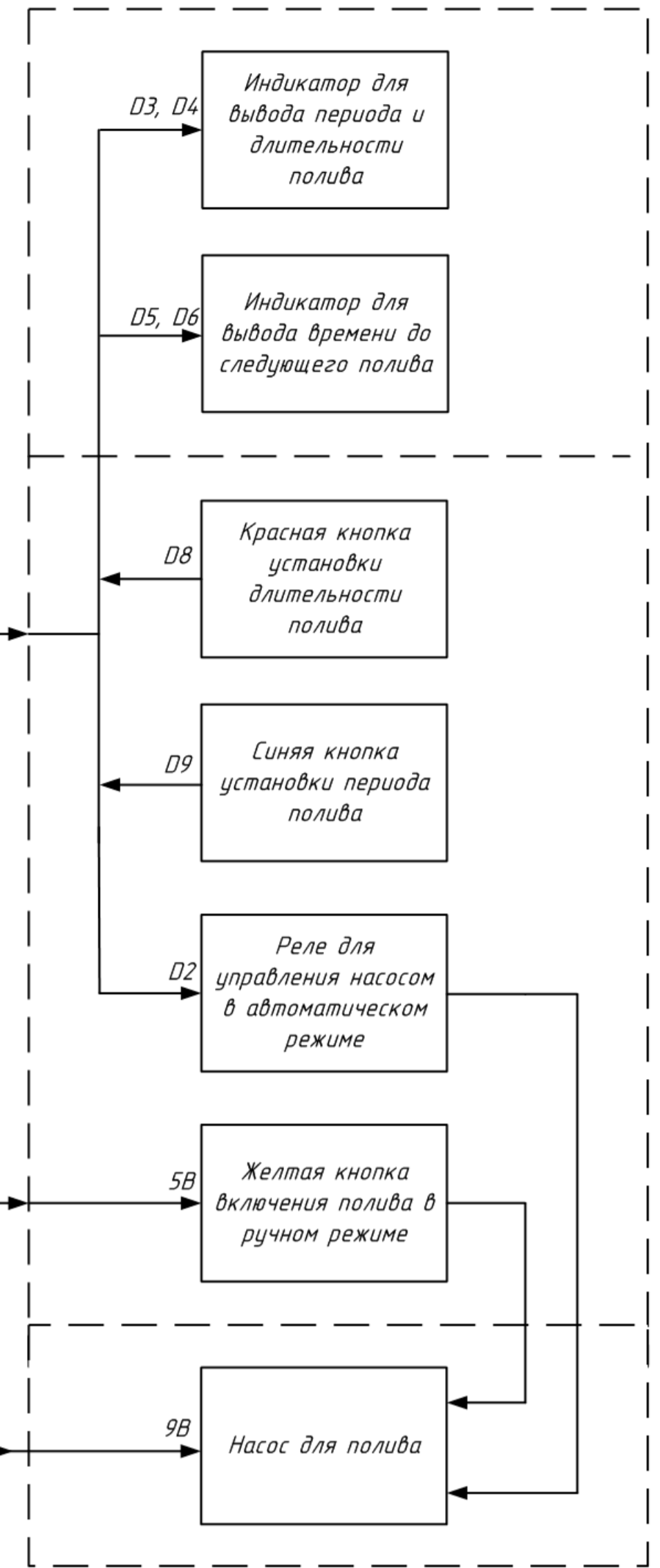
Вид микрозелени	Калорийность (ккал)	Белки (г)	Жиры (г)	Углеводы (г)
Зеленая греча	343	7,5	3	72
Пшеница	340	14	2,5	71
Рожь озимая	338	10	2	76
Обес голозерный	389	17	7	66
Ячмень голозерный	228	10	2	56
Полба	338	15	2	70
Рис	362	7,5	2,5	77
Маш	212	24	1	63
Нут	364	19	6	61
Горох зеленый	180	6	1	32
Чечевица желтый	352	25	1	63
Соя красная	446	36	20	30
Лен	534	18	4,2	29
Подсолнечник	620	22	50	9
Кунжут	573	18	50	23
Раствораша	396	24	10	53
Пажитник (хельба)	323	23	6	58
Кукуруза	325	11	5	60

				ВКР 204013.15.03.04.В0			
Изм./Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Процесс технологический			
Разраб.	Скрипка П.К.			Лит	Масса	Масштаб	
Проб.	Скрипка О.В.			У			
Т.контр.	Скрипка О.В.			Лист	1	Листов	6
И.контр.	Скрипка О.В.			Разработка автоматизированной системы управления экспериментальной установкой по проращиванию микрозелени			
Чтв.	Скрипка О.В.			АМГУ гр. 041-08			

Устройство измерения температуры

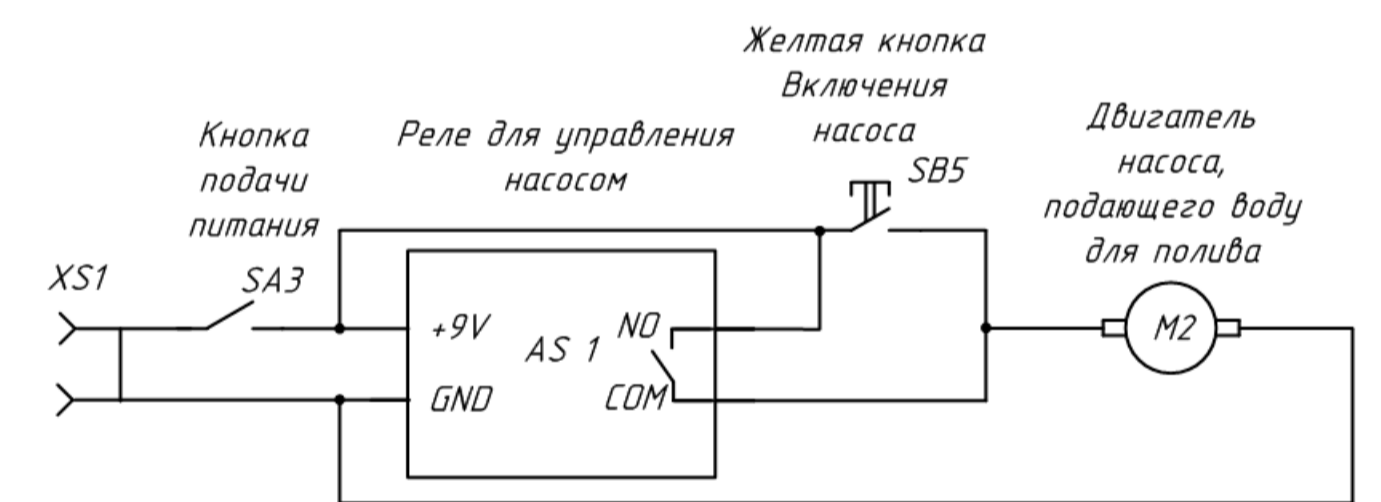
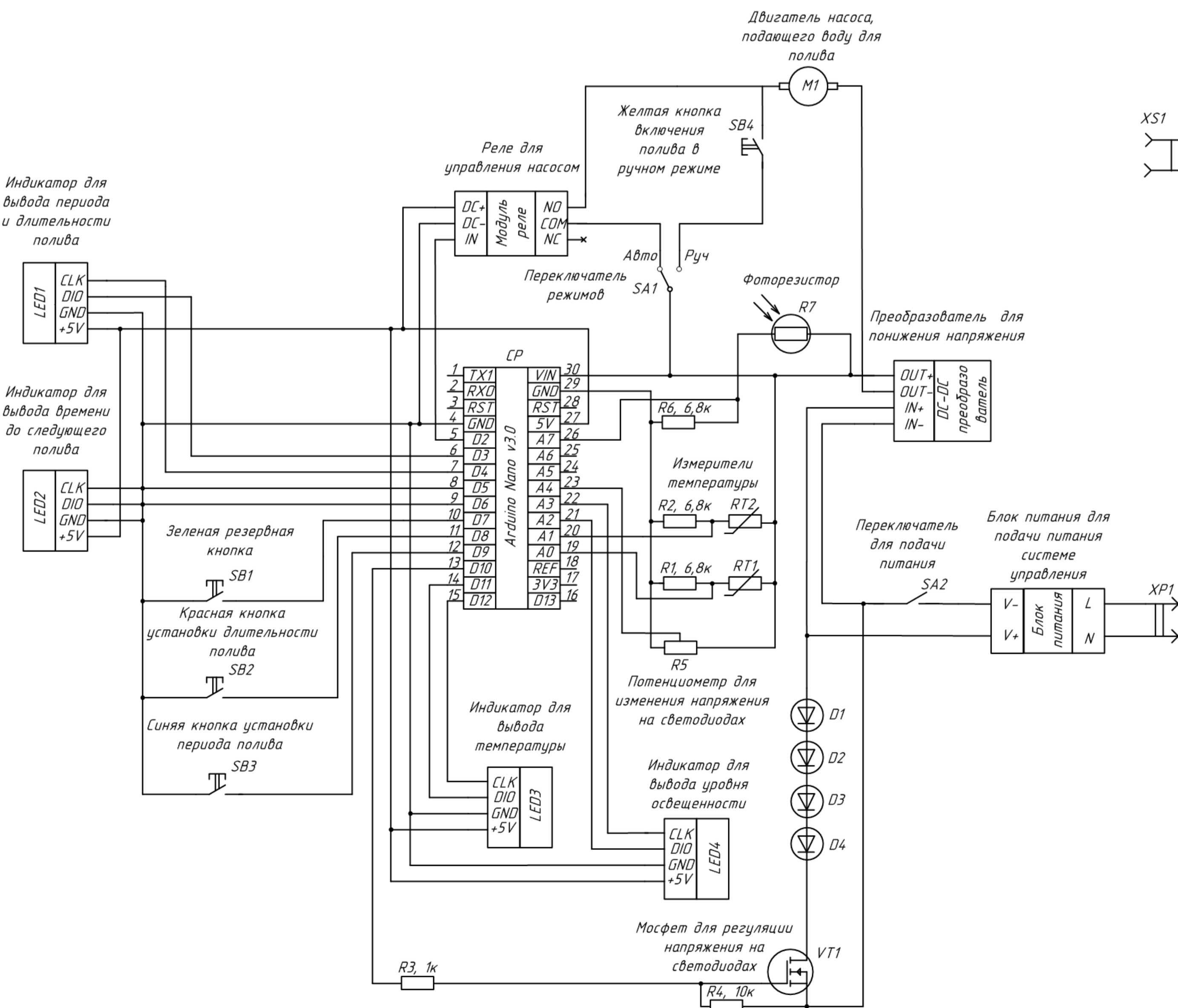


Система управления поливом



Принципиальная схема устройства управления на базе микроконтроллера

Принципиальная схема устройства управления на базе реле



Функция	Знак	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Оборудование		
		1	CP	Микроконтроллер Atmega328P	1	
		2	LED	Семисегментный дисплей TM1637	4	
		3	DC-DC преобразователь	DC-DC преобразователь LM2596	1	
		4	Модуль реле	Модуль реле JZ-801	2	
		5	XP	Вилка	1	
		6	XS	Розетка	2	
		7	M	Двигатель насоса	2	
		8	SA	Переключатель	3	
		9	SB	Кнопка без фиксации	5	
		10	R1, R2, R6	Резистор, 6,8кОм	2	
		11	R3	Резистор, 10кОм	1	
		12	R4	Резистор, 10кОм	1	
		13	RT	Термистор, 10кОм	2	
		14	R5	Потенциометр СПЗ-48М	1	
		15	D	Светодиод, 3Вт	4	
		16	VT1	Силовой транзистор IRF540	1	
		17	R7	Фоторезистор	1	

ВКР 204.013.15.03.04.СХ

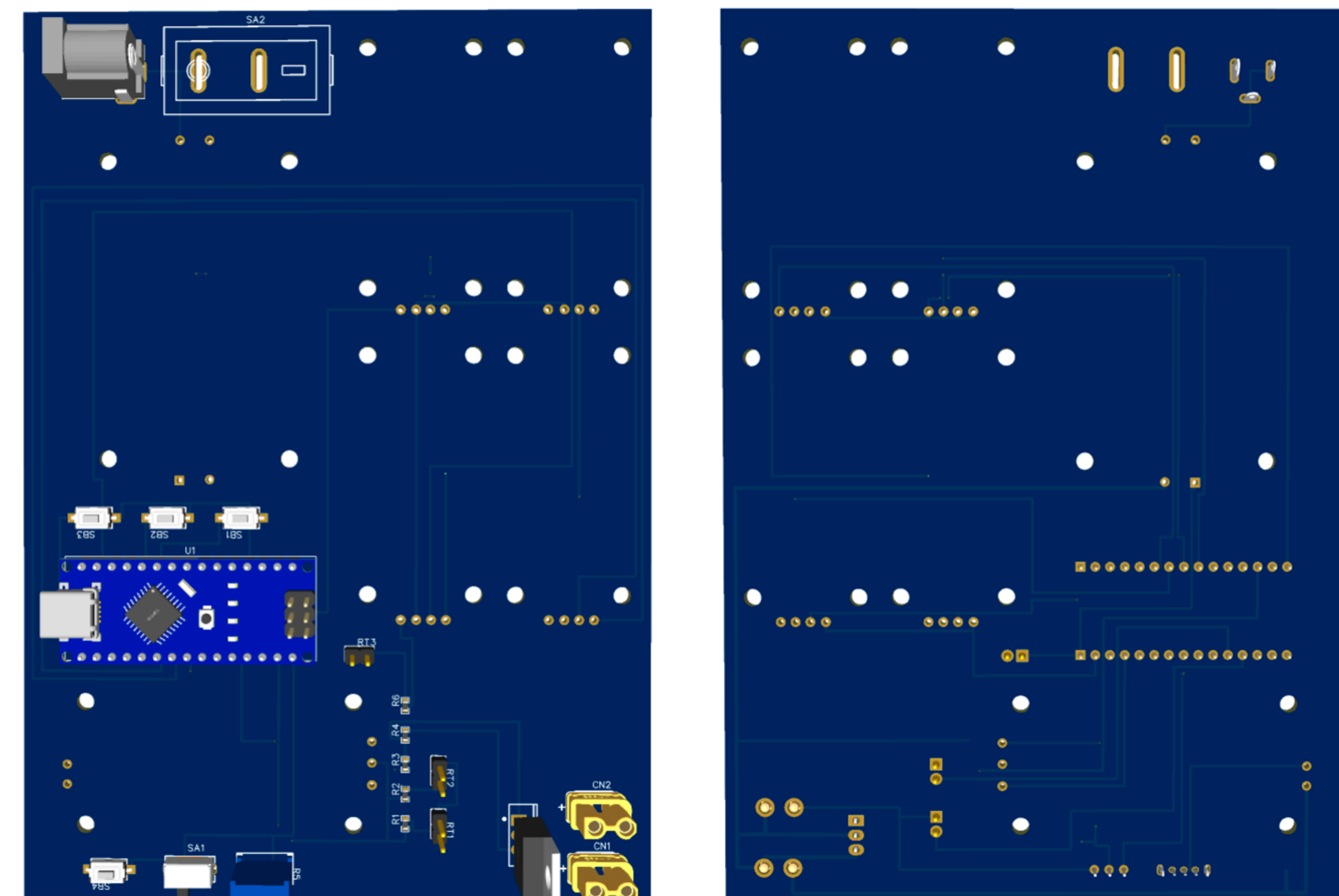
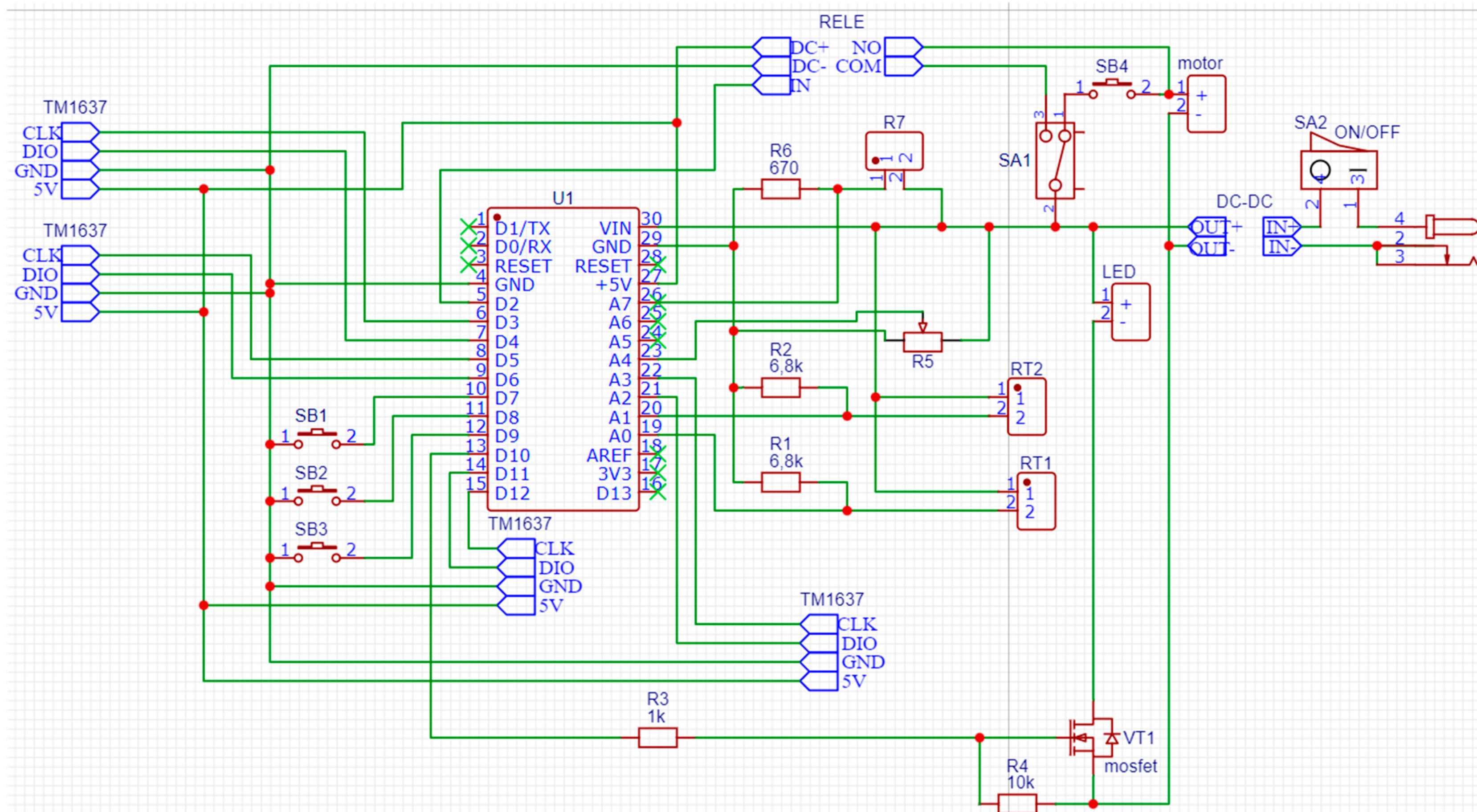
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Разраб	Сторожик О.В.			У		
Пров	Скрипко О.В.					
Т.контр	Скрипко О.В.					
И.контр	Скрипко О.В.					
Утв	Скрипко О.В.					

Схемы устройства управления принципно-структурная

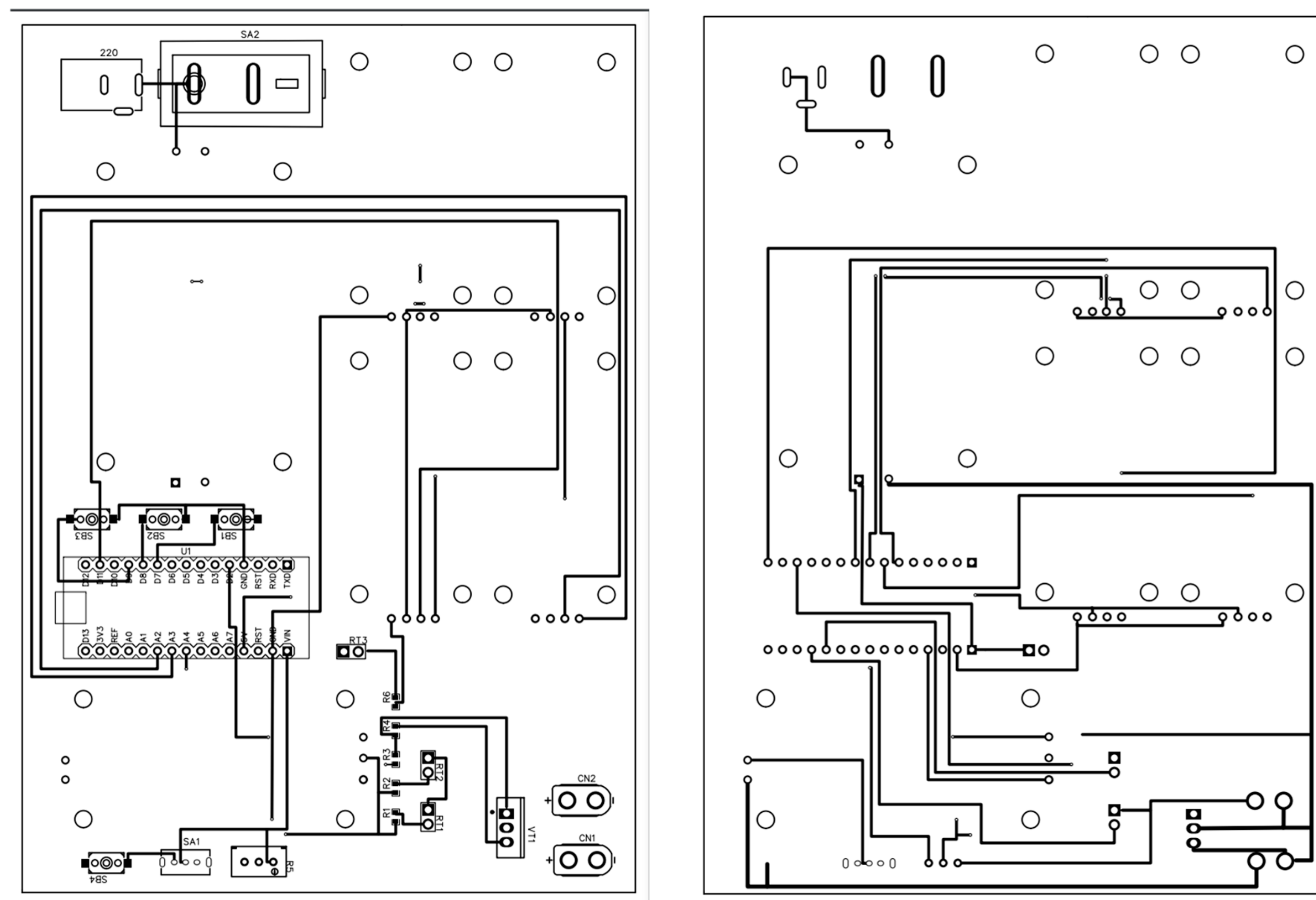
Разработка автоматизированной системы управления экспериментальной установкой по проращиванию микрозелени

Лист 2 Листов 6

АМГУ гр. 041-08

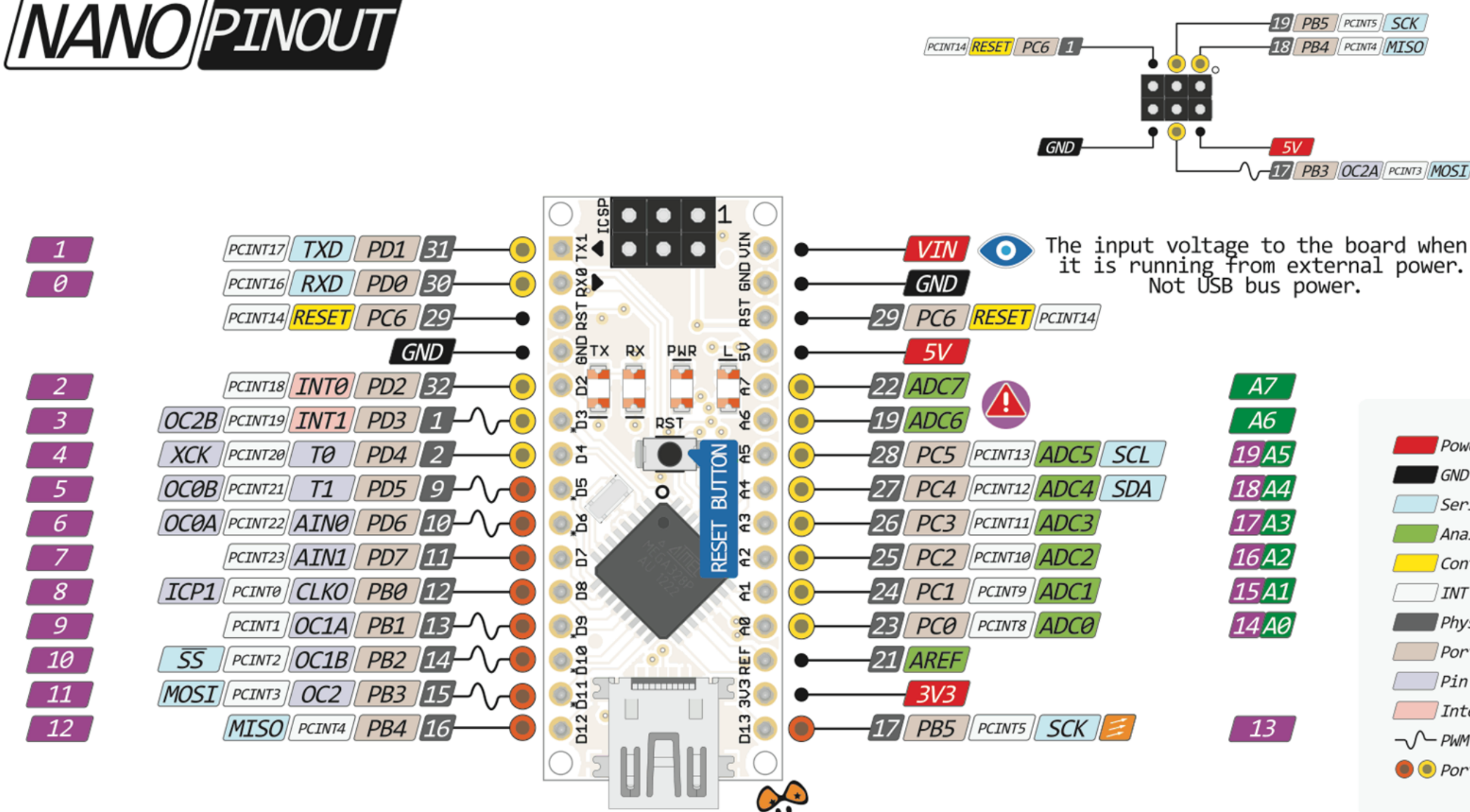


Плата печатная (вид сверху и снизу)

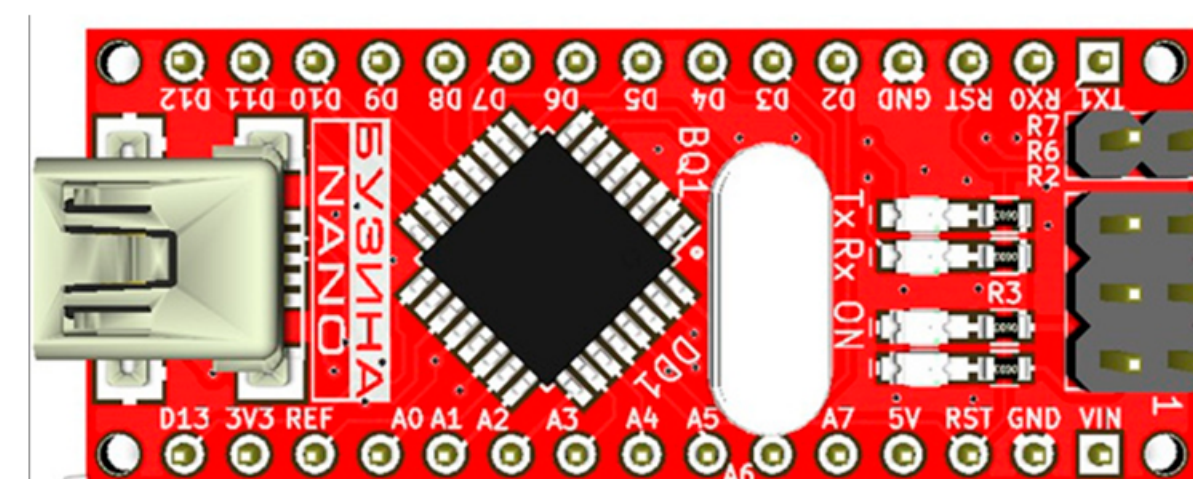


Распиновка Arduino Nano V3

NANO PINOUT

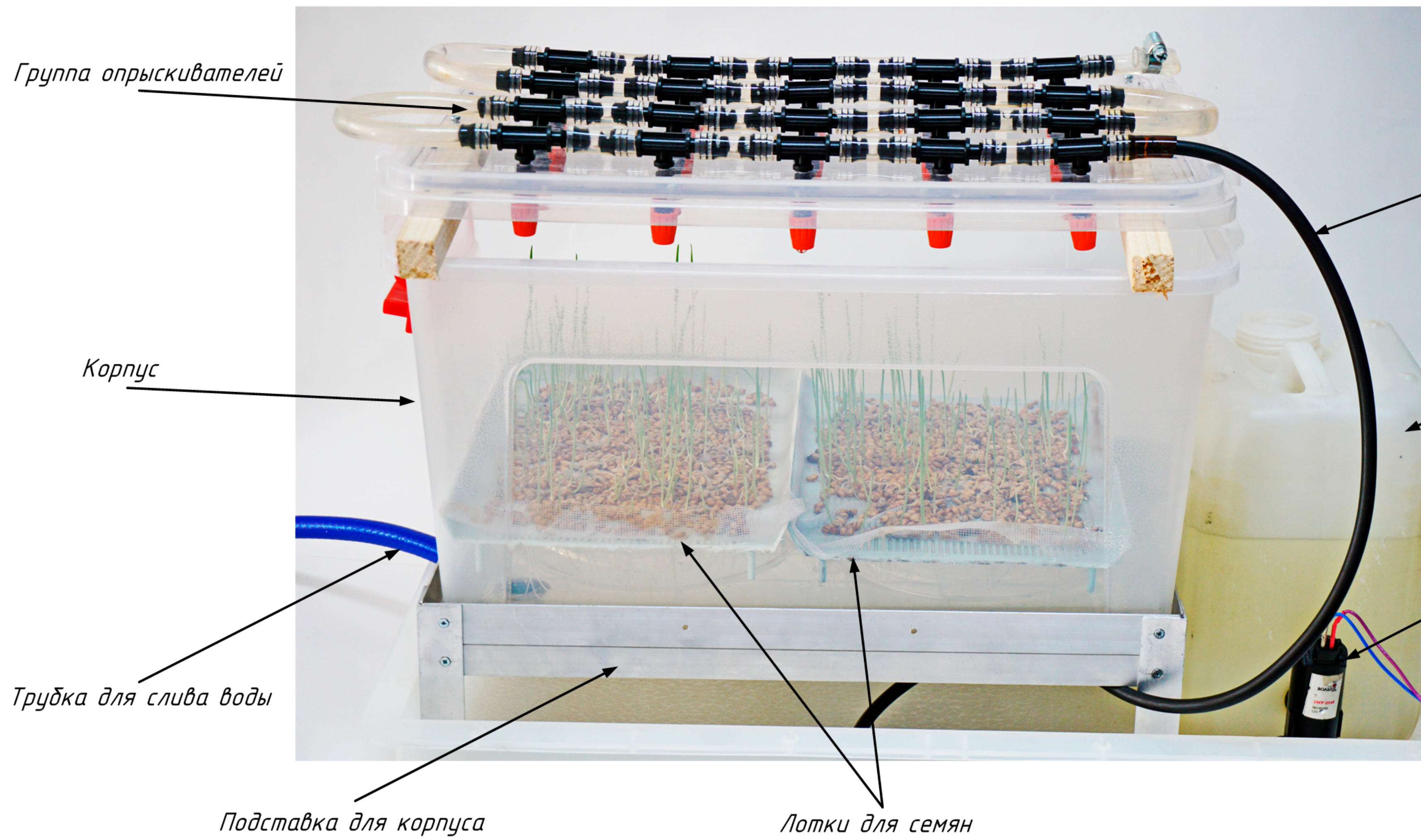


Внешний вид контроллера

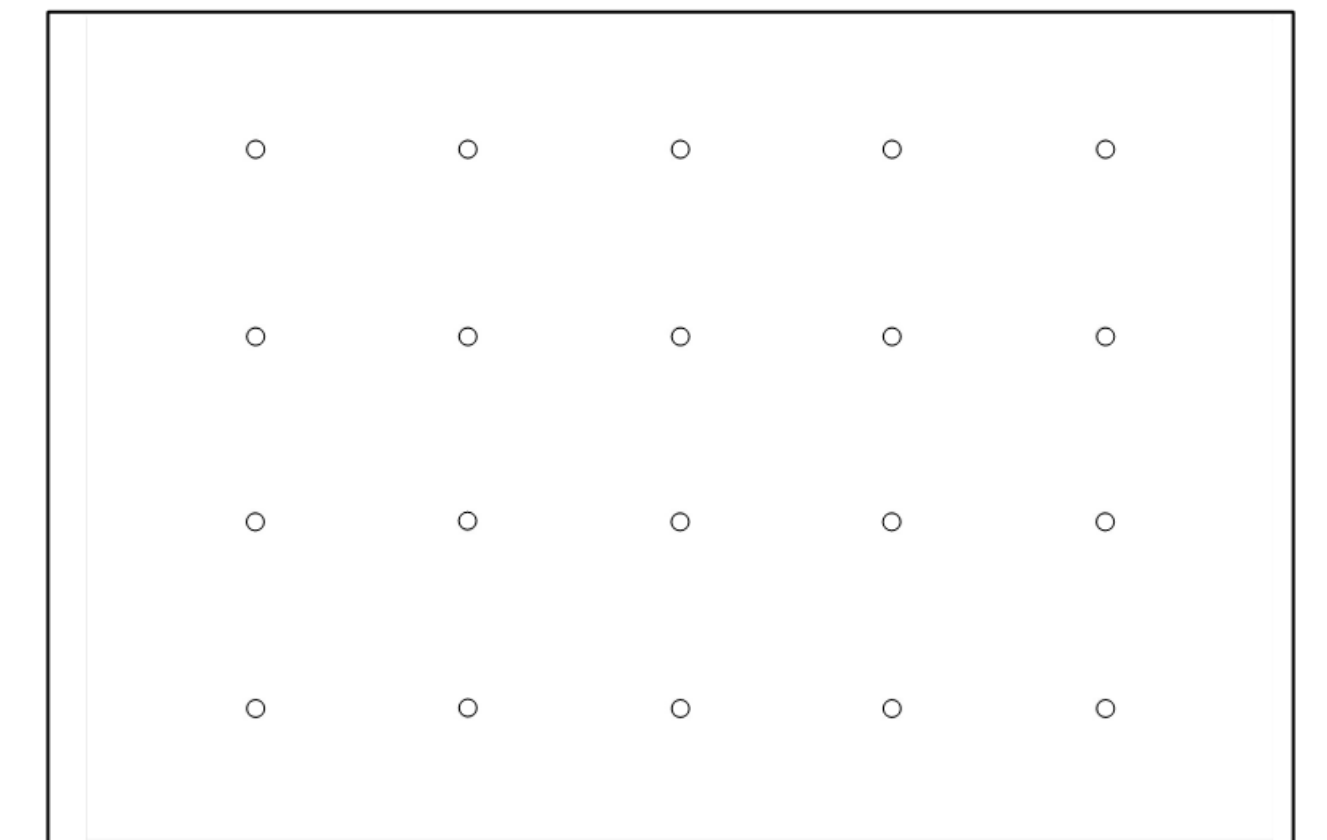


				ВКР.204.013.15.03.04.П/1			
Изм/Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Вид внешнего контроллера управления			
Разраб	Стойкая П.К		2019				
Проб	Скрипка О.В						
Т.контр	Скрипка О.В						
И.контр	Скрипка О.В			Разработка автоматизированной системы управления экспериментальной установкой по прорашиванию микрозелени			
Чтв	Скрипка О.В			Лист	6	Листов	6
				АМГУ зр. 041-0б			

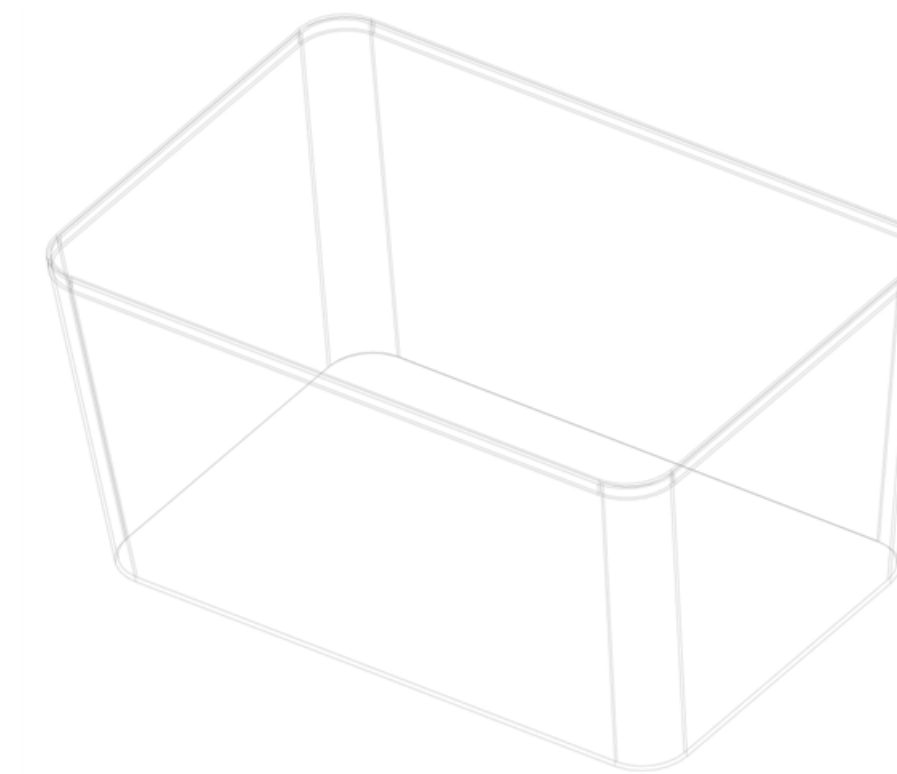
Внешний вид проращивателя



Расположение форсунок на орг. стекле (вид сверху)



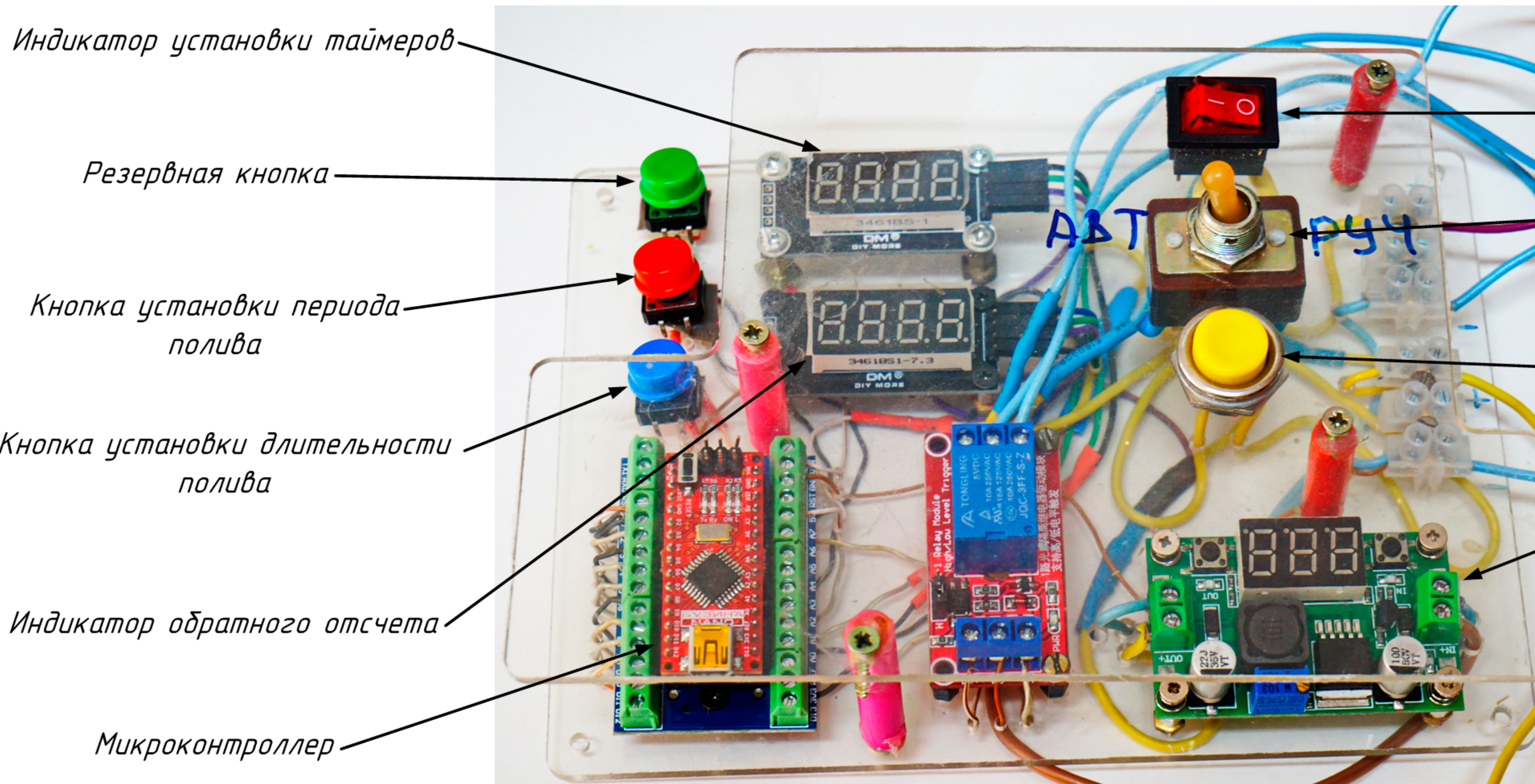
Модель корпуса проращивателя



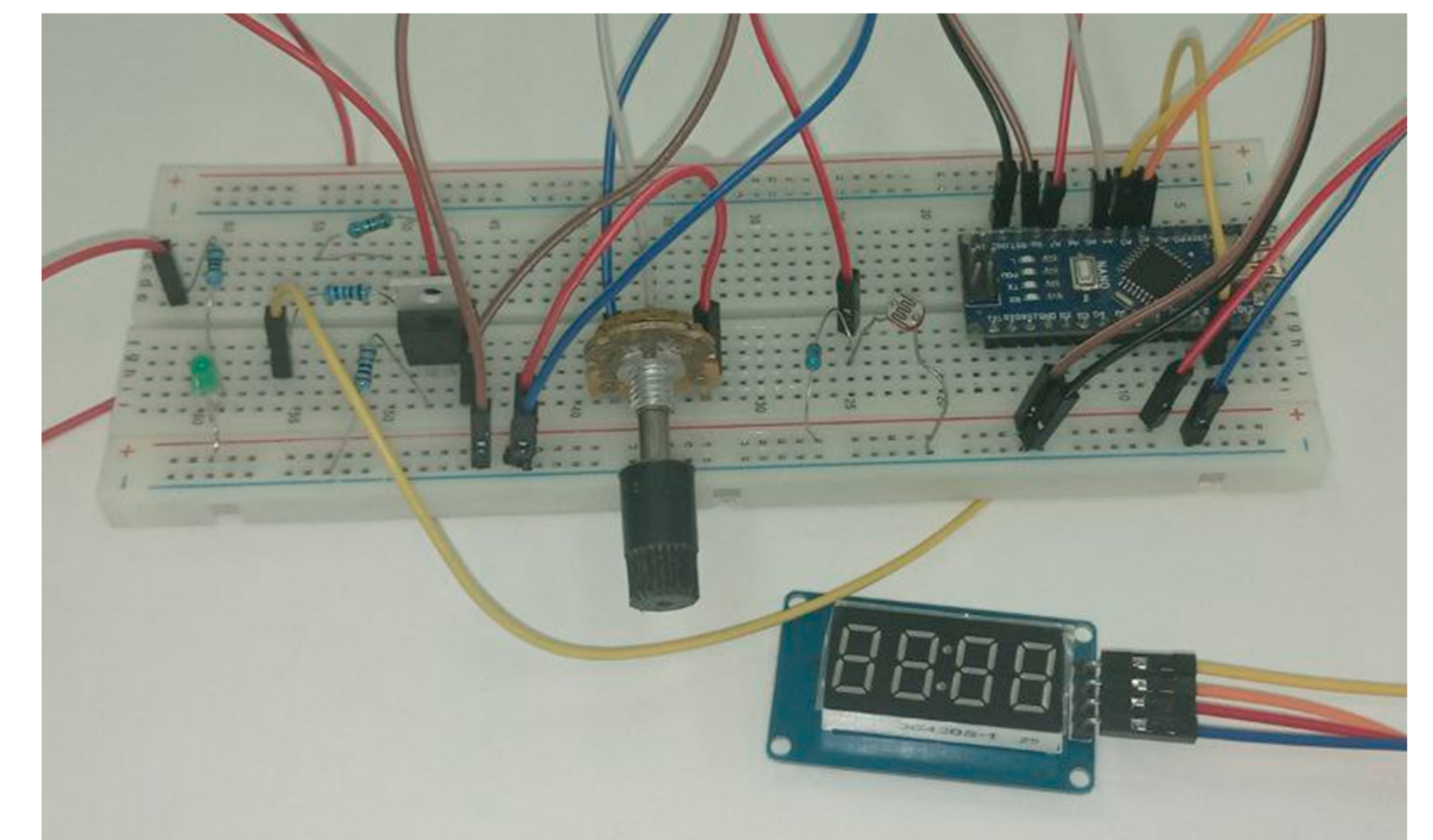
Размеры регулируемой форсунки



Внешний вид контроллера управления

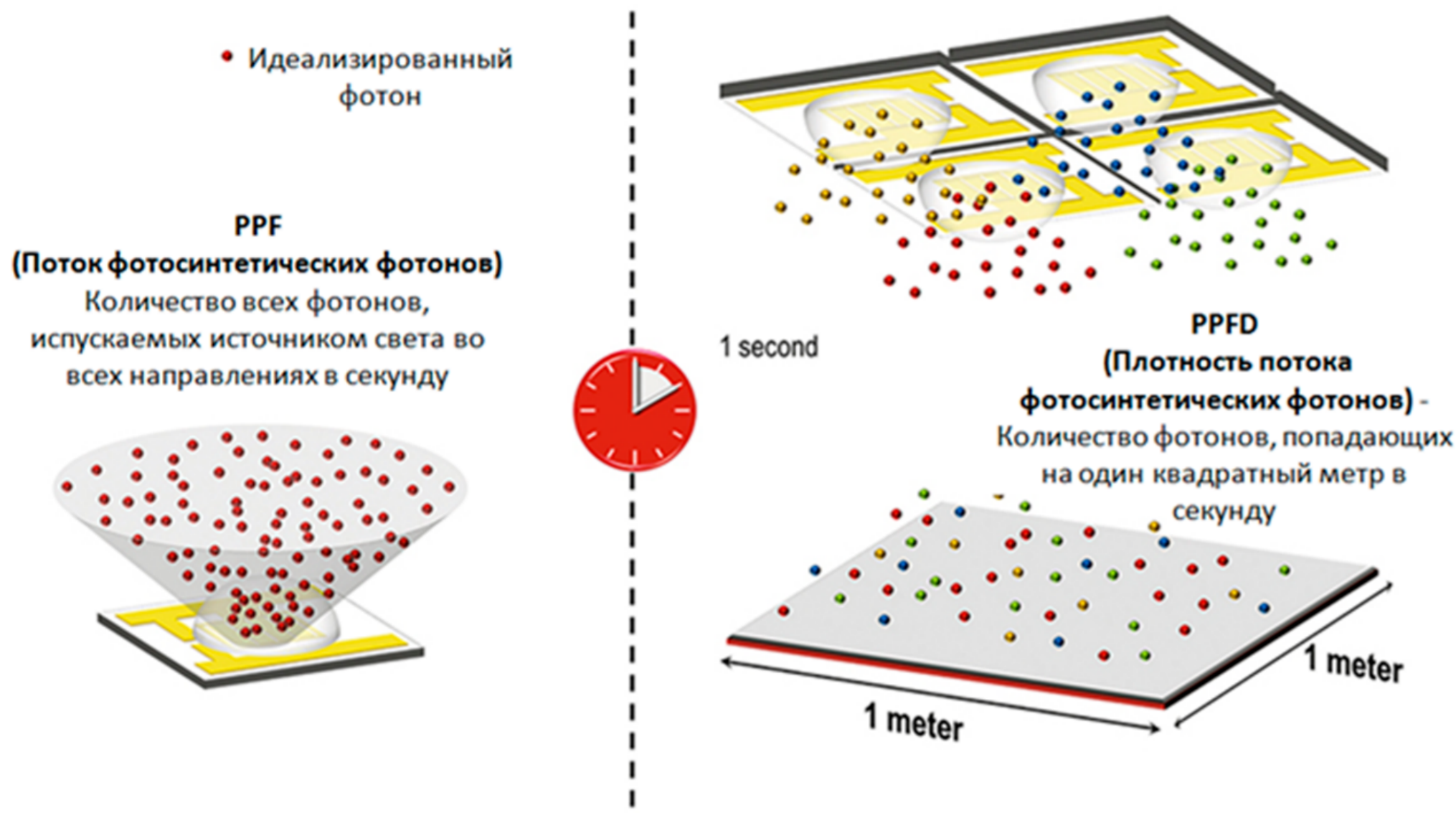


Моделирование работы системы освещения на примере светодиода



				ВКР. 204.013.15.03.04.В0		
Изм/Лист	№ док-м	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Разраб	Стойкая П.К			У		
Проб	Скрипко Д.В			Лист	3	Листов 6
Т.контр	Скрипко Д.В			Конструкция проращивателя		
И.контр	Скрипко Д.В			Разработка автоматизированной системы управления экспериментальной установкой по проращиванию микрозелени		
Чт.в.	Скрипко Д.В			АМГУ гр. 041-08		

Графическое изображение характеристик света (PPF и PPFD)



Расчет энергетической ценности света, эффективности фотосинтетического фотонного потока и плотности освещения, необходимых для обеспечения плотности потока фотосинтетических фотонов, равной 300 эфф. мкмоль/(с/м²)

$$YPF = \frac{\eta}{100} \cdot \left[1,15 + \frac{35 \cdot Ra - 2360}{CCT} \right] = \frac{66,6}{100} \cdot \left[1,15 + \frac{35 \cdot 96 - 2360}{5000} \right] = 0,9 \text{ мкмоль/Дж}$$

$$P \cdot YPF = 3 \cdot 0,9 = 2,7 \text{ эфф. мкмоль/с.}$$

$$\frac{YPF}{S} \cdot \frac{2,7}{0,12} = 22,5 \text{ эфф. мкмоль/(с/м}^2\text{)}$$

Характеристики светодиодных чипов

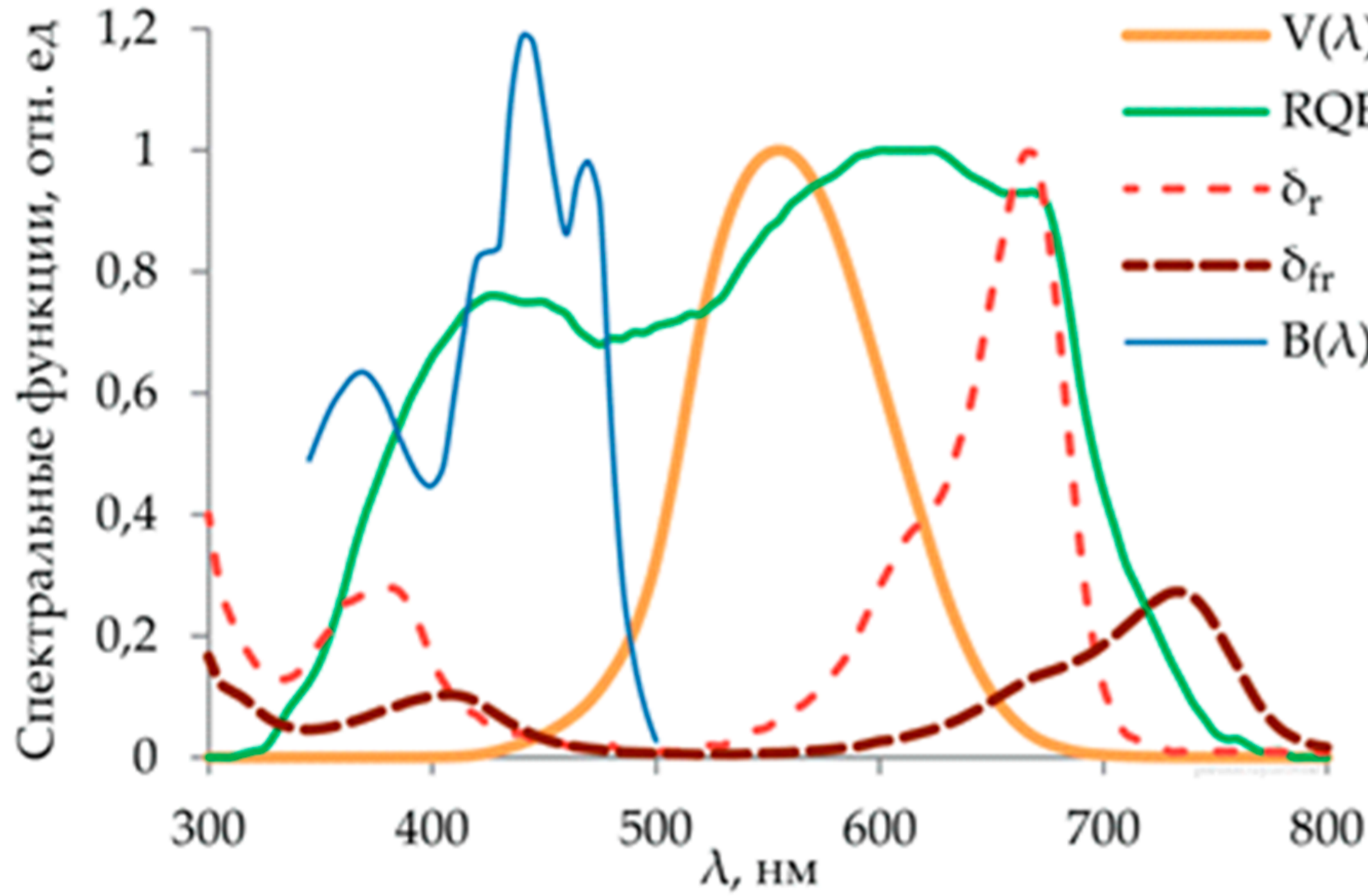
Model	Color & CRI	WL	Power	Forward Voltage	Forward Current	Lumen	LED Chip
LC-3FS501-A24	1700K Deep Warm (1600-1900K) CRI (Ra) 90-95	400-840NM	3 Watt	3.0-3.2V	700mA	80-90LM	24x24mil
LC-10FS501-A24			10 Watt	34-38V	300mA	350-400LM	24x24mil
LC-20FS501-A45			20 Watt	30-32V	700mA	700-800LM	45x45mil
LC-30FS501-A45			30 Watt	30-32V	1050mA	1100-1200LM	45x45mil
LC-50FS501-A45			50 Watt	30-32V	1750mA	1700-2000LM	45x45mil
LC-100FS501-A45			100 Watt	30-32V	3500mA	3500-4000LM	45x45mil

Model	Color & CRI	WL	Power	Forward Voltage	Forward Current	Lumen	LED Chip
LC-3FS502-A24	3000K Warm White (2800-3200K) CRI (Ra) 92-96	400-840NM	3 Watt	3.0-3.2V	700mA	140-150LM	24x24mil
LC-10FS502-A24			10 Watt	34-38V	300mA	600-700LM	24x24mil
LC-20FS502-A45			20 Watt	30-32V	700mA	1000-1300LM	45x45mil
LC-30FS502-A45			30 Watt	30-32V	1050mA	1800-2100LM	45x45mil
LC-50FS502-A45			50 Watt	30-32V	1750mA	3000-3500LM	45x45mil
LC-100FS502-A45			100 Watt	30-32V	3500mA	6000-7000LM	45x45mil

Model	Color & CRI	WL	Power	Forward Voltage	Forward Current	Lumen	LED Chip
LC-3FS503-A24	4000K Natural White (4000-4500K) Without Peak Infrared CRI (Ra) 92-96	380-840NM	3 Watt	3.0-3.2V	700mA	180-200LM	24x24mil
LC-10FS503-A24			10 Watt	34-36V	300mA	700-800LM	24x24mil
LC-20FS503-A45			20 Watt	28-32V	700mA	1000-1500LM	45x45mil
LC-30FS503-A45			30 Watt	28-32V	1050mA	1500-2000LM	45x45mil
LC-50FS503-A45			50 Watt	28-32V	1750mA	3000-3500LM	45x45mil
LC-100FS503-A45			100 Watt	28-32V	3500mA	6000-7000LM	45x45mil

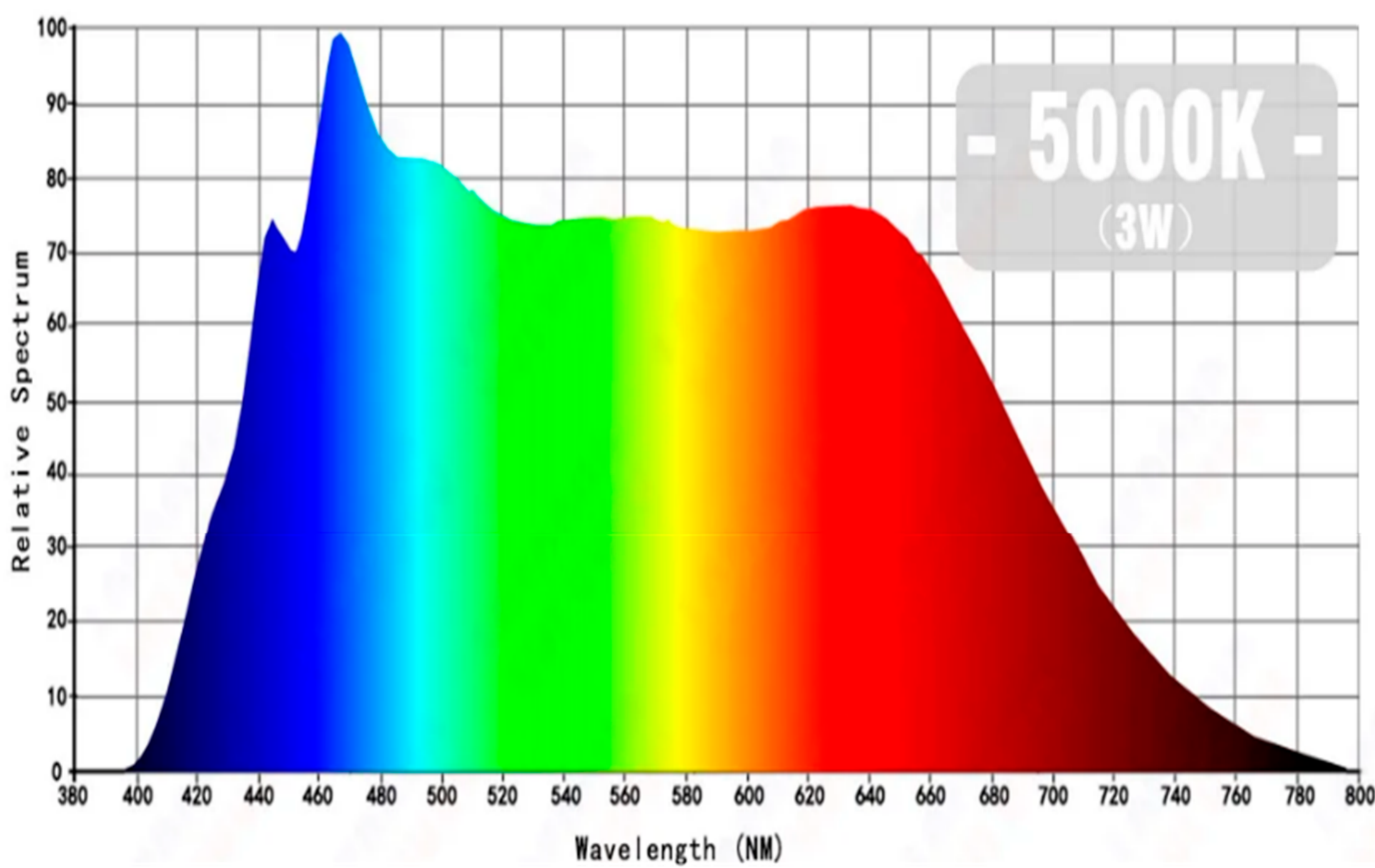
Model	Color & CRI	WL	Power	Forward Voltage	Forward Current	Lumen	LED Chip
LC-3FS504-A24	5000K Pure White (5000-5500K) CRI (Ra) 92-96	400-840NM	3 Watt	3.0-3.2V	700mA	180-200LM	24x24mil
LC-10FS504-A24			10 Watt	34-38V	300mA	800-900LM	24x24mil
LC-20FS504-A45			20 Watt	30-32V	700mA	1500-1700LM	45x45mil
LC-30FS504-A45			30 Watt	30-32V	1050mA	2400-2700LM	45x45mil
LC-50FS504-A45			50 Watt	30-32V	1750mA	4000-4500LM	45x45mil
LC-100FS504-A45			100 Watt	30-32V	3500mA	8000-9000LM	45x45mil

Спектр, необходимый растениям

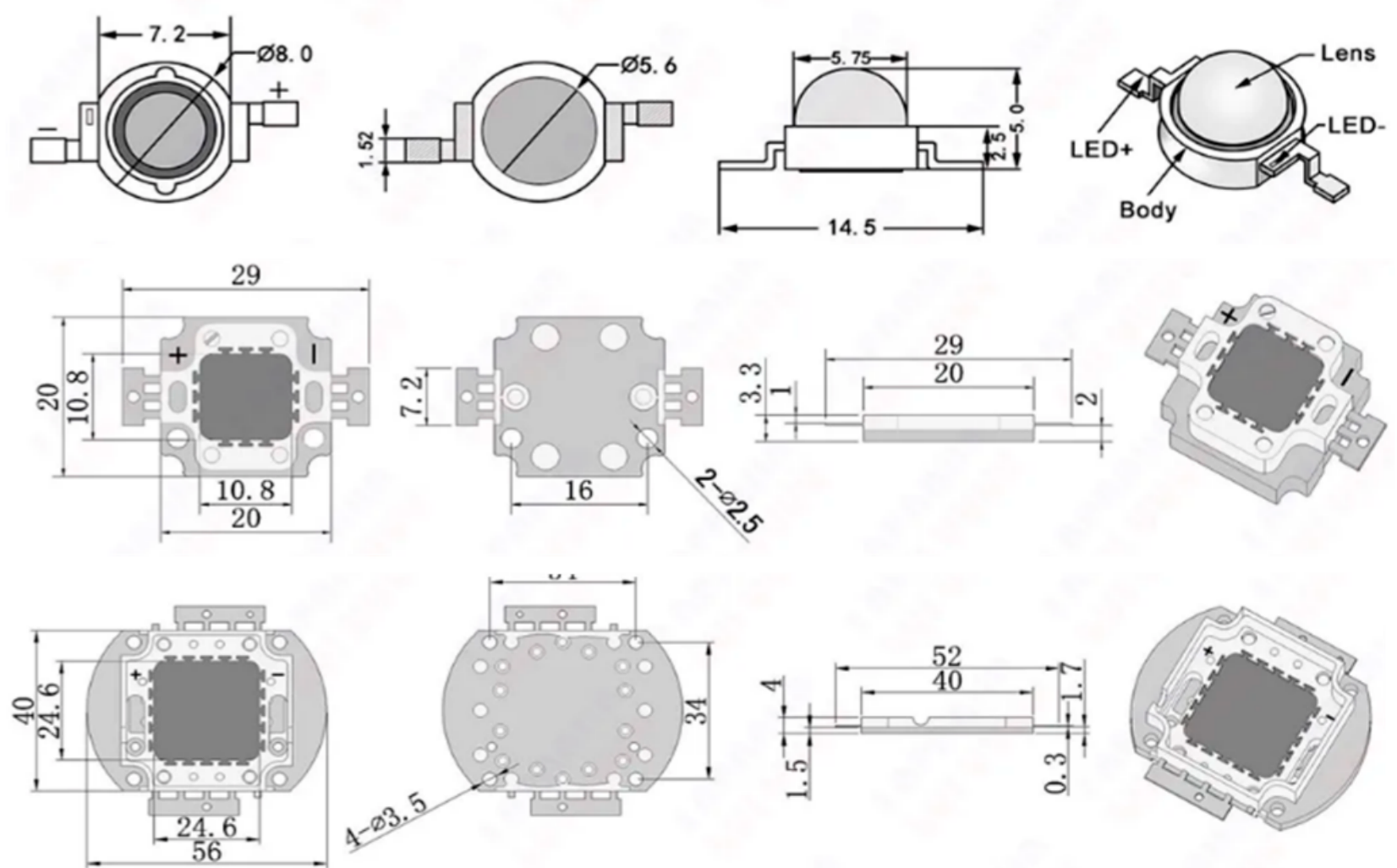


V(λ) — кривая видности для человека; RQE — относительная квантовая эффективность для растения (McSnee 1972); σ_r и σ_{fr} — кривые поглощения фитохромом красного и дальнего красного света; B(λ) — фототропическая эффективность синего света

Спектр светодиода

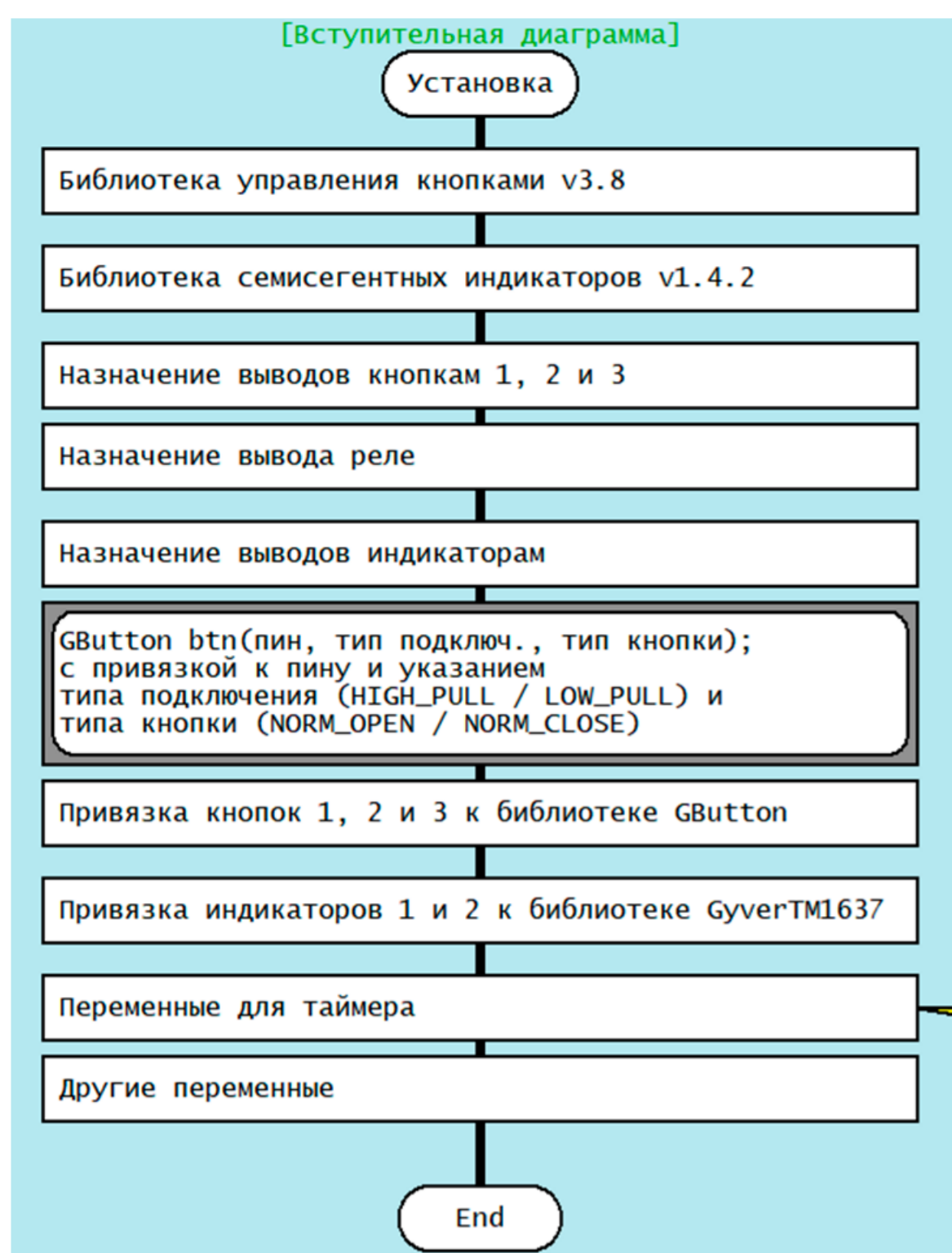


Размеры и внешний вид светодиодов

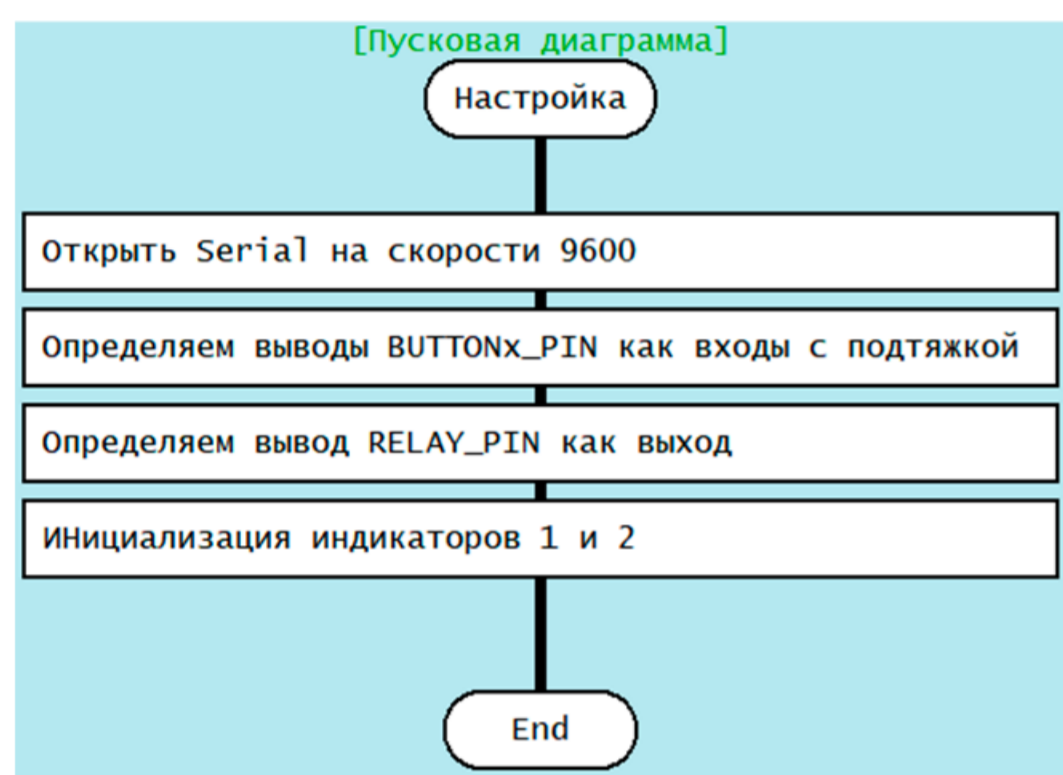


ВКР.204.013.15.03.04.В0					
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка системы освещения	
Разраб	Скрипка П.К.	И.И.	1.10	У	
Проб	Скрипка О.В.	И.И.	2013	Лист 4	Листов 6
Уконтр	Скрипка О.В.	И.И.	2013	Разработка автоматизированной системы управления экспериментальной установкой по проращиванию микрорезлеи	
Н.контр	Скрипка О.В.	И.И.	2013	АМГУ гр. 041-05	
Утв.	Скрипка О.В.	И.И.	2013		

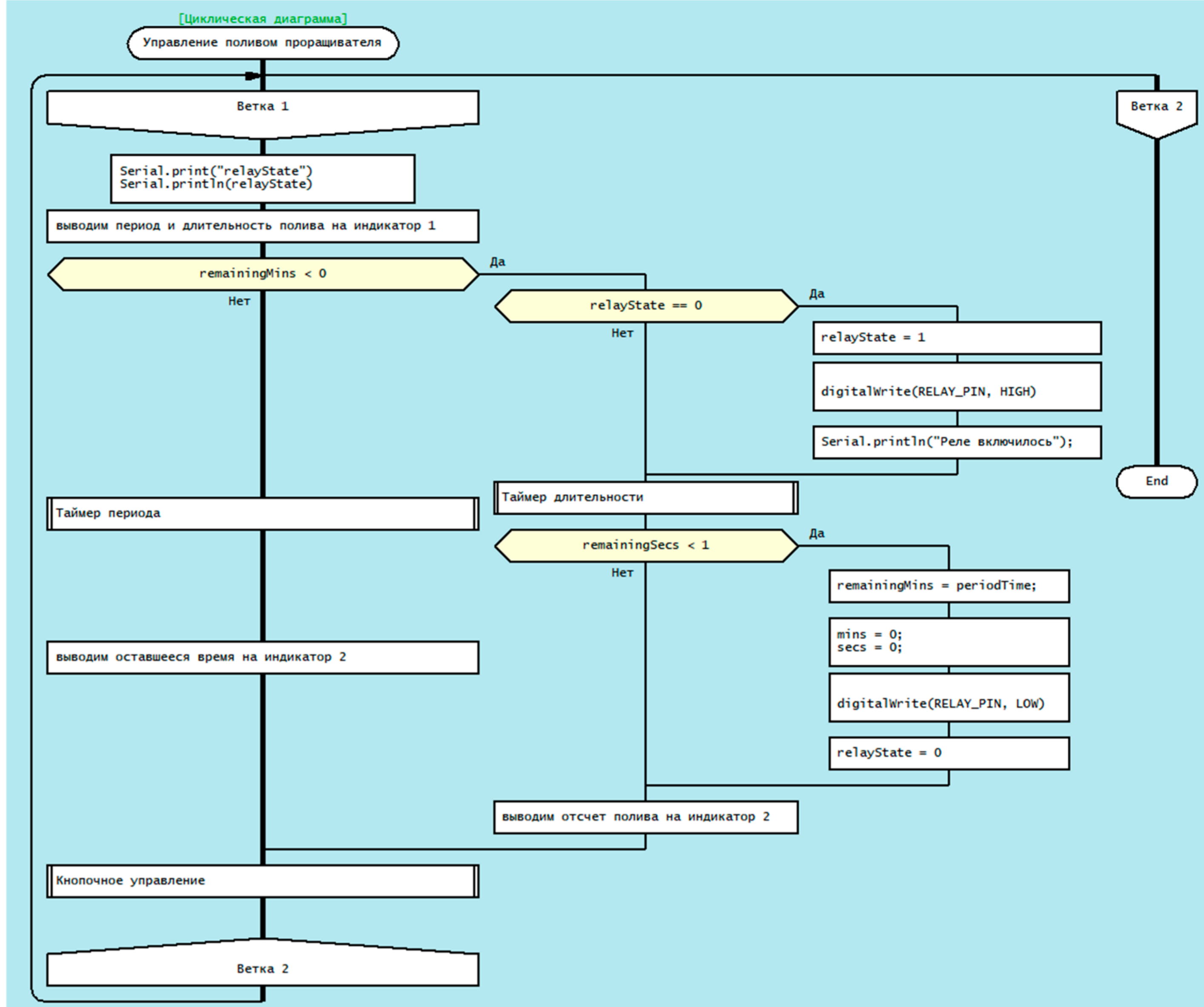
Установка



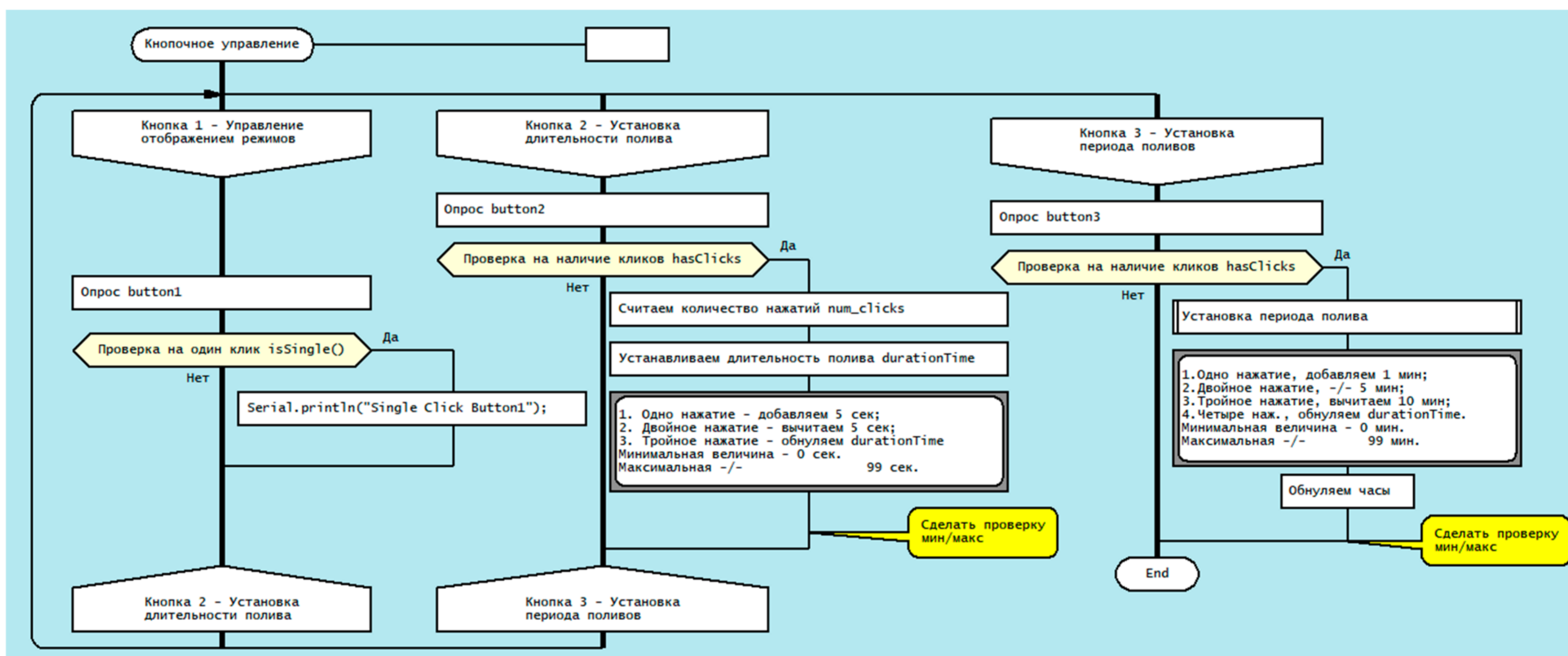
Настройка



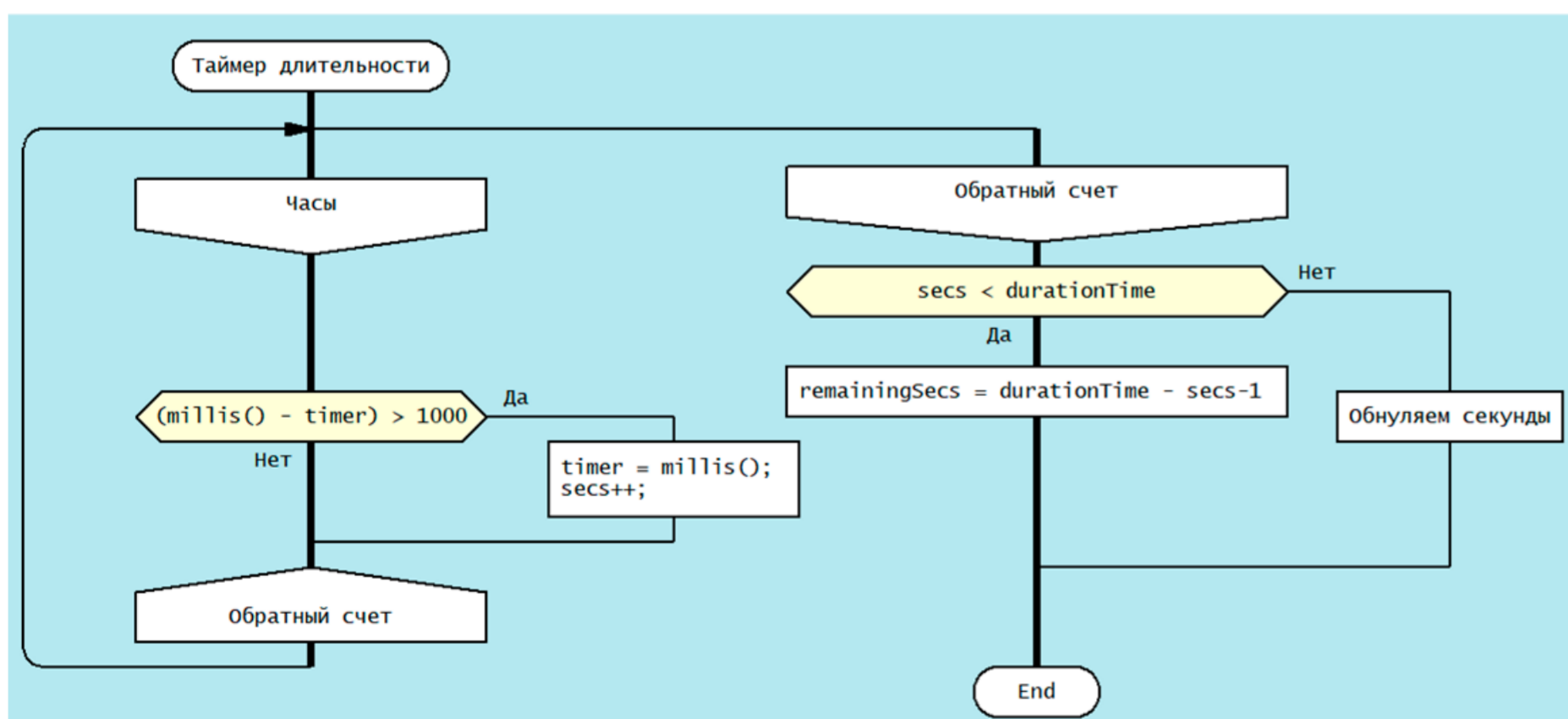
Управление поливом проращивателя



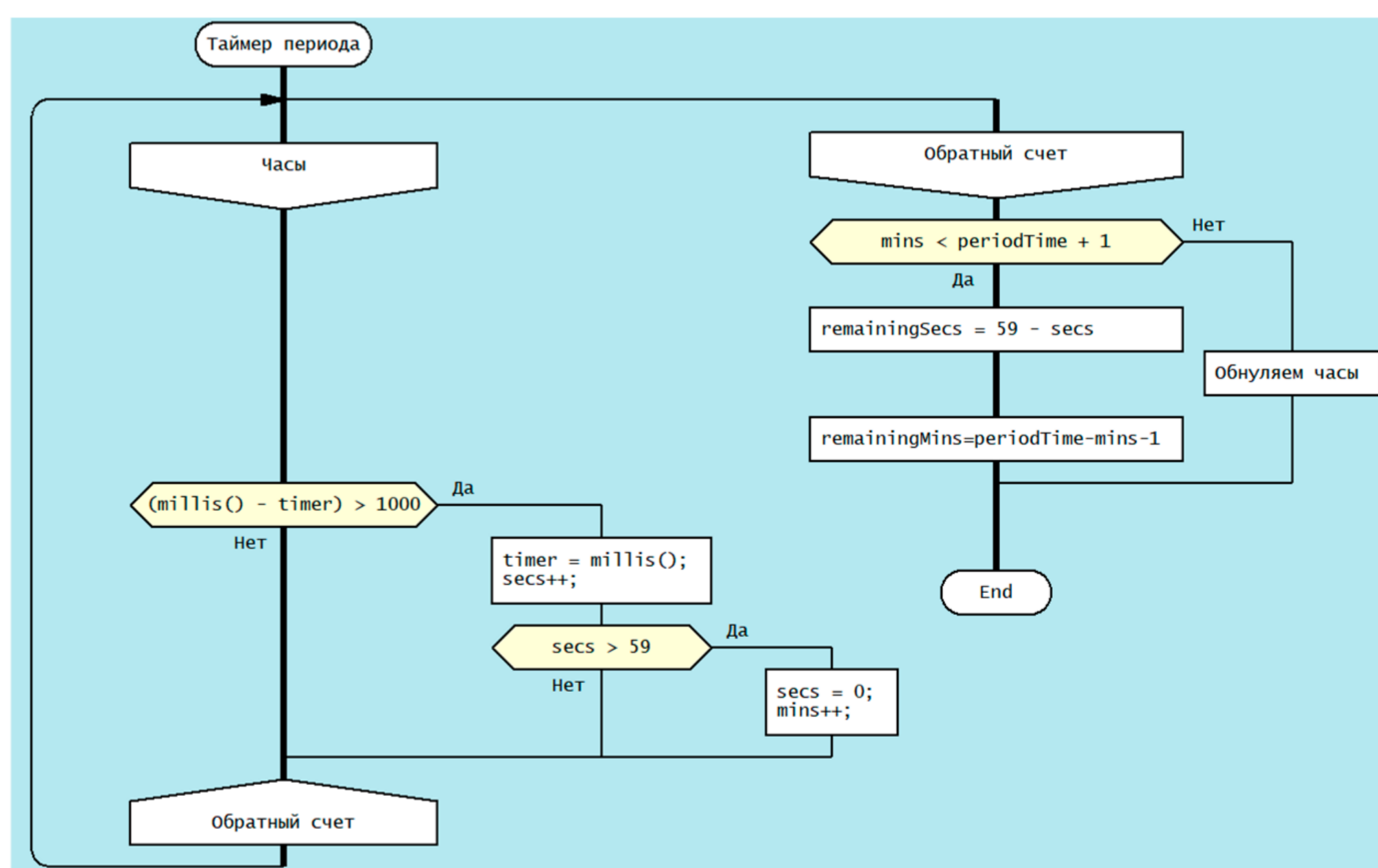
Кнопочное управление



Таймер длительности



Таймер периода



Установка периода полива

