



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Virumaa kolledž

# **KASVUHOONEKOMPLEKSI KONTROLLSÜSTEEMI AUTOMATISEERIMINE**

## **AUTOMATED GREENHOUSE CONTROL SYSTEM**

### TOOTMISE AUTOMATISEERIMISE ÕPPEKAVA

Üliõpilane: Yury Nikolaev

Üliõpilaskood: 143256

Juhendaja: Sergei Pavlov, lektor



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Virumaa kolledž

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА ТЕПЛИЦЕЙ**

Ученик: Юрий Николаев

Ученический код: 143256

Руководитель: Сергей Павлов, лектор

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 201.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 201.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Yury Nikolaev (sünnikuupäev: 11.12.1993)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kasvuhoonekompleksi kontrollsüsteemi automatiseerimine, mille juhendaja on Sergei Pavlov,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

## Содержание

Предисловие .....	6
Введение .....	7
1. Теоретическое обоснование необходимости автоматизации контроля за теплицей..	8
1.2 Тепличные параметры, которые необходимо регулировать .....	8
1.2.1 Температура .....	8
1.2.2 Влажность и полив .....	9
1.2.3 Освещение .....	9
1.3 Структурное проектирование .....	10
1.3.1 Проектирование структурной схемы .....	10
1.4 Характеристика теплицы как объекта управления .....	12
2. Расчетно-технологическая часть .....	13
2.1 Выбор датчиков .....	13
2.2 Альтернативные датчики .....	22
2.3 Выбор исполнительных устройств .....	25
2.4 Выбор кабельно-проводниковой продукции .....	27
3 Автоматизация процессов управления микроклиматом тепличного блока .....	28
3.1 Разработка схемы управления микроклимата теплицы.....	28
3.2 Измеритель-регулятор микропроцессорный Siemens LOGO .....	28
4 Предложение по проектированию .....	32
4.1 Выбор компонентов .....	32
4.2 Количество требуемых датчиков .....	33
4.3 Выбор исполнительных механизмов .....	33
4.4 Алгоритм работы .....	34
4.5 Схема подключения к контроллеру .....	37
5 Исследование рынка автоматизированных теплиц .....	39
5.1 Расчет срока окупаемости выбранного объекта .....	40
Заключение .....	41
Резюме .....	42
Kokkuvõtte .....	43
Summary .....	44
Список литературы .....	45

## **Предисловие**

Целью моей дипломной работы является исследование и описание автоматизированной системы управления тепличным комплексом. Тема является важной и интересной, так как с помощью умной теплицы можно контролировать большое количество параметров, такие как температура, влажность и освещение. В основе любой автоматизированной теплицы стоят датчики, исполнительные механизмы, системы мониторинга и управления, которые в комплексе позволяют оптимизировать многие факторы и условия роста растений.

В данной работе рассматриваю вопросы, связанные с определением требуемых тепличных параметров: температуры, влажности и освещения. Далее производится выбор подходящих элементов тепличной системы, их обоснование и предложение по проектированию.

Работа написана в рамках дипломной работы Вирумааского колледжа Таллиннского технического университета при руководстве лектора Сергея Павлова.

Ключевые слова: автоматизация теплицы, система, датчики

## **Введение**

Одним из жизненно необходимых составляющих необходимых для жизнедеятельности человека является пища. Фактически каждый человек ежедневно ходит в магазин или на рынок для приобретения свежих продуктов питания. Продукты питания на прилавках являются следствием труда аграриев и частных тепличных хозяйств. Как правило, продукты питания, сложные в выращивании или доставке, имеют высокую стоимость. Это обусловлено необходимостью использования более прогрессивных аграрных технологий для их производства.

С появлением двигателей внутреннего сгорания и позже электричества, механизация сельского хозяйства сделала огромный прорыв в получении высокой производительности, в таких масштабах, что ранее это казалось фантастикой.

Современные системы обслуживания тепличного хозяйства обладают высокими требованиями к системам автоматизации. Это обусловлено тем, что специалисту необходимо своевременно владеть многогранной информацией о среде: составе почвы, температуре, влажности освещения и прочих параметров. Контролировать это обычными приборами в виде люксметра, барометра и термометра в ручном режиме физически сложно. Контроль осуществляется посредством специализированных датчиков. Для связи с датчиками применимы различного вида технологии – проводные и беспроводные. Проводные технологии актуальны на небольших расстояниях, так как при больших глубинах и при активных механических воздействиях высокий риск обрыва связного кабеля, а также трудности организации его сматывания и разматывания. Беспроводные технологии не теряют своей актуальности. При активном развитии науки и техники они приобретают высокую популярность и активное использование. Для того чтобы перейти непосредственно к этапу проектирования необходимо рассмотреть существующие системы.

Целью данной работы является исследование и описание систем автоматизации. В работе изучаются параметры регулирования микроклимата теплицы, а также производится подбор и сравнение подходящего оборудования, и предложение аналогов. После описания возможных элементов системы стояла задача по предложению проектирования тепличного комплекса, где описана связь между выбранными компонентами и их алгоритм работы.

# **1. Теоретическое обоснование необходимости автоматизации контроля за теплицей**

## **1.2 Тепличные параметры, которые необходимо регулировать**

Изначальной целью сооружения обыкновенных теплиц было защитить растения от сильного ветра, холода и прочих неблагоприятных воздействий внешней среды. Сейчас же существующие умные теплицы позволяют фермерам управлять условиями выращивания и плодотворностью урожая. В тепличном комплексе для прорастания культур в комфортном микроклимате необходимо контролировать такие параметры как: температура, влажность и освещение. В первую очередь от этого зависит количество урожая, его качество и себестоимость.

### **1.2.1 Температура**

Для создания подходящего микроклимата и сохранения тепла при выращивании рассады в сельскохозяйственной промышленности используются тепличные комплексы. Решающие значения в тепличной среде имеют контроль диапазона температур и ее поддержание. Резкие скачки температур могут уничтожить или повредить растения в короткий промежуток времени. В независимости от погодных условий и окружающей среды вне тепличного комплекса, культуры должны находиться в достаточно комфортных условиях, что способствует получению высококачественного урожая. Теплозащита является основным показателем, влияющим на количество тепла в теплице. По причине того, что в наше время еще не существует идеального теплоизолятора, потери тепла в окружающую среду неизбежны. В связи с этим очень важно чтобы в парнике был своевременный контроль за температурой, что включает в себя подогрев воздуха или охлаждения его при перегреве. [3]

Существует несколько типов контроля. Основные это – ручной и автоматический. При ручном управлении человек должен сам следить за температурой и менять ее вручную в зависимости от ситуации.

При ручном контроле могут возникнуть определенные проблемы, так как оператор не способен всегда отреагировать вовремя на изменения погодных условий вне парника, вследствие чего в теплице может измениться микроклимат, и температура воздуха при ручном управлении может отойти от нормы в несколько раз.

Поскольку визуально соблюдать необходимые параметры сложно и трудоёмко, все больше и больше фермеров переходят на автоматическое управление климатом. Автоматическое управление несет в себе несколько плюсов и один из главных является уменьшение зависимости от человеческого фактора. [7]

Настроив автоматическую систему, ее оставляют работать самостоятельно, при этом система будет выполнять все функции, которые присутствуют в программе и в любой момент будет возможность увидеть все изменения на графике. Это может помочь внести коррективы в работу системы и еще больше увеличить производительность. В некоторых случаях будет требоваться ремонт или замена компонентов системы. Система сама определяет, когда и где нужно изменить температуру, что несет за собой экономию средств.

С помощью мониторинга температур оператор сможет следить за изменением погодных условий в реальном времени и отреагировать своевременно. При аварийной ситуации или выхода системы из рабочего состояния будет получено уведомления и звуковое оповещение. [3]

### **1.2.2 Влажность и полив**

На втором месте по значимости стоит контроль относительной влажности в теплице. Повышение температуры не может использоваться как метод понижения относительной влажности если температура воздуха в теплице уже и так высока.

Недооценка влажности воздуха в теплице может привести к непоправимым последствиям. Воздушные массы никогда не бывают сухими, влага в воздухе присутствует всегда. Для максимальной плодородности растений необходимо обеспечивать их достаточно влажным воздухом. Влажность и температура окружающей среды зависимы друг от друга – при росте температуры увеличивается поглотительная способность воздуха. Система контроля относительной влажности должна быть тесно связана с системами обогрева и охлаждения в теплице для обеспечения оптимальной среды для роста и развития растений. Одним из решений для отслеживания и изменения относительной влажности воздуха в теплицах может быть система контроля окружающей среды. [3]

Воздухообмен так же имеет важную роль в выращивание тепличных растений.

Для получения максимального урожая следует организовать искусственное увлажнение, так как оно поможет поддержать и контролировать относительную влажность в теплице.

Работу увлажняющей системы можно наладить с помощью температурных датчиков, датчиков для измерения влажности и контроллеров, которые будут снимать показания с датчиков. Таким способом система будет работать круглосуточно в автоматическом режиме, и оператор будет необходим только для корректировки задаваемых параметров. [7]

### **1.2.3 Освещение**

Почти всем растениям необходима искусственное освещение, особенно это требуется в осенне-весенний период. Длинна светового дня в разные периоды года разная и поэтому

солнечного света не хватает почти всем растениям. В разные фазы суток требуется разный свет и переключать его вручную приносит неудобство. Агрокультуре требуются все спектры солнечного света, поэтому в тепличном комплексе должны присутствовать сочетания сразу нескольких видов осветительных приборов. Такие как: люминесцентные лампы, ртутные лампы высокого давления, натриевые лампы, металлогалогенные лампы, светодиодные. Для улучшения качества и роста плодов требуется так же своевременное включение и выключения тех или иных осветительных приборов. Именно для этого в системах автоматизирование теплиц подключения ламп можно провести через микроконтроллер, с помощью реле. Чтобы определить степень освещённости в автоматическом режиме, используется фоторезистор в комплекте с резистором, что позволяет следить и контролировать освещённость круглосуточно. [9]

В выборе светильников нужно обратить внимание на те системы, которые имеют более продолжительный срок использования, используют меньшее количество энергии и имеют сравнительно небольшой размер. [9]

### **1.3 Структурное проектирование**

Для корректной работы автоматизированной теплицы нужно правильно выбрать исполнительные механизмы, датчики, системы мониторинга и управления. Эти приспособления стоят в данного сельскохозяйственного объекта и помогут повысить эффективность и условия выращивания овощей и фруктов.

Выбор датчиков зависит от потребностей и желаний владельца умной теплицы и их можно комбинировать между собой и синхронизировать с другими технологическими решениями.

#### **1.3.1 Проектирование структурной схемы**

Моделирование системы следует разделить на несколько этапов:

- Анализ объекта и условия работы субъекта исследования
- Теоретический анализ сигналов и обработки информации объекта
- Определение общих требований к системе

После этого возможно построение физической модели системы для анализа возможностей использования системы автоматического управления параметрами теплицы.

В случае, когда используется автоматизация, возникает необходимость в модернизации конструкции теплицы. Так как ранее было определено, что доминирующими параметрами контроля являются температура и влажность, то в этом случае функциональная схема теплицы примет следующий вид (Рис. 1). При этом структурная схема теплицы имеет вид (Рис.2). [30]

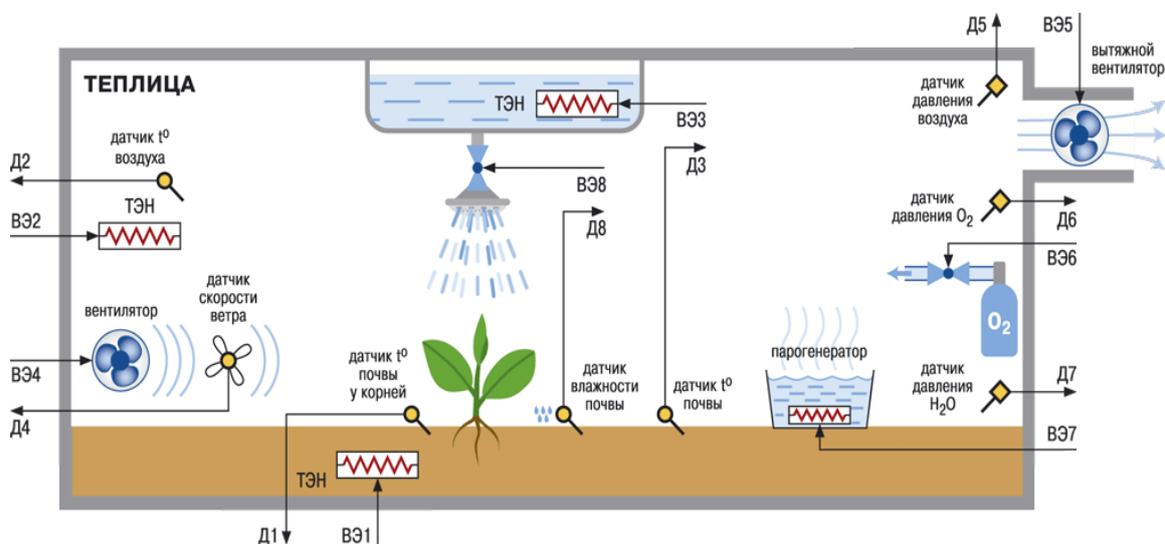


Рисунок 1 Функциональная схема теплицы [30]

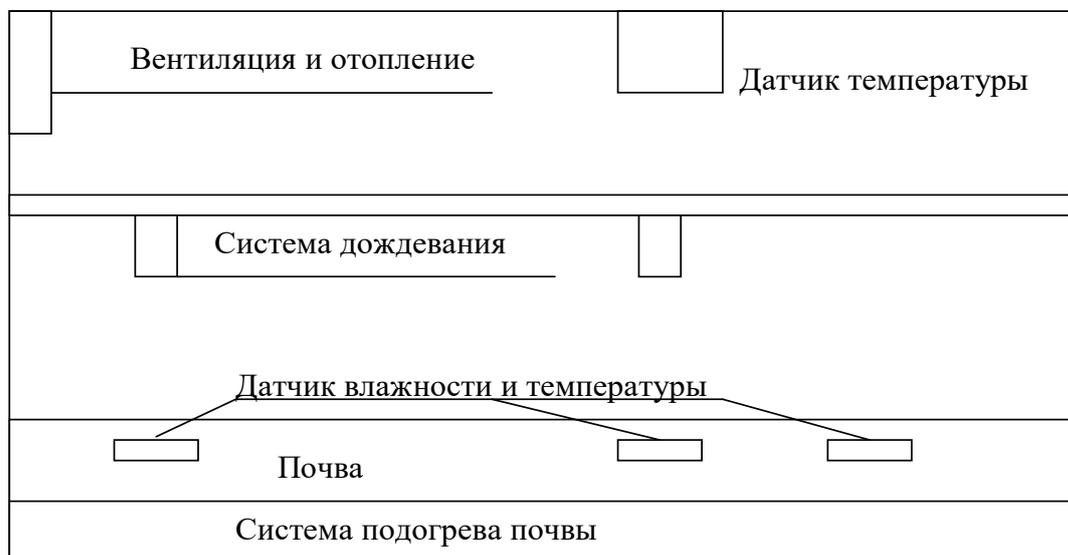


Рисунок 2 Структурная схема теплицы

Система увлажнения представляет собой ультразвуковой генератор или испаритель. Сам по себе увлажнитель способствует повышению влажности среды – микроклимата теплицы, а система полива отвечает за влажность почвы. В этом их принципиальное отличие. Система полива может быть выполнена в виде капельного полива или же системы дождевания. [6]

Капельный полив считается достаточно новым способом и его целью является доставка нужного количества воды к самому растению. В этой технологии используются тонкие трубки, которые проходят по земле и в которых проделаны маленькие прорезы или отверстия, через которые подается вода. Вода доставляется в трубки из бака с помощью насоса. Процесс установки такой системы достаточно трудоемкий и расходы могут быть достаточно высокими, но сама система поможет уменьшить количество используемой воды так как вода подается именно в том количестве, которое нужно. [6]

Дождевание не является новшеством и используется довольно во многих теплицах. Технология, сама по себе, очень близка к естественному дождевому поливу и кроме влажности почвы обеспечивает так же и увлажнение воздуха. В дополнении к этому дождевание помогает убрать пыль и грязь с растений. Процесс производится с помощью машин с разбрызгивателями, которые распределяют капельки воды равномерно по периметру строения.

Вентиляция необходима для стабилизации температурных параметров и параметров влажности, а также проветривания теплицы (например, в случае избытка углекислого газа или воздуха). Вентиляция может производиться с помощью автоматизированной форточки. В таком случае устанавливается автомат на само форточное окно. В приспособлении используется гидроцилиндр с маслом. Когда температура повышается, то масло расширяется и выталкивает стержень смыкающейся с системой рычагов и форточки. Далее масло остывает, и форточка закрывается. [2;6]

#### **1.4 Характеристика теплицы как объекта управления**

Для проектирования системы автоматического контроля теплицы необходимо рассмотреть систему конструкции теплицы в целом. В первую очередь определяются положение узлов системы, на основании чего описывается среда распространения паров воды и движения теплого воздуха. Во вторую очередь проводится анализ популярных для выращивания культур и растений для формирования требований к датчикам температуры и влажности.

## 2. Расчетно-технологическая часть

### 2.1 Выбор датчиков

Для создания нужных условий важно проводить правильный контроль за окружающей средой. Считывание данных и изменения условий производятся с помощью датчиков и других исполнительных устройств. Далее будут представлены устройства, которые я выбрал для своего проекта и некоторые альтернативы им.

#### **Hortimax CX 500 (Multima)**

Это электронная универсальная система управления и данный компьютер является координатором всех имеющихся систем и объединяет через интерфейсы. На рисунке 3 изображен блок управления системы Hortimax CX 500.

Система позволяет полностью контролировать микроклимат и работать в соответствии с системным графиком. [31]



*Рисунок 3 Блок управления Hortimax CX 500 (Multima) [31]*

Система управления Hortimax CX 500 включает следующие аппаратные средства и программное обеспечение. [31]

- панель управления индикатором и интерфейсными кнопками
- тонкий клиент с параметрами:

1) ЦПУ Pentium Dual Core 3.8GHz

2) Накопитель SSD 30 Гигабайт

3) (Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) объемом 2 Гб DDR3

4) Порты и интерфейсы USB, LPT, RS232 и др.

- метеостанция, которая контролирует следующие параметры внешней среды:

- 1) скорость и направление ветра
- 2) температура окружающей среды снаружи
- 3) интенсивность солнечного света
- 4) детектор дождя и снега
- 5) барометр и гигрометр

- система управления внутренними датчиками и клапанами которая проводит:

- 1) управление смесительными клапанными группами
- 2) транспортными линиями

- Система сбора данных датчиков

- 1) Датчиков кислотности ЕС среды
- 2) Датчиков щелочности pH среды
- 3) Расходомеров воды на участках
- 4) системой контроля CO<sub>2</sub>
- 5) системой контроля за кровельной вентиляцией
- 6) системой контроля за отоплением
- 7) системой контроля за экранами
- 8) системой контроля за досветкой

Управление главным компьютером проводится через собственное графическое приложение (рисунок 4, 5). Это приложение доступно для ПК с операционными системами Mac OS X, Windows, Linux. А также мобильными платформами Android и IOS. [31]

В режиме реального времени можно проводить настройку различных параметров, а также следить за графиками и накопленными данными. Установочные данные управления можно сравнить с действительными в виде графика, который можно фильтровать по параметрам - минимум, максимум средние суточные данные. [31;14]



Рисунок 4 Программа управления Hortimax CX 500 [31]



Рисунок 5 Программа управления Hortimax CX 500 для ПК [31]

### Климат-компьютер FC производства НПФ «Фито»

Помимо компьютера Hortimax на рынке существуют и другие системы управления микроклиматом тепличного хозяйства. [14]

Среди таких и климат-компьютер FC производства НПФ «Фито», которая занимается разработкой промышленных и электронных систем для сельского хозяйства. На рисунке 6 изображен микропроцессорный модуль климат-компьютера FC.



*Рисунок 6 Микропроцессорный модуль климат-компьютера FC [21]*

Данный компьютер позволяет регулировать и контролировать четыре важных параметра: температуру окружающей среды, % влажности воздуха, уровень освещения и уровень углекислого газа. Чтобы регулировать вышеперечисленные параметры теплицу необходимо оборудовать исполнительными устройствами: системами обогрева, вентиляции, освещения, дренажной системой подпитывания и удобрения. Климат-компьютер позволяет управлять этим и расширенным набором показателей. Климат-компьютер в автоматизированном режиме управляет этими исполнительными системами теплицы при точном контроле режимов, который задается пользователем. [21]

В основе системы разработанной специалистами компании «ФИТО» используется актуальная элементная база американского, японского и китайского происхождения что является гарантом бесперебойной эффективной работы, обеспечивающей высокую надежность. [21]

Помимо контроллера, система управления микроклиматом включает в себя подсистему измерительных датчиков, установленных внутри теплицы, в составе следующих параметров: [25]

- температура и влажность воздуха
- инфракрасный термометр листа
- температура и влажность почвы
- температура стекла

- температура зоны плодоношения
- температура в контурах отопления
- концентрация CO<sub>2</sub> и т. д. [25]

Кроме этого, к системе подключается метеостанция, в состав которой входят:

- датчик температуры и влажности окружающей среды
- флюгер
- бесконтактный датчик осадков
- солнечная панель [25]

При необходимости система может быть автоматически интегрирована с котельной. Для этого разработан специальный модуль, который передает данные в котельную для управления выработкой тепла, CO<sub>2</sub> и электроэнергии. Следить за процессом микроклимата, а также вносить задания в удобной форме можно с ПК. Также доступна функция удаленного администрирования системы через Интернет. [21]

### **Микропроцессорный климат-компьютер Priva**

Еще один микропроцессорный климат-компьютер произведен фирмой Priva (рисунок 7). Отличием этой линейки является то, что он в отличие от рассмотренных ранее климат компьютеров полностью объединяет все модули контроля, а не является их координатором. Главным отличием от рассмотренных систем заключается в том, что он представляет не просто платформу поддерживаемую операционными системами ПК и портативных устройств, а универсальное веб-приложение (рисунок 8). Если же аналоги использовали готовые решения, то компьютеры Priva имеют собственную операционную систему Priva Office Direct, которая оптимизирована полностью под работу компьютера, является сбоеустойчивой и вирусоустойчивой. [11]

Программное обеспечение Priva может быть расширено до Enervision и Meteovision – что подразумевает использование альтернативных источников (солнечных батарей, ветрогенераторов, геотермальных источников). [11]

После того как установлены предварительные настройки, с программой можно работать удаленно, используя сетевые технологии.



Рисунок 8 Микропроцессорный климат-компьютер Priva [11]

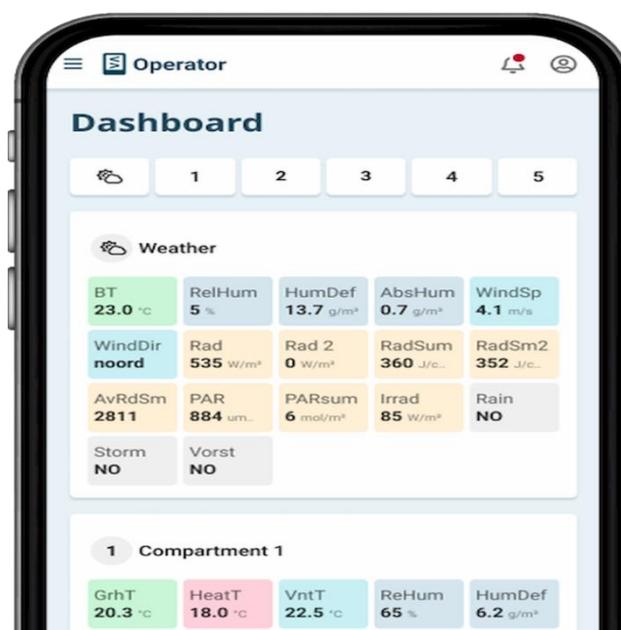


Рисунок 7 Веб приложение климат-компьютера Priva [11]

Таблица 1 Сравнительная характеристика климат-компьютеров

Параметр	Hortimax CX 500	FC НПФ «Фито»	Priva
Напряжение питания	~380	~220	~220
Напряжение датчиков	24В	24В	12В
Влажности	+	+	+
Температуры	+	+	+
Углекислого газа	+	+	+
Кислотности	+	-	+
Щелочности	+	-	+
Давления	+	+	+
Раздел на зоны	неогр	неогр	неогр
Контроль зон	+	+	+

Количество программ	неогр	неогр	неогр
Управление ручное	+	+	+
Мобильное управл.	+	-	+
Управление ПК	+	+	+
Расширяемые слоты	+	+	+
Программируемы	+	+	+
Цикл работы	неогр	неогр	неогр

Промышленных автоматизированных систем, как таковых на рынке не очень много. Поэтому целесообразно рассмотреть различные контроллеры и микропроцессорные системы для автоматического полива. [11]

В исходной системе Hortimax используется 2 типа датчиков: датчик зонального контроля влажности почвы и общий гигрометр и термометр (рисунок 9).



*Рисунок 9 Оригинальный датчик температуры и влажности Hortimax [31]*

Технические характеристики: [31]

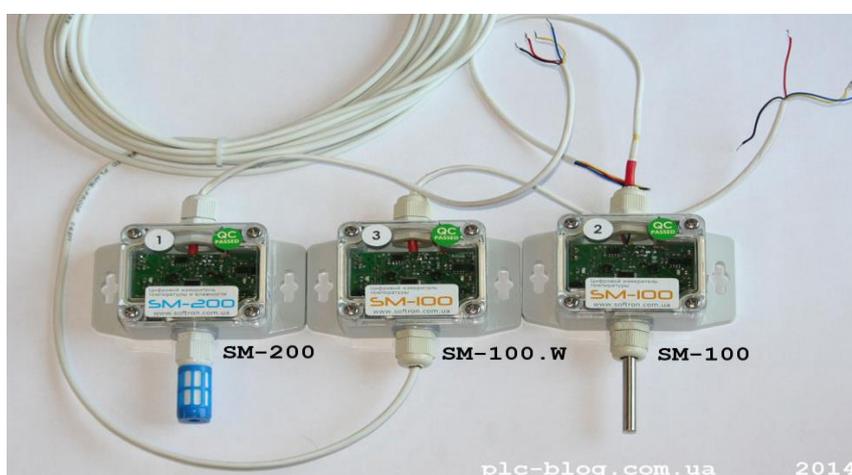
- Интерфейс RS485
- Максимально потребляемый ток - 2.5мА при преобразовании.

- Рассчитан на измерение уровня влажности в диапазоне от 0% до 95%. При этом точность измерений находится в диапазоне 0.5%.
- Измеряет температуру в диапазоне от -10 до 50 градусов с точностью 0.1 градус

Найти аналогичные датчики весьма сложно в виду того, что их ассортимент весьма невелик, и они чаще всего используются как часть микропроцессорной системы инкубатора или же систем умного дома помещений. [31]

### **Датчики температуры и влажности SM-100/200**

Ближайшим аналогом являются датчики температуры и влажности SM-100/200 (рисунок 10). Они имеют герметичный корпус с прозрачной передней панелью. Это сделано для того, чтобы можно было видеть зеленый и красный светодиод отвечающие за питание и передачу данных. [32]



*Рисунок 10 Датчики температуры и влажности SM-100/200 [32]*

Характеристики датчиков: [32]

- Диапазон и измерения температуры: -40... +60 °C,
- Метрологическая погрешность  $\pm 0.5$  °C
- Диапазон и точность измерения влажности: 0... 100 %,
- Погрешность измерений  $\pm 4.5$  %
- Интерфейс обмена данными: RS-485
- Протокол передачи данных: Modbus RTU
- Скорость передачи данных: 2400 bps
- Питание: 12 V DC [32]

Минусом данных датчиков можно назвать низкую скорость передачи данных (2400 бод). Эту скорость, на данный момент, в новых технологиях более не используют и целесообразно было бы заменить на более высокую. Также нужно заметить, что погрешность  $\pm 4,5\%$  довольно высокая и для лабораторных исследований прибор не подойдет, но для данного проекта они подходят. [32]

### **Датчики влажности и температуры ДВТ-03.RS**

Это датчик для контроля и регулирования влажности и температуры воздуха и неагрессивных газов (рис. 11). Плюсом данного устройства можно назвать довольно высокую точность измерения, взаимозаменяемый чувствительный элемент, стойкость к высокой влажности и широкий диапазон температур измерений. [33]



*Рисунок 11 Датчики влажности и температуры ДВТ-03.RS [33]*

Технические характеристики: [33]

- Напряжение питания 10...36 В
- Диапазон измерения относительной влажности 0...98 %
- Диапазон измерения температуры  $-40...+100^{\circ}\text{C}$
- Диапазон температуры эксплуатации  $-40...+50^{\circ}\text{C}$
- Степень защиты IP53 [33]

Сравнение ранее описанных датчиков:

Таблица 2 Сравнительная характеристика климат-компьютеров

Параметры	Hortimax	SM-100/200	ДВТ-03.RS
Диапазон температуры	-40...+60°C	-40...+60°C	- 40...+100°C
Погрешность температуры	0.1	1%	1%
Диапазон влажности	0...100%	0...100%	0...98 %
Погрешность влажности	0.5	4.5%	5%
Напряжение питания	24В	10...36В	10...36В
Интерфейс	RS485	RS485	RS485
Протокол	ModBus ECU	ModBus	ModBus
Степень защиты	IP67	IP50	IP53

## 2.2 Альтернативные датчики

### Датчик влажности почвы Gardena

Отличительной особенностью датчика Gardena, изображенного на рисунке 12, от аналогов является то, что он в своей структуре содержит аккумуляторный источник. Это позволяет не только внедрять его в систему автономного полива под управлением климат-компьютера, но и использовать совершенно автономно. Этот датчик имеет 1 выход работающий по принципу «сухой контакт» без поддержки аналоговых и цифровых интерфейсов. [34]



Рисунок 12 Датчик влажности почвы Gardena [34]

Главные отличия с датчиком производителя Hortimax выведены в таблице 3.

Таблица 3 Сравнительная характеристика датчиков влажности почвы

Параметры	Hortimax	Gardena
Диапазон влажности	0...100%	0...98 %
Погрешность влажности	12%	19%
Напряжение питания	24В	12В
Интерфейс	1-Wire	Цифровой
Степень защиты	IP67	IP53

Так как поднимался в исходной теме вопрос досвечивания растений в теплице за счет использования фитоламп, возникает необходимость в использовании датчиков света.

Сумеречный выключатель (датчик освещенности) является устройством, входящим в систему автоматического управления приборами освещения, в зависимости от степени освещенности пространства. [15]

Стоимость датчиков невысокая, так как они в своем составе не содержат дорогостоящих и сложных технологических веществ. Рассмотрим более детально их устройство, принцип работы и другие особенности, связанные с применением таких датчиков. [15]

Чаще всего они изготавливаются на основе фотодиода, фоторезистора или фототранзистора. [15]

В зависимости от освещенности изменяется сопротивление чувствительного элемента. Чем меньше освещенность, тем больше его сопротивление. При достижении заданной величины напряжения датчик выдает сигнал на усилитель, который приводит в действие управляющее устройство или же преобразовывает в удобный аналоговый или цифровой сигнал. [15]

Датчики освещенности не всегда корректно использовать в тепличном хозяйстве, так как они реагируют не только на внешнее, но и на внутреннее освещение. [15]

Их альтернативой являются пиранометры – датчики солнечного излучения (радиации) (рисунок 13).

Информация о параметрах этого устройства производителем не предоставлена.

Альтернативой является датчик Пиранометр СМР 3. Это самый компактный пиранометр в серии СМР. Прибор оснащен прочным стеклянным колпаком толщиной 4 мм для защиты датчика от внешних воздействий. Малый размер и герметичная конструкция делают этот прибор идеальным для применения в растениеводстве, для мониторинга в установках солнечной энергетики, для промышленных измерений, а также для подводных измерений. Для удобства установки прибора дополнительно имеется специальный вкручивающийся крепежный стержень. [35]



*Рисунок 13 Датчик уровня солнечного излучения  
Пиранометр Hortimax [31]*

Для обеспечения требуемых спектральных и угловых характеристик пиранометры серии СМР (рисунок 14) используют датчики на основе набора термопар, т. н. термобатарей, защищенные стеклянным или кварцевым полусферическим колпаком. Все модели снабжены встроенными пузырьковыми уровнями и регулируемыми по высоте опорами. Водонепроницаемые разъемы имеют позолоченные контакты и в стандартной конфигурации поставляются с 10-метровым высококачественным сигнальным кабелем. [35]



*Рисунок 14 Пиранометр СМР 3 [35]*

Параметры устройства: [35]

- Классификация по ISO 9060:1990 Второй класс
- Спектральный диапазон (50%) от 300 до 2800
- Чувствительность от 5 до 20 мкВ
- Импеданс от 20 до 200 Ом

- Уровень выходного сигнала (от 0 до 1500 Вт/м<sup>2</sup>) от 0 до 30 мВ
- Максимальная рабочая освещенность 2000 Вт/м<sup>2</sup> [35]

Другая альтернатива - SR20 является пиранометром высшей категории в системе классификации ISO 9060 (рисунок 15). Этот датчик солнечного излучения используется там, где требуется самая высокая точность измерений. Он измеряет солнечную радиацию, получаемую плоской поверхностью, угол измерения при этом составляет 180 градусов. [22]



*Рисунок 15 Пиранометр SR20 [22]*

Технические параметры: [22]

- Классификация по ISO 9060:1990 Вторичный эталон
- Спектральный диапазон (50%) от 285 до 2800 нм
- Чувствительность от 7 до 14 мкВ/Вт/м<sup>2</sup>
- Электрический импеданс 10 до 100 Ом
- Уровень выходного сигнала (от 0 до 1500 Вт/м<sup>2</sup>) от 0 до 20 мВ
- Максимальная рабочая освещенность 4000Вт/м<sup>2</sup> [22]

### **2.3 Выбор исполнительных устройств**

В холодный и тёплый период года системы отопления и вентиляции работают по-разному.

Зимой приточный воздух, подаваемый через распределительные воздуховоды с регулирующими заслонками, нагревается в калориферах (теплообменниках с технологией канального нагревателя) или теплогенераторах. Воздухообмен при этом минимальный, так как при низких температурах влагосодержание наружного воздуха мало, а энергозатраты на нагрев единицы объёма воздуха наибольшие.

В тёплый период года система нагрева приточного воздуха отключается, подача и вытяжка воздуха достигает максимального значения. Регулирование подачи и вытяжки воздуха осуществляют с помощью заслонок на нагнетательных воздуховодах и в

вытяжных шахтах, а также изменением количества и частоты вращения приточных и вытяжных вентиляторов. [26]

Достаточно точно наибольшая мощность на обогрев помещения в зимний период  $P_{OT}$  рассчитывается по формуле: [26]

$$P_{OT} = q_{OT} \cdot V_{II} \cdot (t_B - t_H) \left( 0.54 + \frac{22}{t_B - t_H} \right) \quad (1)$$

$q_{OT}$  – удельная отопительная характеристика помещения

$V_{II}$  – объём помещения по наружному обмеру без подвальной части, м

$t_B$  – внутренняя расчётная температура воздуха помещения,

$t_H$  – наружная расчётная температура воздуха зимнего периода, принимаемая в проектах для средней зоны Европейской части России (Санкт-Петербург, Москва, Саратов) равной  $-25^{\circ}C$

Отношение подачи вентиляции  $Q_x$  к объёму помещения  $V_{II}$  называют кратностью воздухообмена  $k_{BO}$

$$k_{BO} = \frac{Q_x}{V_{II}} \quad (2)$$

Зимой в наиболее холодный период кратность воздухообмена минимальна и составляет 0,3–1 раз/ч, летом в наиболее жаркий период – максимальна и достигает 3–6 раз/ч. [26]

Таким образом, по максимальной подаче воздуха в летний период находится требуемая производительность проектируемой системы вентиляции и отопления по подаче воздуха [26]:

$$Q_{XH} = k_{BO+} \cdot V_{II} \quad (3)$$

Формулы (1) и (2) позволяют выбрать отопительно-вентиляционное оборудование по необходимой тепло- и воздухопроизводительности. [12]

## 2.4 Выбор кабельно-проводниковой продукции

В проекте теплицы существует 2 типа проводников необходимых для обеспечения работы всех автоматизированных узлов теплицы.

Первый тип проводников, который используется для обеспечения работы теплицы – силовой кабель до распределительного щитка. Данный кабель должен обеспечивать передачу максимальной мощности. Так как в данном проекте будут использоваться силовые установки, необходимо чтобы проводник имел достаточное сечение. В данном случае допустимо использовать алюминиевый проводник, так как он имеет ряд преимуществ. [23]

Важным преимуществом остается низкая стоимость, а второстепенным преимуществом – большая теплопроводность, а как следствие и охлаждаемость чем у меди. При высоких нагрузках это очень важно.

В качестве проводника выбран вариант 3-фазного исполнения СИП 4х25.

Параметры СИП 4х16 являются следующие: Количество жил равно 4 шт., сечение одной жилы 25кв. мм. Максимальная токовая нагрузка на 1 жилу равна 95А. Эквивалентная мощность в 3 фазной сети ( $U=380V$ ) 62,5кВт. Предельный ток короткого замыкания 1500А. Электрическое сопротивление жилы, 1,21 Ом/км. На рисунке 16 можно увидеть строение проводника. [23]

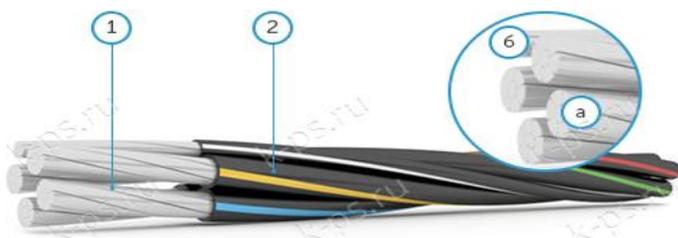


Рисунок 16 Проводник СИП-4 [23]

1) Алюминиевая жила 25кв, диаметром 9,45–9,95мм с числом проволок 7шт.

2) Изоляция толщиной 1,43–1,70мм.

А) Основная жила

Б) Вспомогательная жила

Для остальных задач достаточно обычного медного проводника типа ПВС. Несмотря на то, что провод ПВС имеет выше стоимость по сравнению с аналогами, его главным достоинством остается то, что шины между собой параллельно скручены, что значительно снижает электромагнитные потери на больших кабельных трассах. [23]

### 3 Автоматизация процессов управления микроклиматом тепличного блока

#### 3.1 Разработка схемы управления микроклимата теплицы

Контроль температурных режимов, отопления влажности и освещения весьма трудоемкий процесс.

В этом плане хорошо себя зарекомендовали микропроцессорные устройства и терминалы. Огромное количество микропроцессорных устройств и оборудования доступны на рынке и пользуются огромным спросом. [13]

Удобно использовать отдельно микропроцессорный терминал и отдельно схему управления силовыми элементами.

На сегодняшний день, несмотря на активное развитие обилие полупроводниковых элементов, традиционно популярны электромагнитные коммутационные устройства – реле, пускатели и контакторы.

Для управления большими нагрузками – электрокалориферами, венткамерами, а также световыми установками, необходимы контакторы большой мощности. Следовательно, структурная схема управления одним элементом будет выглядеть следующим образом (рис. 17):

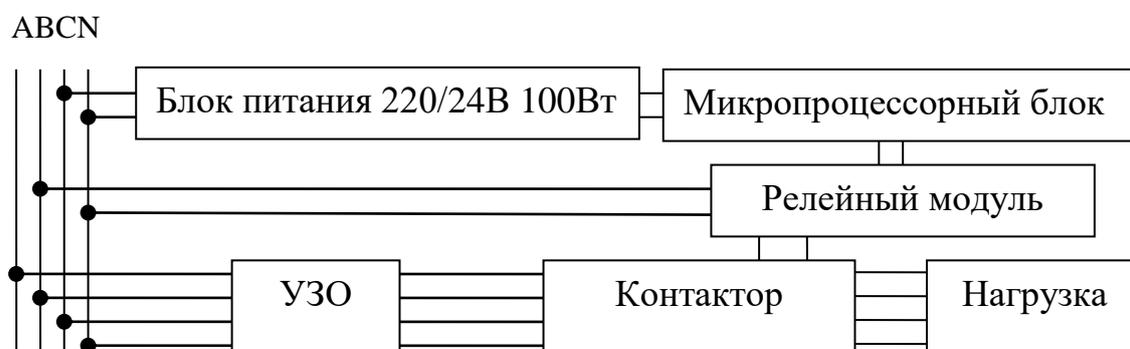


Рисунок 17 Структурная схема

Возможности микропроцессорного блока расширяются за счет использования датчиков различного типа. В данном случае целесообразно использовать термодатчики, для контроля температуры по периметру всего объема. [18]

#### 3.2 Измеритель-регулятор микропроцессорный Siemens LOGO

Универсальные логические модули LOGO (рисунок 18) являются компактными функционально законченными приборами, предназначенными для построения наиболее программируемых устройств автоматического управления. [20]

В своем составе содержат встроенные входы и выходы, интегрированный дисплей и клавиатура, библиотеки встроенных функций. [20]

- Высокая универсальность: модульная конструкция и программная реализация алгоритмов управления. [20]
- Широкая гамма модулей расширения, гибкие возможности адаптации к требованиям решаемых задач. [20]
- Применение во всех секторах промышленного производства и системах автоматизации зданий. [20]

Семейство LOGO объединяет в своем составе: [25]

- ✓ Универсальные логические модули:
  - LOGO! Basic с встроенной клавиатурой и дисплеем;
  - LOGO! Pure без клавиатуры и дисплея.
- ✓ Модули расширения:
  - 8- и 16-канальные модули ввода-вывода дискретных сигналов DM8 и DM16;
  - 2-канальные модули ввода аналоговых сигналов AM2, AM2 RTD;
  - 2-канальный модуль вывода аналоговых сигналов AM2 AQ.
- ✓ 4-канальные неуправляемые коммутаторы Industrial Ethernet LOGO! CSM.
- ✓ Модуль LOGO CMR 2020 для поддержки GSM/GPS соединений.
- ✓ Текстовый дисплей LOGO TDE.
- ✓ Модули коммутации 3-фазных цепей переменного тока LOGO! Contact.
- ✓ Модули блоков питания LOGO Power.
- ✓ Программное обеспечение LOGO Soft Comfort [20]



Рисунок 18 ПЛК модуль Siemens Logo [20]

На выходе задается Pid регулировка температуры, сопоставимая с тепличными параметрами необходимыми в теплице.

При формировании временной диаграммы схемы следует учитывать такие параметры, как время ее включения, время выключения (длительность работы). Следует рассматривать 2 процесса:

- Временной процесс
- Вынужденный процесс

Временной процесс следует согласно расписанию, заданному на микропроцессорном блоке, а вынужденный в связи с показаниями датчиков.

Чтобы уменьшить нагрузку на сеть, следует чередовать потребителей электроэнергии, а самых мощных потребителей запускать в те промежутки времени, когда отключены другие нагрузки.

Временную диаграмму занесем в таблицу 4 и 5:

Таблица 4 Временная диаграмма 1

	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Освещение												
Фитолампы												
Отопление												
Вентиляция												
Полив												

Таблица 5 Временная диаграмма 2

	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
Освещение	■	■	■									
Фитолампы	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Отопление	■			■			■			■		
Вентиляция					■							
Полив			■						■			

Согласно диаграмме:

8.00 – включение света (при недостатке освещения)

9.00 – отопление при низкой температуре

10.00 – полив

11.00 – вентиляция (при необходимости)

13.00 – отопление при низкой температуре

14.00 – полив

16.00 – вентиляция (при необходимости)

17.00 – проветривание

18.00 – отопление при низкой температуре

18.00–8.00 включение фитоламп освещения и при низком уровне света

19.00 – полив

19.00–22.00 включение освещения и при низком уровне света

20.00 – отопление при низкой температуре

22.00 – полив

23.00 – отопление при низкой температуре

14.00 – проветривание

2.00 – отопление при низкой температуре

4.00 – полив

5.00 – отопление при низкой температуре

Все операции ограничены уровнем сигналов датчиков, кроме общего освещения.

## 4 Предложение по проектированию

### 4.1 Выбор компонентов

За мозг проекта был выбран микроконтроллер Siemens Logo12/24. Он имеет 8 дискретных или 4 аналоговых входа и 4 релейных выходов, это значит, что выход уже готов к коммутации силовой нагрузки. Так же может понадобиться модуль расширения LOGO! AM2, AM2 RTD и AM2 AQ. [1]

Модули этой группы предназначены для увеличения количества каналов ввода и вывода аналоговых сигналов логического модуля. Каждый модуль оснащен двумя каналами:

- ввода аналоговых сигналов 0...10 В, 0...20 мА и 4...20 мА в модуле AM2
- измерения температуры с помощью термометров сопротивления Pt100/ Pt1000 в модуле AM2 RTD
- вывода аналоговых сигналов 0...10 В, 0...20 мА и 4...20 мА в модуле AM2 [1]

Для управления и контроля микроконтроллером LOGO через SMS используется коммуникационный модуль LOGO! CMR2020. Модуль может отправлять и получать SMS от заранее определенных мобильных телефонов. У модуля есть 2 цифровых выходов которые могут быть активированы через телефон. Прием может быть использован, чтобы непосредственно воздействовать на данные в контроллере. [5]

Для того что бы система работала микроконтроллер нужно запрограммировать. Для создания программ для контроллера использует набор функций, встроенных в их операционную систему. Все функции сгруппированы в библиотеки. Так же в Logo можно установить заранее карту памяти с заранее сделанной программой. [8]

Просмотрев датчики температуры и просмотрев их согласованность с LOGO, выбор пал на датчик температуры и влажности ДВТ-03.RS, но также подходят многие другие датчики. Выходной сигнал данного датчика 4...20 мА, измерение влажности от 0 до 98%, а температуры от -40 до 100 градусов. Такой датчик вполне подходит для регулирования температуры и влажности внутри теплицы. [33]

Для сбора данных о дневном свете нужно выбрать датчик сбора солнечной радиации. Данный датчик, как и прошлый, устанавливается внутри комплекса и сбор информации будет происходить непосредственно внутри него.

Так же для контроля влажности почвы требуется датчик влажности, которые будет передавать информацию о состоянии почвы. [35]

## 4.2 Количество требуемых датчиков

Расчет количества датчиков выполняется основываясь на размере теплицы. В расчете учитывается длина теплицы и количество продольных дорожек. Возьмём, к примеру, что система будет расположена в теплице с размерами 20x20м, в которой 1 дорожка.

$$n = \frac{L}{20} * (h + 1) , \text{ где}$$

n – расчетное количество датчиков

L – длина теплицы

h – количество дорожек

Подставив в формулу значения получаю, что в выбранную теплицу требуется установить 2 датчика измерения влажности почвы.

Датчики температуры и влажности воздуха лучше расположить в начале, середине и конце строения. Таким образом можно будет контролировать параметры в разных зонах тепличного комплекса.

## 4.3 Выбор исполнительных механизмов

В нашей теплице нам нужно регулировать влажность, температуру и освещённость. Для этого нам потребуются различные исполнительные механизмы.

При выборе досветки нужно опираться на следующие параметры: [10]

- Мощность (Ватт) – энергопотребление прибора за час непрерывной работы
- Световой поток (люмен) – имея информацию о количестве света можно подобрать нужное количество светильников и сэкономить на потребляемой энергии
- Цветовой спектр света – лампы излучают электромагнитные волны разной длины. Оптимальным вариантом являются те осветительные приборы что имеют широкий спектр излучения
- Экономичность – так как досветка может в некоторых случаях работать круглосуточно, важно учитывать оптимальное соотношение мощности ламп и ими потребляемую энергию
- Уровень защиты от пыли и влаги (IP) – уровень защиты также важный параметр так как имеем дело с закрытым комплексом, где почва является источником пыли, а полив повышает влажность. [10]

Существует несколько видов тепличных ламп, но для данного проекта выбираю светодиоды. Они имеют оптимальный спектр излучения и свет распределяется равномерно по всей площади комплекса. Также они долговечны и энергоэффективны. Еще одним преимуществом является тот факт, что они не излучают тепло, что поможет сохранить растения от ожогов. [10]

Для контроля температуры может быть использовано проветривание с помощью открытия и закрытия форточек. При поднятии температуры форточка будет открываться, а при понижении герметично закрываться. Для осуществления данного процесса на форточку нужно установить механизм-толкатель с электродвигателем.

Для осуществления полива растений нужно подобрать насосное оборудование. Я выбрал насос, которые производит полив из резервуара. Насосная часть опускается в воду, а моторная остается снаружи. При понижении влажности почвы меньше чем прописано в задании, контроллер получает сигнал от датчика и передает его на исполнительный механизм, в нашем случае насос. Насос включается и начинает качать воду в трубопровод расположенный над почвой. В трубопроводе используются клапаны давления и форсунки по которым вода будет распыляться на растение. [24]

Отопление в теплице может быть осуществлено за счет инфракрасных ламп. Этот способ поможет уменьшить расход электричества. При помощи этих устройств удастся выполнить зонирование парника, поддерживая разную температуру, необходимую для роста различных растений. Обогрев не приводит к снижению влажности воздуха, которое может оказаться губительным для большинства сельскохозяйственных культур. [4]

Так при понижении температуры ниже нормы контроллер будет подавать сигнал на ту или иную лампу для включения, при достижении нормальной температуры лампа будет выключаться. [4]

Все данные для контроллера берутся с датчиков, расположенных внутри теплицы.

#### **4.4 Алгоритм работы**

Управление микроклиматом осуществляется за счет считывания информации с датчиков, сравнение этой информации контроллером с заданием и регулировки параметров за счет ранее описанных исполнительных механизмов.

##### **Температура**

1. Контроллер считывает информацию с датчика
2. Контроллер сравнивает информацию с заданием
3. Если температура в диапазоне заданных значений, то все происходит заново
4. Если температура ниже заданных значений, то контроллер подает сигнал на включение исполнительного механизма, в данном случае на инфракрасную лампу, при возврате значения в норму, контроллер посылает сигнал на отключение

5. Если температура выше заданного значения, то контроллер подаёт сигнал на открытие люка для проветривания, при возврате значения в норму, контроллер подает сигнал на закрытие (рисунок 19).

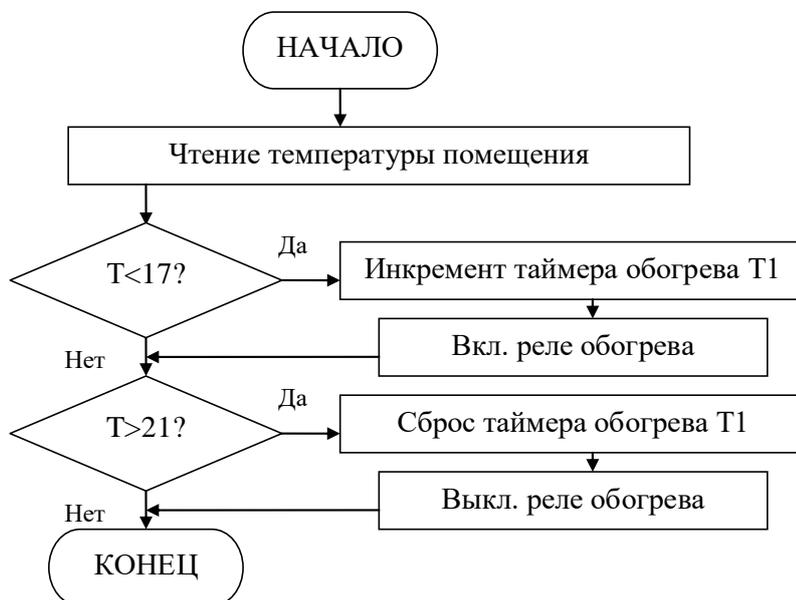


Рисунок 19 Включение обогрева

#### Влажность

1. Контроллер считывает информацию с датчика
2. Контроллер сравнивает информацию с заданием
3. Если влажность в диапазоне заданных значений, то все происходит заново
4. Если влажности ниже заданных значений, то контроллер подает сигнал на включение насоса, происходит полив. При возврате значений в норму контроллер посылает сигнал на отключение системы полива
5. Если влажность выше заданного значения, то контроллер подаёт сигнал на открытие люка для проветривания, при возврате значений в норму, контроллер подает сигнал на закрытие (рисунок 20).

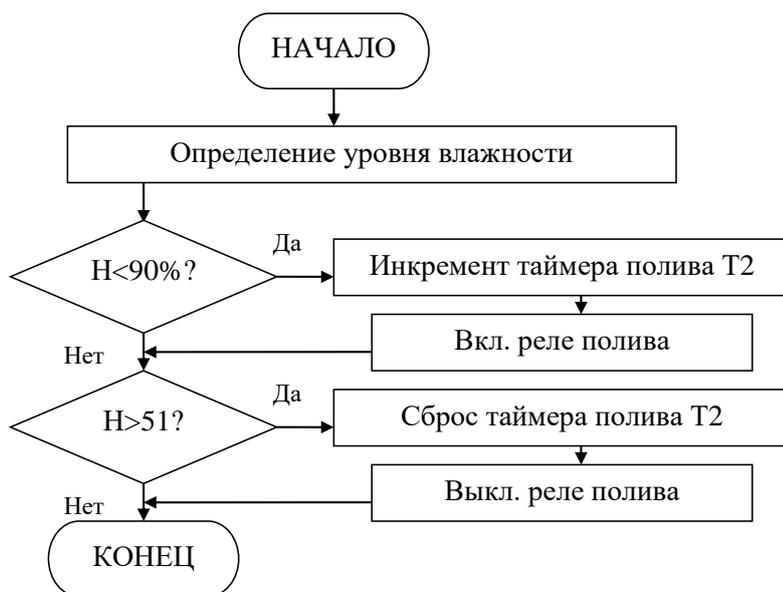


Рисунок 20 Включение полива

#### Освещенность

1. Контроллер считывает информацию с датчика
2. Контроллер сравнивает информацию с заданием
3. Если освещенность в диапазоне заданных значений, то все происходит заново
4. Если освещенность ниже заданных значений, то контроллер подает сигнал на включение светодиодных ламп
5. Если освещенность выше заданного значения, то контроллер подаёт сигнал на отключение ламп (рисунок 21).

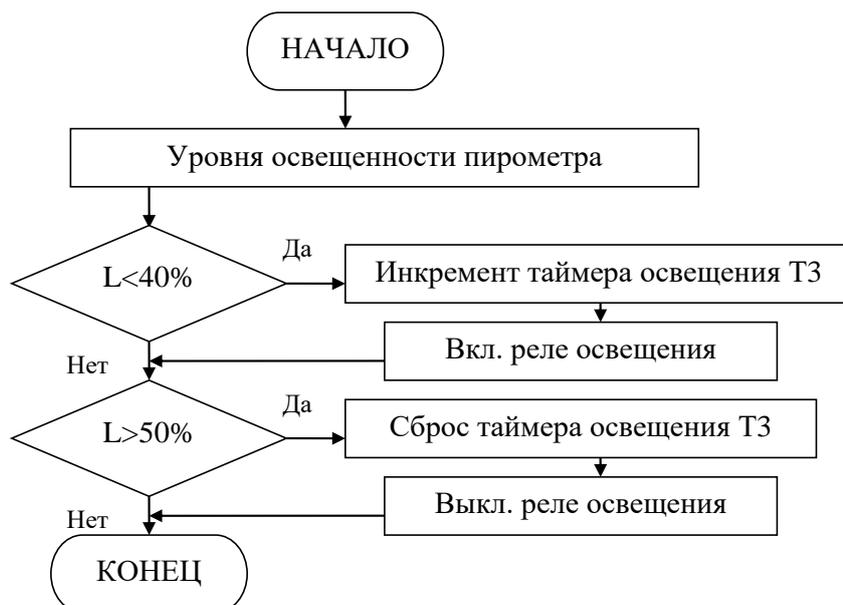


Рисунок 21 Включение досветки

## 4.5 Схема подключения к контроллеру

На данной рисунке 22 изображено что, контроллер принимает сигналы с датчиков и посылает сигналы на исполнительный механизмы. На рисунке 23 изображена единая схема системы.

V++ - питание

GND – земля

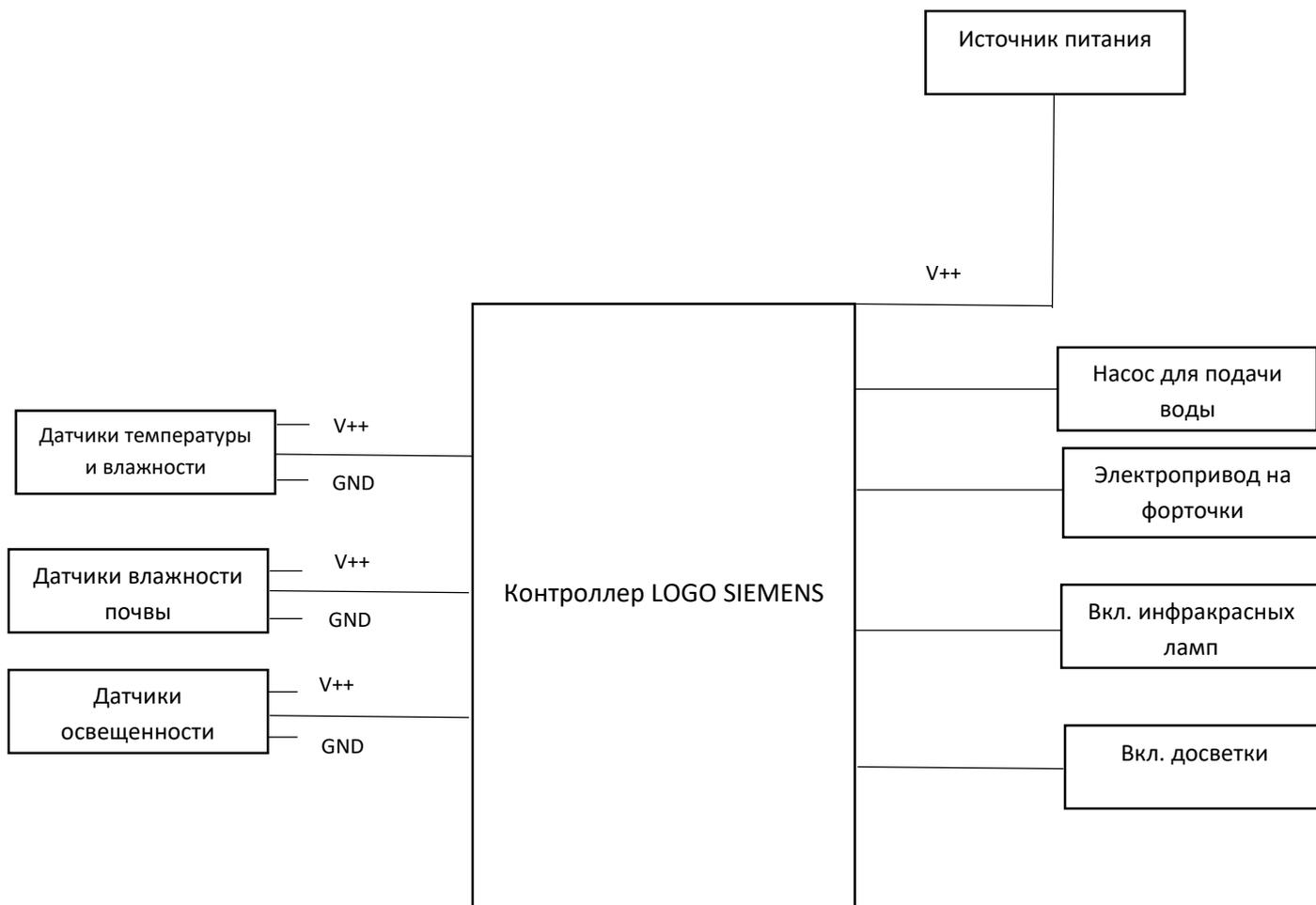


Рисунок 22 Схема подключения к контроллеру

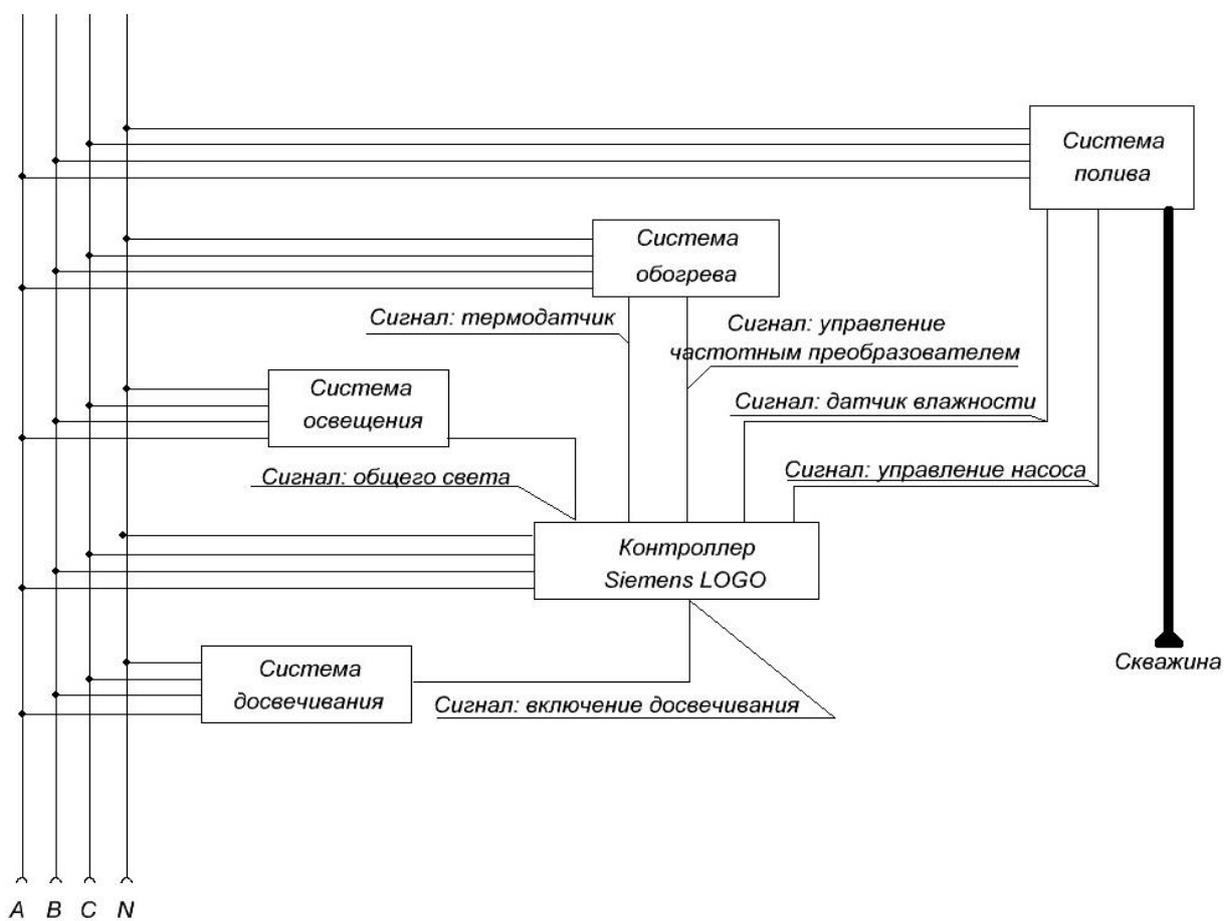


Рисунок 23 Единая схема

## **5 Исследование рынка автоматизированных теплиц**

В связи со специфичностью производимой продукции, а также широкого ее разнообразия сложно сделать объективную оценку и прогноз прибыли. По этой причине взял в сравнение трех производителей автоматизированных теплиц

### **Sensaphone**

Предлагает устройства удаленного мониторинга, сигнализацию и всевозможные датчики для промышленного использования. Устройства дадут всю информацию об условиях в теплице, обнаружит резкие колебания температуры или отказ какого-то из других приборов. Если какой-либо показатель выйдет за пределы нормы, то система мониторинга сообщит об этом владельцу. [36]

Данный производитель не предлагает готовые теплицы, только оборудование для готовых теплиц. Все нужные параметры можно дать производителю, и они помогут подобрать подходящие датчики. Производитель работает только с большими заказами и компаниями. [36]

### **Myfood**

Это умная теплица, работающая на солнечной энергии. Компания продает готовые маленькие теплицы 1,5\*2,2 метра и средние 3,8\*5,9 метра. Из предоставленных производителем датчиков и контроллеров можно самому собрать подходящую себе теплицу. Также можно приобрести дополнительные модули и датчики для уже имеющегося тепличного комплекса от данного производителя. Если же у клиента имеется свое сооружение, которое он хочет автоматизировать, то, к сожалению, предприятие Myfood не возьмётся за работу так как предлагаемое оборудование подходит только для теплиц от производителя. [37]

### **EcoSlider**

EcoSlider это производитель теплиц под ключ с широким диапазоном настроек теплиц, начиная с размера комплекса и заканчивая количеством форточек. Также есть возможность выбрать готовую теплицу, где все параметры уже выбраны производителем. Это эстонский производитель, который обещает высокую надежность и знаком с местным климатом и условиями выращивания культур. К сожалению, цена довольно высокая, теплица размером 3\*2 метра будет стоить в среднем около 1000 €. Данный вариант, как и предыдущий, не подойдет людям, которые хотят автоматизировать свою теплицу так как производитель продает только готовые комплексы. [38]

Нужно учитывать, что затраты на монтаж электрооборудования принимаются на уровне примерно 10–15% от его стоимости. [38]

Выбор производителя нужно делать в зависимости от своих ожиданий, возможностей и требований так как кто-то предлагает собрать теплицу самому, а кто-то продает уже готовые варианты. Среднюю цену было сложно определить так как цены колеблются от 1000 до 10000 €, все зависит от размеров и нужных условий. Я выбрал для дальнейших рассмотрений производителя EcoSlider по следующим причинам: [38]

- Имеем дело с местным производителем благодаря чему уменьшается срок доставки и установки
- Цены являются самыми приемлемыми
- Большой выбор различного оборудования с широким диапазоном цен
- Предлагают готовые варианты что упрощает расчеты [38]

### **5.1 Расчет срока окупаемости выбранного объекта**

На основании расчёта капиталовложений  $\Delta K$ , которые обеспечат получение определённой прибыли  $\Pi$ , значение которой на данном этапе вычислить невозможно. В итоге это позволит рассчитать фактический срок окупаемости дополнительных капиталовложений  $T_x$ . Возьмем в пример ранее представленный вариант теплицы EcoSlider размером 3\*2 метра и стоимостью 1000 €.

$$T_x = \frac{\Delta K}{\Pi} = \frac{1000 \text{ €}}{\Pi}$$

Так как прибыль не бралась в данном случае в расчет, то узнаем необходимую прибыль за 12 месяцев использования по формуле  $\Pi = \frac{\Delta K}{T_x} = \frac{1000 \text{ €}}{12 \text{ месяцев}} = 83,33 \frac{\text{€}}{\text{месяц}}$ . Если выбранный тепличный комплекс будет приносить 83,3 € в месяц, то проект окупится за один год.

## **Заключение**

Автоматизация теплицы является в наше время необходимостью для фермеров и садоводов так как это существенно упрощает поддержание определённых световых и климатических условий и осуществление полива. Все эти действия необходимо проделывать регулярно, и умная теплица избавит владельца от лишних трудностей и поможет следить за качеством урожая.

В данной работе было произведено исследование и описание сельскохозяйственного производственного объекта – теплицы с автоматизированным управлением и контролем нужных параметров. Были выполнены некоторые расчеты нужные для обеспечения работы данного объекта.

Автоматика для теплицы используется для поддержания жизнеобеспечения культур и регулирует следующие процессы:

- Поддерживает комфортный микроклимат внутри комплекса
- Производит полив растений тем самым регулирует влажность почвы
- Контролирует процесс освещения и отопления
- Дает сигнал при сбое программ

При проектировании автоматизированной теплицы появляется возможность создания полностью автоматизированной системы, управляемой не оператором, а непосредственно персональным компьютером или микропроцессором, где оператор выполняет функции контролера.

Кроме всех вышесказанных плюсов нужно отметить, что умная теплица — это довольно сложный проект, который требует проведения более подробного анализа и довольно больших капиталовложений. Также рассматриваемый комплекс является энергозависимым сооружением, для которого отключение электричества может стать проблемой. Владельцу нужно также быть готовым к устранению возможных поломок и сбоев системы.

## Резюме

Целью моей дипломной работы является исследование и описание автоматизированной системы управления тепличным комплексом. Тема является важной и интересной, так как с помощью умной теплицы можно контролировать большое количество параметров, такие как температура, влажность и освещение. В основе любой автоматизированной теплицы стоят датчики, исполнительные механизмы, системы мониторинга и управления, которые в комплексе позволяют оптимизировать многие факторы и условия роста растений. Приложение на мобильном устройстве собирает отчеты о состоянии культур и условиях в теплице, генерирует предупреждения, если какой-то показатель не отвечает норме.

В начале своей работы рассматриваю вопросы, связанные с определением требуемых тепличных параметров: температуры, влажности и освещения. До начала проектирования нужно провести анализ объекта, анализ обработки информации и определить общие требования к системе.

В расчетно-технологической части были рассмотрены системы управления микроклиматом тепличного хозяйства, в частности работа датчика Hortimax CX 500. Это электронная универсальная система управления и система данного компьютера позволяет полностью контролировать микроклимат и работать в соответствии с системным графиком. Также рассмотрена работа климат-компьютера FC производства НПФ «Фито» позволяющего регулировать и контролировать параметры внутри теплицы. Так же был изучен компьютера производства фирмы Priva, который объединяет все модули контроля и имеет универсальное веб-приложение. В исходной системе могут использоваться датчики зонального контроля влажности почвы фирмы Hortimax, общий гигрометр и термометр. В качестве альтернативы рассмотрел датчик влажности почвы фирмы Gardena, который содержит аккумуляторный источник с помощью, которого можно использовать датчик совершенно автономно. В качестве датчиков освещения были выбраны пиранометры. Это альтернатива обычным датчикам, который работает за счет измерения солнечной радиации.

Далее рассмотрел вопросы, связанные с разработкой схемы управления микроклимата теплицы. В качестве микроконтроллера выбрал логический модуль LOGO. Он предназначен для построения простых устройств автоматики с возможностью логической обработкой информации. При помощи выбранных мною элементов системы было сделано предложение по проектированию, в котором описывается алгоритм работы теплицы.

В заключении было произведено исследование рынка и изучены предлагаемые варианты автоматизированных теплиц. Путем сравнения я остановился на эстонском производителе EcoSlider, который предлагает различные варианты готовых теплиц. Они имеют широкий ассортимент оборудования по относительно приемлемым ценам.

## Kokkuvõte

Minu lõputöö eesmärgiks oli uurida ja kirjeldada automatiseeritud kasvuhoone kontrollsüsteemi. Teema on huvitav ja oluline sellepärast, et nutika kasvuhoone abil on võimalik juhtida olulist mitut olulist näitajat, selliseid nagu temperatuur, niiskus ja valgustus. Iga automatiseeritud kasvuhoone aluses seisavad andurid, ajamid ning seire- ja juhtimissüsteemid, mis koos võimaldavad optimeerida paljusid taimekasvu tegureid ja tingimusi. Mobiilseadmes olev rakendus kogub aruandeid põllukultuuride seisundi ja tingimuste kohta ning genereerib hoiatusi, kui mõni näitaja ei vasta normile.

Oma töö alguses vaatlen vajalike parameetrite – temperatuuri, valgustuse ja niiskuse, määratlemisega seotud küsimusi. Enne projekteerimise algust on vajalik läbi viia objekti analüüs, infotöötuse analüüs ja määratleda süsteemi üldised nõuded.

Arvutuslikus ja tehnoloogilises osas olid uuritud kasvuhoonemajanduse kasutatavad mikrokliima juhtimissüsteemid, eelkõige Hortimax CX 500 anduri töö. See on universaalne elektroonne juhtimissüsteem ning antud arvuti abil on võimalik võtta mikrokliima juhtimine täielikult üle ja korraldada selle töö vastavalt süsteemi ajakavale. Vaatlesin ka kliimaarvutit FC, mille tootjaks on NPF „Fito“. See võimaldab reguleerida ja kontrollida ümbritseva õhu temperatuuri, õhuniiskuse protsenti, valgustuse ning süsihappegaasi taset. Üks arvutitest, mis erineb eelnimetatutest, on Priva toodetud seade. Tema peamine erinevus seisneb selles, et ta ühendab endas kõik juhtimismoodulid ja omab universaalset veebirakendust. Põhisüsteemis on kasutusel tsoonilised mullaniiskuse andurid Hortimax ning üldine hügro- ja termomeeter. Alternatiivina võtsin vaatluse alla Gardena mullaniiskuse anduri, mis töötab sisseehitatud aku abil ja tänu sellele saab kasutada andurit täiesti autonoomselt. Valguallikateks on valitud püranomeetrid, mis on alternatiiviks tavalistele anduritele ning töötavad päikesekiirguse taseme mõõtmise põhimõttel.

Peale seda, kui andurid olid valitud, hakkasin käsitlema mikrokliima juhtimissüsteemi väljatöötamisega seotud küsimusi. Mikrokontrolleri valikuks osutus loogikamoodul LOGO. See on ette nähtud lihtsate automatiseerimisseadmete ehitamiseks koos loogilise informatsiooni töötlemise võimalusega. Kõikide valitud seadmete põhjal pakkusin välja projekteerimise ettepanek, kus kirjeldan kasvuhoone töö algoritmi.

Kokkuvõtteks viisin läbi turuanalüüsi ja uurisin turul pakutavaid variante. Võrdluse käigus sai valitud Eesti tootja poolt toodetav kasvuhoonekompleks. Ettevõtte EcoSlider pakub erinevaid tootja poolt projekteeritud kasvuhooneid ning laia sätete valikut. Nende sordimendis on suur valik seadmeid suhteliselt taskukohaste hindadega.

## Summary

The aim of my graduation project is the research and description of automatic control system for a greenhouse complex. In my opinion, this topic is valuable because a "smart" greenhouse is a good and accurate way to control next features: temperature, humidity and lighting. Any automatic greenhouse consists of detectors, operating mechanism, monitoring and control systems, which assist in optimization of many factors and conditions required for a plant growth. A mobile application collects real-time status reports and warns in case any feature is out of standards.

In the introduction of my research I analyzed the required greenhouse features: temperature, humidity and lighting. The analyze of object and information processing are required before project design. I did a research of greenhouse microclimate management system as a part of technological section, including Hortimax CX500 detector. Hortimax CX500 is the universal electronical control system which allows to fully control microclimate and work in accordance with system graphics. Furthermore, the working process of NPF "FITO" climate-computer FC was researched. It allows to control next features: environment temperature, humidity. Lighting level and CO<sub>2</sub> level. After that, I did a research of Prive computer. The main difference among similar products is that Prive combine all control modules and has universal web application. At the starting point Hortimax soil humidity control detectors, common hygrometer and thermometer can be used. As an alternative method, I researched Gardena the soil humidity detector which contains accumulator. It allows to use detector autonomous. I decided to use pyranometers as lighting detectors. They are alternative to standard lighting detectors, which work due to sun radiation take offs.

In the next chapter of my project I researched technologies for greenhouse microclimate control. The LOGO logical module was chosen as a microcontroller. It is used to built simple automatic device with possibility of logical information processing. The different varieties of elements for the system I chose, helped me to make a design, which describes an algorithm for the operation of a greenhouse.

A concluding market research was carried out and the proposed options for automated greenhouses were analysed. By way of comparison, I settled on the Estonian manufacturer EcoSlider, which offers various options for ready-made greenhouses. They have a wide range of equipment at relatively affordable prices.

## Список литературы

1. Инновационная автоматика, LOGO! AM2, Модуль расширения, [Online] <https://iautomatica.ru/catalog-siemens/dopolnitelnye-moduli-dlya-logo-8-ai-ao/logo-am2-modul-rasshireniya-napryazhenie-pitaniya-12-24-v-2-ai-0-10-v-ili-0-4-20-ma-dlya-logo-8/> (21.05.2021)
2. Joe Monk, «3 Automatic Greenhouse Vents Guaranteed to Make Gardening Easier», Greenhouse info, 2021
3. Системы микроклимата в теплицах нового поколения, Агро в деталях, [Online] <https://agriexpert.ru/stati/stati-po-rasteniievodstvu/sistemyi-mikroklimate-v-tepliczah-novogo-pokoleniya> (16.04.2021)
4. Как сделать отоплением теплицы из поликарбоната зимой своими руками, Ботаника в теплице, [Online] <https://botpage.ru/vyrashchivanie/otoplenie-teplicy-iz-polikarbonata-2.html> (21.05.2021)
5. Новости автоматизации, Коммуникационный модуль CMR2020 для ПЛК Siemens LOGO!, [Online], <http://ua.automation.com/content/kommunikacionnyj-modul-cmr2020-dlja-plk-siemens-logo> (21.05.2021)
6. В. Перова, «Системы микроклимата в теплицах нового поколения», Агро в деталях, 07.2019, [Online] <https://agriexpert.ru/stati/stati-po-rasteniievodstvu/sistemyi-mikroklimate-v-tepliczah-novogo-pokoleniya>
7. Как повысить влажность в теплице, Krosagro, [Online] <https://krosagro.com/ru/teplitsy/kak-povysit-vlazhnost-v-teplitse/> (16.04.2021)
8. Обзор Siemens Logo, [Online] <https://promspecrele.ru/documents/logo.html> (21.05.2021)
9. Освещение теплицы. Лампы и требования. Особенности монтажа, [Online] <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/osveshhenie/osveshchenie-teplitsy> (16.04.2021)
10. Искусственная досветка в теплицах – особенности осветительных систем, Электротехинфо, [Online] [https://eti.su/articles/svetotehnika/svetotehnika\\_1335.html](https://eti.su/articles/svetotehnika/svetotehnika_1335.html)
11. «Точное земледелие в автоматизированных теплицах», [Online] <https://www.priva.com/ru/expertise/horticulture/precision-growing-with-greenhouse-automation>

12. В. А. Борисович, «Теория автоматического управления: элементарное введение с применением МАТЛАВ», СПбГПУ, 28.06.2011
13. «Микропроцессорные устройства релейной защиты: обзор возможностей и спорных вопросов», Школа для электрика, [Online]  
<http://electricalschool.info/main/elsnabg/1431-mikroprocessornye-ustrojstva.html>  
(28.04.2021)
14. «Ridder Group replaces HortiMaX brand», Ridder. The new name of HortiMaX. Integrated Inside Greenhouse Technology, [Online] <https://ridder.com/ridder-the-new-name-of-hortimax-integrated-inside-greenhouse-technology/>
15. «Датчик освещенности принцип работы», Поперечка, [Online]  
<https://poperechka.ru/datchik-osveshennosti-princip-raboty/>
16. Joshua Tan Hong Yao, «Automated greenhouse», 2014 IEEE International Symposium on Robotics and Manufacturing Automation (ROMA), 2014
17. «Ардуино умная теплица», 2020. [Online] <https://grebnoykanaldon.ru/arduino-umnaya-teplitsa/>
18. «Основные типы контакторов.», [Online] <https://chint-electric.ru/osnovnye-tipy-kontaktorov> (23.04.2021)
19. Ерохин. М. С., «Автоматизированная теплица», [Выпускная квалификационная работа по направлению подготовки «09.03.03 Прикладная информатика» профиль «Прикладная информатика в сервисе»], Екатеринбург, 2020.  
<http://elar.uspu.ru/bitstream/uspu/13827/2/Erohin.pdf>
20. «LOGO! – красота в деталях», Инновационные решения для повседневных задач автоматизации, 2021, [Online]  
<https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizacia/sistemy-avtomatizacii/promyshlennye-sistemy-simatic/kontroller-simatic/logicheskie-moduli->
21. «Система управления микроклиматом теплицы (FC серия)», НПФ ФИТО, 2021, [Online] <http://www.fito-system.ru/upravlenie-mikroklimatom-teplicy>
22. «SR20 ПИРАНОМЕТР ВТОРИЧНОГО ЭТАЛОННОГО КЛАССА», 2021, [Online]  
<http://avtehsys.ru/catalog/meteorologic/aktinometriya/sr20/>
23. Провод СИП-4 4x25, 2021, [Online] <https://k-ps.ru/spravochnik/provoda-izolirovannyye/dlya-vozdushnyix-linij-peredach/sip-4/provod-sip-4-4%D1%8525.html>

24. «Особенности подбора насоса для полива огорода в зависимости от источника водозабора», [Online] <https://aqua-rmnt.com/vodosnab/nasos/nasosy-montazh/nasos-dlya-poliva-ogoroda.html> (21.05.2021)
25. «Климат компьютер для теплиц», Про дачу, 2021, [Online] <https://a1-exp.ru/klimat-kompyuter-dlya-teplits/>
26. «Методические указания по обследованию теплопотребляющих установок закрытых систем теплоснабжения и разработке мероприятий по энергосбережению», РосТепло.ру - всё о теплоснабжении в России, [Online], 2021 [https://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=2012](https://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=2012)
27. Ванесса Ромеро Сеговия, Альфред Теорин, «История управления История ПЛК и РСУ», 06.2012 [https://ftp.owen.ru/CoDeSys3/98\\_Books/vanessa\\_alfred\\_report\\_ru.pdf](https://ftp.owen.ru/CoDeSys3/98_Books/vanessa_alfred_report_ru.pdf)
28. «KEB COMBIVERT F5», Сервотехника, 2021, [Online] <http://servotechnica.ru/catalog/type/brand/serie/product/index.pl?id=7>
29. «Сущность проблемы повышения экономической эффективности инвестиций», Финансовый анализ, Инвестиционная деятельность, 2021, [Online] <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=ekonomicheskaya-effektivnost-investitsiy>
30. «Что такое умная теплица и как сделать автоматическое управление своими руками», Тепличная энциклопедия от А до Я, <http://teplicno.ru/obustr/umnaya-teplica.html>
31. «Greenhouse irrigation control system CX500», 2021, [Online] <https://www.agriexpo.online/prod/hortimax/product-177047-35190.html>
32. «Датчики температуры и влажности SM-100/200 с интерфейсом RS-485», 03.2017, [Online] [http://plc-blog.com.ua/sm100\\_sm200](http://plc-blog.com.ua/sm100_sm200)
33. «Датчики влажности и температуры ДВТ-03.RS», 2021, [Online] <https://relsib.com/product/datchiki-vlazhnosti-i-temperature-dvt-03rs>
34. «Gardena Датчик влажности почвы 01188-20.000.00», с <https://www.aquamarket.ru/good/155356>
35. «Пиранометры», Kipp & Zonen, [www.kippzonen.com](http://www.kippzonen.com)
36. „Sensaphone“ [Online] <https://www.sensaphone.com/> [05.2021]
37. „MyFood“ [Online] <https://myfood.eu/ourtechnology/smart-greenhouse/> [05.2021]
38. „Ecoslider“ [Online]. <https://ecoslider.com/ru/> [05.2021]