ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

На правах рукописи
УДК 631.344.8:628.8(043.5)

ЛОГИНОВ ВЯЧЕСЛАВ ВАСИЛЬЕВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Специальность 05.20.02 – электротехнологии и электрооборудование
в сельском хозяйстве

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук
И.Р. Владыкин

Москва 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ИНДЕКСЫ И СОКРАЩЕНИЯ 6

ВВЕДЕНИЕ..... 7

1. АНАЛИЗ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРАНЫ 12

1.1 Доктрина продовольственной безопасности РФ 12

1.2 Анализ контроля качества продуктов питания в РФ..... 14

1.3 Анализ производства продукции защищенного грунта..... 17

1.4 Анализ электрооборудования для систем поддержания микроклимата.... 19

1.4.1 Силовое электрооборудование защищенного грунта 20

1.4.2 Электрооборудование для облучения растений 27

1.5 Выводы по главе..... 36

2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ 38

2.1. Анализ температурного режима в защищенном грунте 38

2.2. Математическая модель температурного режима, полученная методом электротепловой аналогии 40

2.3. Математическая модель температурного поля с учетом воздушных потоков 43

2.4. Математическая модель объемного температурного поля в защищенном грунте..... 46

2.4.1. Температурное нестационарное поле в неограниченной пластине. ... 51

2.5 Выводы по главе..... 56

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ 58

3.1 Воздействия технологических процессов на микроклимат в теплице..... 58

3.1.1 Воздействие систем обогрева на температурный режим 60

3.2 Анализ естественного светового режима Удмуртской Республики..... 68

3.3 Влияние солнечного излучения на микроклимат в защищенном грунте .. 71

3.4 Экспериментальные исследования взаимного влияния параметров микроклимата в защищенном грунте..... 73

3.5 Выводы по главе..... 87

4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ 89

4.1 Анализ алгоритмов управления микроклиматом в теплицах 89

4.2 Алгоритм взаимосвязанного управления параметрами микроклимата 95

4.3 Анализ языка и среды программирования 99

4.4 Разработка программы управления параметрами микроклимата..... 102

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ 113

5.1 Анализ производства продукции защищенного грунта..... 113

5.2 Расчет издержек при усовершенствовании системы управления электротехнологиями для обеспечения микроклимата в защищенном грунте 116

5.3 Выводы по главе..... 123

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ 124

6.1. Основные выводы и результаты 124

ЛИТЕРАТУРА 126

ПРИЛОЖЕНИЯ 136

Приложение 1 Параметры микроклимата в ОАО «ТК «Завьяловский» 2005 г. 137

Приложение 2 Показатели микроклимата в ОАО «ТК «Завьяловский» 2014 год. 160

Приложение 3 Протоколы измерения показателей микроклимата в ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ «ЛИЛИЯ». 162

Приложение 4 Схема проведения измерения показателей микроклимата в ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ «ЛИЛИЯ». 165

Приложение 5 Акты о внедрении результатов работы. 166

Приложение 6 Приборы для экспериментальных исследований и документация к ним. 168

Приложение 7а Программа для взаимосвязанного управления параметрами микроклимата в блоке «освещенность» 173

Приложение 7б Программа для взаимосвязанного управления параметрами микроклимата в блоке «СО» 174

Приложение 7в Реализация взаимосвязанного управления параметрами микроклимата в функциональном блоке «освещенность» 174

Приложение 8а Схема управления температурой теплоносителя 178

Приложение 8б Силовая схема управления взаимосвязанной системой управления микроклиматом 179

Приложение 9а Потребление тепла ОАО «ТК «Завьяловский» в 2014 году 180

Приложение 9б Потребление тепла ОАО «ТК «Завьяловский» за 1 полугодие 2015 году 181

Приложение 10а Патент на полезную модель №№127286. «Светодиодная система для облучения меристемных растений» 182

Приложение 10б Уведомление о государственной регистрации программы для ЭВМ «Взаимосвязанное управление параметрами микроклимата защищенного грунта». 183

Приложение 10в Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Взаимосвязанное управление параметрами микроклимата защищенного грунта». 184

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ИНДЕКСЫ И СОКРАЩЕНИЯ

РФ – Российская Федерация;

ВТО – Всемирная торговая организация;

ЗГ – защищенный грунт;

АСУ – автоматическая система управления;

ТП – технологический процесс;

ФАР – фотосинтетически активная радиация;

УФИ – ультрафиолетовое излучение;

ФАР – фотосинтетически активная радиация;

БО – биологический объект;

АСУ – автоматические системы управления;

ОВВ – относительная влажность воздуха;

ТО – теплотехнический объект;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

СИОД – система испарительного охлаждения и доувлажнения;

МЛМ – многофункциональные логические модули;

ИИИ – источник искусственного излучения;

ПРА – пускорегулирующая аппаратура;

ЧП – частотный преобразователь;

СОУ – светодиодная облучательная установка;

ВВЕДЕНИЕ

Производство продукции защищенного грунта в настоящее время развивается как энергоэффективная и наукоемкая отрасль агропромышленного комплекса Российской Федерации. Мировые тенденции развития овощеводства защищенного грунта указывают на практически повсеместный переход на интенсивные энергосберегающие технологии выращивания овощных культур [54]. Как показывает опыт, 2014…2015 годов, из-за сложившейся геополитической ситуации, когда Россия оказалась в условиях санкций и эмбарго на поставку сельскохозяйственной продукции, стало необходимым производство собственной овощной продукции в целях снижения зависимости от импорта. Для выполнения этой цели должны быть проведены следующие мероприятия: модернизация тепличных комбинатов, применение энергосберегающих технологий выращивания овощей в теплицах, снижение затрат на энергоресурсы для производства продукции защищенного грунта.

Особенно актуальным является снижение энергозатрат, т.к. они занимают значительный процент в себестоимости овощной продукции в теплицах. Анализ научных публикаций, отчетов тепличных комбинатов, а также собственные исследования показали, что энергозатраты на производство овощей в тепличных комбинатах составляют около 40% [53, 54, 55].

Как и все сельскохозяйственное производство продуктов питания, производство овощей в защищенном грунте не всегда может быть прибыльным в виду влияния различных внешних факторов как экономического, технологического, так и природного характера. Анализ чистой прибыли некоторых тепличных комбинатов, проведенный нами по открытым данным [4, 5, 6] представлен на рисунке 1.1. Это еще раз наглядно доказывает, что снижение затрат на топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) в процессе производства продукции защищенного грунта является актуальным.

Кроме того, нужно учитывать, что большинство микроклиматических параметров в сооружениях защищенного грунта должно строго контролироваться

и находится в строго ограниченных краевых зонах. Например, температуру для производства овощей необходимо поддерживать в пределах от 28 до 32 ^{0}С.

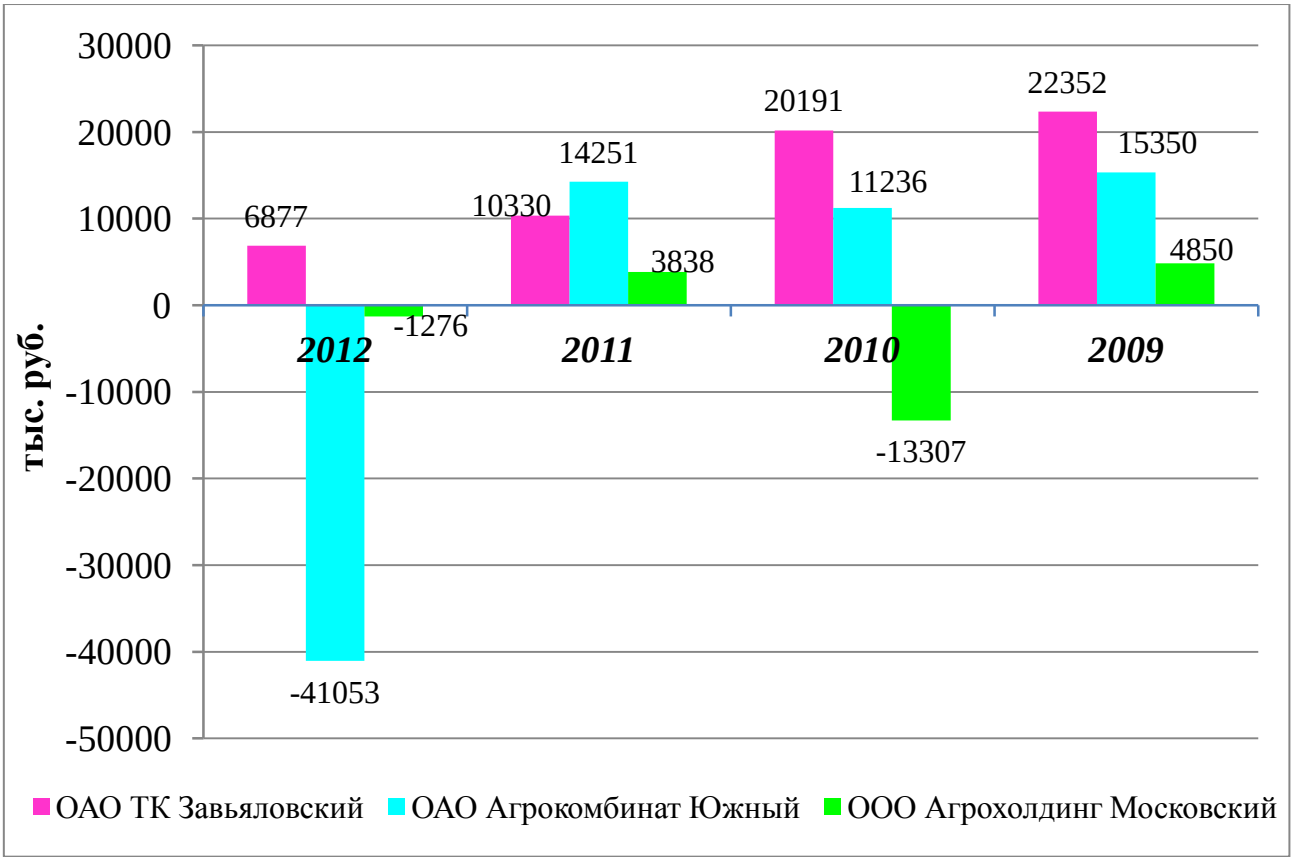


Рисунок 1.1 Анализ чистой прибыли тепличных комбинатов

Это связано с тем, что биологическими объектами (БО) в защищенном грунте, являются растения, жизнедеятельность которых возможна в субтропической и тропической климатических регионах. Работа и управление систем автоматического регулирования (САР) работой электрооборудования, которое обеспечивает необходимую точность параметров микроклимата в защищенном грунте, основана на применении в них микроконтроллеров. Алгоритмы, по которым микроконтроллеры в теплицах в настоящее время поддерживают микроклиматические параметры, работают на отклонении или возмущении регулируемой величины.

Поэтому разработка энергосберегающих алгоритмов на современных языках программирования для работы микроконтроллеров в защищенном грунте является актуальным. Например, разработка алгоритмов способных учитывать взаимное влияние параметров микроклимата в защищенном грунте.

Цель работы заключается в снижении расхода энергоресурсов при работе электрооборудования и систем управления для обеспечения требуемых микроклиматических режимов в защищенном грунте.

Для выполнения поставленной цели работы необходимо решить следующие **задачи исследования**:

- провести анализ электрооборудования объектов защищенного грунта и особенностей его эксплуатации;
- разработать и проверить на адекватность математическую модель температурного поля в теплице;
- определить закономерности взаимного влияния параметров микроклимата в защищенном грунте;
- разработать алгоритм работы электрооборудования и повысить энергоэффективность его работы;
- провести программирование логических контроллеров, управляющих работой электрооборудования в защищенном грунте;
- определить экономическую эффективность работы электрооборудования в теплице с энергоэффективным алгоритмом работы.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- на алгоритме управления работой электрооборудования для обеспечения микроклиматического режима в теплице, с учетом взаимного влияния параметров микроклимата, позволяющего снизить потребление ТЭР в сооружениях защищенного грунта;
- на математической модели, которая с достаточной точностью описывает температурное поле в рабочем объеме теплицы с учетом влияния других параметров микроклимата и доказывает положительное влияние алгоритма работы на системы управления электрооборудованием;
- на программе для логических контроллеров, являющихся управляющим устройством в работе электрооборудования системы управления микрокли-

матом, основанной на алгоритме и математической модели взаимосвязанного влияния параметров микроклимата.

Практическая ценность работы определяется следующими основными результатами:

- проведены экспериментальные исследования, которые позволили разработать научную основу и создать практическую базу для энергоэффективного использования электрооборудования на основе математической модели температурного поля в теплице;
- предложен алгоритм работы программируемых логических контроллеров, управляющих микроклиматическим режимом в сооружениях защищенного грунта, который позволит более эффективно расходовать энергоресурсы за счет учета их взаимного влияния;
- анализ экспериментальных исследований позволил разработать программу на современном языке программирования для логических контроллеров с целью управления работой электрооборудования и определения температуры в любой точке сооружения защищенного грунта.

Реализация результатов исследований. Работа является продолжением исследований вопросов теории и практики систем управления микроклиматом. Результаты работы прошли производственные испытания и внедрены на следующих предприятиях защищенного грунта:

- алгоритм управления работой электрооборудования для поддержания температурного режима внедрен в ОАО «Тепличный комбинат «Завьяловский» Удмуртской Республики;
- программа на современном языке программирования для логических контроллеров, управляющих температурным режимом с учетом влияния солнечного излучения, внедрена в ООО «Цветочная компания «Лилия» УР;
- алгоритм управления и программа для энергоэффективного режима работы электрооборудованием в условиях защищенного грунта внедрены в ООО «Декоративно цветочный комбинат» Удмуртской Республики;

- в учебном процессе студентов ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА».

На защиту вынесены следующие положения:

- алгоритм управления работы электрооборудования для обеспечения требуемых микроклиматических режимов в сооружениях защищенного грунта с учетом их взаимного влияния;
- математическая модель и результаты эксперимента, доказывающие адекватное описание температурного поля в сооружениях защищенного грунта и оказывающие положительное влияние на экономию энергоресурсов;
- программа для управления работой электрооборудования в энергоэффективном режиме с помощью программируемых логических контроллеров и учетом взаимного влияния параметров микроклимата.

1. АНАЛИЗ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРАНЫ

Эволюционное развитие современной цивилизации привело к возникновению института государственной власти, устойчивое положение которой, в большей степени основано, на обеспечении населения продуктами питания. Поскольку население для государства является одним из основных источников доходов, следовательно, обеспечение его в достаточном объеме продуктами питания, т.е. удовлетворении основной потребности, приводит к стабильному развитию любой страны.

Большая часть площадей в нашей стране является зоной рискованного земледелия, что обусловлено географическим положением Российской Федерации (РФ). Это подтверждается предоставлением многим субъектам федерации государственных субсидий после вступления России во Всемирную Торговую Организацию (ВТО) [1]. Поэтому для обеспечения продовольственной безопасности в РФ необходимо применение сложных агротехнологий. Например, для производства овощей круглый год применяют культивационные сооружения, т.е. объекты защищенного грунта (ЗГ) с автоматической системой управления (АСУ) микроклиматом.

1.1 Доктрина продовольственной безопасности РФ

Доктрина, представляющая собой совокупность официальных взглядов на цели, задачи и основные направления государственной экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности РФ, была утверждена указом Президента РФ 30 января 2010 года за №120 [2].

В настоящей Доктрине развиваются положения Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 года, утвержденной Указом Президента РФ от 12 мая 2009 года №537, касающиеся продовольственной безопасности РФ и других нормативно-правовых актов РФ в этой области.

Продовольственная безопасность РФ является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны в среднесрочной перспективе, фактором сохранения ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей демографической политики, необходимым условием реализации стратегического приоритета – повышение качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения.

Основными задачами обеспечения продовольственной безопасности независимо от изменения внешних и внутренних условий являются:

- своевременное прогнозирование, выявление и предотвращение внутренних и внешних угроз продовольственной безопасности, минимизация их негативных последствий за счет постоянной готовности системы обеспечения граждан пищевыми продуктами, формирования стратегических запасов пищевых продуктов;
- устойчивое развитие отечественного производства продовольствия и сырья, достаточное для обеспечения продовольственной независимости страны;
- достижение и поддержание физической и экономической доступности для каждого гражданина страны безопасных пищевых продуктов в объемах и ассортименте, которые соответствуют установленным рациональным нормам потребления пищевых продуктов, необходимых для активного и здорового образа жизни;
- обеспечение безопасности пищевых продуктов.

В доктрине особым образом отмечено, что производство сельскохозяйственной продукции, в т.ч. и производство овощей в ЗГ, должно концентрироваться на расширение и более интенсивном использовании потенциала биологических ресурсов и новых технологий их индустриального выращивания [2].

Реализация положений настоящей Доктрины позволит обеспечить продовольственную безопасность как важнейшую составную часть национальной безопасности, прогнозировать и предотвращать возникающие угрозы и риски для экономики страны, повышать ее устойчивость, создавать условия для ди-

намичного развития агропромышленного комплекса, улучшения благосостояния населения [2].

Как показывают данные, Аналитического вестника Совета Федерации ФС РФ №26 за 2012 год стабильный рост потребления в последнее время имеют овощи (таблица 1.1).

Таблица 1.1 Потребление продуктов питания населением Российской Федерации (в среднем на душу населения в год, кг)

Продукты питания	2007	2008	2009	2010	2011
Хлеб и хлебобулочные изделия	118	118	119	118	118
Картофель	130	123	117	118	118
Овощи	79	78	83	86	86
Мясо и мясопродукты	50	48	45	45	46
Молоко и молочные продукты	229	221	215	216	222
Яйца (штук)	210	218	222	229	236
Сахар	33	33	35	35	36

В основном это связано с пропагандой здорового образа жизни. Следовательно, производство собственных качественных овощей с применением современных взаимосвязанных электротехнологий управления технологическими процессами (ТП) производства является важнейшим элементом продовольственной безопасности нашей страны [3].

Как было отмечено выше, безопасность продуктов и их качество должно быть на высоком уровне. Контроль безопасности и качество, производимых в ЗГ овощей для стран со сложными климатическими условиями является не только экономическим, но и политическим аспектом продовольственной безопасности.

1.2 Анализ контроля качества продуктов питания в РФ

Структура питания напрямую влияет на здоровье человека. Так, в настоящее время с рационом питания населения России наблюдается избыточное поступление жиров, в первую очередь жиров животного происхождения, при одновременном недостатке ряда витаминов (витамины С, B_2, фолиевая кислота,

каротин и некоторые другие), макро- и микроэлементов (кальций, железо, йод) и пищевых волокон, большое содержание которых находится в овощах. Все это является существенным фактором риска развития ряда заболеваний [3].

С вступлением России в ВТО на рынке мы наблюдаем большой ассортимент овощной продукции как отечественных, так и зарубежных производителей. Потребителю необходимо сделать сложный выбор при определении своего рациона питания.

Овощи играют чрезвычайно важную роль в питании человека. Пищевая ценность овощных культур определяется высоким содержанием в них углеводов, органических кислот, витаминов, активных элементов, ароматических и минеральных веществ в доступной для усвоения организмом форме.

Главным показателем качества овощей является их биохимический состав. Овощные растения содержат до 97% влаги в своем составе, однако, даже в том небольшом количестве сухого вещества, находящегося в овощах, содержится много биологически важных соединений, которые жизненно необходимы для нормального функционирования организма человека.

Для анализа овощной продукции, с целью определения её качества нами в 2012 году в аккредитованной лаборатории химического анализа ОАО «Тепличный комбинат «Завьяловский» Удмуртской Республики были проведены эксперименты, определяющие химический состав овощей, произведенных в различных странах, результаты представлены на рисунке 1.2.

Анализ показателей качества томатов на рынке Удмуртской Республики в 2012 году показал, что практически все поставляемые на наш рынок томаты имеют повышенное содержание сахара. Это является хорошим показателем, т.к. томаты будут иметь более приятный вкус. К сожалению, томаты, выращенные в Удмуртии, имеют сахаристость близкую к норме по сравнению с овощами, выращенными в южных странах, но по содержанию сухого вещества наша продукция близка к требуемому значению. Это говорит о более высокой пищевой ценности. Что касается кислотности, то у всех томатов этот показатель выше нормы. Наиболее опасным в большой концентрации для человека является со-

держание нитратов в овощах. Результаты анализа по этому показателю представлены на рисунке 1.3.

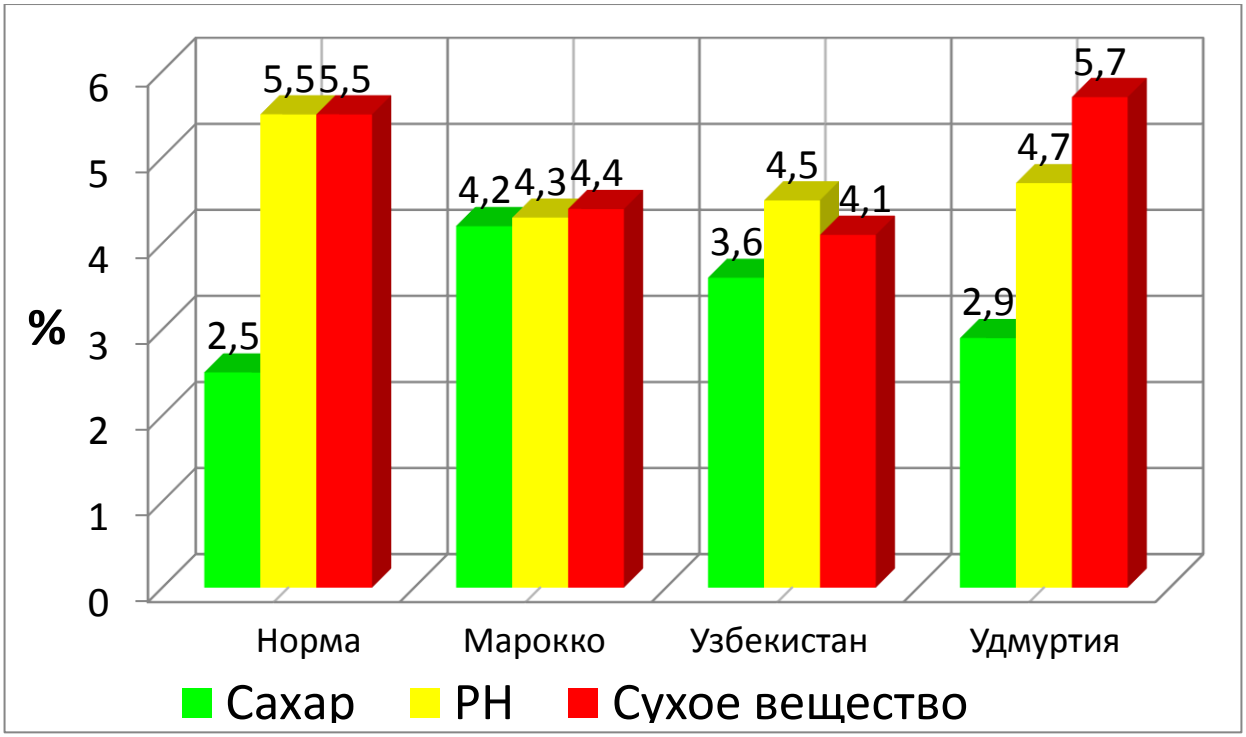


Рисунок 1.2 Анализ показателей качества томатов

Рисунок 1.3 Анализ содержания нитратов $N\text{-}NO_3$ в томатах

В продукции Удмуртской Республики содержание нитратов $N\text{-}NO_3$ находится в пределах нормы по сравнению с другими обследуемыми образцами из Марокко и Узбекистана.

Кроме непосредственного исследования качества овощей на рынке в нашей стране нами был проведен анализ контроля сельскохозяйственной продукции со стороны государства. Результаты этого анализа сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 Распределение функций государственного контроля

До 2002 года	В настоящее время
Служба госсанэпиднадзора Минздрава России	Служба контроля качества производителей продукции (при наличии)
Служба госсанэпиднадзора Минздрава России	
Госстандарт России	Роспотребнадзор (выборочно)
Госторгинспекция Минэкономразвития России	

Анализ таблицы 1.2 показывает, что контроль над качеством производства овощей со стороны государства в настоящее время ослаб. Конечно, это явление имеет позитивный характер для производителей, но не всегда хорошо для потребителей.

Исследования проводились с соблюдением всех требований нормативной документацией и еще раз подтвердили, что производство собственной продукции, непосредственно в близости от её потребителей, даже не смотря на низкую стоимость импорта, является необходимым условием продовольственной безопасности страны и здоровья населения.

1.3 Анализ производства продукции защищенного грунта

Производство овощей, в основном, осуществляется следующими способами: в открытом или защищенном грунте и в изолированных помещениях (рисунок 1.3) Производство овощей в открытом грунте распространено в странах теплого умеренного, а также субтропического и тропического климата. Но в связи с интенсивным солнечным излучением в этих климатических зонах в

промышленных масштабах культивация овощей осуществляется в защищенном грунте, который выполняет функцию защиты от чрезмерного солнечного излучения в период вегетации овощных культур.

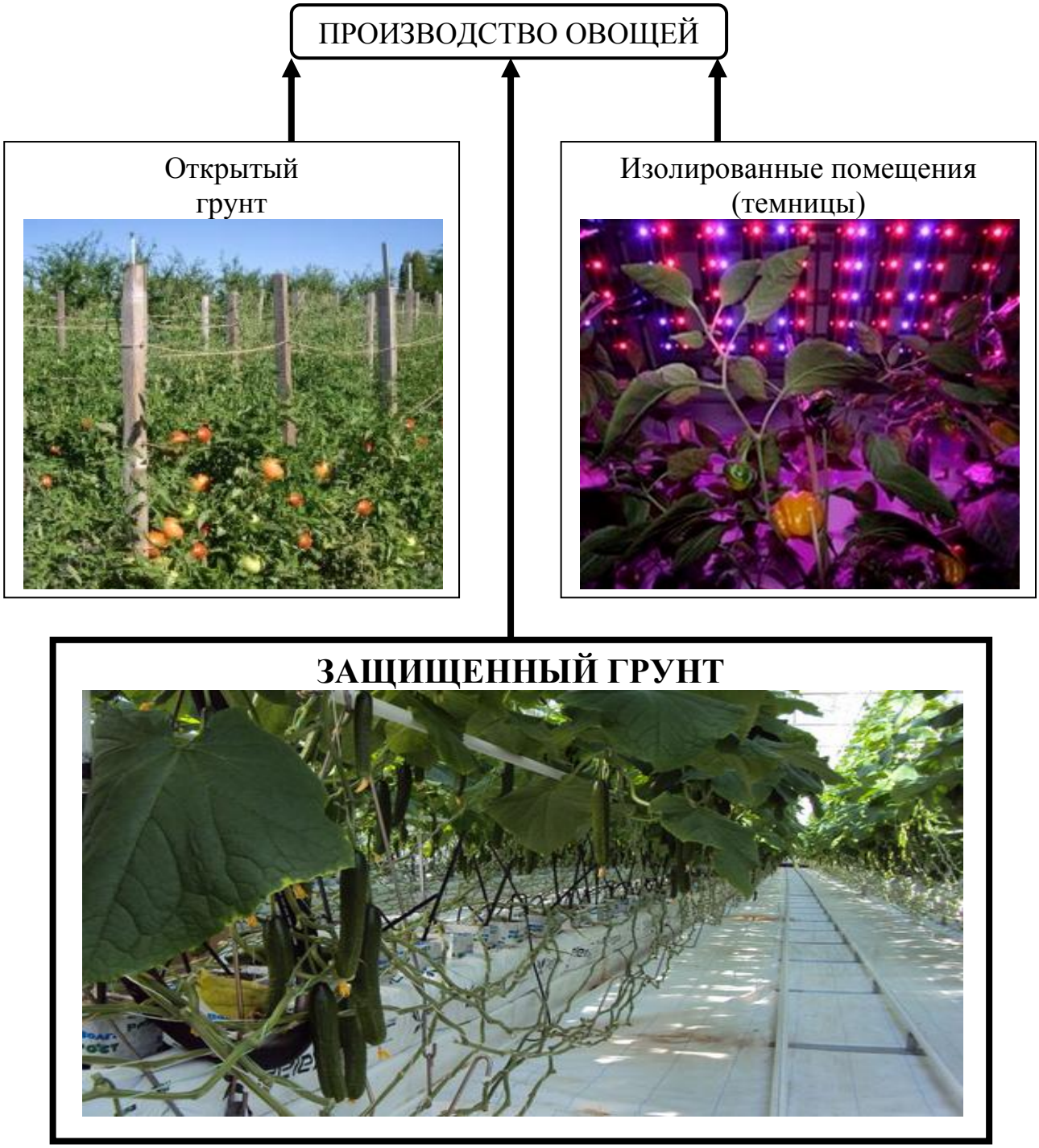


Рисунок 1.4 Основные способы производства овощей

Известны также способы производства грибов, зелени и некоторых овощей в полностью изолированных помещениях. Такие разработки применяют в условиях крайнего севера. Здесь конечно тепловые потери через ограждающие

конструкции сравнительно малы по сравнению с закрытым грунтом, но, выращенные в таких условиях овощи, не имеют требуемых вкусовых качеств из-за отсутствия в них сахара, т.к. растениям для этого нужен естественный свет от солнца, даже в незначительных количествах.

Следовательно, производство овощей в промышленных масштабах в условиях умеренного климата в ЗГ с повышением эффективности энергосбережения взаимосвязанных электротехнологий управления микроклиматическими параметрами является единственным способом производства овощей.

1.4 Анализ электрооборудования для систем поддержания микроклимата

В современном строительстве теплиц используется много сложных технологических процессов, влияющих друг на друга. Все эти процессы имеют отношение к электрооборудованию, которое подводит питание, проводит мониторинг и управление тепличными процессами. Надежные ультрасовременные решения для всевозможных электрических систем и установок, включая освещение, являются ключевыми для бесперебойной работы теплицы [109].

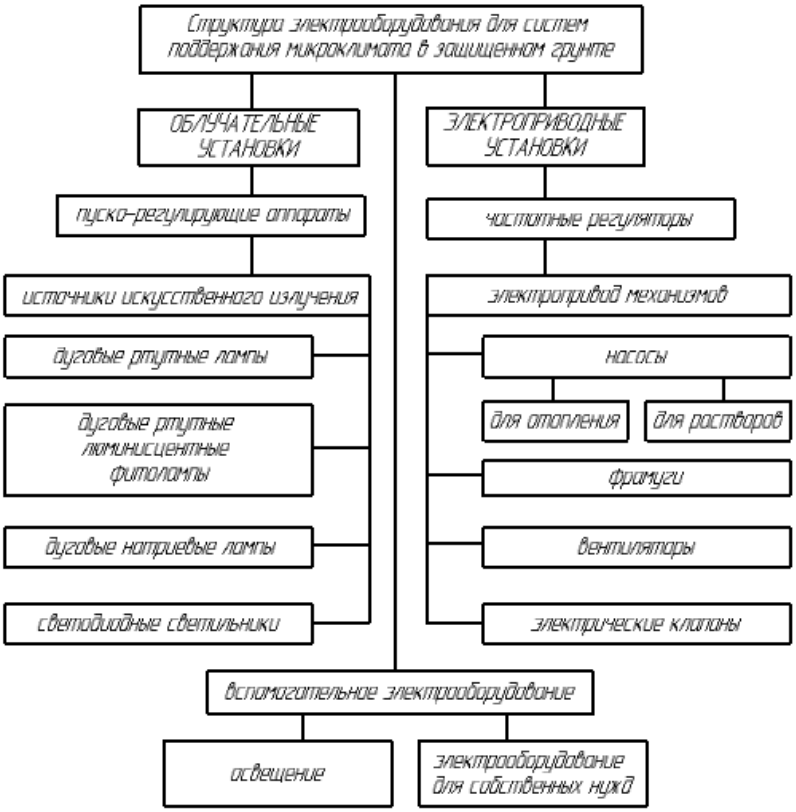


Рисунок 1.5 Структура электрооборудования для поддержания микроклимата

Для выращивания биологических объектов (БО) в защищенном грунте и получения их продукции в настоящее время используют большое количество энергонасыщенного электрооборудования. Основное электрооборудование в теплицах для систем поддержания микроклиматом может быть представлено в виде структурной схемы (рисунок 1.5).

В основном для обеспечения требуемых значений параметров микроклимата применяют три основные группы электрооборудования в защищенном грунте – это установки для создания требуемых параметров облученности, электропривод большого количества исполнительных механизмов, а также вспомогательное электрооборудование, куда входят светильники дежурного освещения и электрооборудование для собственных нужд. Все производственные процессы в теплице управляются и отслеживаются компьютером или программируемыми логическими контроллерами, которые играют огромную роль в современном сооружении защищенного грунта.

Автоматизация работы электрооборудования для поддержания параметров микроклимата в защищенном грунте – это основа для максимального контроля и отслеживания всех основных процессов тепличного производства. Благодаря автоматизации возможно круглосуточное дистанционное управление, контроль и мониторинг за всеми процессами в теплице.

1.4.1 Силовое электрооборудование защищенного грунта

В сооружениях защищенного грунта силовыми потребителями электроэнергии являются: насосные группы узлов управления системы отопления, орошения растений, испарительного охлаждения и увлажнения воздуха, электродвигатели систем зашторивания и вентиляции, технологическое оборудование растворного узла минеральных удобрений, передвижные механизмы, система электрооблучения растений, осветительное оборудование системы дежурного освещения (рисунок 1.6). Питающие и распределительные электрические сети выполняют кабелем с изоляцией повышенной прочности, прокладываемым в лотках и по строительным конструкциям.

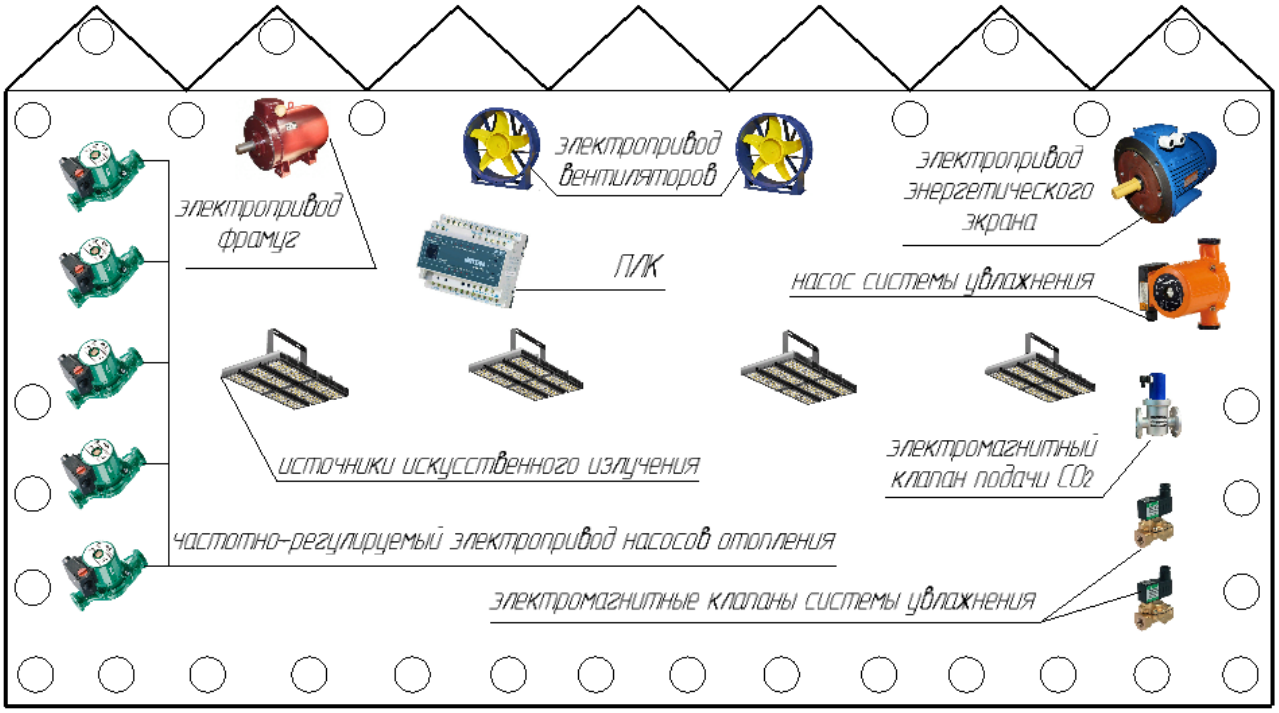


Рисунок 1.6 Электрооборудование защищенного грунта

В таких объектах, как теплицы, расход и давление жидкости изменяются непрерывно в течении суток, максимальный расход наблюдается в утренние и вечерние часы, минимальный – в ночные часы. Электропривод насосных установок системы отопления и примерный суточный график водопотребления теплицы представлен на рисунке 1.7.

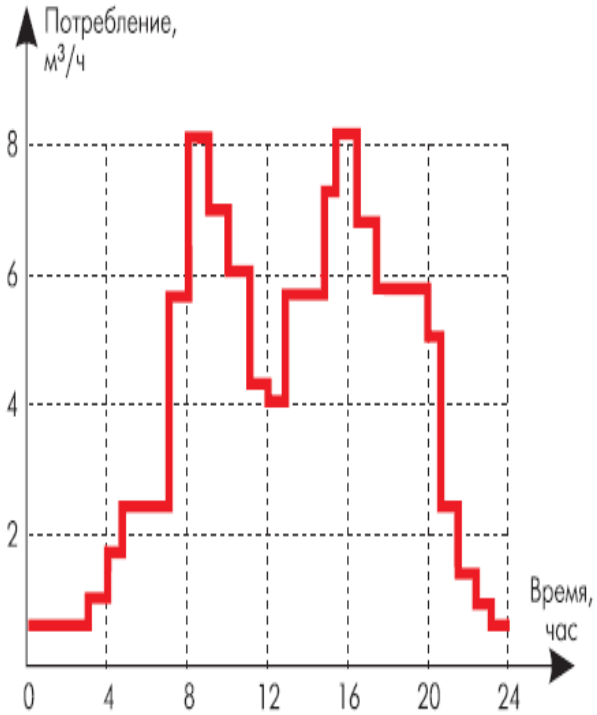


Рисунок 1.7 Электропривод насосных установок и график водопотребления

Далеко не всегда можно подобрать насосный агрегат, который сможет обеспечить требуемый расход жидкости при заданном давлении. Проще всего подобрать насос, который с запасом может выполнить поставленную задачу, а получившиеся «излишки» куда-нибудь сбросить.

Самый простой способ – это закольцевать выход насоса с выходом и установить перепускной вентиль, который будет регулировать поток обратной воды. Потребление электроэнергии электроприводом в этом случае совершенно не зависит от производительности насоса. Возможна периодическая работа насосного агрегата при управлении в старт- стопном режиме на демпфирующее устройство, обеспечивающее поддержание требуемого технологического параметра. Оно будет компенсировать броски и провалы потока жидкости при пуске и остановке насоса. При работе насосной установки на аккумулирующую емкость регулирование режима работы осуществляется включением насосного агрегата при снижении уровня воды до заданного нижнего значения и отключением при достижении заданного верхнего значения. Если насосная установка состоит из нескольких агрегатов, режим его работы отличается тем, что задается по несколько верхних и нижних уровней, при достижении которых изменяется число работающих агрегатов. С увеличением водопотребления частота включений агрегатов будет увеличиваться, так как объем жидкости в резервуаре расходуется быстрее.

Без использования аккумулирующей емкости с ростом водопотребления подачу приходится увеличивать. При уменьшении водопотребления подача воды и давление должны быть уменьшены. Приведение в соответствие водопотребления и подачи осуществлялось до настоящего времени изменением числа работающих насосных агрегатов или изменением степени открытия задвижек на напорных линиях насосов и насосных установок.

Число включений - отключений насосных агрегатов при этом может достигать 40…50 раз в сутки. Для агрегатов большой мощности такое количество включений не доступно, поэтому в насосных установках мощностью выше 150 кВт вместо этого применялось дросселирование потока воды задвижкой. До сих

пор самым распространённым способом регулирования производительности таких объектов является использование задвижек или регулирующих клапанов, но сегодня доступным становится частотное регулирование асинхронного двигателя электропривода насосов в защищенном грунте за счет поддержания давления или регулирования производительности. Перспективность частотного регулирования асинхронного двигателя электропривода насосов в защищенном грунте представлено на рисунке 1.8. Большинство современных ЧП построено по схеме двойного преобразования. Они состоят из следующих основных частей: звена постоянного тока (неуправляемого выпрямителя); силового импульсного инвертора; системы управления. Звено постоянного тока состоит из неуправляемого выпрямителя и фильтра. Переменное напряжение питающей сети преобразуется в нем в напряжение постоянного тока.

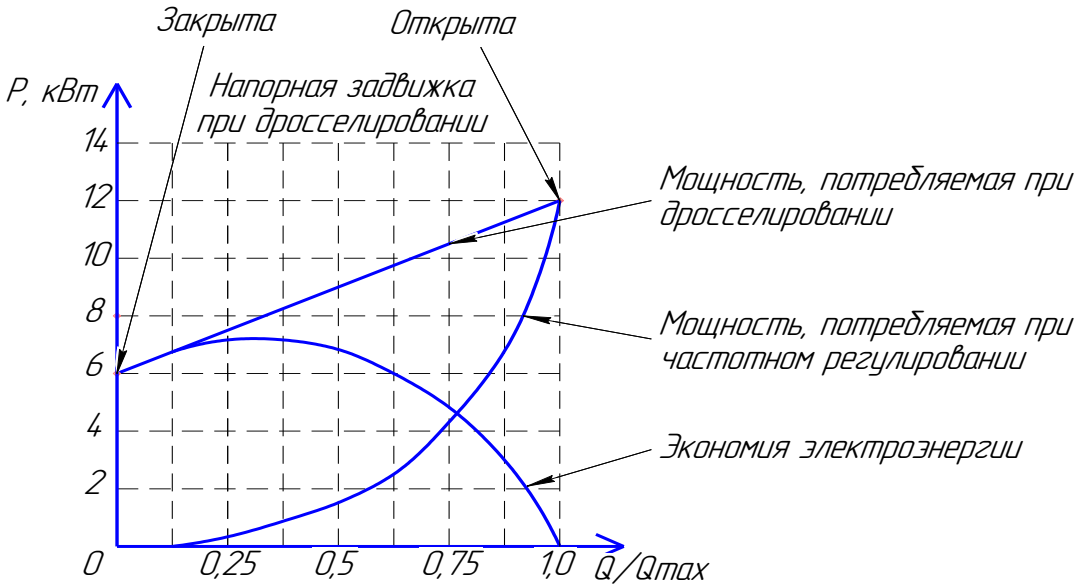


Рисунок 1.8 Потребление мощности при различных способах регулирования скорости вращения насосов

Силовой трехфазный импульсный инвертор состоит из шести транзисторных ключей. Каждая обмотка ЭД подключается через соответствующий ключ к положительному и отрицательному выводам выпрямителя. Инвертор осуществляет преобразование выпрямленного напряжения в трехфазное переменное напряжение нужной частоты и амплитуды, которое прикладывается к обмоткам статора ЭД.

Частотно регулируемый электропривод насосных агрегатов в защищенном грунте состоит из неуправляемого диодного силового выпрямителя ***В***, автономного инвертора АИН, системы управления широтно-импульсной модуляции, системы автоматического регулирования ***САР***, дросселя $\boldsymbol{L_B}$ и конденсатора фильтра $\boldsymbol{C_B}$ рисунок 1.9.

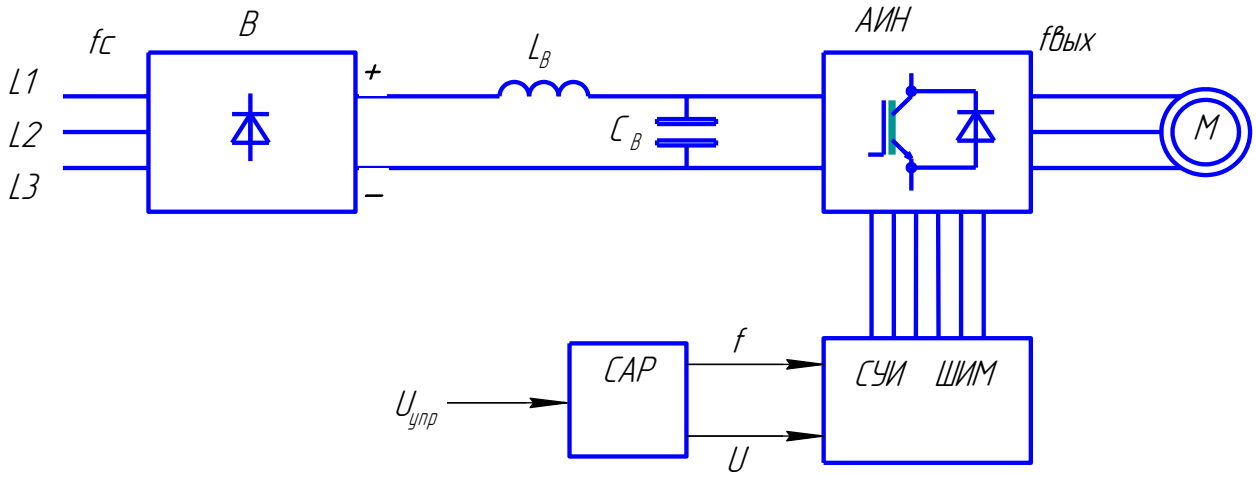
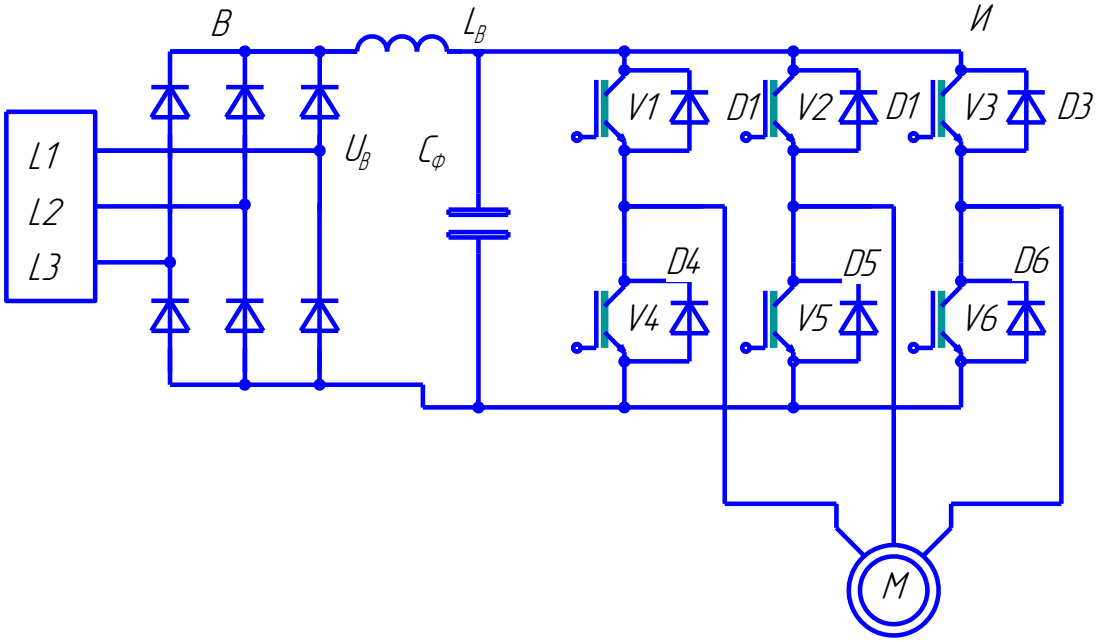


Рисунок 1.9 Упрощенная схема автономного инвертора с ШИМ

Современные инверторы выполняют на основе полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов – запираемых ***GTO***–тиристоров, либо биполярных ***IGBT***-транзисторов с изолированным затвором рисунок 1.10.



И – трехфазный мостовой инвертор; ***В*** – трехфазный мостовой выпрямитель; $\boldsymbol{C_ф}$ – конденсатор фильтра.

Рисунок 1.10 Трехфазная мостовая схема автономного инвертора на IGBT-транзисторах.

В выходных каскадах инвертора в качестве ключей используются силовые ***IGBT***-транзисторы. По сравнению с тиристорами они имеют более высокую частоту переключения, что позволяет вырабатывать выходной сигнал синусоидальной формы с минимальными искажениями.

Схема состоит из входного емкостного фильтра $C_ф$ и шести ***IGBT***-транзисторов V1…V6 включенными встречно-параллельно диодами обратного тока D1…D6. За счет поочередного переключения вентилей V1…V6 по алгоритму, заданному системой управления, постоянное входное напряжение $U_в$ преобразуется в переменное прямоугольно-импульсное выходное напряжение. Через управляемые ключи V1…V6 протекает активная составляющая тока асинхронного ЭД, через диоды D1…D6 – реактивная составляющая тока АД.

Особенности эксплуатации насосных станций заключаются в следующем. Автономная насосная станция не требует для обеспечения своей работы постоянного присутствия обслуживающего персонала. Его роль сводится к периодическим проверкам и профилактическим мероприятиям, признанным выявить и предупредить возможные неисправности в работе станции до момента их появления. Автоматическое управление насосными агрегатами также обеспечивает уменьшение числа аварийных ситуаций вызванных влиянием человеческого фактора (например, невнимательностью или утомлением оператора).

Насосные станции расположены на достаточном удалении от населенных пунктов и, соответственно, от диспетчерского поста. Поэтому остается необходимость непрерывного контроля их состояния, а также выходного параметра работы станции (выходного давления в трубопроводе или уровня воды в резервуаре). Кроме того, станция должна иметь возможность приема и выполнения команд оператора.

В условиях недостаточного входного давления насос входит в режим кавитации. Это вызывает резкое уменьшение ресурса и далее – разрушение поверхности рабочего колеса и корпуса насоса. При выходе рабочей точки насоса за пределы рабочей области может возникнуть явление, называемое помпажем.

В этом случае вся система работает неустойчиво, периодически меняется нагрузка на насосном агрегате, возникают механические вибрации и удары.

Насосная станция должна оставаться работоспособной даже при выходе из строя отдельных ее блоков. Для этого применяется резервирование и дублирование элементов станции. Структура станции организованна таким образом, чтобы позволить соединять блоки станции в различных комбинациях и исключать неработоспособные блоки из работы.

Станция обязана сохранять работоспособность в ручном режиме при полном выходе из строя автоматики. Оператор должен иметь возможность ручного управления насосными агрегатами с кнопочного поста станции даже при полной неисправности системы управления.

Прямая экономия, возникающая при внедрении специализированных насосных станций, заключается в экономии электроэнергии за счет оптимизации энергопотребления электропривода при изменении значения регулируемого параметра. Косвенная экономия определяется:

- снижением утечек воды в системе горячего и холодного водоснабжения, связанных с избыточным давлением;
- снижением расходов воды потребителями, вызванных увеличением давления воды в трубопроводе;
- снижением расходов, направленных на аварийный, профилактический и капитальный ремонт водопроводных сетей и оборудования.

Обычно для водопроводных насосных станций с учетом снижения расхода чистой воды и уменьшение сброса стоков в систему водоотведения срок окупаемости автоматизированной насосной станции составляет 1…2 года. Для канализационных насосных станций, где отсутствует экономия воды, срок окупаемости составляет 3…4 года.

1.4.2 Электрооборудование для облучения растений

Облучение растений с помощью источников искусственного излучения (ИИИ) является неотъемлемой частью комплекта инженерно-технологических систем при ведении светокультуры. Управление облучение осуществляется в автоматическом режиме центральным климатическим компьютером в соответствие с заданными агротехнологическими параметрами, с учетом уровня внешней солнечной радиации и времени суток. При размещении светильников в объеме теплицы учитываются конструктивные параметры теплицы: ширина пролета, высота до низа подстропильной фермы, высота установки лотков, расчетная высота верхней точки роста растений и другие. В зависимости от потребностей растений и особенностей технологий выращивания в теплице предусматривают уровень искусственного освещения от 6 000 до 24 000 Лк. В качестве основного осветительного оборудования применяют натриевые и натриевые зеркальные лампы (рисунок 1.11).

Рисунок 1.11 Натриевая и натриевая зеркальная лампы

Они имеют мощность от 600 до 1000 Вт в светильниках со встроенным или выносными пускорегулирующими аппаратами (ПРА).

До этого широко были распространены дуговые ртутные люминесцентные лампы и дуговые ртутные люминесцентные фитолампы. Последние отли-

чались отсутствием внизу люминесцирующего покрытия для увеличения ультрафиолетового потока к биологическим объектам в защищенном грунте.

а) б)

Рисунок 1.12 Лампы типа ДРЛ (а) и ДРЛФ (б)

Эти источники искусственного излучения отличались особенностью при утилизации, т.к. содержат ртуть. Кроме того, они имели низкий световой поток по сравнению с лампами марки ДНаТ и REFLUX. Для их работы необходимо применять специальную ПРА (рисунок 1.13).

Рисунок 1.13 ПРА для источников излучения в защищенном грунте

В настоящее время, производители светодиодов (LED) совершили качественный скачок по показателям яркости, однородности света, цветовой эффективности и уменьшения стоимости люмена. Светодиоды теперь имеют устойчивый спрос и находят применение на множестве прикладных рынков (мобильные коммуникации, общее освещение, автомобильные приборные панели, вывески и реклама). В настоящее время потребление светодиодов составляет более 50% от общего потребления светодиодов высокой яркости. Прогноз состояния мирового рынка освещения приведен на рисунке 1.14.

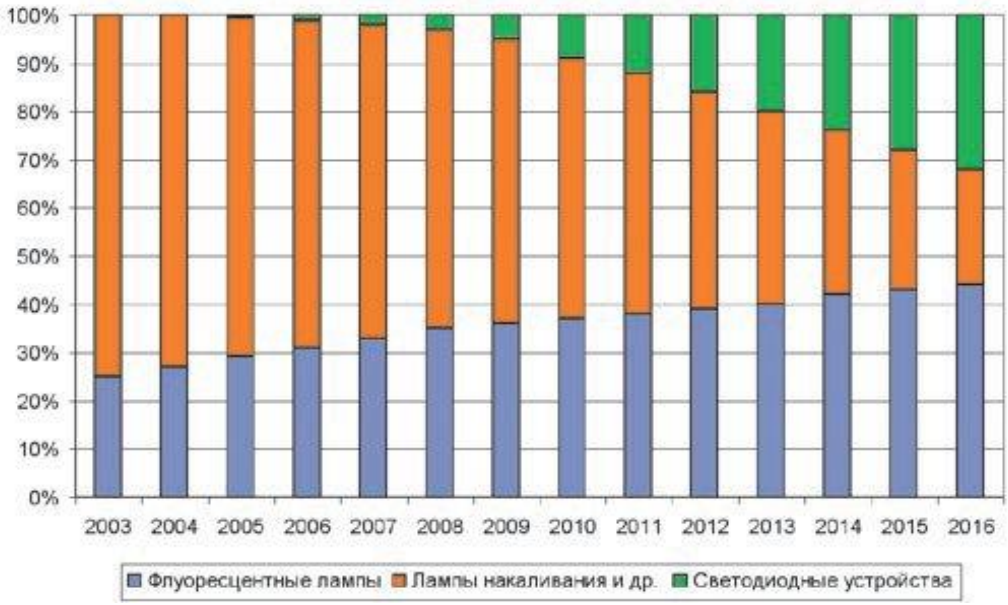


Рисунок 1.14 Прогноз состояния мирового рынка общего освещения

Отсюда можно сделать вывод, что доля светодиодного облучения биологических объектов в условиях защищенного грунта будет только расти. Анализ рынка опирается на авторитетные мнения международных организаций, специализирующихся в области рыночных исследований, и, в части российского рынка, – на информацию компании РБК. По данным Global Industry Analysts Inc., объем мирового рынка общего освещения оценивается на уровне 40 млрд долларов, а темпы его роста за последние 3 года составили 4…5 %. Уже сейчас около 30 % рынка занято светодиодными осветительными устройствами.

Имеющийся опыт показывает, что растения при освещении их светодиодами проходят полный цикл своего развития от прорастания из семян до плодоношения за то же время, в течение которого растения под светом люминес-

центных ламп только начинают цвести. Экономичность в смысле электропотребления. У светодиодных светильников (рисунок 1.15) оно втрое меньше потребление электроэнергии по сравнению с облучателями с натриевыми лампами. Применение светодиодного облучения в теплице позволит снизить стоимость электроэнергии в несколько раз при сохранении уровня облученности.

Рисунок 1.15 Светодиодный светильник в защищенном грунте

В зависимости от модели светодиодные светильники имеют долгий срок службы (от пятидесяти до ста тысяч часов), гарантийный период работы – от 3 до 5 лет и срок эксплуатации порядка 10 лет. Важным преимуществом является также экологическая чистота и исключение необходимости утилизировать лампы, обусловленное отсутствием в их составе вредных компонентов (например, ртути). Поэтому использование их в теплицах весьма предпочтительно.

Высокая универсальность имеющихся на рынке моделей светильников. Их конструкция предусматривает несколько способов монтажа. Отсутствие сильного нагрева при эксплуатации облегчает процесс поддержания требуемого климата внутри теплицы. Светодиодные светильники имеют не значительное время пуска и возможность регулировки спектра облучения. Если сравнить спектральную плотность излучения лампы ДНаТ и светодиодов (рисунок 1.16), то можно сделать вывод, что последние не уступают натриевым лампам.

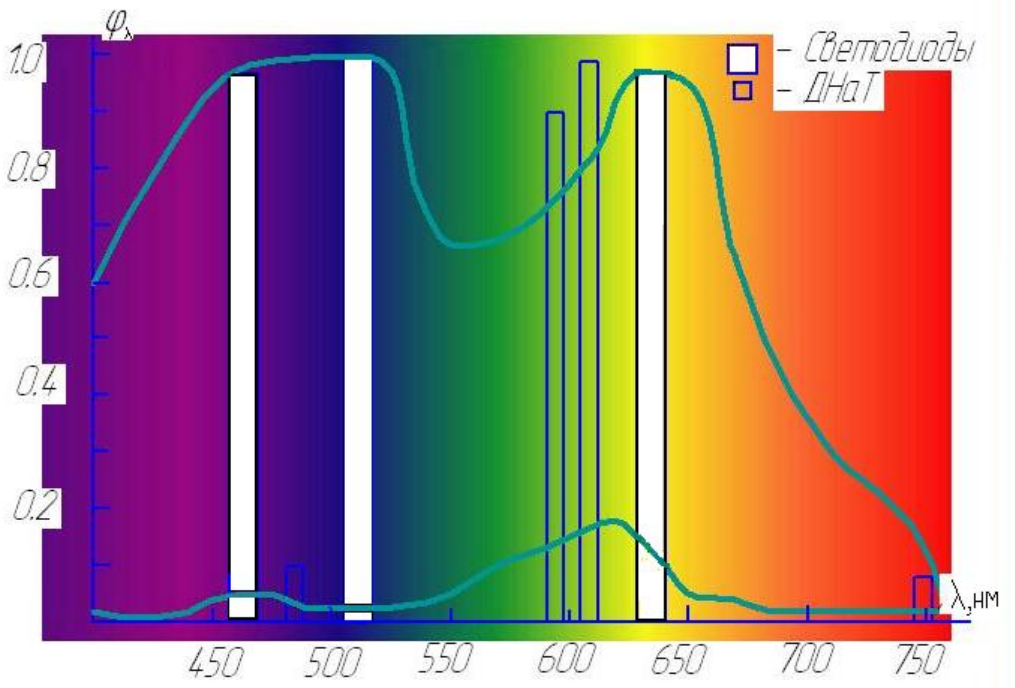


Рисунок 1.16 Спектральная плотность излучения лампы ДНаТ и светодиодных облучателей

В спектре естественного солнечного света содержится как синий, так и красный цвет, что способствует как росту и развитию зеленой массы растений, так и хорошему цветению и плодоношению.

Растения при освещении их светодиодами проходят полный цикл своего развития от построения из семян до плодоношения за то же время, в течение которого растения под светом люминесцентных ламп только начинают цвести.

Поскольку светодиоды излучают свет конкретного цвета с узким диапазоном спектра, то в корпусах светодиодных ламп для теплиц помещают несколько групп светодиодов, имеющих синий и красный (или оранжевый) цвета светового излучения (рисунок 1.17). Комбинируя различные светодиоды в одном светильнике можно подобрать спектр, максимально подходящий тому или иному виду растений.

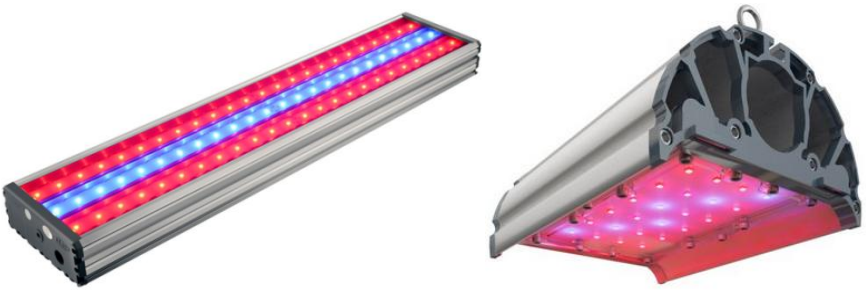


Рисунок 1.17 Мультиспектральные светодиодные светильники для теплиц

На сегодняшний день, в защищенном грунте применяют зеркальные лампы марок ДНаТ-400 или REFLUX-350 (рисунок 1.12). Поэтому будет целесообразно провести расчет экономической целесообразности применения светодиодных ламп светодиодной облучательной установки (СОУ) и светильников с лампами ДНаТ-400 (таблица 1.3).

Таблица 1.3 Анализ светодиодных светильников со светильниками на газоразрядных лампах мощностью 400 Вт

Параметры сравнения	**Светодиодный светильник**	**Светильник с лампой ДРЛ-400**	**Светильник с лампой ДНаТ-400**
Срок службы источника света, час	100000	до 10000, фактически не более 1 года	до 10000
Потребление электроэнергии, Вт	70	до 470	до 480
Пусковой ток, А	0,30	4,5	4,5
Потребляемый ток, А	0,30	2,1…2,2	2,1…2,2
КПД светового потока, %	более 98	30…50	65
Нагрузка на городские и муниципальные электросети	низкая	Большой пусковой ток, время разогрева до 15 минут, высокая рабочая температура	Большой пусковой ток, время разогрева до 15 минут, высокая рабочая температура
Виброустойчивость	высокая	низкая	низкая
Стабильность работы при низкой температуре	высокая	низкая	низкая
Наличие стробоскопического эффекта	нет	есть	есть
Контрастность и цветопередача	высокая	низкая	низкая
Экологическая безопасность светильника	Экологически безопасен	лампа содержит до 100мг. паров ртути	лампа содержит натриево-ртутную амальгаму и ксенон
Специальные условия утилизации источников света	не требуется	требуется	требуется
Степень защиты	IP65	IP54	IP54
Вес светильника, кг	максимальный 8	10…12(без лампы)	10…12(без лампы)
Время выхода на рабочий режим	максимально 1 секунда	от 10 до 15 минут (период разогревания ламп)	от 10 до 15 минут (период разогревания ламп)
Температурные режимы работы во времени эксплуатации, ºС	от -65 до +55	от -65 до +55 (при низких температурах запуск светильников затруднен)	от -60 до +55 (при низких температурах длительный запуск светильников затруднен)
Экономия электроэнергии, %	до 80	0	0

Конструкция светодиода такова, что он может под действием электрического тока излучать свет наперед заданной волны. В светодиодных светильниках нет ненужного зеленого цвета, нет инфракрасной и ультрафиолетовой вредной для растений составляющей. Весь свет, который дают светодиодные светильники, поглощается растениями. Поэтому, на сегодняшний день, нет более эффективных ламп для облучения растений, чем светодиодные.

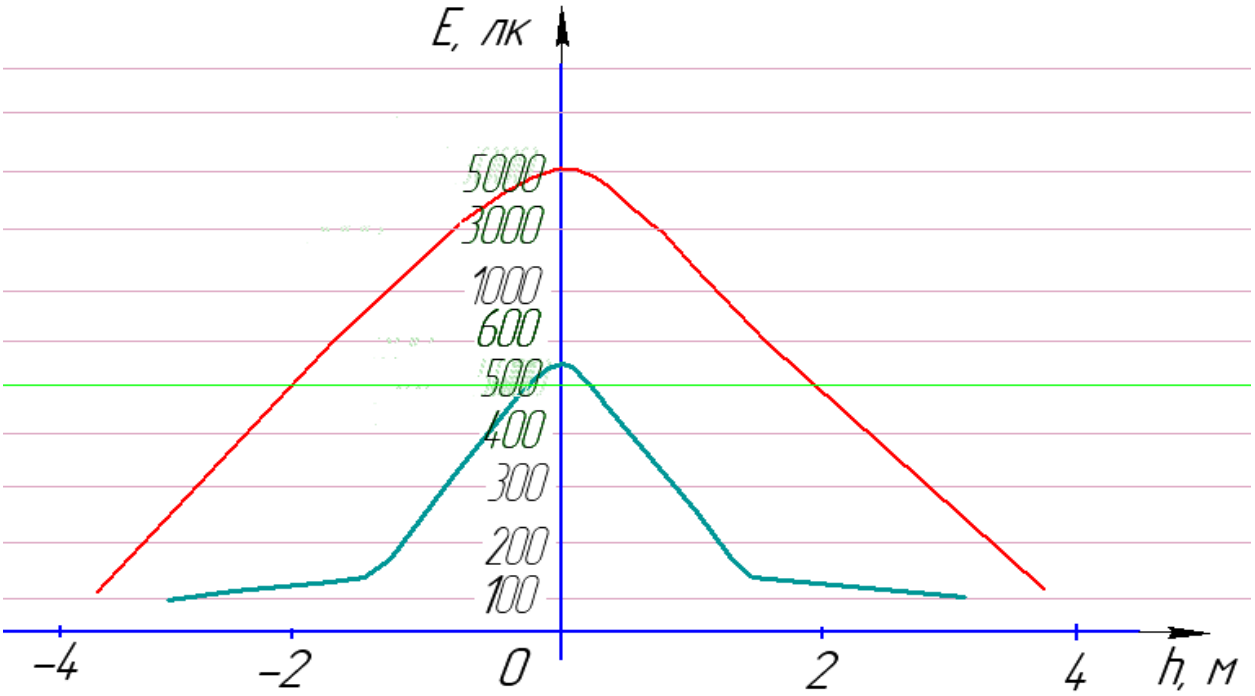
Освещение теплиц светодиодами все более популярно. Появляются все новые светотехнические устройства. Принцип работы светодиода простой.

На основании вышеизложенного целесообразно провести расчет облучательной установки с указанными источниками излучения и провести их сравнительный анализ (таблица 1.4).

Таблица 1.4 Расчет экономической целесообразности применения СОУ

Виды затрат	**Светильник с лампой ДНаТ-400 (потребление 400 Вт)**	**Светодиодный светильник (потребление 75 Вт)**
Срок эксплуатации 5 лет	21,300 часов	21,300 часов
Количество ламп, используемых в течении 5 лет	25	1
Стоимость светильника + стоимость ламп (оптовая цена)	5,750 (2500+25 ламп по 130 руб. каждая)	14,900
Потребленная электроэнергия (при работе 12 часов в день)	6816,0 кВт	1597,5 кВт
Стоимость электричества при 21300 часах работы и стоимости 1 кВт=4 руб (минимальная средняя прогнозируемая цена на ближайшие 5 лет)	27264	6,390
Общая цена, руб.	33,014	21,290
Экономия при замене одного светильника за 5 лет, руб.	11,724	

Для проведения расчета светодиодной облучательной установки мы провели эксперименты по уровню облученности (рисунок 1.18). В ходе проведения эксперимента мы использовали светодиодный облучатель и лампу ДНаТ, подвешивая их на высоте от 0,5м до 2,0 м.



облученность лампы ДНаТ на высоте 0,5 м
облученность светодиодного облучателя при высоте 0,5 м
нормируемая облученность.

Рисунок 1.18 Облученность под СОУ и светильниками с лампами ДНАТ-400

Для проведения расчета облучательной установки мы использовали эксперименты других авторов, представленных в литературе [27]. Из графика видно, что облученность лампы ДНаТ намного больше, чем у светодиодного облучателя, но в виду низкого потребления энергии, возможно получение снижение расхода электроэнергии. Результаты расчета облучательных установок сведены в таблицу 1.5. Результаты расчета показывают, что, не смотря, на имеющиеся недостатки СОУ, последние окупают свою стоимость сроком службы.

Таблица 1.5 результаты расчета СОУ и облучателей с лампами ДНаТ-400

Тип источника искусственного излучения	СОУ	ДНаТ 400
Высота подвеса, м	0,5	0,5
Количество облучателей, шт.	4 080	4 080
Количество ламп (светодиодов) в облучателе, шт.	116	1
Стоимость, руб.	18 700	2 400
Световой поток, лм	9 200	50 000
Электрическая мощность облучателя, Вт	130	400
Потребление одного светильника в год, Вт·час/м^2	63,3	194,7
Расход на электроэнергию на светильники за 5 лет, руб.	7 434 086	22 874 112

Производители во всем мире работают над удешевлением светодиодной продукции, продолжая наращивать мощности и темпы производства. Анализ совокупных затрат на приобретение и эксплуатацию источников света за длительный временной промежуток, показывает, что затраты на СОУ будут в 2…2,5 раза ниже затрат на лампы ДНаТ.

Главной целью разработки энергосберегающей СОУ является экономия электроэнергии. Данный вопрос решается за счет использования в данной схеме управляющего устройства – логического контроллера.

Принцип работы существующих СОУ заключается в следующем.Датчик облученности определяет уровень последней, от которой зависит количество работающих групп СОУ. Например, в пасмурную погоду освещенность составляет 200 люкс, в результате чего датчик о подаст сигнал на реле, которое в свою очередь включит необходимое количество групп СОУ, в данном случае 6 групп и так далее, в зависимости от диапазона заданных регулировок, показанных в таблице 1.6. При повышении (понижении) уровня освещенности реле будет включать (отключать) необходимое количество групп ОУ.

Таблица 1.6 Режимы работы ОУ

Облученность (E), люкс	**50000**	**30000**	**15000**	**2000**	**1000**	**500**	**0**
Напряжение (U), В	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0	1,0	0,0
Кол-во работающих групп СОУ	0	1	2	3	4	5	6

Общее количество светильников на теплицу рабочей площадью 0,9 га составляет 4080 шт. Облучательные светильники разделены на 6 групп. На каждую группу приходится по 680 шт. Для облучения растений выбрали светодиодный облучательный светильник ATOMSVET® BIO 100-9200-130 [110].

Работа существующих светодиодных облучательных установок реализуется алгоритмом, представленным на рисунке 1.19.

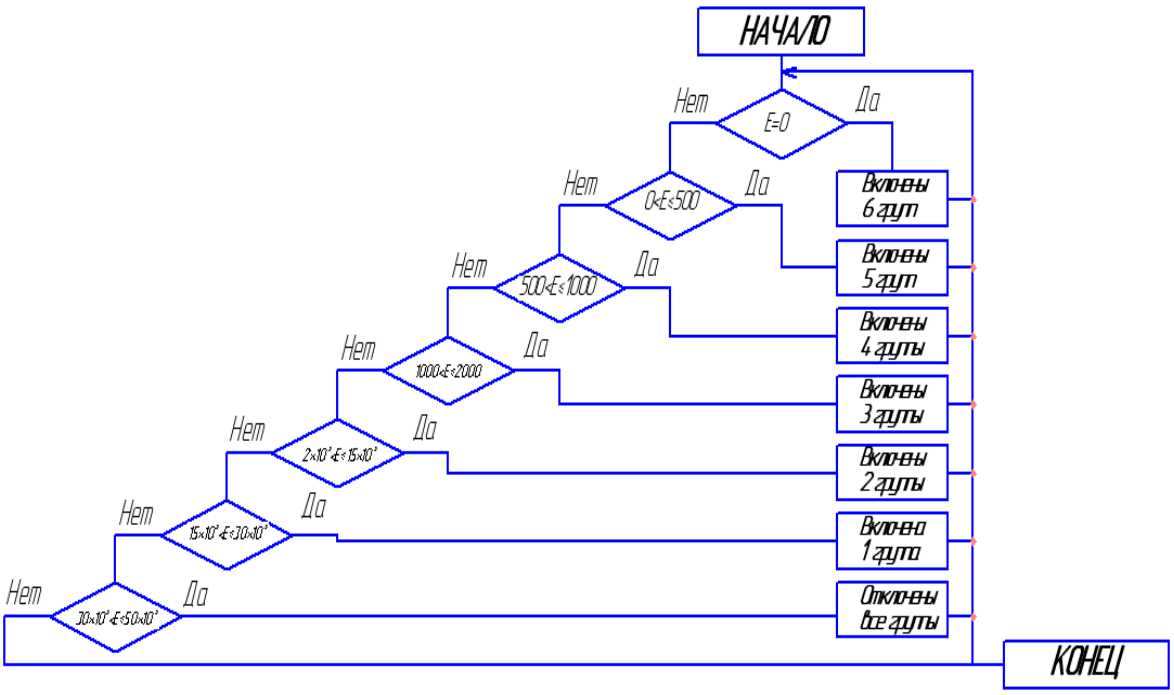


Рисунок 1.19 Алгоритм работы существующих СОУ

Применение взаимосвязанного алгоритма работы с учетом взаимного влияния других параметров микроклимата дополнительно позволит получить экономию ТЭР за счет влияния естественной облученности на температуру и снижения затрат на поддержание последней.

1.5 Выводы по главе

Анализ производства продукции защищенного грунта, представленный в настоящей главе, позволил сделать следующие выводы:

1. Производство собственной продукции защищенного грунта в Российской Федерации позволит обеспечить население качественными и безопасными овощами в зимний период на 90%.
2. В сложившейся геополитической и экономической ситуации производство продукции защищенного грунта выполнит задачи доктрины продовольственной безопасности и обеспечит уверенный рост потребления овощей.

3. Повышение объемов производства продукции защищенного грунта в условиях импортозамещения повысит наполняемость бюджетов на 5…10% и снизит уровень безработицы местных муниципальных образований.
4. В современных сооружениях защищенного грунта микроклимат поддерживается управлением различных систем электрооборудования в виде исполнительных механизмов без учета их взаимного влияния и затраты ТЭР в себестоимости продукции достигают 40%.
5. Учет влияния солнечного излучения и других параметров микроклимата на температуру в алгоритмах, применяемых в системах управления электрооборудованием для обеспечения микроклимата, позволит сэкономить до 2000 Гкал тепловой энергии на 1,5 га полезной площади ЗГ.

Таким образом, необходимо усовершенствовать алгоритмы работы электрооборудования систем управления микроклиматом в защищенном грунте. При этом необходимо брать во внимание влияние микроклиматических параметров друг на друга с целью повышения энергоэффективности.

2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Исследование изменения температуры в рабочем объеме защищенного грунта позволит выбрать наиболее подходящие устройства регулирования температурного режима для культивируемых биологических объектов с целью повышения их продуктивности.

Кроме того, необходимо при выборе отопительных установок учитывать значительное влияние на температурный режим в защищенном грунте и других микроклиматических параметров, например, видимого излучения, температуры окружающей среды, теплоносителя и т.д. А также влияние изменения температуры на микроклимат в теплицах – это динамика изменения содержания CO_2, влажность воздуха и почвы. При этом все параметры микроклимата должны находится в краевых зонах, и соответствовать требованиям агрономов.

Фундаментальные исследования в области математического моделирования температурного режима и микроклимата в защищенном грунте изложены в работах: академика Бородина И.Ф., Еркова А.А., Живописцева Е.Н., Захарова А.А., Коломийца А.П., Кирилина Н.И., Кондратьевой Н.П., Листова П.Н., Мусина А.М., Прищепа Л.Г., Судника Ю.М., Шичкова Л.П. [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

2.1. Анализ температурного режима в защищенном грунте

Наиболее универсальной формой энергии, возникающей в результате молекулярно-кинетического движения микрочастиц, является теплота. Универсальность тепловой энергии заключается в возможности любой формы энергии трансформироваться в тепловое движение молекул. Различные тела могут обмениваться внутренней энергией в форме теплоты, что выражается в количественном виде первым законом термодинамики [32].

Так как тепловой поток всегда направлен от более нагретого к менее нагретому телу, независимо от механизма переноса, то сам процесс теплообмена, согласно второму закону термодинамики, является необратимым. Следователь-

но, теплообмен между телами зависит от их формы и размеров, а также от времени процесса, т.к. происходит в конкретных пространственно-временных условиях. С другой стороны, важными факторами, влияющими на микроклимат в теплице, являются физические свойства тел и их агрегатное состояние. В результате изменение температуры, физические свойства ограждающих конструкций, почвы и воздуха в теплице, параметры теплоносителя, а также время процесса будут определять интенсивность теплообмена и количество переносимой теплоты в защищенном грунте [32].

Основным фактором, определяющим интенсивность теплообмена, является температура [32]. Зависимость интенсивности разных видов теплообмена от температуры не одинакова, поэтому в защищенном грунте, т.к. температурное поле меняется во времени, присутствует нестационарный радиационно-конвективный теплообмен. Т.е. теплообмен, обусловленный совместным переносом теплоты излучением, теплопроводностью и конвекцией, т.к. присутствует периодическое изменение температурного поля в теплице в зависимости от температурного графика, используемого в хозяйствах защищенного грунта.

На основании, проведенного нами, анализа научной литературы, посвященного математическому моделированию температурных полей в защищенном грунте можно сделать следующие выводы [10, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42]. Не смотря на то, что современные теплицы полностью автоматизированы, используемые в них математические модели изменения температуры не учитывают с достаточной точностью следующие параметры:

- форму сооружений защищенного грунта;
- лучистый теплообмен;
- инфильтрацию наружного воздуха;
- испарение влаги;
- парниковый эффект от солнечного излучения.

Микроклимат в защищенном грунте поддерживается путем управления интенсивностью водяного обогрева, положением вентиляционных фрамуг, подкормкой CO_2, зашториванием экрана, включением циркуляционных вентилято-

ров и воздушного обогрева. Поддержание заданной температуры воздуха в теплицах производится согласованным управлением температурой теплоносителя в нескольких контурах отопления.

Температурный режим культивационного сооружения существенно зависит от характера распределения тепловых потоков в его объеме. Большое распространение получил конвективный способ обогрева защищенного грунта с установкой нагревательных приборов водяного отопления. При этом способе обогрева не наблюдается интенсивного перемешивания воздуха в теплице. В поперечных сечениях теплицы формируются определенные температурные поля, характеристики которых и определяют тепловой режим сооружения и расходы теплоты на его отопление [43, 44].

2.2. Математическая модель температурного режима, полученная методом электротепловой аналогии

Существует несколько способов моделирования температурных полей в сооружениях защищенного грунта. Наиболее распространенный из них – это метод электротепловой аналогии [32].

Этот метод основан на аналогии между температурным и электрическим полем в замкнутом контуре. С помощью этого метода исследования проводят на объемной и плоской моделях, выполненных из электропроводной среды. Причем исследования на плоских моделях значительно проще и их приводят для получения картины распределения температур в наиболее характерном сечении теплицы [45].

Для возможности моделирования температурного поля в воздушном пространстве отапливаемого культивационного сооружения принимают следующие допущения:

- диффузия воздушных масс происходит за счет естественной конвекции;
- перенос теплоты в основном осуществляется теплопроводностью;
- на характер температурного поля не оказывает влияния лучистый теплообмен между почвой и ограждением;

- инфильтрация наружного воздуха, испарение влаги с поверхности почвы и конденсация ее на внутренних поверхностях ограждения не оказывают влияния на изменение температуры.

При этих предпосылках можно считать, что в теплице будет двумерное стационарное температурное поле [32, 46].

Стационарные процессы распространения теплоты и движение электрического тока в проводящей среде подчиняются одному и тому же дифференциальному уравнению:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[A_1(x,y)\frac{\partial U}{\partial x}\right]+\left[A_2(x,y)\frac{\partial U}{\partial y}\right]=0. \qquad (2.1)$$

Для температурного поля функция U принимает значение температуры, а коэффициент $A_i(x,y)$ - значение теплопроводности в данной точке с координатами x, y. При изучении движения электрического тока в проводящей среде U - это электрический потенциал, а $A_i(x,y)$ - удельная проводимость среды в данной точке. Если теплопроводность одинакова для всего температурного поля теплицы, а модель выполнена из электропроводной бумаги постоянной проводимости, то есть при $A_1(x,y) = A_2(x,y)$= const, уравнение 2.1 упрощается и переходит в уравнение Лапласа:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial^2 x^2}+\frac{\partial^2 U}{\partial^2 y^2}=0 \qquad (2.2)$$

При исследовании температурных полей используют электроинтеграторы – приборы, выполняющие интегрирование уравнений типа Лапласа. Температуру обычно моделируют безразмерными или приведенными потенциалами электрического тока.

При наличии электротепловой аналогии между значениями электрических потенциалов ***V*** на модели и соответствующими значениями температур ***T*** в натуре существует линейная зависимость:

$$V = aT + b. \qquad (2.3)$$

Двум заданным значениям T_0 и T_1 в натуре будет соответствовать приведенные потенциалы $V=0$ и $V=1$ на модели. Обычно принимают $T_0=T_{min}$, $T_1=T_{max}$ Подставив значения T_0 и T_1 в формулу 2.3, получают два уравнения для определения коэффициентов a и b, решение которых приводит к выражению

$$V = \frac{T - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}}, \tag{2.4}$$

откуда

$$T = T_{\min} + (T_{\max} - T_{\min})V. \tag{2.5}$$

Пользуясь формулой (2.4), по заданным граничным значениям температуры в теплице вычисляют граничные значения приведенных потенциалов и строят по ним электрическую модель. Измерив на модели в интересующих точках потенциал V, по формуле (2.5) находят искомые значения температуры в соответствующих точках сечения температуры.

Результатом приведенных в этом разделе математических преобразований у авторов [46] получилось поле, показанное на рисунке 2.1.

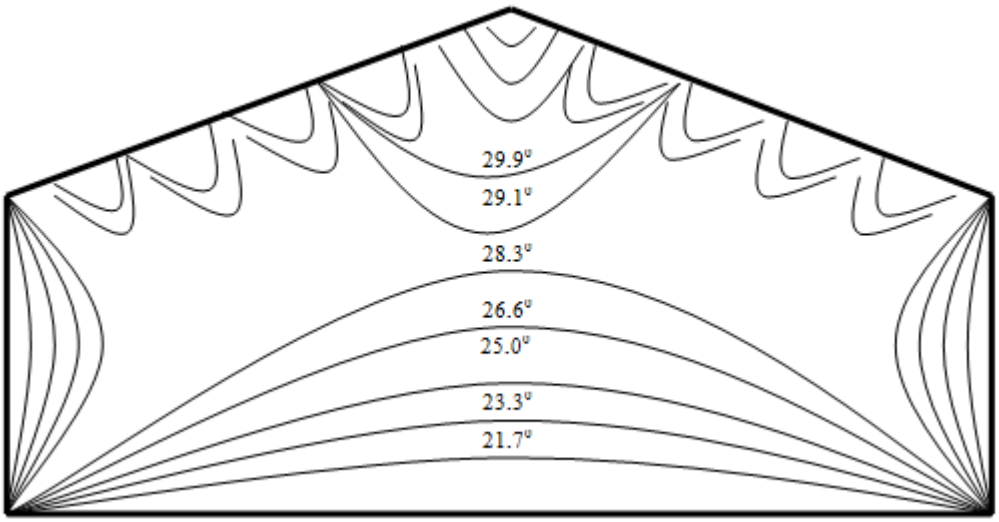


Рисунок 2.1 Температурное поле по методу электротепловой аналогии

Анализ рисунка 2.1 позволяет сделать вывод, что температура в теплице может быть описана изотермическими линиями, имеющими криволинейный характер, огибающими нагревательные элементы. Для упрощения математического моделирования поверхность почвы в теплице принимают как однородно

нагретую плоскость. В этой модели не учитывается влияние скорости воздушных потоков, циркулирующих в рабочем объеме сооружений защищенного грунта.

2.3. Математическая модель температурного поля с учетом воздушных потоков

В работе [10] представлена математическая модель температурного поля в почве теплицы с учетом влияния скорости движения воздушных потоков. Математическую модель регулирования температурным режимом можно представить через уравнение конвективного теплообмена без внутренних источников тепла, которое имеет вид [10, 47]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + \vartheta_x \frac{\partial T}{\partial x} + \vartheta_y \frac{\partial T}{\partial y} + \vartheta_z \frac{\partial T}{\partial z} = a\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right), \qquad (2.6)$$

где: ***T***- температура, К,

ϑ - скорость воздушных потоков, м/с,

τ - время, с.

Правая часть уравнения представляет собой перенос теплоты за счет теплопроводности парогазовой смеси. Ею можно пренебречь, т.е. $a \cdot \Delta T = 0$; тогда уравнение (2.6) примет вид [10, 48, 49]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = -\left(\vartheta_x \frac{\partial T}{\partial x} + \vartheta_y \frac{\partial T}{\partial y} + \vartheta_z \frac{\partial T}{\partial z}\right). \qquad (2.7)$$

Кроме того, будем рассматривать установившийся режим теплообмена в теплице, $\frac{\partial T}{\partial \tau} = 0,$ тогда приходим к выражению:

$$\vartheta_x \frac{\partial T}{\partial x} + \vartheta_y \frac{\partial T}{\partial y} + \vartheta_z \frac{\partial T}{\partial z} = 0; \qquad (2.8)$$

Далее авторы в [10] пренебрегают продольными размерами теплиц, т.к. они намного больше поперечных размеров, следовательно, и изменением температуры по ее длине также можно пренебречь. Так как $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$, в дальнейшем

математическое моделирование основано на уравнении теплопроводности для плоской стационарной задачи.

Следующее допущение в [10] – это то, что траектория движения тепловых потоков воздушных масс в поперечном сечении теплицы близка к эллиптической (рисунок 2.2) и описывается уравнением:

$$f(x,z) = A(x-a)^2 + Bz^2; \tag{2.9}$$

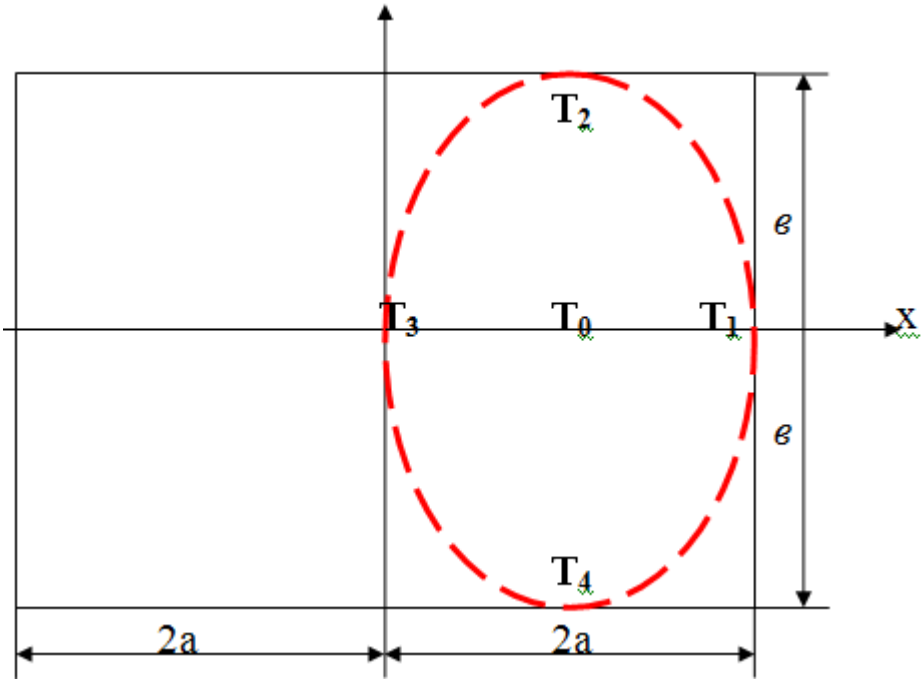


Рисунок 2.2 Температурные кривые в поперечном сечении теплицы

Затем авторы решают задачу только для правой половины сечения исходя из условий симметрии [10]. Кроме того, рассматривают кинематику процесса, без выяснения причин, которые определяют движение тепловых масс среды по эллиптическим траекториям, руководствуясь лишь тем, что эллипс – наиболее близкая фигура к прямоугольнику, которая имеет гладкий контур, а, следовательно – непрерывные первые производные [50].

Тогда:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{f'x}{f'z} = \frac{A(x-a)}{Bz}. \tag{2.10}$$

Таким образом, уравнение конвективного теплообмена запишется следующим образом:

$$\frac{\partial T}{\partial x}+\frac{A(x-a)}{Bz}\frac{\partial T}{\partial z}=0\,; \qquad (2.11)$$

Далее, проведя ряд математических преобразований, и используя метод разделения переменных, определяют постоянные из граничных условий для эллиптических температурных кривых в поперечном сечении теплицы, представленных на рисунке 2.2:

$$\left.\begin{array}{l} T(a;0)=T_0; \\ T(a;в)=T_2; \\ T(a;-в)=T_4; \\ T(0;0)=T_3; \\ T(2a;0)=T_1. \end{array}\right\} \qquad (2.12)$$

Поскольку точки T_1 и T_3, а так же T_2 и T_4 находятся в равных условиях они будут равны друг другу соответственно.

Откуда получаем: $T_1=T_3$ и $T_2=T_4$. Последнее условие будет выполняться, при вынужденном движении воздушных масс, например, за счет вентиляционных установок.

В результате преобразований приходим к уравнению, описывающему изменение температуры в поперечном сечении теплицы:

$$T=T_0 e^{\left(\ln\left(\frac{T_2}{T_0}\right)\frac{z^2}{в^2}+\ln\left(\frac{T_1}{T_0}\right)\frac{(x-a)^2}{a^2}\right)}, \qquad (2.13)$$

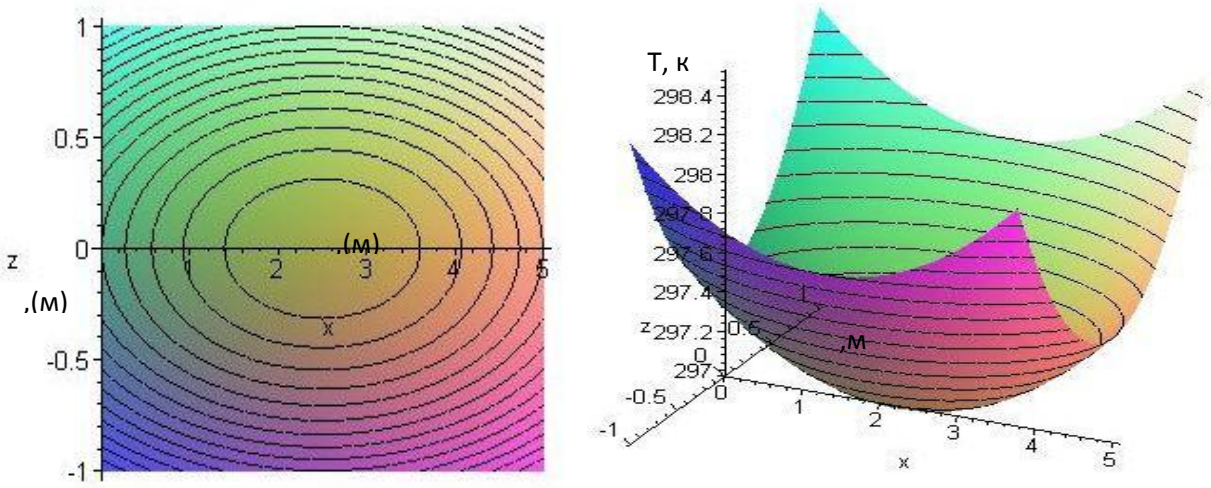
где: T_0, T_1, T_2 – температура в характерных точках эллиптических кривых;

a и $в$ – параметры эллипса, которым описывается изотермическая кривая;

x и z – ширина и высота теплицы соответственно.

Графически математическая модель, полученная по формуле (2.13), представлена на рисунке 2.3.

Данная математическая модель дает описание эллиптических кривых в поперечном сечении теплицы и может представлять собой температурное поле в поперечном сечении теплиц лишь с учетом высоты и ширины теплицы.



а) ***б***)

Рисунок 2.3 Линии уровня температурного поля (***а***) и изменение температуры в плоскости (x,z) (***б***)

Длина теплицы в данной математической модели не учитывается. В работе [10] представлено доказательство адекватности модели, что позволяет описать процессы изменения температуры в защищенном грунте и поддерживать ее в зоне жизнедеятельности биологических объектов с точностью (±2º).

2.4. Математическая модель объемного температурного поля в защищенном грунте

Технические системы управления параметрами микроклимата в защищенном грунте обычно являются довольно сложными устройствами, изменение в которых можно описать различными функциональными уравнениями. При использовании каких-либо математических методов в конкретном случае необходимо составлять математическую модель объекта. Подавляющее большинство объектов в защищенном грунте на практике – это объекты с распределенными параметрами [79]. Процесс управления с распределенными параметрами описывают краевыми задачами для дифференциальных или интегро-дифференциальных уравнений с частными производными или бесконечными системами обыкновенных дифференциальных уравнений [80]. Температурное поле в теплице является пространственно-многомерным объектом со сложной формой границ области изменения пространственных координат. При этом не-

обходимо учитывать принципиально нелинейные эффекты и получить аналитическое решение уравнения объекта затруднительно. Этот факт привел к широкому распространению на практике приближенных моделей объектов с распределенными параметрами упрощенного вида, описывающих их поведение с требуемой точностью. В инженерной практике получили широкое распространение разностные методы приближенного описания объектов с распределенными параметрами, использующие различные способы пространственного, временного или пространственно-временного квантования в области изменения аргументов входа и выхода рассматриваемого распределенного блока [81, 82].

В построении математической модели температурного поля в ЗГ с учетом влияния других параметров микроклимата будем использовать метод конечных элементов. Он позволит произвести дискретизацию области изменения пространственных переменных путем разбиения с некоторой погрешностью на ряд неперекрывающихся подобластей простой формы, например, простейших геометрических фигур. В пределах каждой из которых, функция состояния объекта приближенно может быть описана однотипным образом линейной комбинацией конечного числа заранее выбранных базисных функций.

Поддержание необходимого параметра микроклимата на заданном уровне в подобных объектах является важной и трудоемкой задачей. Одним из возможных способов обеспечения данного режима является вычислительная среда с перестраиваемой структурой, формирующая управляющее воздействие, построенная по автоматному принципу и имеющая в узловых точках многофункциональные логические модули (МЛМ), т. е. автоматы с перестраиваемой структурой [83].

Целью любого математического моделирования в прикладных задачах является описание существующего какого-либо физического процесса в определенных условиях с целью контроля этого процесса или контроля какой-либо физической величины. Актуальной задачей, для условий производства биологических объектов в защищенном грунте, будет являться математическое моделирования температурного режима таким образом, чтобы при минимальном ко-

личестве первичных измерительных преобразователей (ПИП), система управления была способна контролировать эту физическую величину по всему рабочему объему защищенного грунта.

Связь любой математической модели с реальностью осуществляется с помощью цепочки гипотез, идеализаций и упрощений. С помощью математических методов описывается идеальный объект, построенный на этапе содержательного моделирования. Как правило, в математических моделях отбрасывают детали, которые могут заметно и не всегда контролируемо повлиять на результат. Одни и те же уравнения могут служить моделями разного типа. Это зависит от явления, для изучения которого используется модель [51].

Не отступая от классических принципов математического регулирования для описания температурного поля в рабочем объеме сооружений защищенного грунта, примем следующие допущения:

- Поверхность почвы идеально ровная, имеет во всех точках одинаковую температуру, тепловой поток направлен только в направлении от почвы в воздушное пространство теплицы. Следовательно, поверхность почвы можно принять за изотермическую плоскость.
- Боковые ограждающие конструкции имеют однослойную структуру с идеальной тепловой изоляцией. Боковой и шатровый обогрев не влияют на температурное поле в теплице.
- Траектория движения тепловых потоков воздушных масс в поперечном сечении теплицы близка к эллиптической форме. Рассматривать кинематику процесса будем, без выяснения причин, которые определяют движение тепловых масс среды по эллиптическим траекториям.
- Рабочий объем защищенного грунта представим как пространство, ограниченное по бокам плоскостями, а сверху цилиндром, так как, это наиболее близкая геометрическая фигура, которой можно описать теплицу, имеет гладкий контур, а, следовательно – непрерывные первые производные.

Не вызывает сомнения тот факт, что современные сооружения защищенного грунта представляют тела конечных размеров правильной геометрической

формы, образованных путем взаимного пересечения неограниченных пластин (рисунок 2.4).

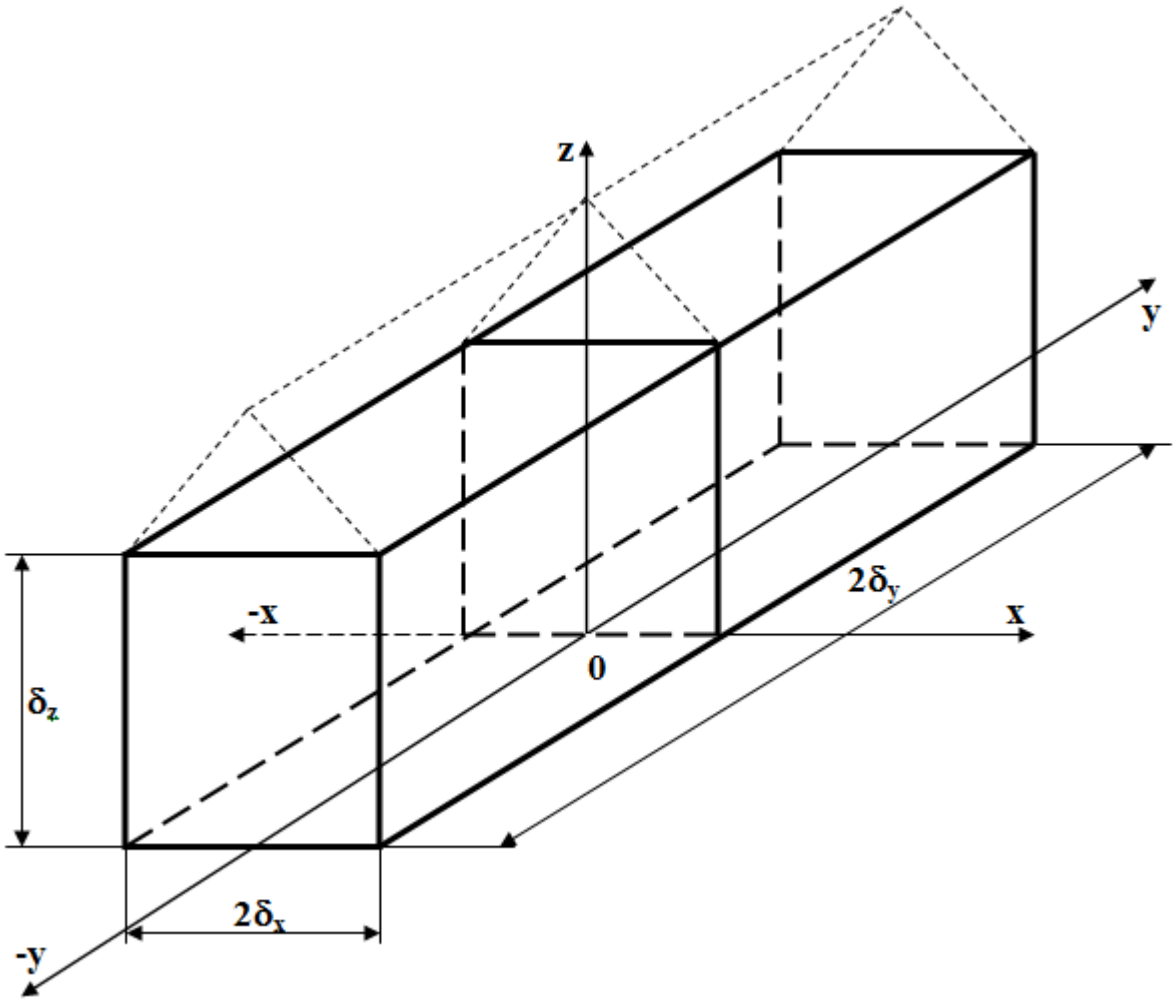


Рисунок 2.4 Сооружение защищенного грунта в виде тела конечных размеров

Если учесть, что в большинстве современных теплиц конек отделен от основного объема механизмом зашторивания с целью снижения тепловых потерь в зимний период и защиты биологических объектов от чрезвычайно сильного солнечного излучения в летний период, то теплица – это параллелепипед конечных геометрических размеров по осям декартовых координат $\boldsymbol{x}$, $\boldsymbol{y}$, $\boldsymbol{z}$.

Если тело образовано пересечением двух плоских пластин, имеющих толщину $2\delta_x$ в плоскости $\boldsymbol{x}$ и $2\delta_y$ в плоскости $\boldsymbol{y}$, то поле температур равно:

$$\overline{\Theta} = \overline{\Theta}_{\boldsymbol{x}} \cdot \overline{\Theta}_{\boldsymbol{y}}. \tag{2.14}$$

Соответственно для параллелепипеда (рисунок 2.4):

$$\overline{\Theta} = \overline{\Theta}_{\boldsymbol{x}} \cdot \overline{\Theta}_{\boldsymbol{y}} \cdot \overline{\Theta}_{\boldsymbol{z}}. \tag{2.15}$$

Основываясь на результатах других исследователей, примем, к вниманию, тот факт, что охлаждение оказывает на температурное поле существенное влияние и, следовательно, температурное поле под коньком теплицы ограничивается усеченным полуцилиндром (рисунок 2.5).

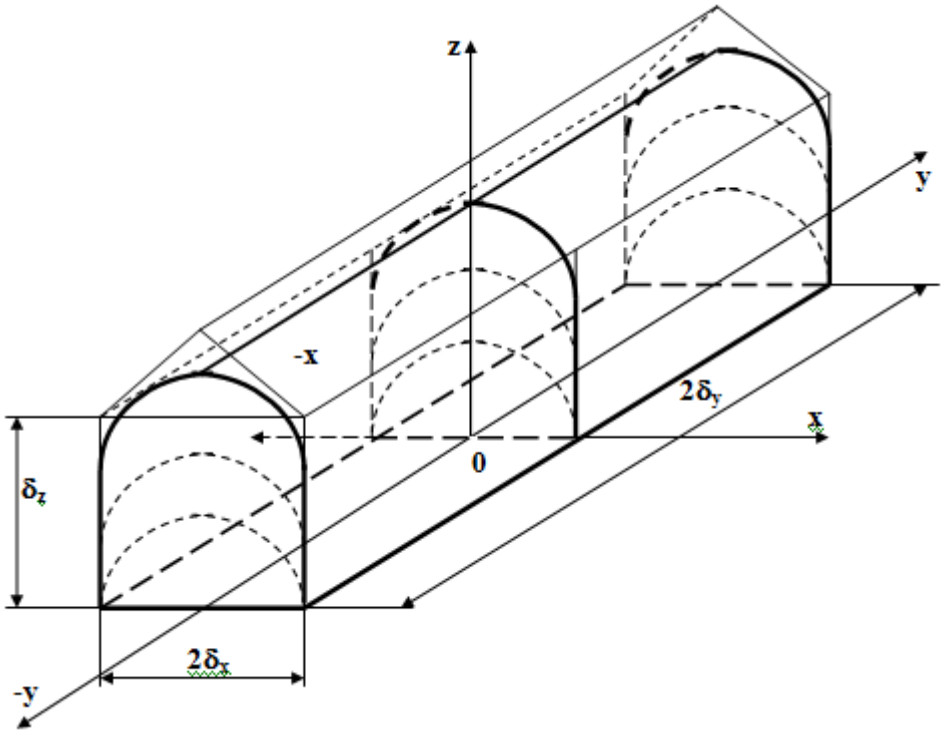


Рисунок 2.5 Теплица в виде усеченного полуцилиндра.

Таким образом, температурное поле в защищенном грунте можно описать как пересечение двух неограниченных пластин по осям $\boldsymbol{x}$ и $\boldsymbol{y}$, а по оси $\boldsymbol{z}$ цилиндром. На основании этого, формула (2.15) может быть преобразована:

$$\overline{\Theta} = \overline{\Theta}_x \cdot \overline{\Theta}_y \cdot \overline{\Theta}_z = \left[\frac{t_{нв} - t(x,\tau)}{t_{нв} - t_д}\right] \cdot \left[\frac{t_{нв} - t(y,\tau)}{t_{нв} - t_д}\right] \cdot \left[\frac{t_{нв} - t(z,\tau)}{t_{нв} - t_д}\right], \qquad (2.16)$$

где $\boldsymbol{t_{нв}}$ – температура наружного воздуха, т.е. окружающей среды;

$\boldsymbol{t_д}$ – температура воздуха в теплице в момент времени $\boldsymbol{\tau=0}$, которая может быть измерена датчиком, установленным в наиболее теплом месте.

Необходимо, также, учесть, что теплица находится в условиях охлаждения, т.е. $\boldsymbol{t_{нв} < t_д}$. Следовательно, формулу (2.16) можно представить:

$$\overline{\Theta} = \overline{\Theta}_x \cdot \overline{\Theta}_y \cdot \overline{\Theta}_z = \left[\frac{t_д - t(x,\tau)}{t_д - t_{нв}}\right] \cdot \left[\frac{t_д - t(y,\tau)}{t_д - t_{нв}}\right] \cdot \left[\frac{t_д - t(z,\tau)}{t_д - t_{нв}}\right], \qquad (2.17)$$

Таким образом, для определения общего температурного поля в защищенном грунте нам необходимо определить температурные поля по каждой оси. Описать температурные поля по осям $\boldsymbol{x}$ и $\boldsymbol{y}$ можно аналогично, т.е. как в неограниченных пластинах, а по оси $\boldsymbol{z}$ цилиндром.

2.4.1. Температурное нестационарное поле в неограниченной пластине.

Температурное поле в неограниченной плоской пластине, находящейся в условиях охлаждения:

$$\overline{\Theta}_{\boldsymbol{x}} = \left[\frac{t_{\text{д}} - t(x,\tau)}{t_{\text{д}} - t_{\text{нв}}}\right], \tag{2.18}$$

можно определить, используя дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности, которое имеет вид:

$$\boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{\Delta t} + \frac{Q_V}{c \cdot \rho} = \frac{\partial t}{\partial \tau}, \tag{2.19}$$

где $\boldsymbol{a}$ – коэффициент температуропроводности, м^2/с;

$\boldsymbol{\Delta t}$ – разница температур, ^{0}С;

$\boldsymbol{Q_V}$ – объемная плотность источников теплоты, Вт/м^3;

$\boldsymbol{c}$ – теплоемкость, Дж/(кг·К);

$\boldsymbol{\rho}$ – плотность, кг/м^3.

Решение уравнения (2.19) в учебниках по теплотехнике [32] приводится методами математической физики. Наиболее простой способ решения этого уравнения – случай одномерной нестационарной теплопроводности без внутренних источников теплоты, следовательно, выражение (2.19) преобразуем в:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \boldsymbol{a} \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}. \tag{2.20}$$

Для решения уравнения (2.20), как правило, используют метод разделения переменных. В этом случае, температуру $\boldsymbol{t}$ представляют в виде произведения двух функций:

$$\boldsymbol{t} = \boldsymbol{L}^* \cdot \boldsymbol{T}^*, \tag{2.21}$$

где $L^*=f(x)$ зависит только от x, а $T^*=f(\tau)$ зависит только от τ.

Следовательно:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = L^* \cdot \frac{dT^*}{d\tau}; \quad \frac{\partial t}{\partial x} = T^* \cdot \frac{dL^*}{dx}; \quad \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = T^* \cdot \frac{d^2 L^*}{dx^2}.$$

Подставляя эти значения в выражение (2.20) получим:

$$\frac{1}{a \cdot T^*} \cdot \frac{dT^*}{d\tau} = \frac{1}{L^*} \cdot \frac{d^2 L^*}{dx^2}. \tag{2.22}$$

Левая часть уравнения (2.22) является функцией времени, т.е. только τ, а правая функция геометрического размера по оси x. Эти функции могут быть равны лишь в том случае, когда они являются постоянной величиной. В любом другом случае, т.к. τ и x независимые аргументы, равенства быть не может:

$$\frac{1}{a \cdot T^*} \cdot \frac{dT^*}{d\tau} \neq \frac{1}{L^*} \cdot \frac{d^2 L^*}{dx^2}.$$

Если обозначим эту функцию как $-\beta^2$, то получим:

$$\frac{1}{a \cdot T^*} \cdot \frac{dT^*}{d\tau} = -\beta^2; \tag{2.23}$$

$$\frac{1}{L^*} \cdot \frac{d^2 L^*}{dx^2} = -\beta^2. \tag{2.24}$$

Решение уравнения (2.23) примет вид:

$$T^* = A \cdot e^{-a \cdot \beta^2 \cdot \tau}. \tag{2.25}$$

Знак минус у величины β^2 соответствует условиям охлаждения, которые можно применить для телиц, так как в течение времени, τ несомненно, будет падение температуры t.

Решение уравнения (2.24) в нашем случае, т.е. если по оси x теплица ограничена неограниченной плоской пластиной, имеющей начальную температуру $t_д$ и помещенную в момент времени $\tau=0$ в среду с температурой $t_{нв}$:

$$L^* = B \cdot cos\beta_x + D \cdot sin\beta_x. \tag{2.26}$$

На границах пластины происходит теплообмен по закону Ньютона. Т.к. задача симметрична, то примем толщину пластины 2δ и поместим ось x в центре пластины (рисунок 2.4).

В силу симметричности функции ***cos*** запишем выражение (2.26) в виде $L^*=B\cdot cos\beta_x$ и уравнение поля температур $t=L^*\cdot T^*$:

$$t = C \cdot e^{-a\cdot\beta^2\cdot\tau} \cdot cos(\beta_x). \tag{2.27}$$

Вводя критерии подобия:

$$Bi = \frac{\alpha\cdot\delta}{\lambda_w}, F_0 = \frac{\alpha\cdot\tau}{\delta^2}, \overline{x} = \frac{x}{\delta},$$

получим:

$$t = C \cdot e^{-(\delta\cdot\beta)^2\cdot F_0} \cdot cos(\delta \cdot \beta \cdot \overline{x}), \tag{2.28}$$

где величина $\delta\cdot\beta=\mu^*$ может быть найдена из характеристического уравнения:

$$\cot\mu^* = \frac{\mu^*}{Bi}. \tag{2.29}$$

Уравнение (2.29) решается графическим путем, и имеет бесчисленное множество корней μ_i^* и приводится в нескольких изданиях, посвященных теоретической теплотехнике и математике [32, 52].

Сумма частных решений дает общее в следующем виде:

$$\overline{\Theta}_x = \left[\frac{t_\partial - t(x,\tau)}{t_\partial - t_{нв}}\right] = \sum_{i=1}^{\infty} C_i \cdot \cos(\mu_i^* \cdot \overline{x}) \cdot e^{-\mu_i^{*2}\cdot F_0} \tag{2.30}$$

Значения постоянных C_i определяют из начальных условий ($\tau=0$; $t_\partial=t_0$):

$$C_i = (t_{нв} - t_0) \cdot \frac{2\cdot\sin\mu_i^*}{\mu_i^* + \sin\mu_i^*\cdot\cos\mu_i^*}. \tag{2.31}$$

Подставляя значения постоянных C_i в уравнение (2.32), можем получить окончательное выражение для поля температур по оси x:

$$\overline{\Theta}_x = \left[\frac{t_\partial - t(x,\tau)}{t_\partial - t_{нв}}\right] = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2\cdot\sin\mu_i^*\cdot\cos(\mu_i^*\cdot\overline{x})}{\mu_i^* + \sin\mu_i^*\cdot\cos\mu_i^*} \cdot e^{-\mu_i^{*2}\cdot F_0} \tag{2.32}$$

Будет целесообразно теплицу в сечении по оси x представить, как неограниченную пластину с граничными условиями третьего рода (рисунок 2.6).

Ряд, для определения температурного поля по оси x, является сходящимся. Это значит, что с определенного значения $F_0 \geq 0{,}3$ все последующие члены

ряда по сравнению с первым ничтожно малы. Следовательно, при $F_0 \geq 0{,}3$ можно ограничиться только первым членом ряда, тогда мы получим:

$$\overline{\Theta}_x = \left[\frac{t_д - t(x,\tau)}{t_д - t_{нв}}\right] = \frac{2\cdot\sin\mu_i^*\cdot\cos(\mu_i^*\cdot\overline{x})}{\mu_i^* + \sin\mu_i^*\cdot\cos\mu_i^*}\cdot e^{-\mu_i^{*2}\cdot F_0}. \quad (2.33)$$

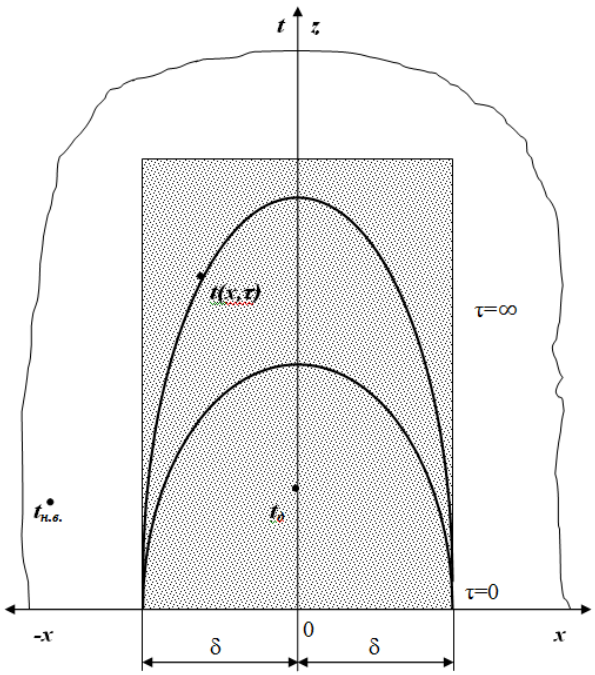


Рисунок 2.6 Нестационарное температурное поле

В конкретной точке пластины, а, следовательно, и теплицы по оси ***x***, ее температура зависит только от критериев подобия, принятым выше, ***Bi*** и $\boldsymbol{F_0}$.

Поскольку, внутреннее термическое сопротивление теплицы по сравнению с внешним термическим сопротивлением окружающей среды велико, т.е. $Bi \to \infty$, то в этой задаче, граничные условия третьего рода переходят в граничные условия первого рода. При этих условиях ($Bi \to \infty$ и $F_0 \geq 0{,}3$) из уравнения (2.33) получим ($\mu_1^* = \frac{\pi}{2}, \cos\mu_1^* = 0, \sin\mu_1^* = 1$):

$$\overline{\Theta}_x = \left[\frac{t_д - t(x,\tau)}{t_д - t_{нв}}\right] = \frac{4}{\pi}\cdot\cos\left(\frac{\pi}{2}\cdot\overline{x}\right)\cdot e^{-\frac{\pi^2}{4}F_0} \quad (2.34)$$

Проводя аналогичные вычисления, температурное поле в теплице по оси ***y*** можно представить как:

$$\overline{\Theta}_y = \left[\frac{t_д - t(y,\tau)}{t_д - t_{нв}}\right] = \frac{4}{\pi}\cdot\cos\left(\frac{\pi}{2}\cdot\overline{y}\right)\cdot e^{-\frac{\pi^2}{4}F_0} \quad (2.35)$$

По оси $\boldsymbol{z}$ температурное поле можно описать аналогично процессам нагрева в половине цилиндра, т.е. аналитическим выражением (2.36):

$$\overline{\Theta}_{\mathbf{z}} = \left[\frac{\mathbf{t_д - t(z,\tau)}}{\mathbf{t_д - t_{нв}}}\right] = \mathbf{1} - \frac{\mathbf{2 \cdot a \cdot \alpha \cdot \tau}}{\boldsymbol{\lambda_w} \cdot \mathbf{r}} \cdot \boldsymbol{e}^{-\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4 \cdot F_0}}}, \qquad (2.37)$$

где $\boldsymbol{a}$ – коэффициент изобарной температуропроводности, для воздуха составляет $18{,}88 \cdot 10^6 \left[\frac{м^2}{с}\right]$;

$\boldsymbol{\lambda_w} = 0{,}027 \left[\frac{Вт}{м \cdot К}\right]$ – коэффициент теплопроводности воздуха;

$\boldsymbol{\alpha}$ – коэффициент конвективной отдачи для воздуха равен 500 $\left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right]$;

$\boldsymbol{\tau}$ – текущий момент времени, с;

r – радиус цилиндра, равный высоте $\boldsymbol{z}$ от поверхности земли до точки в которой необходимо определить температуру.

Кроме того, нельзя не учитывать обстоятельство, что ширина и длина теплицы в несколько раз больше высоты сооружения защищенного грунта, т.е. $l \gg z$ или $\delta \gg z$ (рисунок 2.7). Поэтому, считаем, что в выражение 2.36 необходимо внести геометрический коэффициент сооружения защищенного грунта $\boldsymbol{k_Г}$. который, по сути, является коэффициентом сжатия, вписанного в поперечное сечение теплицы половины эллипса. Следовательно, $k_Г = \frac{2 \cdot z}{l}$.

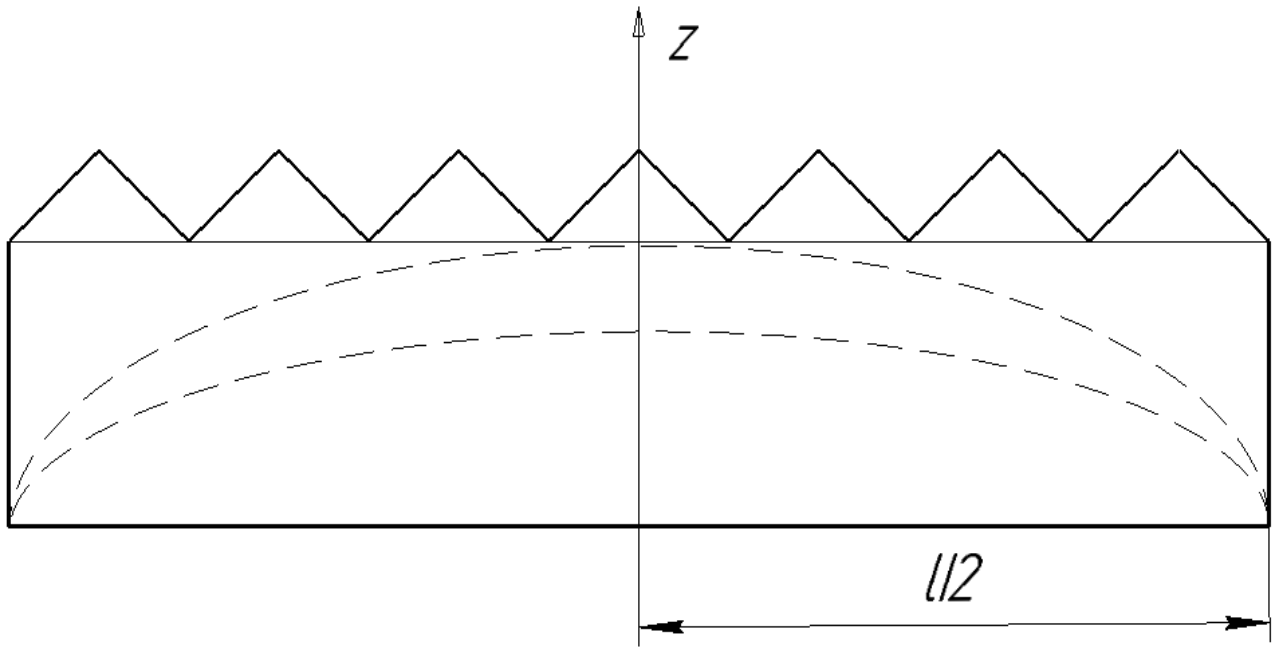


Рисунок 2.7 Поперечное сечение теплицы

Далее можно от безразмерных величин температурного поля перейти к конкретным значениям температуры в какой-либо точке рабочего объема защищенного грунта. Используя выражение (2.18):

$$\frac{(\boldsymbol{t_\partial}-\boldsymbol{t})}{(\boldsymbol{t_\partial}-\boldsymbol{t}_{\text{нв}})} = \overline{\Theta} \tag{2.37}$$

Умножая и левую и правую части выражения (2.37) на $(\boldsymbol{t_\partial} - \boldsymbol{t}_{\text{нв}})$ получим:

$$(\boldsymbol{t_\partial} - \boldsymbol{t}) = \overline{\boldsymbol{\Theta}} \cdot (\boldsymbol{t_\partial} - \boldsymbol{t}_{\text{нв}}).$$

Следовательно, $\boldsymbol{t}$ равно:

$t = \boldsymbol{t_\partial} - \overline{\boldsymbol{\Theta}} \cdot (\boldsymbol{t_\partial} - \boldsymbol{t}_{\text{нв}})$.Учитывая, что $\overline{\boldsymbol{\Theta}} = \overline{\boldsymbol{\Theta}}_x \cdot \overline{\boldsymbol{\Theta}}_y \cdot \overline{\boldsymbol{\Theta}}_z$, получим:

$$t = t_{\text{д}} - \left[\frac{4}{\pi} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \bar{x}\right) \cdot e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot F_0}\right] \cdot \left[\frac{4}{\pi} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \bar{y}\right) \cdot e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot F_0}\right] \cdot \left[\frac{2 \cdot z}{l} - \frac{4 \cdot z \cdot a \cdot \alpha \cdot \tau}{l \cdot \lambda_w \cdot z} \cdot e^{-\frac{1}{4 \cdot F_0}}\right] \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{нв}}) \tag{2.38}$$

Проведя ряд математических преобразований и переводя относительные величины $\overline{x} = \frac{x}{\delta}$ и $\overline{y} = \frac{y}{l}$ в реальные bз выражения (2.38) получим:

$$t = t_{\text{д}} - \left[\frac{16}{\pi^2} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot x}{2 \cdot \delta}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot y}{2 \cdot l}\right) \cdot e^{-\frac{\pi^2}{2} \cdot F_0}\right] \cdot \left[\frac{2 \cdot z}{l} - \frac{4 \cdot a \cdot \alpha \cdot \tau}{\lambda_w \cdot l} \cdot e^{-\frac{1}{4 \cdot F_0}}\right] \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{нв}}) \tag{2.39}$$

где $\boldsymbol{l}$, $\boldsymbol{\delta}$, $\boldsymbol{z}$ – длина, ширина и высота теплицы соответственно, м

2.5 Выводы по главе

1. Разработана математическая модель температурного поля в рабочем объеме защищенного грунта, позволяющая с достаточной точностью $\pm 2^0$С определять температуру в любой точке теплицы.
2. Система управления, использующая модель, представленную выражением (2.39), при успешном доказательстве её адекватности, позволяет решать следующие задачи:
   - Учитывать температуру в любой точке рабочего объема защищенного грунта, получая данные лишь с датчика, установленного в геометрическом центре теплицы $\boldsymbol{t}_{\text{д}}$;

- Работать во взаимосвязанном режиме с учетом освещенности биологических объектов и других параметров микроклиматав теплице. При этом выполнять функции энергосбережения, закрывая экран зашторивания;
- Принимать решения о повышении температуры в теплицы для удаления чрезмерного снежного покрова на коньках теплицы, снижающего освещенность биологических объектов ниже допустимого.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Для исследования микроклиматического режима в защищенном грунте, а также для изучения факторов, влияющих на него, нами проведены экспериментальные исследования параметров микроклимата в нескольких теплицах на различных предприятиях Удмуртской Республики (таблица 3.1). На этих предприятиях в настоящее время производят продукцию защищенного грунта в теплицах двух типов: ангарного и блочного типа (рисунок 3.1).

а)

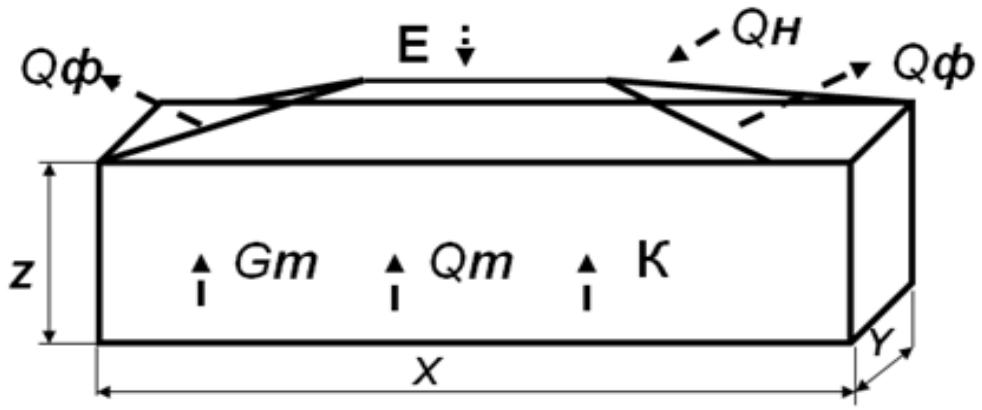
б)

Рисунок 3.1 Общий вид теплиц ангарного а) и блочного б) типов

Температурный режим в защищенном грунте невозможно рассматривать отдельно от других параметров микроклимата. Микроклимат в сооружениях защищенного грунта в основном зависит от их освещенности и температуры, а также от влажности воздуха и почвы. Эти сооружения должны быть приспособлены для создания микроклимата, оптимального для той либо другой возделываемой культуры [56].

3.1 Воздействия технологических процессов на микроклимат в теплице

Если представить теплицу в качестве объекта управления температурным режимом, то приблизительно можно получить функциональную структуру, представленную на рисунке 3.2. Другие исследователи [7, 8, 9] представляют температурный режим в теплице как структурную схему, представленную на рисунке 3.3.



К – включение калориферов; Q_m – изменение температуры теплоносителя;
G_m – изменение расхода теплоносителя; $Q_ф$ – удаление теплоты через форточки;
Е – уровень естественной облученности; $Q_н$ – изменение температуры окружающей среды;
X, *Y*, *Z* – длина, ширина и высота теплицы соответственно.

Рисунок 3.2 Функциональная структура температурного режима в объектах защищенного грунта

В соответствии с этими схемами в холодное время года основными управляющими воздействиями являются изменение температуры $\Theta_т$ и расхода $G_т$ теплоносителя в системе обогрева теплицы, включение калориферов *К*, а в теплое время года открытие вентиляционных форточек *Ф*.

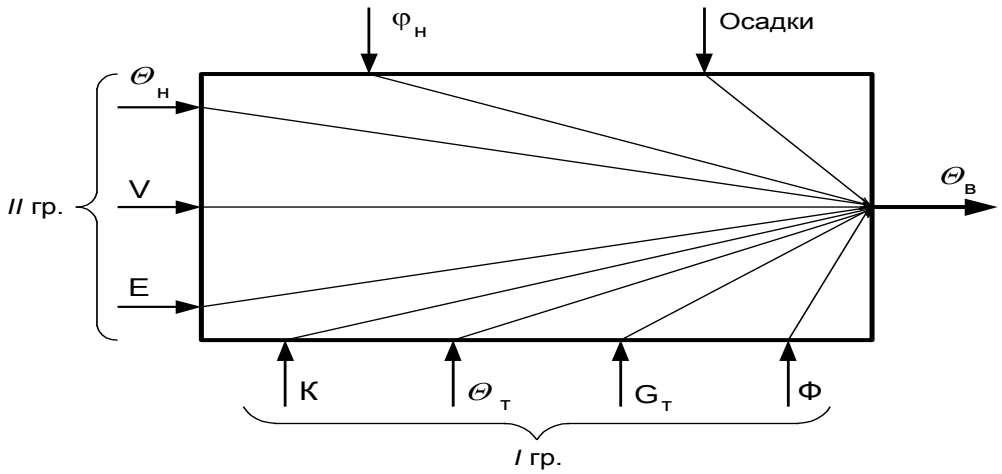


Рисунок 3.3 Структурная схема теплицы как объекта управления температурным режимом

Основные контролируемые возмущающие воздействия – изменение наружной температуры $\Theta_н$, скорости ветра *V* и уровня естественной освещенности *E*. Кроме перечисленных возмущений, на температурный режим теплицы влияют изменение влажности наружного воздуха $\varphi_н$, осадки и т.д. [7, 8, 9].

Тепловое равновесие в теплице под влиянием вышеперечисленных факторов непостоянно. Благодаря парниковому эффекту тепло не сразу удаляется в окружающее пространство. Поэтому температура в теплице повышается быстрее, чем снаружи. В результате, воздух, растения и почва нагреваются и излучают тепло. Разница в температуре воздуха вне и внутри теплицы становится все больше и одновременно излучение тепла в атмосферу через покрытие усиливается. Благодаря этому температура в сооружениях защищенного грунта повышается не беспредельно.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что температурный режим в теплице создают не только возмущающие воздействия, но и система обогрева рабочего объема теплиц.

3.1.1 Воздействие систем обогрева на температурный режим

Температурный режим в сооружениях защищенного грунта – это основной качественный показателей производства БО. В связи с тем, что БО в ЗГ это растения, выведенные различными селективно-биологическими способами, общие предки которых первоначально произрастали в тропической зоне. Поэтому их производство в индустриальных масштабах в условиях умеренного климата требует поддержания температуры в определенных краевых зонах. Например, в среднем, для огурца, томата и перца этот диапазон краевых зон составляет от +28 до +32 ^{0}С. В настоящее время эту задачу с той или иной степенью точности выполняют современные автоматические системы управления.

Значительное число исследований [7, 10, 14] показывают, что для снижения себестоимости овощей, произведенных в защищенном грунте, большое значение имеет выбор системы обогрева, технологически и экономически более подходящих для конкретных климатических условий.

В зависимости от теплоносителя температурный режим поддерживается искусственным обогревом, который в теплицах может быть водяным, паровым или воздушным.

В зависимости от способа подачи воды в трубы водяной обогрев может быть самотечным или принудительным. В большинстве современных АСУ температура теплоносителя регулируется по одноконтурной схеме. Например, российский производитель фирма «Овен» [15] поставляет на рынок популярные АСУ температурой, структурная схема которой представлена на рисунке 1.16.

В таких системах основным элементом управления является микроконтроллер, в память которого записывается, утвержденный главным инженером предприятия в соответствии с [16] температурный график по которому происходит регулировка теплоносителя.

На объектах ЗГ может быть до 5-ти контуров обогрева:

- 1-й контур – это, как правило, контур надпочвенного обогрева, обладающий наибольшей теплоемкостью. Для него производится основной расчет теплоносителя, остальные контуры работают согласованно с ним.
- 2-й контур – контур верхнего обогрева теплицы (шатровый).
- 3-й и 4-й контуры могут использоваться как контуры, работающие по установленному заданию температуры теплоносителя (например, контур подпочвенного или подсубстратного обогрева), так и как контуры, работающие синхронно с 1-м контуром и выравнивающие температурное поле теплицы (зонные, торцевые и боковые контуры).
- 5-й контур – это контур подлоткового обогрева для обеспечения таяния снега. Кроме того, он работает на обогрев теплицы при низкой внешней температуре и невозможности поддержания температуры другими контурами.

В отдельных случаях вместо воды в качестве теплоносителя целесообразнее применять пар турбин электростанций или других промышленных предприятий. Ограниченное число теплиц в России обогревается водой горячих источников или водой, удаляемой после охлаждения в промышленности.

Системы обогрева сооружений защищенного грунта с принудительной циркуляцией теплоносителя применяют более широко в связи со следующими положительными свойствами: вследствие большой скорости воды диаметр труб в таких системах значительно меньше, чем при самотечном движении. Обогре-

вающие трубы можно монтировать выше и ниже уровня котла. Легкость управления. Более медленное охлаждение воды в системе обогрева приводит к инерционности изменения обогреваемого пространства, что позволяет избежать БО теплового шока и лучше приспосабливаются к изменяющимся условиям обогрева. Затенение от труб в теплице сравнительно не велико.

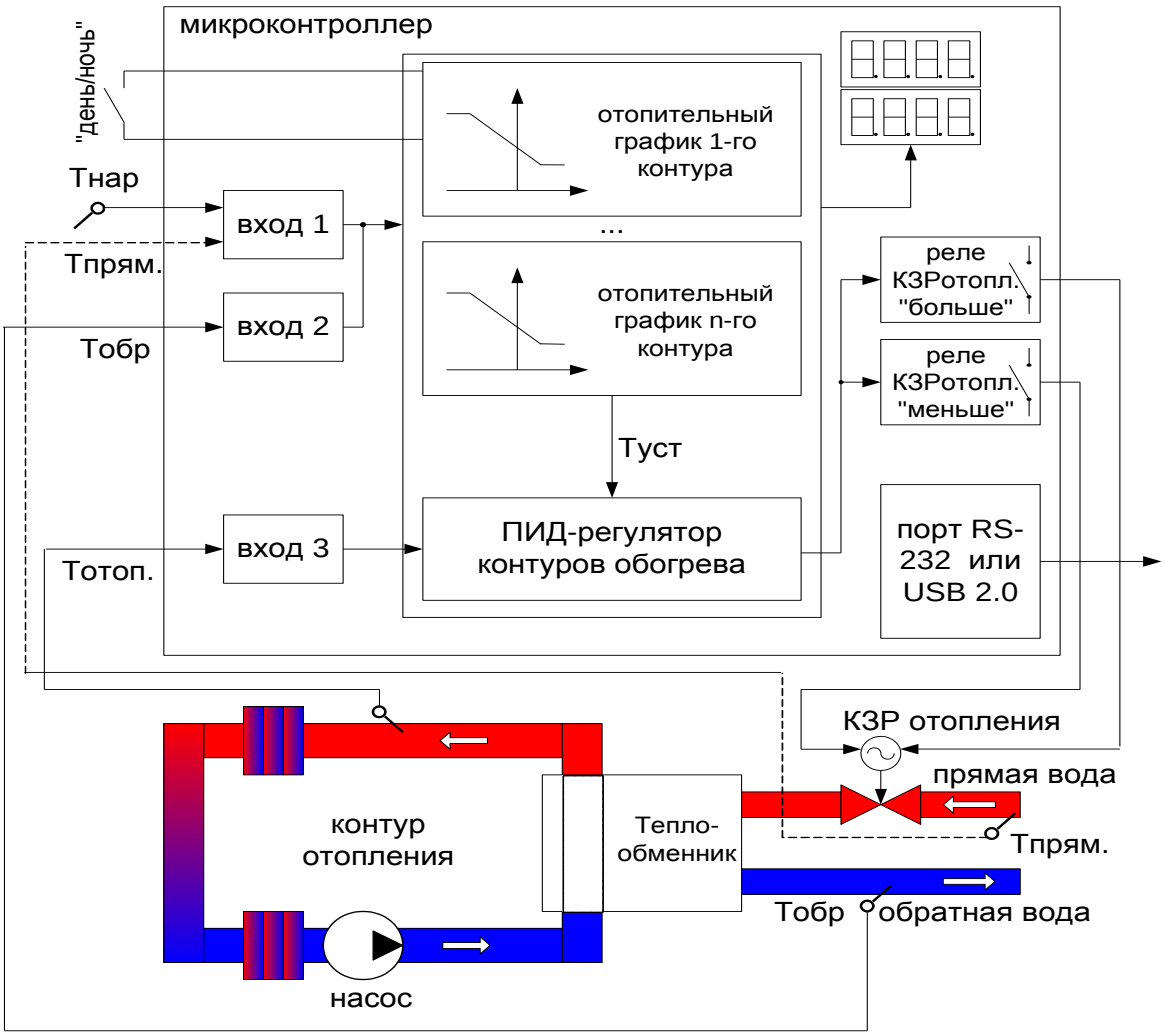


Рисунок 3.4 Одноконтурная схема АСУ температурным режимом

Наиболее распространенный, на предприятиях защищенного грунта, температурный график представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Температурный график для обогрева теплиц

Температура теплоносителя, ^{0}C	Температура внешней среды, ^{0}C										
	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
На входе в теплицу	130	125	120	115	110	103	96	89	82	74	65
На выходе из теплицы	85	80	78	75	70	68	66	64	61	59	55

Недостатки таких систем: удорожание системы, затраты на электроэнергию и уход за оборудованием, компенсируются высокой отпускной ценой при поступлении продукции потребителю в январе-феврале месяце.

В зависимости от температуры пара системы парового обогрева подразделяются до и выше 0,5 атм (низкого и высокого давления соответственно).

Преимущество такого обогрева в возможности доставлять пар на значительные расстояния без дополнительных устройств. Кроме того, тепловой потенциал 1 кг пара большой – около 540 кал скрытого тепла, освобождаемого при конденсации и излучаемого обогревательными трубами [16]. Это позволяет монтировать меньшее число труб и тем самым меньше затенять растения. Основной недостаток системы – более трудное регулирование температуры вследствие очень быстрых изменений, происходящих при пуске и прекращении подачи пара. Приспособление растений к быстрым изменениям температуры почти невозможно. Эти нежелательные особенности микроклимата в теплице с паровым обогревом, как и некоторые трудности технического характера, ограничили применение пара. В системах воздушного обогрева теплоносителем является воздух. Различают три системы работы воздушного обогрева: циркуляционный, режим со свежим воздухом, смешанный. В зависимости от температуры наружного воздуха используют различные режимы работы воздушного обогрева. Например, при низкой температуре целесообразно применять циркуляционный режим работы. В условиях умеренной температуры окружающей среды используют системы воздушного обогрева в смешанном режиме работы. В случае высокой температуры окружающей среды наружный воздух не нагревают, а используют для снижения температуры и влажности в теплице. Воздушный обогрев в условиях северных районов России, как правило, комбинируют с трубами обогрева и калориферами.

Для обеспечения равномерного распределения тепла в теплице при этом способе обогрева целесообразно применять перфорированные воздуховоды из полиэтиленовой пленки с отверстиями в них, расположенными на различных расстояниях. Микроклимат, создаваемый воздушным обогревом, имеет доста-

точно преимуществ по сравнению с водяным или паровым обогревом. Система быстро приводится в действие и быстро отключается, вследствие чего отсутствует инерционность присущая другим системам, и достигается экономия топлива [17]. Воздушный обогрев обеспечивает циркуляцию воздуха в теплице, что благоприятно сказывается на опылении растений. Он требует меньше затрат, чем водотрубный обогрев, и не затрудняет обработку почвы машинами.

Важнейший недостаток воздушного обогрева – значительные затраты на эксплуатацию, т.к. вентиляторы потребляют много электроэнергии. Другой недостаток заключается в том, что температура замещающих почву материалов в теплице примерно на 2^0С меньше, чем при водяном обогреве. Кроме того, при отключении электроэнергии автоматически прекращается обогрев, в то время как при водяном обогреве трубы продолжают излучать тепло еще некоторое время после его выключения вследствие инерционности термических процессов в ЗГ. Для устранения этих недостатков необходимо тепличные комбинаты подключать к электрической сети как потребителей первой категории.

С целью изучения влияния технологических процессов на микроклимат в рабочем объеме ЗГ нами были проведены термографические исследования элементов основных технологических процессов, влияющих на температуру, влажность и газовый состав воздуха.

Для обеспечения требуемых значений температуры в рабочем объеме ЗГ в настоящее время применяют системы шатрового (рисунок 3.5, 3.6), подпочвенный, надпочвенный, боковой обогрев, а также светильники. Температура поверхности труб надпочвенного обогрева в момент обследования составляла около 35 ^{0}С (рисунок 3.7, 3.8).

Например, тепловизионное обследование температурных полей, показало, что температура светильников с лампами марки ДНАТ-400 составляет около 200 ^{0}С, что сказывается на температурный режим в теплице, где необходимая температура должна быть примерно 28…30 ^{0}С (рисунок 3.9, 3.10).

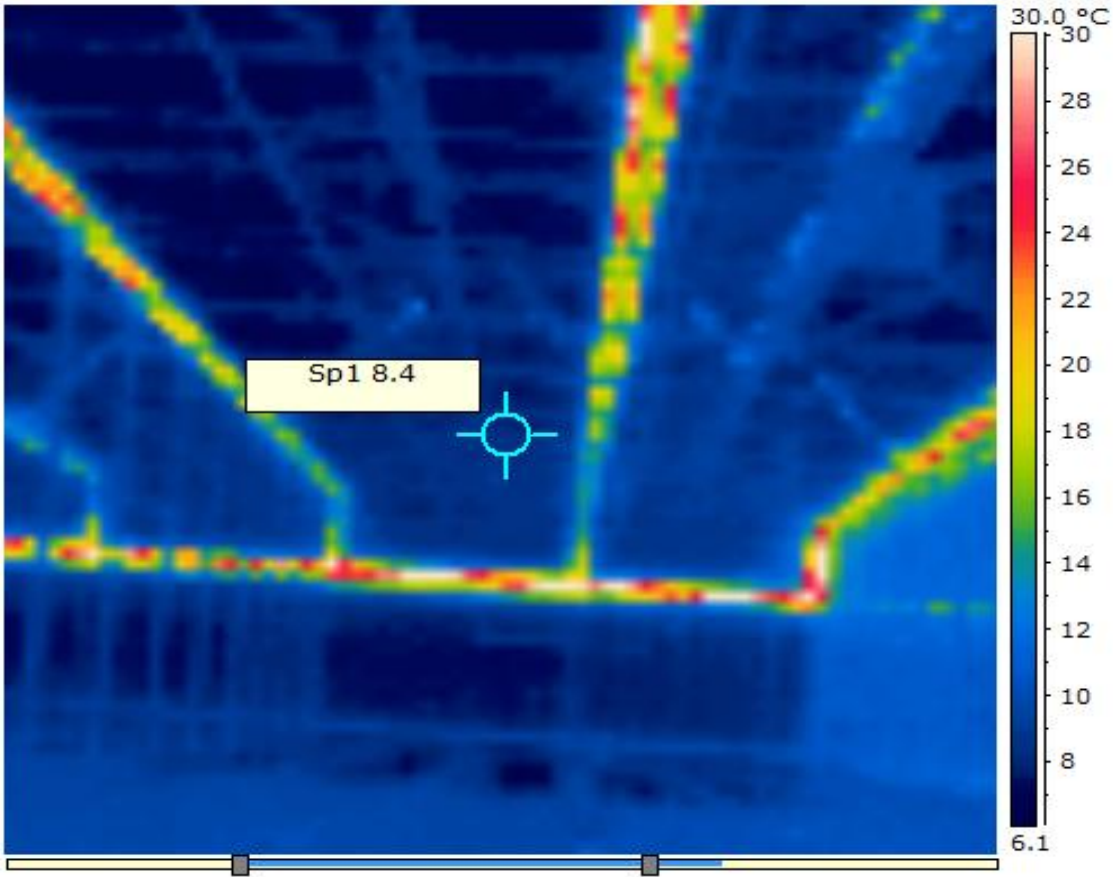


Рисунок 3.5 Инфракрасное изображение шатрового обогрева

Рисунок 3.6 Изображение шатрового обогрева в видимом диапазоне

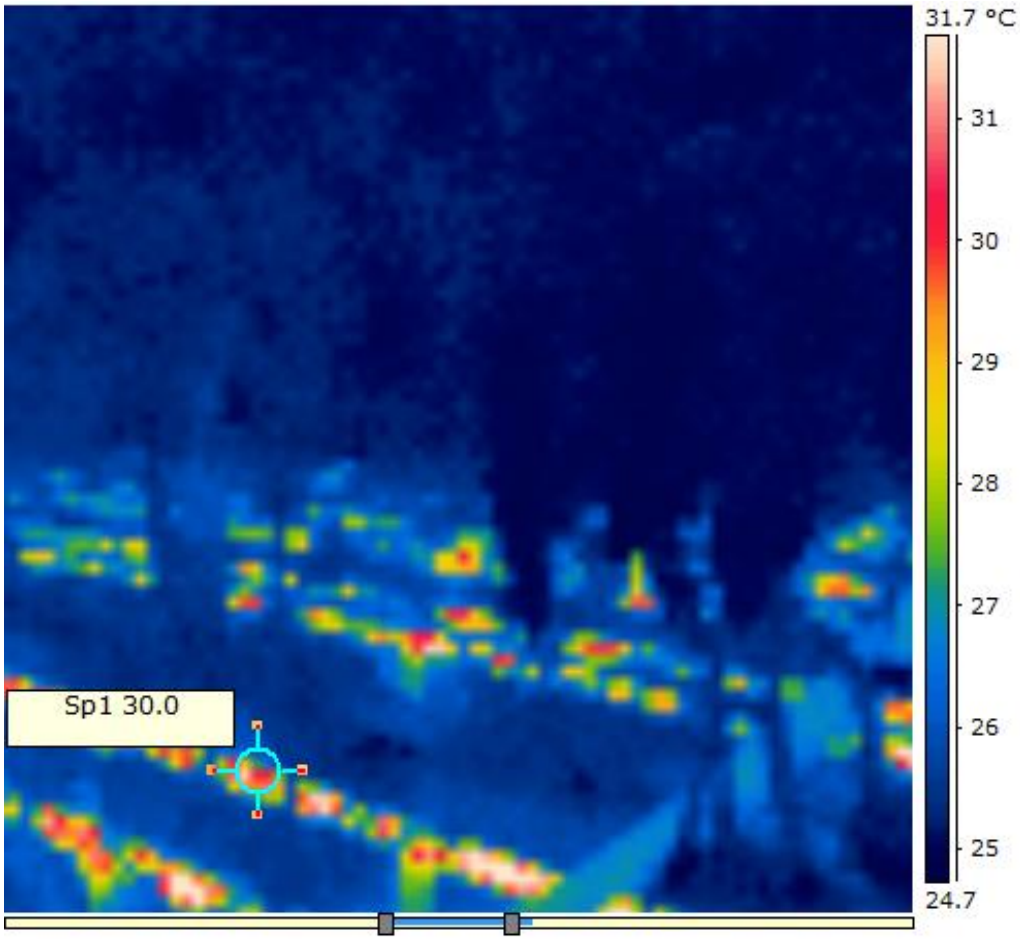


Рисунок 3.7 Инфракрасное изображение подпочвенного обогрева

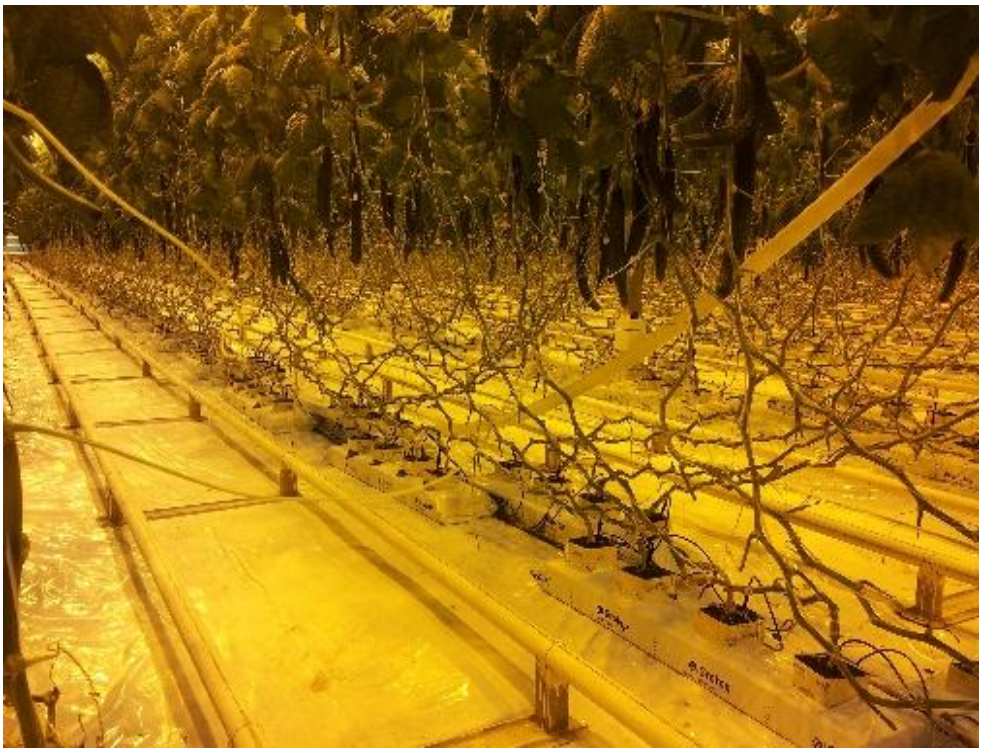


Рисунок 3.8 Изображение подпочвенного обогрева в видимом диапазоне

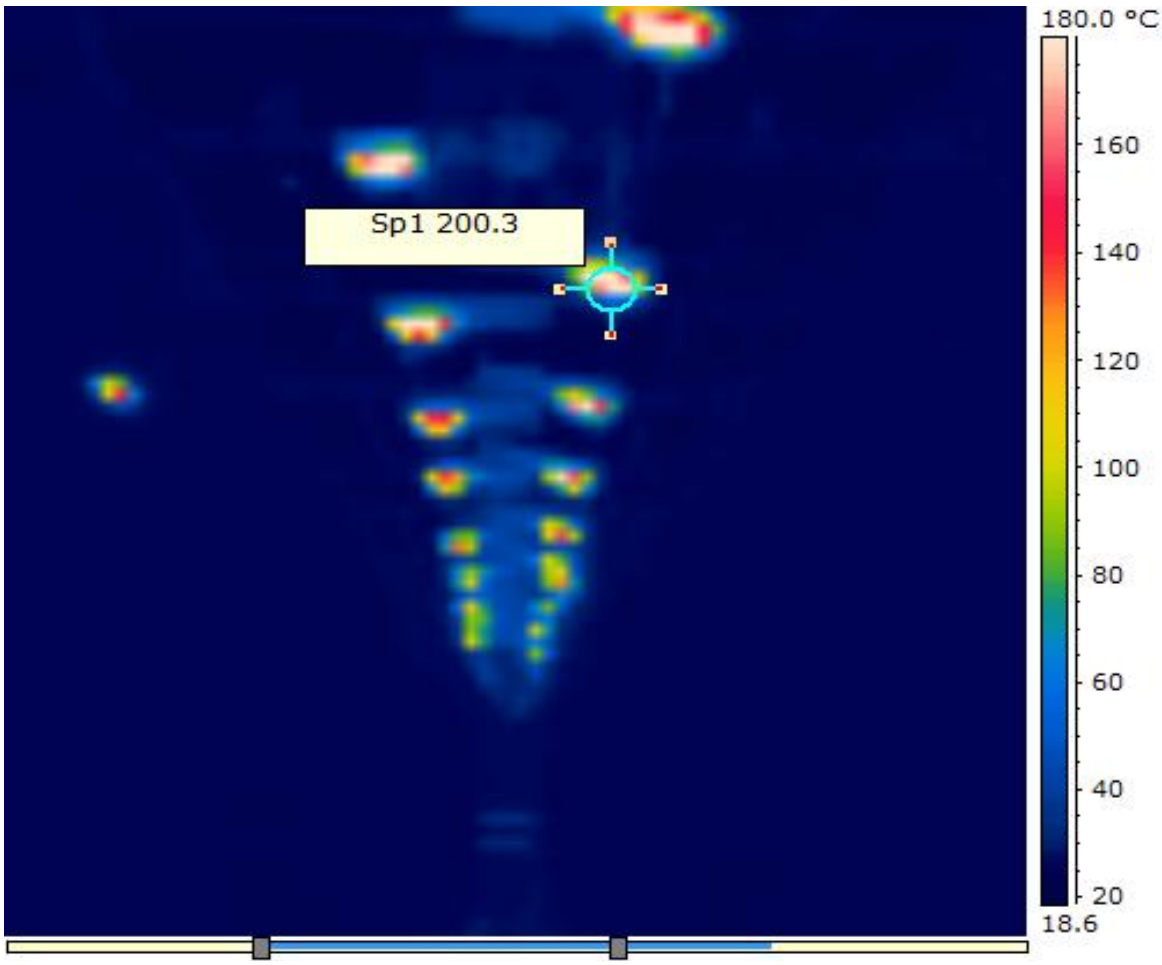


Рисунок 3.9 Инфракрасное изображение светильников

Рисунок 3. 10 Изображение светильников в видимом диапазоне.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что исследования температурного режима и влияния на него различного рода возмущающих воздействий, как природного, так и технического характера, с целью снижения затрат на отопления в сооружениях защищенного грунта является актуальным. Кроме того, необходимо рассматривать тепловой режим в теплице и во взаимосвязи с другими режимами, например, влажностным, режимом облучения и др.

3.2 Анализ естественного светового режима Удмуртской Республики

Удмуртская Республика географически расположена в зоне минимальной продолжительности солнечного сияния (рисунок 3.11). На территории Удмуртской Республики годовое число часов солнечного сияния изменяется от 1650 до 2000. Увеличение числа часов солнечного сияния происходит с севера на юго-восток. Уменьшение продолжительности солнечного сияния обусловлено в основном большей повторяемостью пасмурного состояния неба [57].

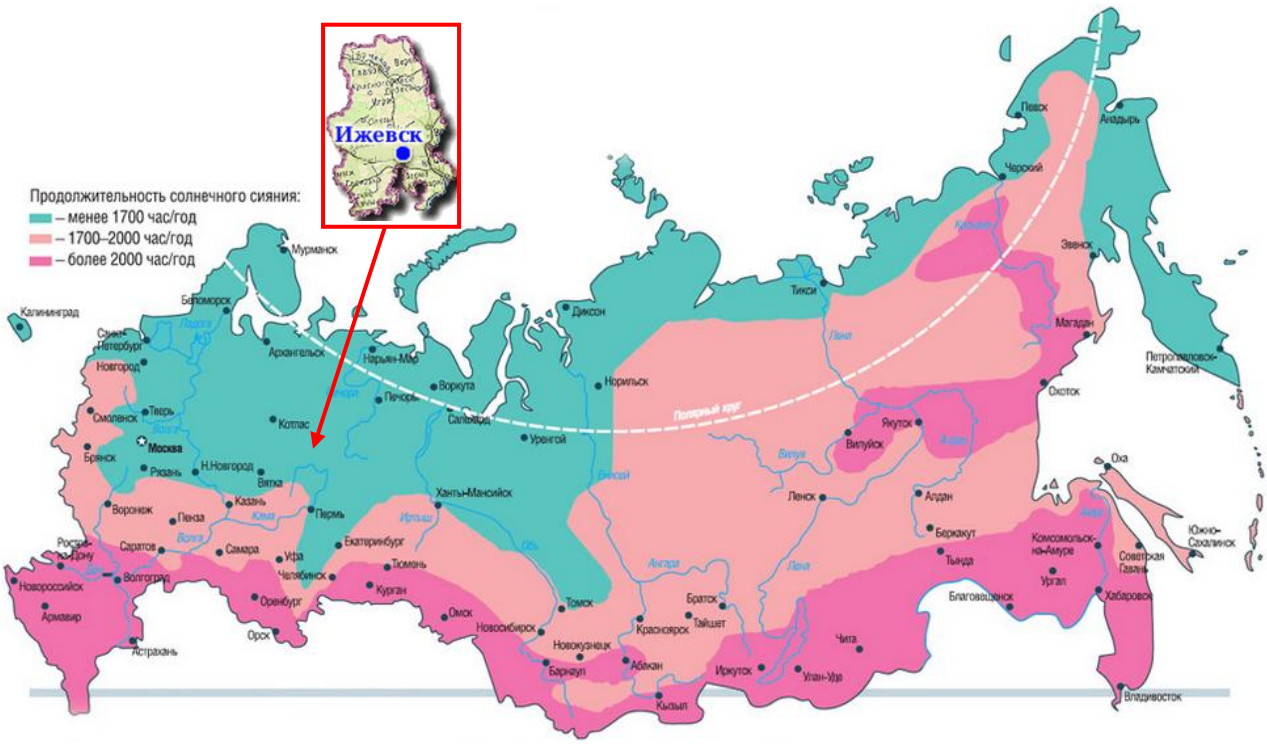


Рисунок 3.11 Солнечные ресурсы России

Следовательно, в Удмуртской Республике пониженное количестве ФАР.

Российские ученные провели разделение территории страны на зоны по количеству естественной ФАР (рисунок 3.12).

В соответствие с их работой по вычислению общего количества ФАР в декабре и январе все районы были разбиты на 7 световых зон [58]. Согласно этой классификация Удмуртия находится во второй световой зоне России.

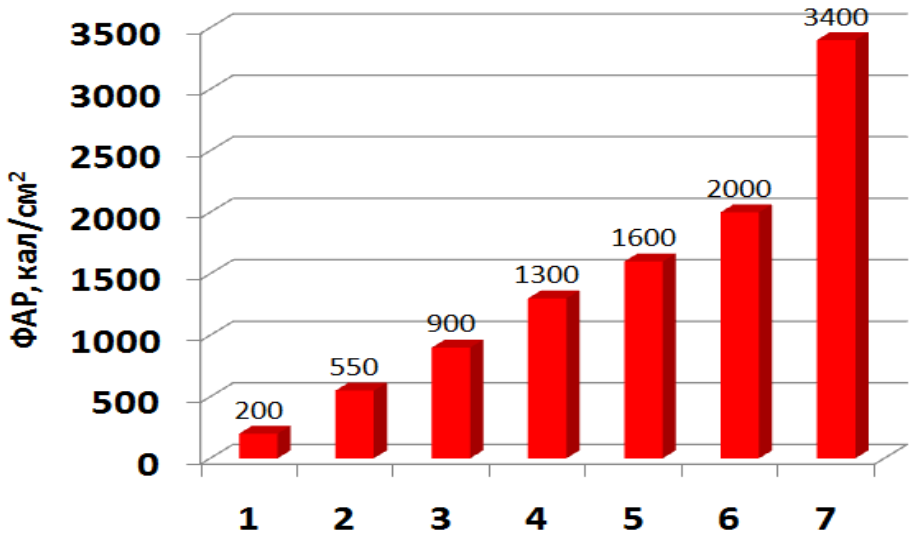


Рисунок 3.12 Световые зоны России

Значительный вклад в исследование ФАР в России и Удмуртской Республики провели такие ученые как Прищеп Л.П., Шичков Л.П., Жилинский Ю.М., Кумин В.Д., Николаев А.А., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. и др. Например, в работе [57] приведены исследования по распределению среднегодовых значений продолжительности солнечного сияния в Удмуртии (рисунок 3.13).

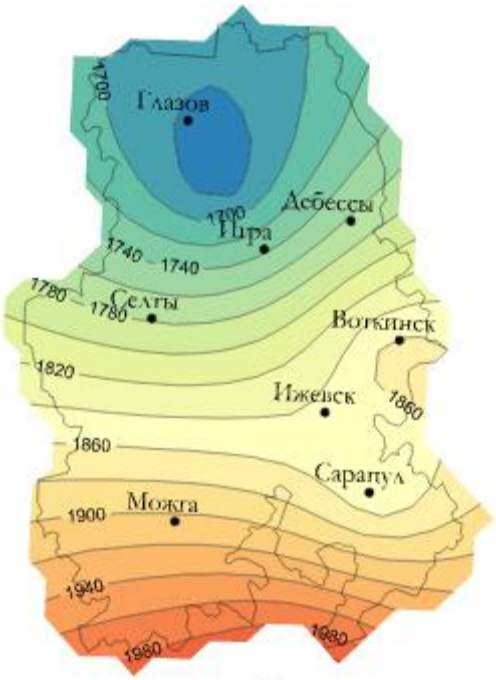


Рисунок 3.13 Распределение солнечного сияния в Удмуртии

Таким образом, можно сделать вывод, что световой, а, следовательно, и температурный режим в сооружениях защищенного грунта в Удмуртской Республики, как и везде зависит от формы, кровли и ориентации сооружения по отношению к сторонам света. Кроме того, световой и температурный режим нуж-

даются в точной регулировке для поддержания требуемых значений в зависимости от возделываемой культуры.

При дозировке света следует ориентироваться на выращиваемую культуру, чтобы создать оптимальные условия для её роста. Надо учитывать потребность растений в длительности светового дня, чтобы правильно регулировать освещенность.

В летнее время весьма важно даже уменьшение световой энергии. Защита от чрезмерного солнечного излучения производится одним из двух методов: либо окраской остекленных поверхностей, либо при помощи закрывающих от света экранов (рисунок 3.14). Рациональнее применять затемняющие экраны, которые можно размещать как с наружной, так и с внутренней стороны теплицы. Затемняющие экраны максимально эффективны, поскольку предотвращают перегрев воздуха в теплице, снижают светопроницаемость и могут служить средством защиты от заморозков. Кроме того, преграждают доступ света к растениям, но не предохраняют от прохождения теплового излучения через стекло и нагрева теплицы.

Рисунок 3.14 Затеняющий экран в сооружениях защищенного грунта

В летние месяцы появляется необходимость ограничить поступление солнечного света, чтобы снизить не только освещенность, но и температуру в теплице. Слишком мощное солнечное излучение возможно опасно особенно в небольших теплицах. Растения в них находятся близко к стеклу, а относительно маленький объем воздуха быстро нагревается. Избежать ожогов и перегрева можно лишь при помощи своевременного и достаточного затенения в сочетании с хорошим проветриванием.

3.3 Влияние солнечного излучения на микроклимат в защищенном грунте

В основном, значительное количество исследований как российских, так и зарубежных ученых посвящено исследованию влияния солнечного излучения на продуктивность биологических объектов, выращиваемых в открытом и защищенном грунте. Это актуально при программировании урожая. В работах [59, 60] программирование урожая сельскохозяйственных культур предлагают проводить на основе следующих основных показателей:

1) лимитирующего природного фактора (влажность, теплота, фотосинтетическая активная радиация, плодородие почвы и т.п.);
2) потребности культуры определенного сорта в регулируемом факторе (удобрения, поливы);
3) величины применения регулируемого фактора на основе природных факторов, влияющих на урожай, и создают оптимальные условия для его формирования (мелиорация, агротехника). Итак, в процессе программирования учитывают не только природные факторы формирования урожая, но и реализацию комплекса мер, обеспечивающих запланированный урожай.

Важными из этого комплекса мер является накопление и использование влаги, химическая мелиорация, изменение состава удобрений, высокий уровень агротехники, использования высокопродуктивных сортов, которые способствуют получению продукции высокого качества. При определении запланированного урожая следует учесть природные факторы и правильно оценить возможность использования реальных ресурсов. В основе программирования уро-

жаев лежит требование удовлетворения потребностей растений в жизненно важных ресурсах для получения заданного урожая.

Поскольку правильно управлять природными факторами в открытом грунте (например, погодой), особенно в засушливые периоды, невозможно, это обусловливает значительное расхождение между величинами запланированного и фактически полученного урожая. Закрытый грунт позволяет проводить регулирование природных факторов и поддерживать их в пределах, необходимых для качественного выращивания культур и получения максимального урожая.

Другая часть исследований [61, 62] посвящена изменению температуры, влажности и содержания углекислого газа в атмосфере земли под влиянием ФАР и естественного солнечного излучения.

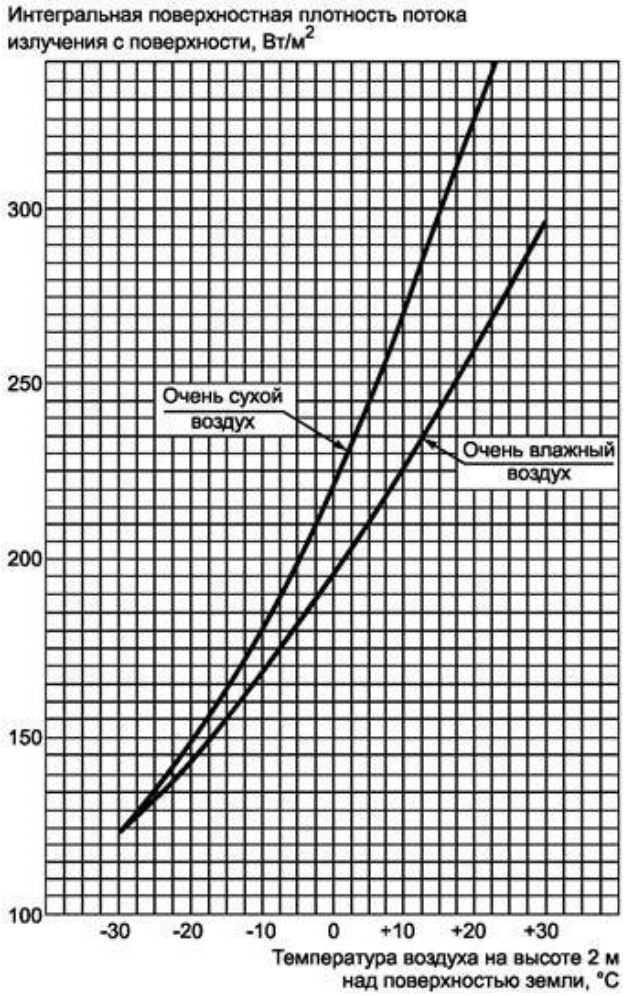


Рисунок 3.15 Излучение тепла в атмосферу при ясном ночном небе

Исследований и анализа экспериментальных данных, посвященных напрямую взаимосвязи солнечного излучения, температуры и влажности в защи-

щенном грунте нет. Непосредственная зависимость вышеуказанных факторов, но для технических изделий и устройств, представлена в национальном стандарте РФ ГОСТ Р 53615-2009 [63]. Здесь рассмотрен вопрос определения низших возможных значений излучения тепла с поверхности изделия в атмосферу при ясном ночном небе (рисунок 3.15).

Эти значения можно использовать для определения дополнительного понижения температуры поверхности изделия, находящегося ночью под открытым небом. К сожалению, данные, представленные в этом стандарте применимы только в промышленности. Для изучения взаимосвязанности солнечного излучения, температуры и влажности в условиях защищенного грунта необходимо провести собственные экспериментальные исследования.

3.4 Экспериментальные исследования взаимного влияния параметров микроклимата в защищенном грунте

Исследование микроклимата в теплицах, но без учета их взаимного влияния, были проведены в работах [10, 16, 21, 26, 27, 31, 35, 36] и др.

Таблица 3.2 Объекты экспериментальных исследований.

Наименование тепличного предприятия, название, место расположения	**Технологический уровень тепличного предприятия (краткое описание)**	**Документ, подтверждающий результат исследования**
ОАО «ТЕПЛИЧНЫЙ КОМБИНАТ «ЗАВЬЯЛОВСКИЙ» 427011, Удмуртская Республика, Завьяловский район, д. Хохряки, ул. Тепличная, 11, расстояние 17 км, доставка автобусом образовательного учреждения	высокий (полная автоматизация всех технологических процессов)	Договор о внедрении результатов НИОКР и участии в проведении НИОКР, протоколы испытаний и акт внедрения (Приложение 3 и 4)
ООО «Декоративно-цветочные культуры» 426039, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Оранжерейная, 2, расстояние 11 км, доставка автобусом образовательного учреждения	высокий (частичная автоматизация всех технологических процессов)	
ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ «ЛИЛИЯ» 427970, Удмуртская Республика, Сарапульский район, г. Сарапул, ул. Горького, 77, расстояние 60 км, доставка автобусом образовательного учреждения	высокий (полная автоматизация всех технологических процессов)	

При поддержке Департамента научно-технической политики и образования Минсельхоза России и в соответствии с письмом №13/570 от 20.03.2015 года мы провели экспериментальные исследования на следующих предприятиях защищенного грунта в Удмуртской Республике.

В табличной форме результаты исследований, проведенных нами в 2005 и 2014 годах, приведены в Приложениях 1 и 2. Результаты наших исследований подтверждены протоколами испытаний, представленными в Приложениях 3 и 4. Для исследования мы применяли приборы, зарегистрированные в государственном реестре и имеющими свидетельства о поверке в сертифицированных центрах стандартизации и метрологии. Эксперименты на всех предприятиях проводились в типовых промышленных теплицах площадью 1,58 га, построенных по типовому проекту 373Д-60/2012. Схема устройства промышленной теплицы и ее вид представлены на рисунке 3.16.

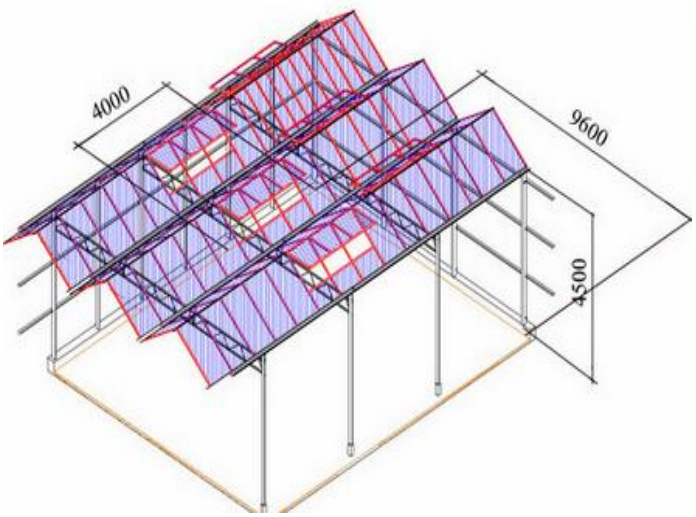


Рисунок 3.16 Схема устройства промышленной теплицы и ее внешний вид

Таким образом, мы исследовали изменение микроклиматических параметров в течение двух лет в одинаковых теплицах не менее чем в пяти повторностях. Данные национального стандарта РФ ГОСТ Р 53615-2009 [63], представленные на рисунке 3.15 поставили перед нами следующие вопросы:

1. Взаимосвязь между естественной освещенностью, температурой и влажностью в условиях защищенного грунта имеет какой характер?

2. Какой из трех вышеперечисленных факторов микроклимата является определяющим и как он влияет на остальные?
3. Какова динамика изменения основных параметров микроклимата в условиях защищенного грунта с течением времени?
4. Возможно, с помощью современных электротехнологий учесть изменение параметров микроклимата для повышения точности их регулирования?
5. Как изменяются эти параметры в поперечном сечении и рабочем объеме теплиц современного типа?

Для ответов на эти вопросы мы проводили эксперименты по одинаковой схеме (рисунок 3.17) на разных предприятиях и разных объектах защищенного грунта с одинаковыми условиями эксплуатации. В теплицах мы определили контрольные точки измерения параметров микроклимата.

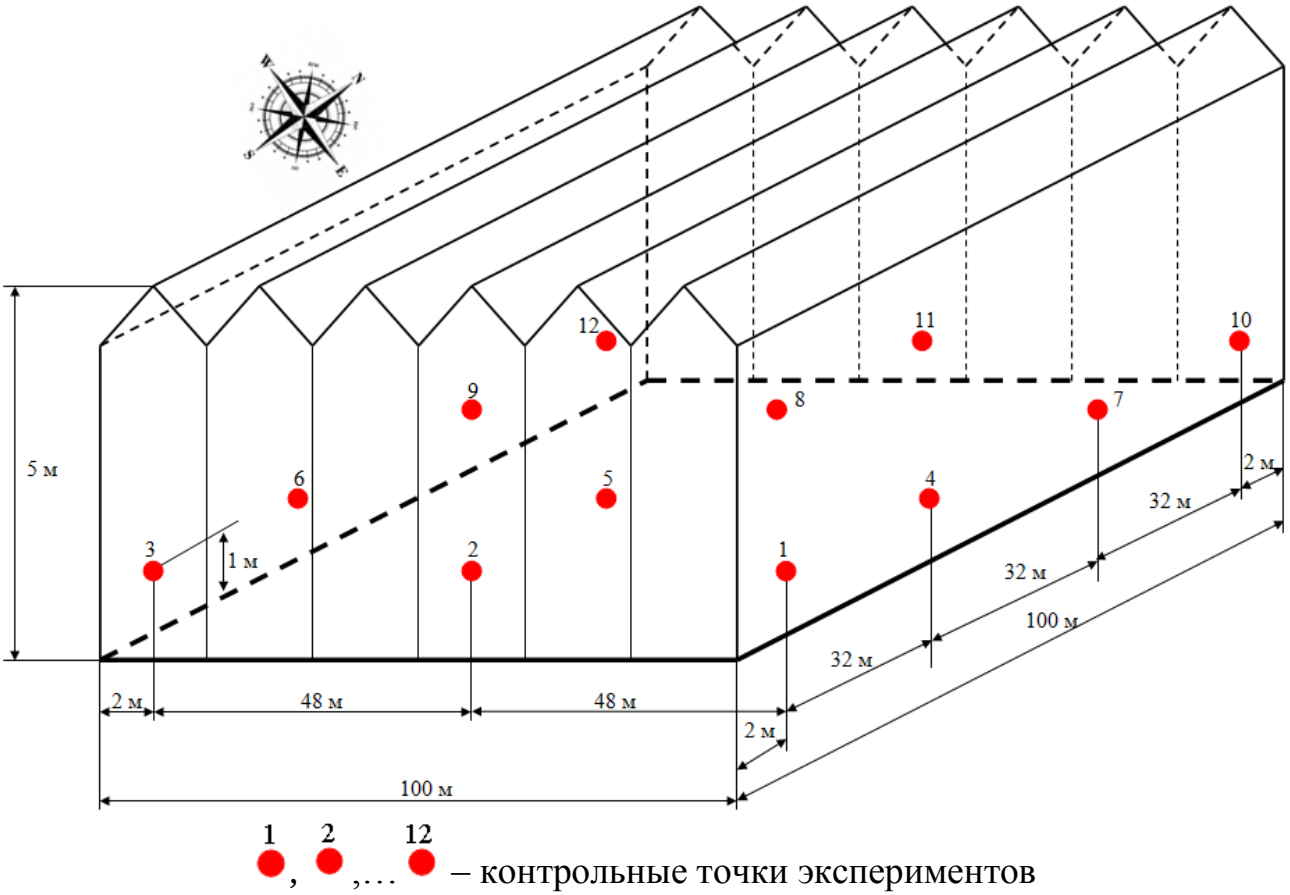


Рисунок 3.17 Схема экспериментов

Важнейшим источником, от которого поверхность Земли и атмосфера получают тепловую энергию, является Солнце. Оно посылает в мировое про-

странство колоссальное количество лучистой энергии. Солнечная радиация определяет температурный режим воздушной тропосферы Земли. Проходя через атмосферу, примерно четвертая часть солнечной радиации рассеивается молекулами газов и примесями, отклоняется от прямого пути.

Солнечная радиация распределяется по земле неравномерно. Это зависит: от плотности и влажности воздуха; от географической широты местности; от годового и суточного движения Земли; от характера земной поверхности. Способность поверхности отражать радиацию называется **альбедо** (от лат. белизна). Особенно сильно отражает радиацию снег (90 %), слабее песок (35 %), еще слабее чернозем (4 %) [64].

Присутствие в составе атмосферы углекислого газа и водяного пара не позволяет теплу, отраженному от земной поверхности, беспрепятственно уходить в космическое пространство. Создается парниковый эффект, благодаря которому перепад температуры на Земле в течение суток не превышает 15°С.

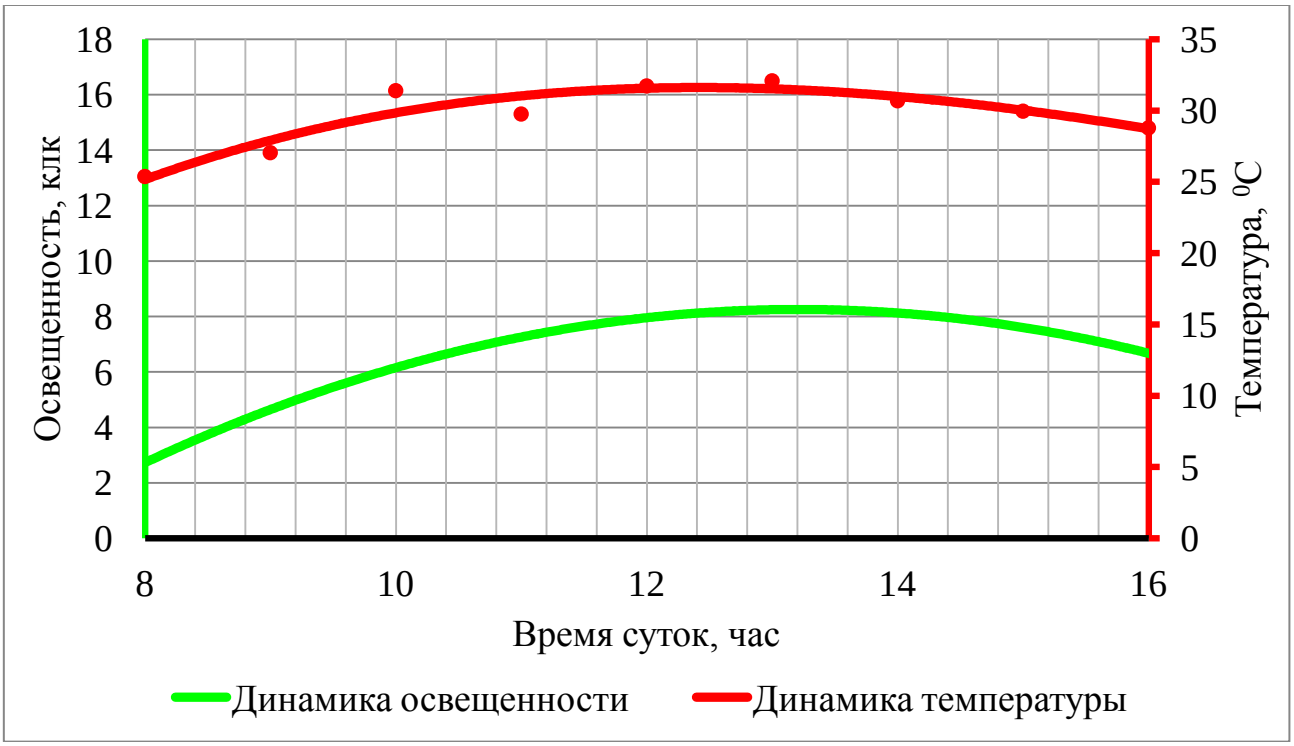


Рисунок 3.18 Динамика освещенности и температуры

Несомненно, описанное выше влияние естественного солнечного излучения на температурный режим присутствует в условиях защищенного грунта. Математическая обработка экспериментальных данных усредненных значений

естественной освещенности и температуры в теплицах показала результат, представленный на рисунке 3.18.Температура и влажность являются ведущими климатическими факторами и тесно взаимосвязаны между собой [65].

При неизменном количестве воды в воздухе относительная влажность увеличивается, когда температура падает. Сочетание температуры и влажности часто играет решающую роль в жизнедеятельности биологических объектов. Взаимодействие температуры и влажности зависит не только от относительной, но и от абсолютной их величины. Например, температура оказывает более выраженное влияние на организмы в условиях влажности, близкой к критической.

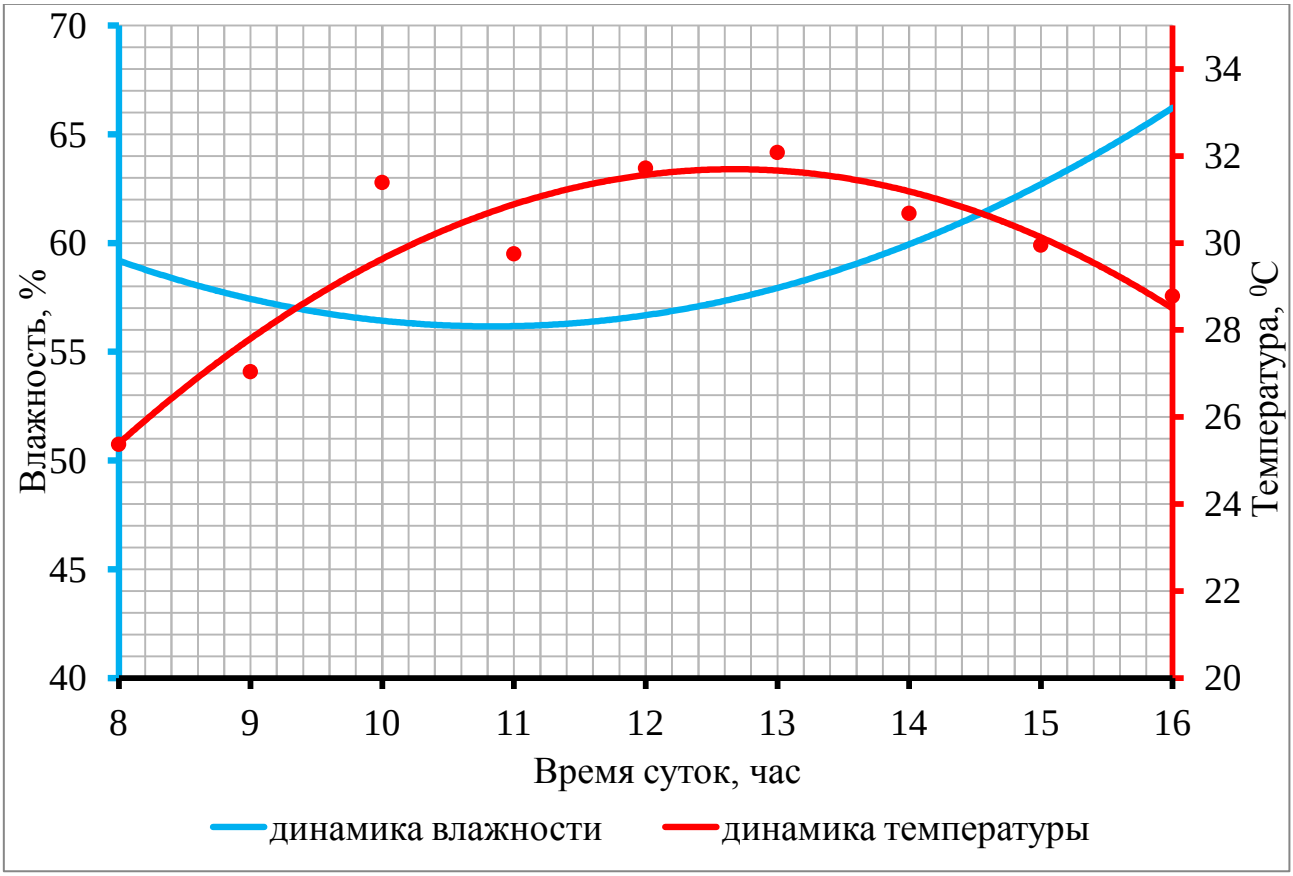


Рисунок 3.19 Динамика влажности и температуры

Взаимосвязь температуры и влажности хорошо отражают климадиаграммы, составленные по способу Вальтера-Госсена, на которых в определенных масштабах сопоставлен годовой ход температуры воздуха с ходом выпадения осадков. Климадиаграммы можно построить для отдельных лет, а расположив последовательно и непрерывно одну за другой, получить климатограмму. На климатограммах легко прослеживаются экстремально сухие или экстремально

холодные годы, что является весьма полезным для определения пригодности комбинаций температуры и влажности в районах предполагаемой интродукции растений или промысловых диких животных. [65].

Анализ рисунков 3.19 и 3.20 показывает, что при повышении естественной освещенности в условиях защищенного грунта, не смотря на возмущающие воздействия окружающей среды, повышается температура. Аналогично: при повышении температуры, как и в естественных условиях, снижается влажность. Таким образом, освещенность влияет как на температуру, так и на влажность воздуха в условиях защищенного грунта. Изменение освещенности и влажности в теплицах в течение времени представлены на рисунке 3.20.

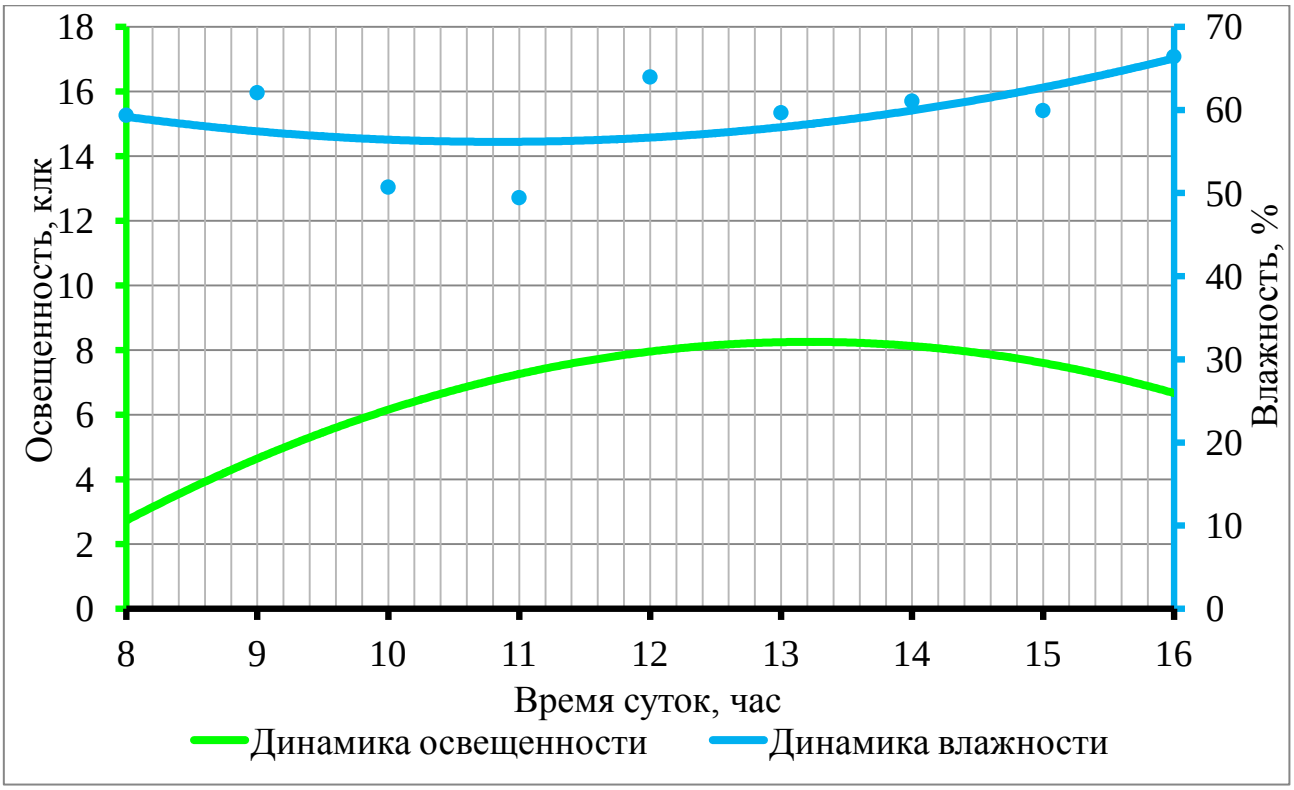
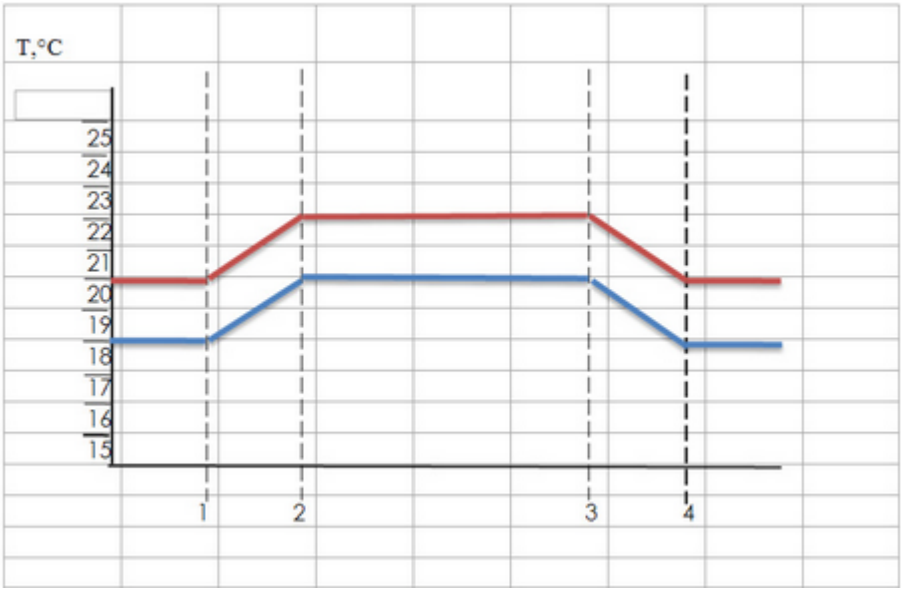


Рисунок 3.20 Динамика освещенности и влажности

Исследования параметров микроклимата проводились в рабочее время с 8 до 16 часов. К сожалению, динамику микроклиматических параметров в условиях защищенного грунта в другое время провести не удалось в связи с тем, что на всех предприятиях существует строгий пропускной режим. В ночное время все параметры микроклимата поддерживаются автоматически по зависимостям, внесенным в память регулирующих микроконтроллеров.

Обеспечение «правильных» для биологических объектов параметров микроклимата в течение суток, сезона года, периодов (стадий) их развития приводит к экономическому успеху предприятия. «Правильные» параметры микроклимата позволят получить продукцию высокого качества в большом объеме с наименьшими затратами на единицу продукции. Например, в ООО «Декоративно-цветочные культуры» для выращивания здоровых, с сильной корневой системой кустов роз, необходимо с момента посадки до первой срезки температуру воздуха выдерживать на уровне 22^{0}С в дневное время (или в период работы системы электрооблучения) – «день», а ночью 20^{0}С. С момента первой срезки и далее стараются выдерживать дневную температуру на уровне 19…21^{0}С, ночную на уровне 16…18^{0}С. Температурный график, по которому работает их система поддержания температуры, представлен на рисунке 3.21.



1 – восход солнца; 2 – спустя 2 часа после восхода солнца;
3 – 1…1,5 часа до захода солнца; 4 – заход солнца;
– температура вентиляции; – температура воздуха в теплице

Рисунок 3.21 График температуры воздуха и температуры вентиляции фрамугами в ООО «Декоративно-цветочные культуры»

Далее, мы обратили внимание на то, что при аппроксимации экспериментальных данных по температуре (рисунки 3.18 и 3.19) полиноминальной функцией 2 порядка с достаточно высокой достоверностью аппроксимации R^2=0,862 носит выпуклообразный характер (3.1). Дальнейшее повышение порядка полиноминальной функции не принесло повышения достоверности аппроксимации.

$$\mathbf{t = -0,288 \cdot \tau^2 + 7,321 \cdot \tau - 14,69}, \qquad (3.1)$$

где $\boldsymbol{t}$ – температура в теплице, ^{0}C; $\boldsymbol{\tau}$ – время наблюдений.

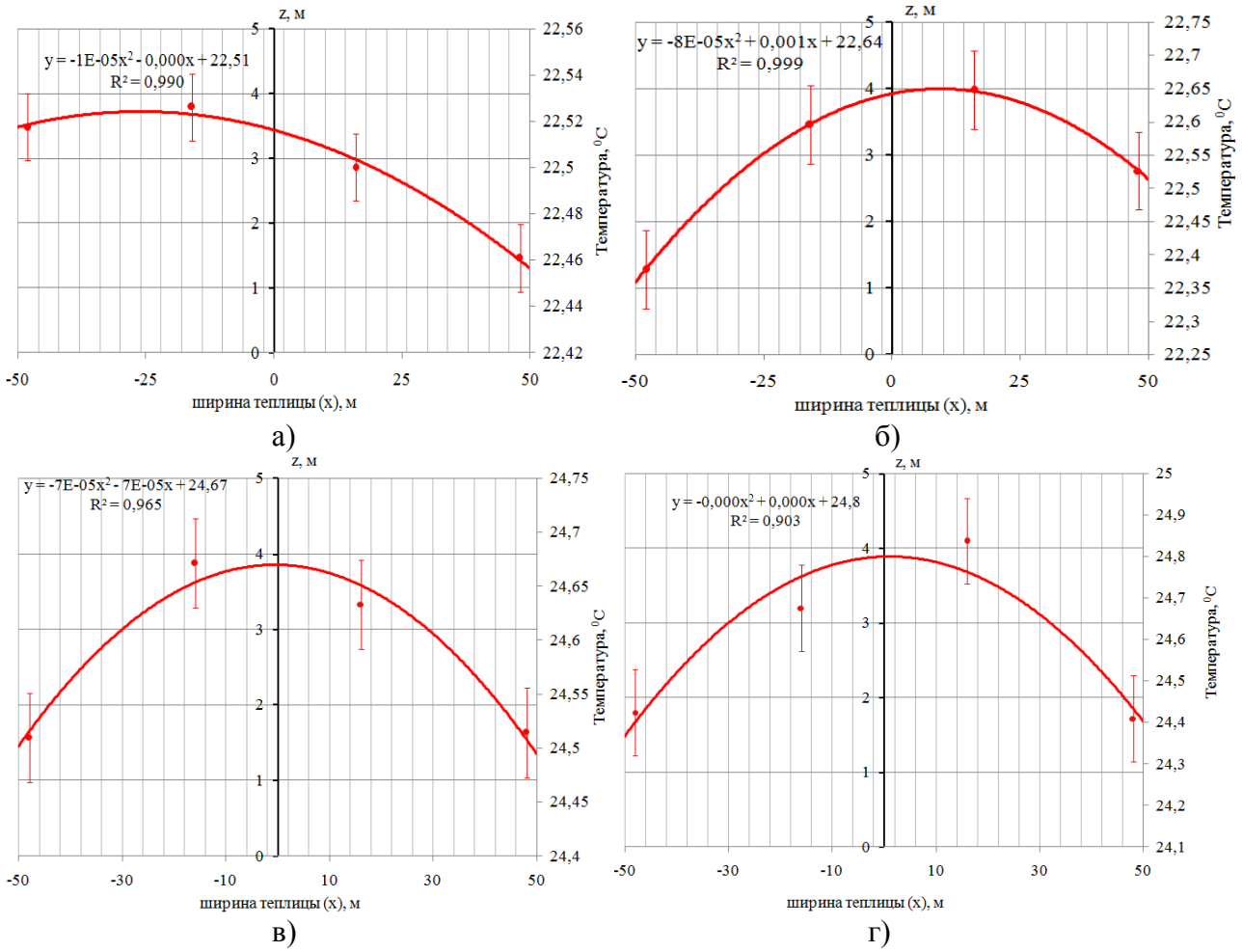


Рисунок 3.22 Температура под коньком теплицы в поперечном сечении

Этот факт поставил перед нами следующие вопросы: имеет ли выпуклообразную форму изменение температуры в поперечном сечении рабочего объема теплицы и насколько верна математическая модель, предложенная нами во второй главе? Для ответа мы провели анализ изменения температуры в поперечном сечении теплицы. Математическая обработка среднеарифметических температур за весь период наблюдений (Приложение 1) и построение по ним аппроксимирующих кривых дали результат, представленный на рисунке 3.22.Во всех четырех исследуемых объектах защищенного грунта изменение температуры под коньком теплицы может быть описано полиноминальной функцией 2-го порядка с экстремумом, т.е. параболической кривой. Отсюда

можно сделать заключение, что наиболее теплое место в любой теплице будет под коньком теплицы в самом ее центре. Кроме того, температурное поле в теплице можно описать, как мы и предполагали ранее, телом вращения полиноминальной кривой второго порядка – эллипсоидом, вписанным в геометрические размеры объекта защищенного грунта, т.е. параллелепипеда (рисунок 3.23). Таким образом, наши выводы по форме температурного поля в объектах защищенного грунта совпадают с представленными в [24].

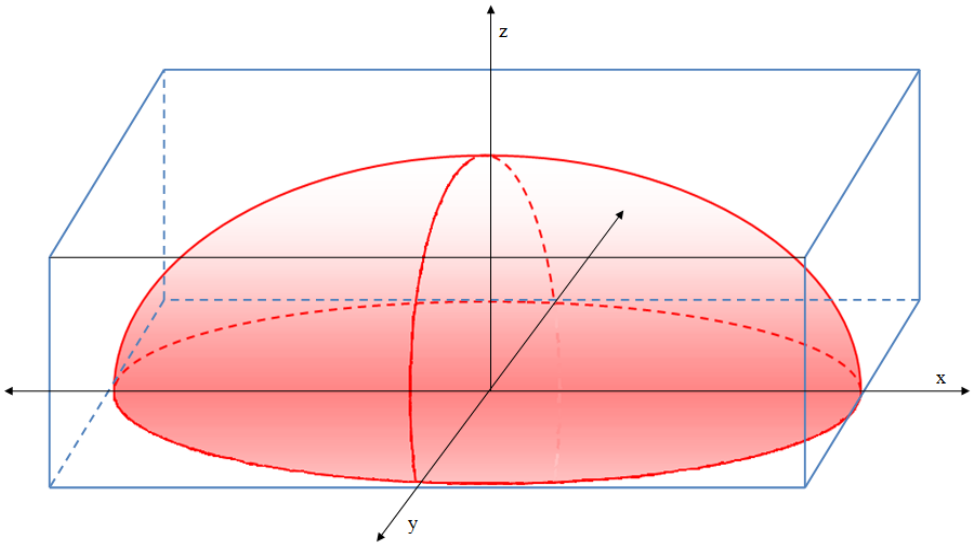


Рисунок 3.23 Температурное поле в теплице

Следовательно, при рассмотрении температурного поля в сечении по оси ***x*** или ***y*** при отсутствии затеняющего экрана мы получим изотермы, как показано на рисунке 3.24.

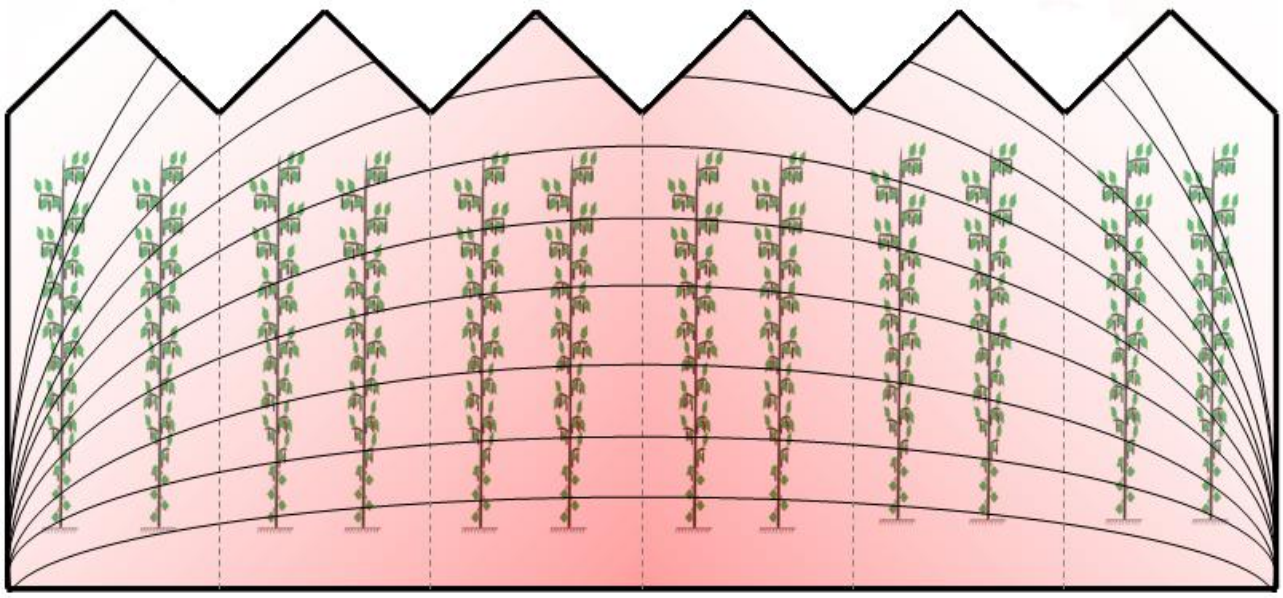


Рисунок 3.24 Изотермы в теплице без экрана

Как было отмечено выше, в летний период экран применяют для устранения такого эффекта как ингибирование светом растений, а в зимний период применение экрана в условиях средней полосы России, т.е. в условиях умеренного климата, например, как в Удмуртской Республике позволит получить энергосберегающий эффект (рисунок 3.25).

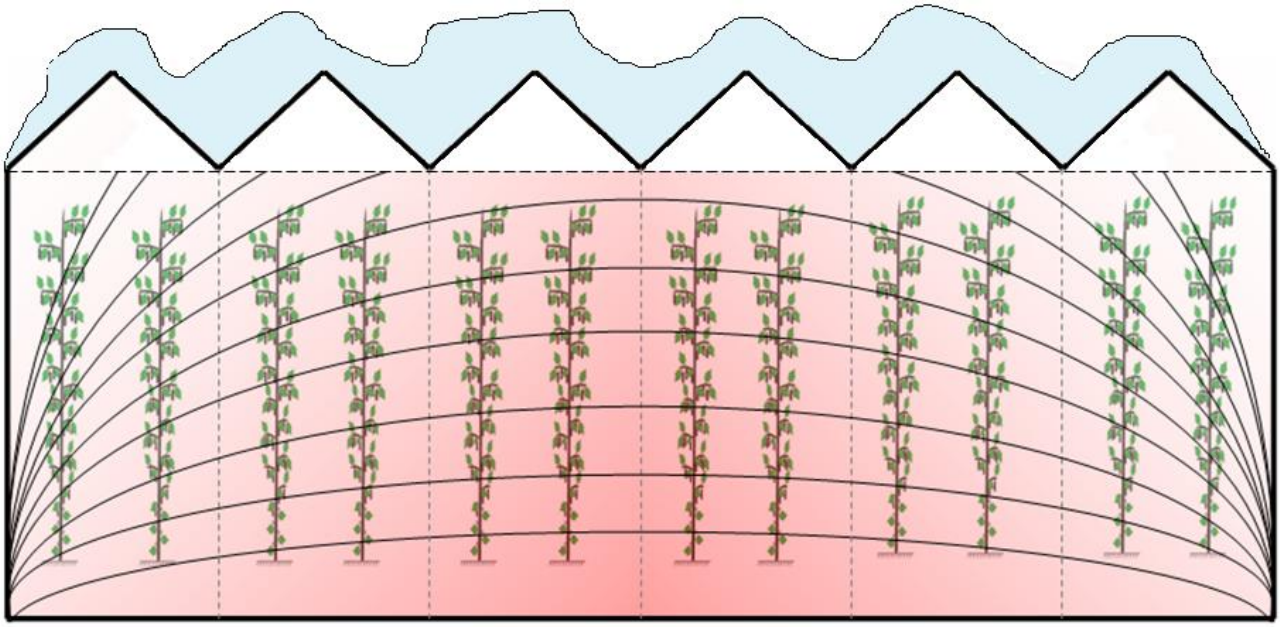


Рисунок 3.25 Энергосберегающий эффект

Проведя анализ агротехнологических требований к производству овощей в условиях защищенного грунта [66,67, 68, 69], представленный в таблице 3.3, можно сделать вывод, что для различных культур необходимо обеспечивать различные параметры микроклимата.

Таблица 3.3 Агротехнологические требования производства овощей

№ п/п	Тепличная культура	Агротехнологические требования			
		освещенность, клк	CO_2, %	температура, ^0C	относительная влажность, %
1.	Огурец	2…2,4	0,3…0,5	22…25	70…80
2.	Томаты	2…20	0,07…0,1	24…28	50…65
3.	Перец	30…40	0,3…0,5	18…25	75…80
4.	Роза	35…40	0,2…0.4	16…21	75…80

Например, для производства огурца не требуется обеспечение высокого уровня естественной освещенности и, наоборот, при культивировании томатов, перца сладкого и розы необходимо поддерживать достаточно высокий уровень

естественной ФАР. Что касается температурного режима, то для производства огурца и томатов, поскольку они являются выходцами из экваториальной и субэкваториальных зон южной Америки, необходимо обеспечивать для получения высокого урожая достаточно равномерную и энергозатратную технологию поддержания температуры на требуемом уровне. Влажность также играет не маловажную роль при производстве продукции защищенного грунта. В процессе вегетации биологических объектов ее значения должны находиться в краевых зонах, представленных в [66,67, 68, 69] и таблице 3.3. Это необходимо для обеспечения высокого урожая и снижения заболеваний у растений, вызываемых высоким или низким уровнем влажности.

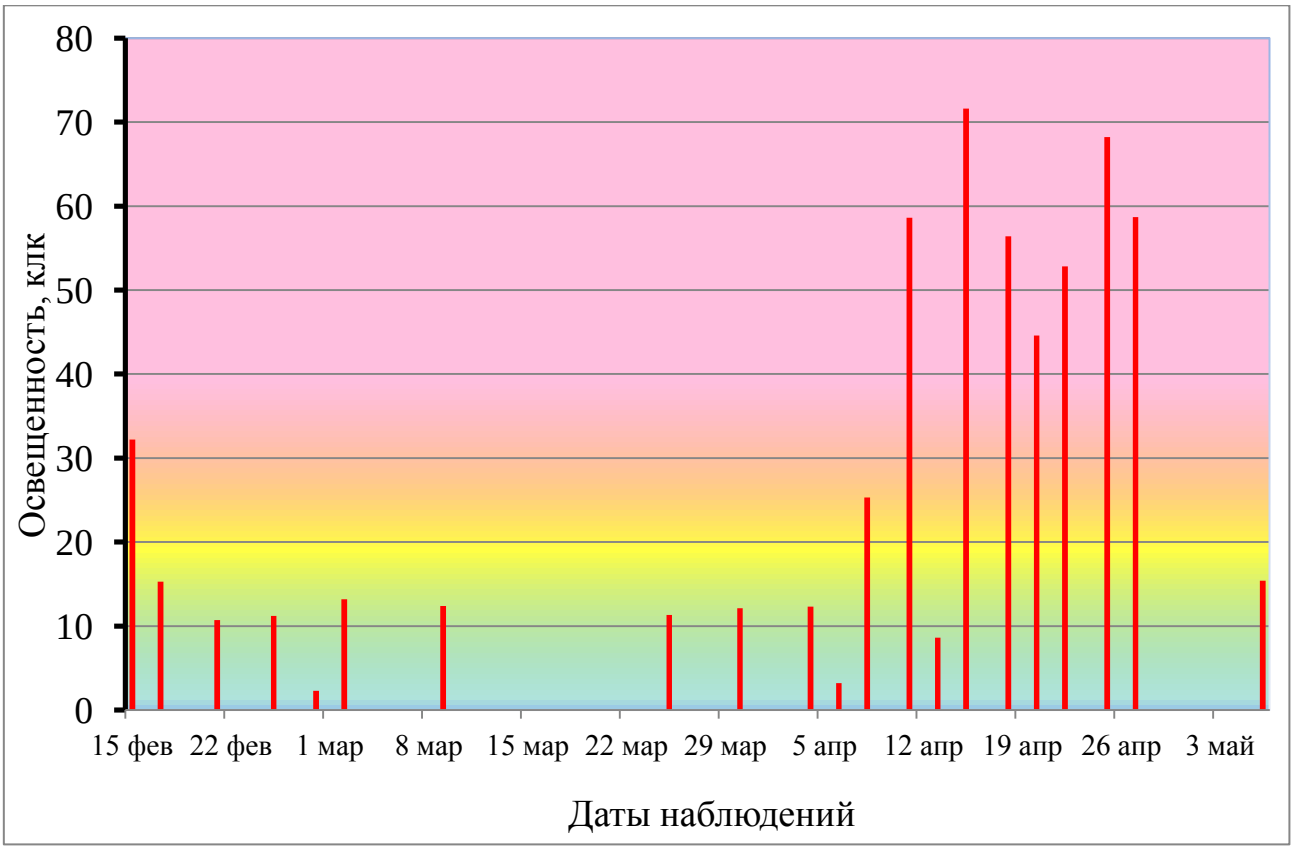
Наблюдения за уровнем естественной освещенности в период с 15 февраля по 6 мая 2014 года показали результаты, представленные на рисунке 3.26.

Здесь становится очевидным следующее: управлять температурой, влажностью и содержанием CO_2 в теплицах уже возможно, а управление уровнем естественной освещенности не осуществимо. Системы управления должны учитывать изменяющийся уровень освещенности и, поскольку освещенность - определяющий фактор для микроклимата теплиц, т.е. влияет на температуру и влажность, сокращать потребление энергоресурсов.

Анализ рисунка 3.26 показывает, что в исследуемых теплицах, т.е. в условиях световой зоны Удмуртской республики, уровень естественной освещенности достаточен только для производства огурца, как наименее требовательной культуры к свету. При производстве остальных биологических объектов защищенного грунта необходимо в пасмурные дни открывать защитный экран для удаления снежного покрова с теплиц и тем самым увеличивать уровень, естественной облученности. Кроме того, автоматические системы управления микроклиматом в теплицах должны иметь функцию подключения источников искусственного излучения (ИИИ).

Источником углерода для процесса фотосинтеза является углекислый газ. Попытки заменить углекислый газ угарным (CO) не увенчались успехом. В основном в процессе фотосинтеза используют CO_2 атмосферы. Содержание CO_2 в

воздухе составляет всего 0,03% [68, 70]. Существует другая единица измерения концентрации CO_2 в воздухе – это ppm – миллионная доля (пропромилле) – единица измерения каких-либо относительных величин, равная $1 \cdot 10^{-6}$ от базового показателя. Эта величина аналогична по смыслу проценту или промилле. Обозначается сокращением ppm (от англ. parts per million или лат. pro pro mille, читается «пи-пи-эм», «частей на миллион»), 1% = 10000 ppm [72]. Следовательно, содержание CO_2 в воздухе равно 300 ppm.



2,0…2,4 клк – необходимая освещенность для производства огурца
20 клк – необходимая освещенность для производства томатов
30 клк – необходимая освещенность для производства перца сладкого
40 клк – необходимая освещенность для производства роз

Рисунок 3.26 Уровень естественной освещенности

Процесс фотосинтеза осуществляется при содержании CO_2 не менее 0,008%. Повышение содержания CO_2 до 1,5% вызывает прямо пропорциональное возрастание интенсивности фотосинтеза и, как следствие, урожайности биологических объектов защищенного грунта [68, 71]. При повышении содер-

жания CO_2 свыше 1,5% фотосинтез продолжает возрастать, но уже значительно медленнее. При содержании CO_2 выше 70% наступает депрессия фотосинтеза. Есть растения, более чувствительные к повышению концентрации CO_2, у которых торможение фотосинтеза начинает проявляться уже при содержании CO_2, равном 5%. Повышение концентрации CO_2 оказывает ингибирующее влияние. Прежде всего, увеличение содержания CO_2 вызывает закрытие устьиц. Вместе с тем высокие концентрации CO_2 сказываются особенно неблагоприятно при высокой освещенности. Этот факт заставляет полагать, что CO_2 в определенных концентрациях ингибирует темновые ферментативные реакции.

В естественных условиях содержание CO_2настолько мало, что может ограничивать возрастание процесса фотосинтеза. Надо еще учесть, что в дневные часы содержание CO_2 в воздухе вокруг растений понижается.

В связи со сказанным увеличение содержания CO_2 в воздухе является одним из важных способов повышения интенсивности фотосинтеза и, как следствие, накопления сухого вещества растением. Однако в полевых условиях регулирование содержания CO_2 затруднено. Частично это может быть достигнуто с помощью поверхностного внесения навоза или других органических удобрений (мульчирование). Легче достигается повышение содержания CO_2 в закрытом грунте [67, 71]. В этом случае подкормки CO_2 дают хорошие результаты и должны быть широко используемы.

Исследования показывают, что среднее содержание CO_2 в воздухе, который составляет 0,03%, минимальный для растений. Поэтому увеличение его концентрации всегда способствует повышению энергии фотосинтеза и полезно для растений [68, 71].

Установлено, что в процессе фотосинтеза сельскохозяйственные растения на 1 га посева при обычных условиях роста усваивают из воздуха за сутки в среднем 120…250 кг CO_2. Для создания урожая озимой пшеницы 40 ц/га растения должны поглотить из воздуха не менее 20…25 т CO_2 Такое количество CO_2 содержится в слое воздуха высотой 200 м на 1 га посева [69, 71].

Распределение CO_2 в разных слоях атмосферы неодинаково. Наибольшее его количество содержится в приземном слое, а также в воздухе почвы. Особенно много CO_2 в почвенном воздухе пахотного слоя, где его количество достигает 0,12…2,5% Значительная концентрация CO_2 в почве (выше 1%) токсична для корней растений, жизнедеятельности большинства аэробных микроорганизмов. В солнечные дни при энергичном фотосинтезе содержание CO_2 в воздухе, которое окружает растение уменьшается до 0,012% [71].

Таким образом, анализ литературы по влиянию солнечного излучения на рост, развитие растений и концентрацию CO_2 в воздухе показал, что при повышении интенсивности солнечного излучения концентрация CO_2 в воздухе снижается. Для подтверждения этого факта по экспериментальным данным, представленным в Приложении 2 мы построили зависимость концентрации CO_2 в воздухе от естественной освещенности, результат представлен на рисунке 3.27. Эксперимент по исследованию концентрация CO_2 в воздухе сооружений защищенного грунта проводился в условиях отсутствия подкормки биологических объектов углекислым газом в 4 различных теплицах.

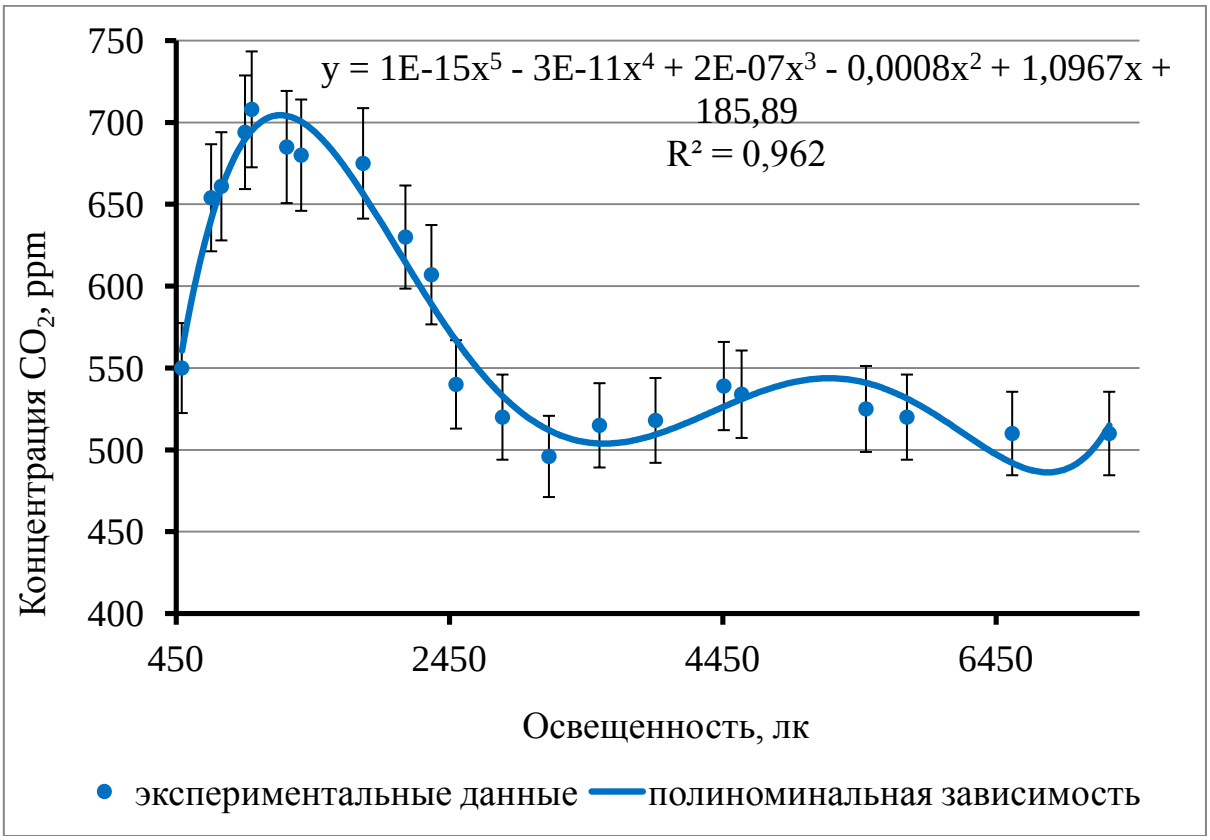


Рисунок 3.27 Зависимость концентрации CO_2 от освещенности

Все результаты экспериментальных исследований, проведенных нами по взаимному влиянию микроклиматических параметров в условиях защищенного грунта, сведены в таблицу 3.3.

Таблица 3.4 Взаимное влияние параметров микроклимата

Параметры	**Внутренние параметры микроклимата**			
	Освещен-ность	**Температура**	**Влажность**	CO_2
Освещенность **(↑/↓)**	↑/↓	↑/↓	↓/↑	↓/↑
Температура **(↑/↓)**	-	↑/↓	↓/↑	↓/↑
Влажность **(↑/↓)**	-	↓/↑	↑/↓	-
Концентрация CO_2 **(↑/↓)**	-	-	-	↑/↓

В любом случае, определение краевых зон параметров микроклимата для защищенного грунта должны быть установлены агрономами, а электротехнологии должны иметь функцию автоматического поддержания их в задаваемых пределах и учитывать их взаимное влияние друг на друга. Поэтому актуально модернизировать и разрабатывать, взаимосвязанные электротехнологии управления микроклимата и разрабатывать и предлагать более гибкие алгоритмы для регулирования параметров микроклимата в условиях защищенного грунта.

3.5 Выводы по главе

На основании результатов собственных экспериментальных исследований, изложенных в настоящей главе, можно сделать следующие выводы:

- Определяющим микроклиматическим фактором является естественная освещенность. В современных условиях ЗГ регулирование верхнего предела уровня естественной освещенности не представляется возможным, но, как правило, находится в пределах 50 клк в средней широте РФ.
- Температура зависит от уровня естественной освещенности. Температурное поле в теплице представляет собой эллипсоид, образованный вращением изотермических кривых, которые имеют достоверность аппроксимации R^2=0,97, и описываются полиноминальными функциями второго порядка.

- Влажность косвенно зависит от естественной освещенности: при повышении освещенности повышается температура и, как следствие, снижается влажность. Влажность и температура хорошо регулируются современными средствами автоматизации в условиях защищенного грунта.
- Концентрация CO_2 в воздухе зависит от освещенности и косвенно от температуры. При повышении освещенности концентрация CO_2 снижается, поэтому для получения высоких урожаев концентрацию CO_2 в условиях защищенного грунта необходимо искусственно поддерживать в пределах 1,5%.
- Алгоритмы управления взаимосвязанных электротехнологий и микроклиматом в теплицах должны учитывать взаимное влияние параметров микроклимата друг на друга и оперативно реагировать на их изменение, что позволит сократить затраты энергоресурсов.

4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

На основании выводов, приведенных в предыдущих главах, мы доказали, что существует необходимость модернизации программ и алгоритмов работы исполнительных механизмов (ИМ) электрооборудования для обеспечения требуемых параметров микроклимата защищенного грунта в краевых зонах в соответствии с агротехнологическими требованиями для культивируемых растений.

4.1 Анализ алгоритмов управления микроклиматом в теплицах

Значительный вклад в разработку алгоритмов управления микроклиматом защищенного грунта провели ученые: академик Бородин И.Ф., Ерков А.А., Живописцев Е.Н., Захаров А.А., Коломиец А.П., Кирилин Н.И., Кондратьева Н.П., Листов П.Н., Мусин А.М., Прищеп Л.Г., Судник Ю.М., Шичков Л.П. и др. в работах [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

Кроме того, много предложений по использованию оборудования для микроклимата защищенного грунта можно найти в сети Internet. Например, НПФ «ФИТО» предлагает функциональную схему и алгоритм системы управления микроклиматом, представленную в [73] и на рисунке 4.1.

Разработчики этой системы управления в понятие режим микроклимата классически включают четыре показателя: это температура воздуха, влажность, количество света и уровень углекислого газа. Для управления перечисленными параметрами теплицы оборудуются, так называемыми, исполнительными системами: системой отопления, вентиляции, облучения растений, системой подкормки CO_2. Эти системы поддерживают не только основные показатели микроклимата, но и позволяют контролировать упоминавшийся расширенный набор показателей, таких как температуру листа, влажность листа, распределение температуры воздуха по вертикальному срезу теплицы, скорость движения воздуха и т.д. [73]. Архитектура климат-компьютеров, представленная на рисунке 4.1, позволяет в полностью автоматическом режиме управлять всеми известны-

ми типами исполнительных систем теплицы со строгим соблюдением заданного агрономом режима.

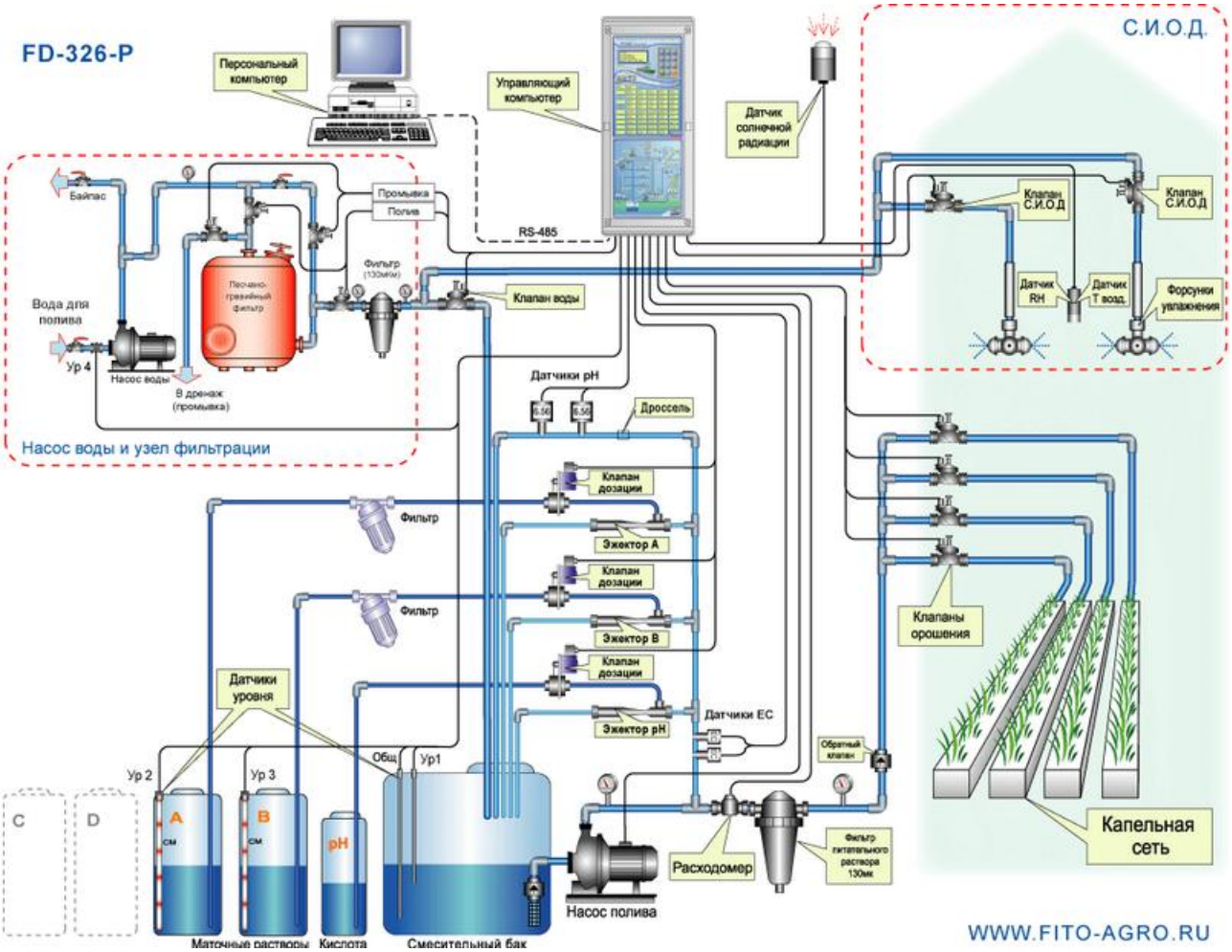
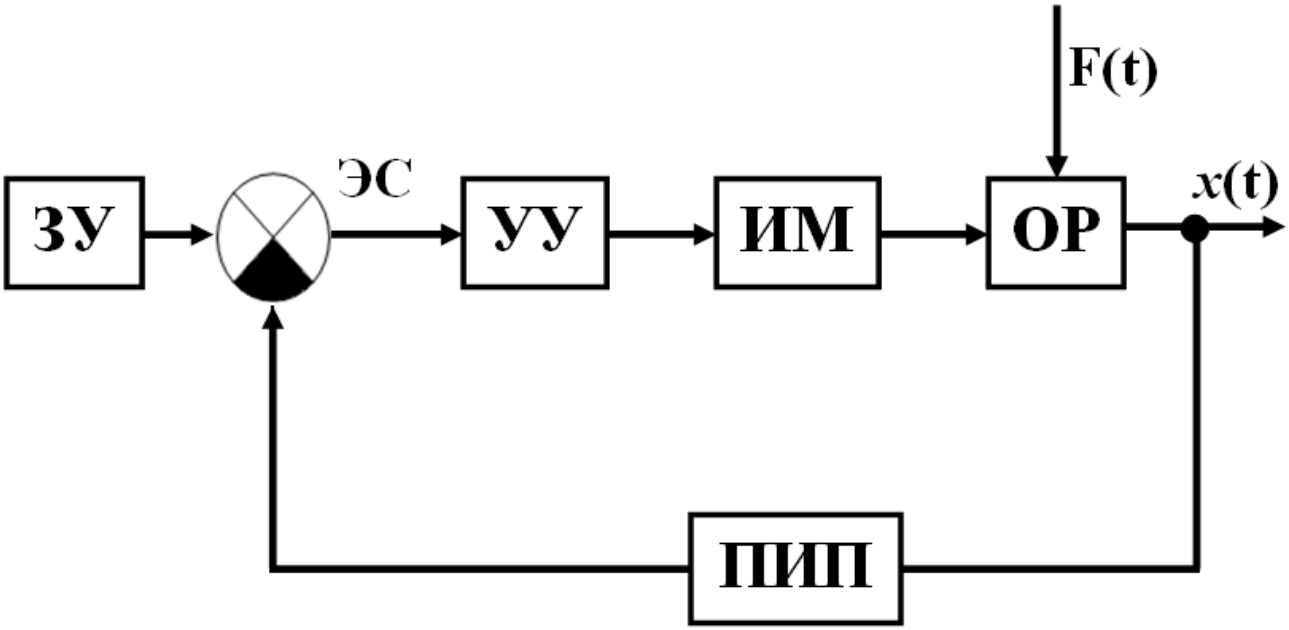


Рисунок 4.1 Система управления микроклиматом теплицы ООО НПФ «ФИТО»

Ядром таких систем является промышленный контроллер управления, разработанный специалистами фирмы «ФИТО» специально для теплиц. Благодаря современной элементной базе из импортных комплектующих контроллеры имеют высокий показатель бесперебойной и надежной работы.

К сожалению, в таких системах все параметры микроклимата регулируют отдельно без учета взаимного влияния параметров микроклимата друг на друга по одноконтурной или многоконтурной схемам. Одноконтурная система регулирования (рисунок 4.2) или простой контур регулирования - это система регулирования с одним контуром, который обычно содержит только один первичный измерительный преобразователь и обеспечивает обработку только одного входного сигнала на управляющее устройство. В этом случае, система управле-

ния не может определить, как изменится регулируемая величина в ближайшее время. Возможно применение систем управления по нескольким параметрам. В них имеется два или больше датчиков, и они обрабатывают больше, чем один входной сигнал на управляющее устройство. Эти системы автоматического регулирования называют «многоконтурными» системами регулирования [21, 74].



ЗУ – задающее устройство; ЭС – элемент сравнения;
ИМ – исполнительный механизм; ОР – объект регулирования;
ПИП – первичный измерительный преобразователь (датчик);
F(t) – возмущающие воздействия; x(t) – регулируемая величина.

Рисунок 4.2 Одноконтурная схема регулирования

Взаимосвязанные системы управления микроклиматом в защищенном грунте по нескольким параметрам, например, по влажности и температуре, были предложены в [25]. Здесь разработана обобщенная структура системы взаимосвязанного управления температурой и влажностью воздуха в теплотехническом объекте (рисунок 4.3). В этой работе предлагают формировать алгоритмы управления по критерию оптимальности и утверждают, что это однозначно обеспечивает оптимальность всех алгоритмов функционирования для любых внешних детерминированных и случайных воздействий по всем признакам качества (запасу устойчивости, точности и чувствительности). Следует отметить, что в работе [25] оптимальные структуры регуляторов $W_{рег}$ будут сложнее, а сформированные по критерию оптимальности k_{x1g} проще и дешевле, поэтому

необходимо учитывать как техническую, так и экономическую стороны реализации оптимальных структур.

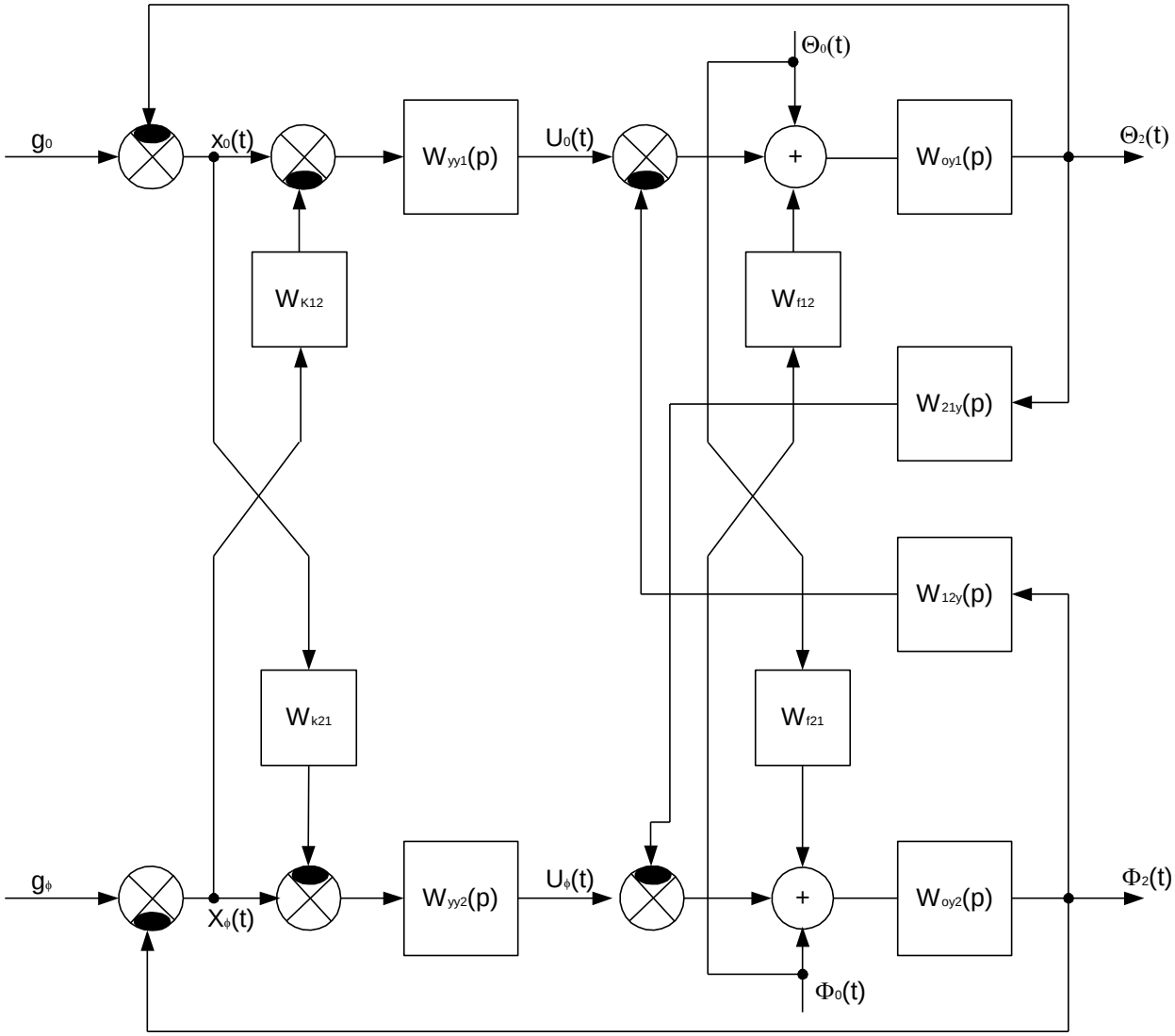


Рисунок 4.3 Обобщенная структура системы взаимосвязанного управления температурой и влажностью воздуха в теплотехническом объекте

Авторы в [25] предлагают при проектировании многомерных систем с взаимосвязанными параметрами наряду с принципом «от общего к частному» использовать принцип инвариантности. Методология формирования оптимальных алгоритмов управления и функционирования рассмотрена на примере системы взаимосвязанного управления температурой и влажностью с.-х. теплотехнического объекта (закрытый грунт). В этой работе также уточнено, что для получения передаточных функций объектов основных каналов регулирования

W_{oy1}, W_{oy2} и каналов взаимосвязи между собой W_{21y}, W_{12y} должны быть определены функции, раскрывающие такие связи.

В описанном выше примере для каналов управления температурой Θ_2 и влажностью φ_2 воздуха в ТО использовано уравнение Вукаловича М.П., Новикова И.И.:

$$P_* V_*^3 + (2P_* - T_*)V_*^2 + \frac{1}{2}(T_* + 1)V_* + 1 = 0, \qquad (4.1)$$

где P, V, T – соответственно давление, объем и температура (^0K) внутри ТО.

Выражение (4.1) представляет собой аналитическую функцию по переменной V_*, представленную в неявной форме. Из него для управляемых параметров и параметров взаимовлияния, приведенных к единичному воздействию, получены соответствующие передаточные функции:

- объекта управления первого канала регулирования по температуре

$$W_{ОУ1} = L\left[\left(\frac{\partial\Theta}{\partial Q}\right)_0 \frac{dQ}{dt}\right]_{при \frac{d\varphi}{dt}=0} = \frac{k_\Theta}{p};$$

- объекта управления второго канала регулирования по влажности

$$W_{ОУ2} = L\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial d_*}\right)_0 \frac{d d_*}{dt}\right]_{при \frac{dT}{dt}=0} = \frac{k_\varphi}{p};$$

- взаимосвязи параметров канала температуры с каналом влажности

$$W_{ОУ12} = L\left[\left(\frac{\partial\Theta}{\partial\varphi}\right)_0 \frac{d\varphi}{dt}\right]_{при \frac{dQ}{dt}=0} = \frac{b_{12}p + 1}{p\left(T_{2_{12}}p^2 + T_{1_{12}}p + 1\right)};$$

- взаимосвязи параметров канала влажности с каналом температуры

$$W_{ОУ21} = L\left[\left(\frac{\partial\varphi_2}{\partial T}\right)_0 \frac{dT}{dt}\right]_{при \frac{d d_*}{dt}=0} = \frac{b_{21}p + 1}{p\left(T_{2_{21}}p^2 + T_{1_{21}}p + 1\right)},$$

где Q, d_* - соответственно тепловой поток и влагосодержание внутри ТО; k_Θ, k_φ - коэффициенты усиления объекта управления ТО по температуре и влажности.

В других работах [75, 76] разработаны управление по влажности и температуре (рисунок 4.4), а также алгоритм для программы регулирования температуры с помощью вентиляторов (рисунок 4.5).

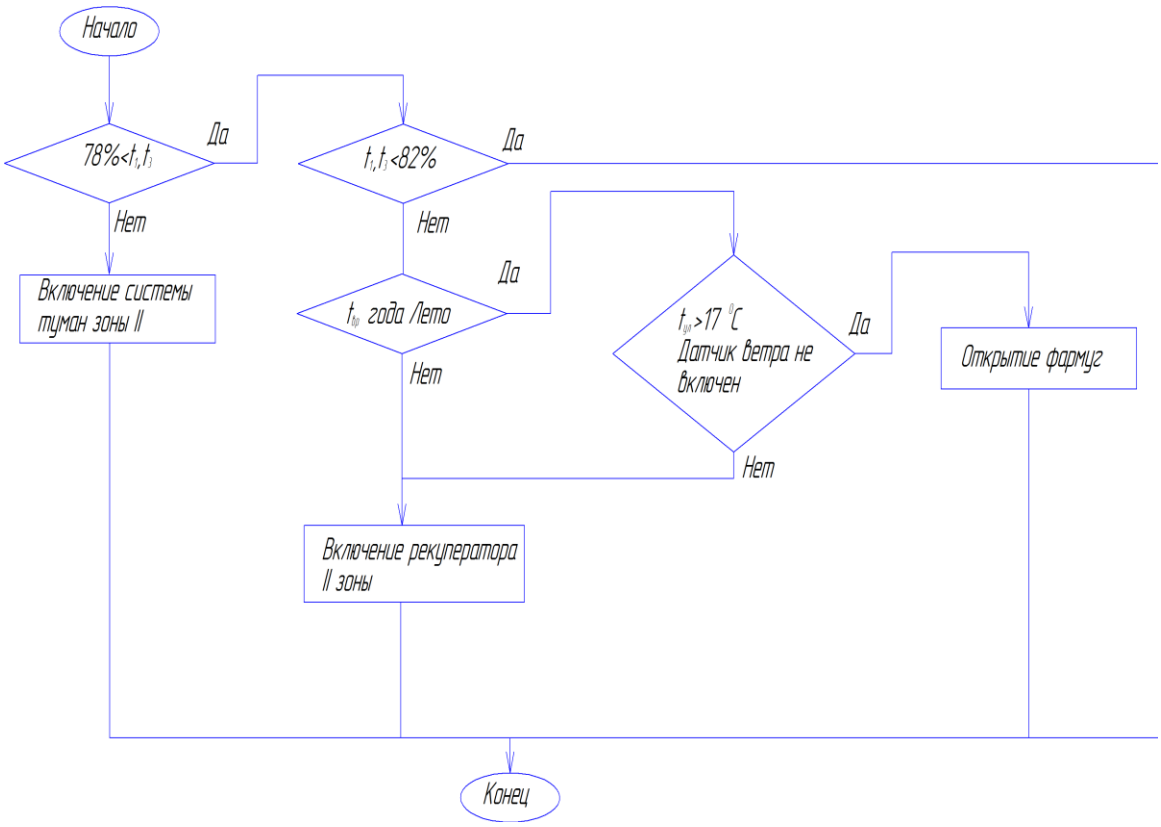


Рисунок 4.4 Алгоритм программы для поддержания влажности

Здесь видно, что заданы краевые зоны таких параметров микроклимата как влажность и температура. Управление микроклиматом осуществляется открытием фрамуг в сооружениях защищенного грунта, а влажность регулируется включением системы тумана (увлажнения). Влажность определяется по системе сухого и мокрого термометров. В этой системе управления не указано как влияет освещение на температуру, и какой характер имеет эта зависимость. Для включения рекуператоров или системы увлажнения постоянно проводится сравнение датчиков. В зависимости от показаний будет, зависеть включение одной из зон рекуператоров для понижения влажности, и систем тумана для повышения влажности воздуха в теплице. В этих работах [75, 76] авторы предлагают использовать свои алгоритмы для работы в программируемых логических реле импортного производства.

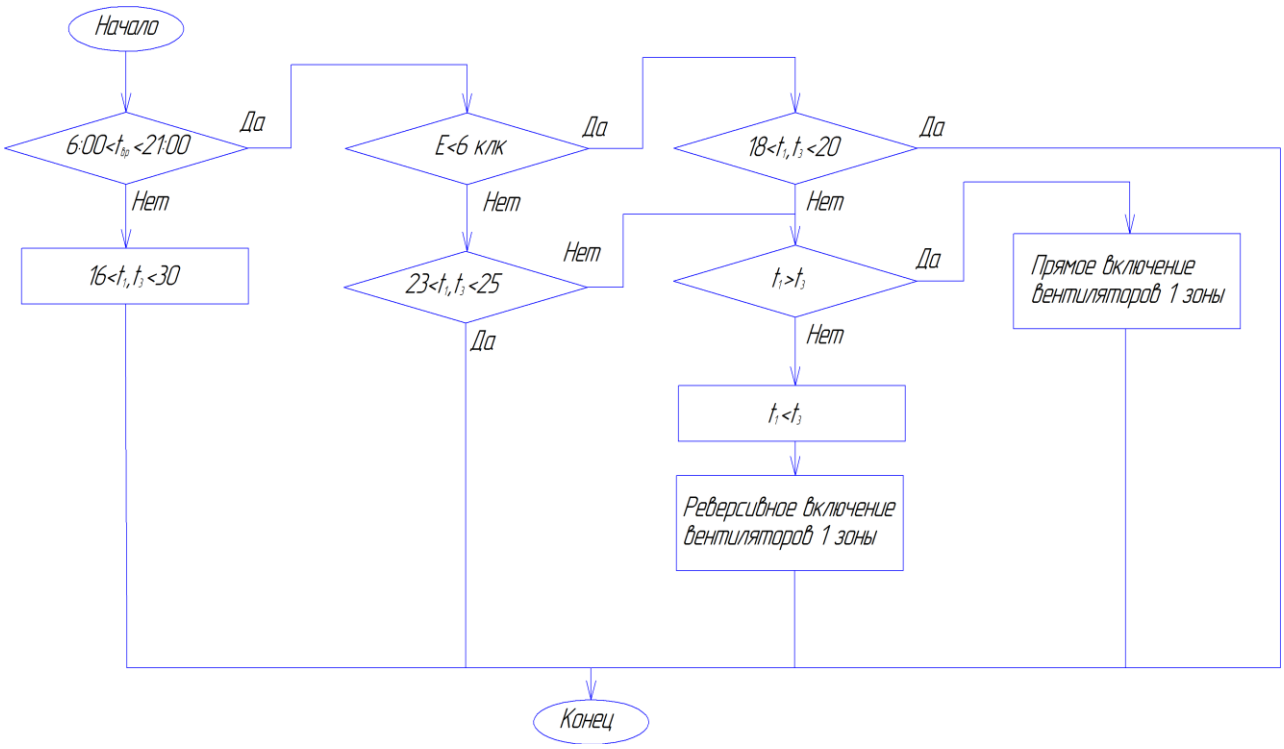


Рисунок 4.5 Алгоритм программы для регулирования температуры

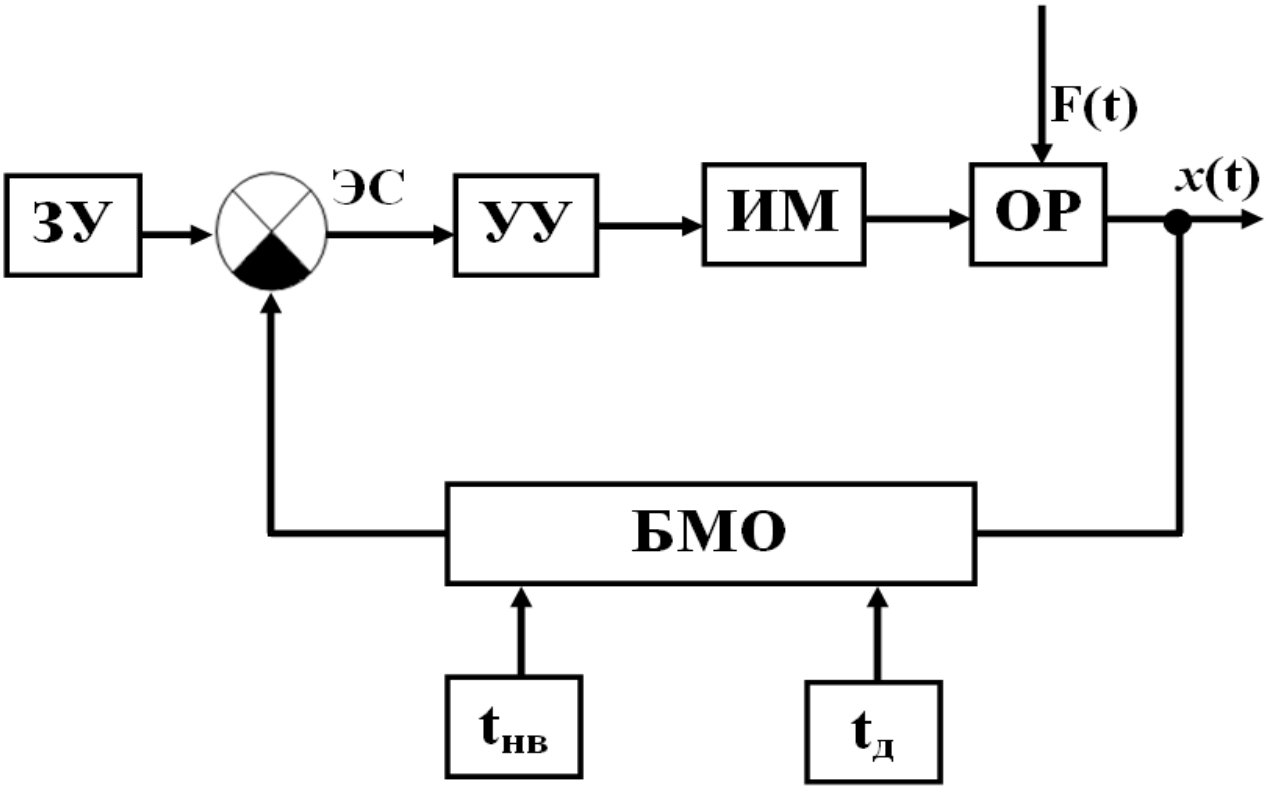
Анализ рисунка 4.5 показывает, что в этом алгоритме предусмотрена взаимная связь между температурой и естественной освещенностью, но нет учета влияния температуры на влажность и освещенности на концентрацию CO_2.

4.2 Алгоритм взаимосвязанного управления параметрами микроклимата

Анализ управления существующих алгоритмов управления параметрами микроклимата в условиях защищенного грунта показал, что, в основном, разработаны алгоритмы, учитывающие взаимное влияние максимум двух параметров друг на друга. Но нельзя отрицать взаимное влияние всех основных четырех параметров микроклимата друг на друга. Наши экспериментальные исследования, представленные в 3 главе, показали, что определяющим параметром в теплице является освещенность, которая влияет непосредственно на температуру, влажность и концентрацию CO_2.

Предлагаемый нами алгоритм проводит расчет температуры в рабочем объеме защищенного грунта по математической модели, предложенной во второй главе настоящей работы. Не отступая от классических принципов автоматики, мы применили в разработке этого алгоритма несколько модернизирован-

ную одноконтурную схему регулирования с блоком математической обработки и отрицательной обратной связью для повышения качества регулирования.



$t_{нв}$ – показания датчика температуры наружного воздуха;
$t_д$ – показания датчика температуры, установленного в сооружении защищенного грунта.
БМО – блок математической обработки;

Рисунок 4.6 Одноконтурная схема с блоком математической обработки

Новизна, предлагаемого нами, взаимосвязанного алгоритма управления параметрами микроклимата (рисунок 4.7) заключается в следующем:

- определяющим параметром микроклимата принята естественная освещенность земной поверхности;
- учитываются влияние освещенности на температуру воздуха вследствие парникового эффекта, влажность воздуха и концентрацию углекислого газа

Принцип работы взаимосвязанного алгоритма управления микроклиматом защищенного грунта, представленного на рисунке 4.7, заключается в следующем. При вводе данных с датчиков освещенности, температуры наружного воздуха, температуры воздуха защищенного грунта, установленного в центре сооружения, влажности и концентрации CO_2 система управления определяет, превышают эти параметры минимальные граничные значения или нет.

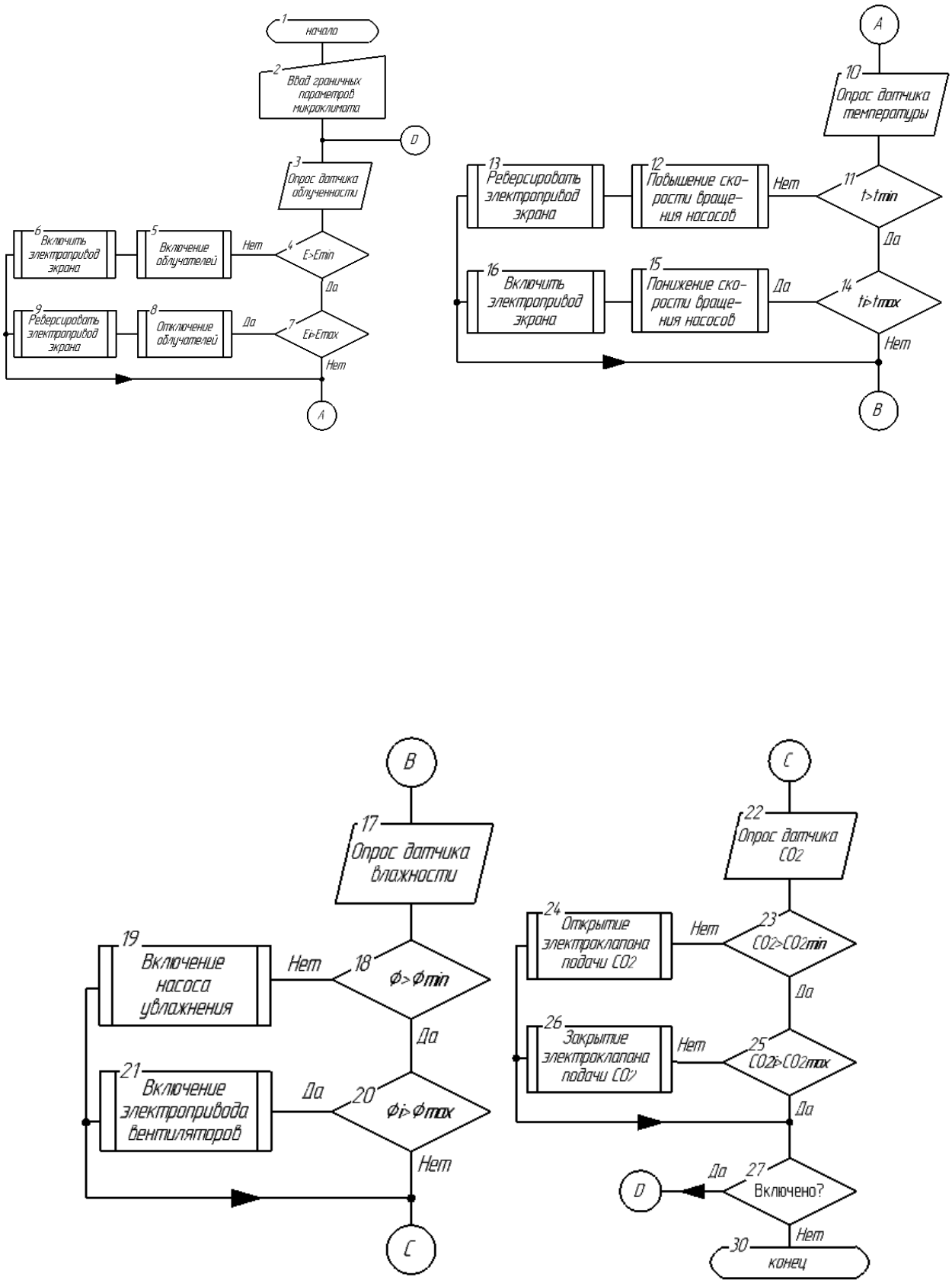


Рисунок 4.7 Взаимосвязанный алгоритм управления микроклиматом в защищенном грунте

Если какой-либо параметр не превышает минимального значения, то система подает управляющие воздействия на устранение этого недостатка. Например, при пониженной освещенности в условиях заснеженности поверхности сооружения защищенного грунта или длительного присутствия густой облачности управляющее устройство подает воздействие на исполнительный механизм, включающий искусственные источники излучения. Затем алгоритм сравнивает показания датчиков предыдущих показаний с последующими значениями в целях определения тенденции изменения параметра. Более подробно это можно пояснить на примере температуры. Если температура имеет тенденцию к повышению, то система управления предпринимает действия охлаждения температуры внутреннего воздуха. Это можно реализовать как с помощью системы кондиционирования внутреннего воздуха, например, подать в систему обогрева теплоноситель пониженной температуры или в весенне-летний период, если в системе отопления нет теплоносителя, управляющее устройство подает воздействие на закрытие затеняющего экрана. Влажность в этом алгоритме регулируется практически наоборот, т.к. имеет свойство при повышении естественной освещенности и температуры снижаться. Таким образом, если значение влажности не превышает минимального значения, то автоматическая система подает управляющее воздействие на исполнительный механизм, повышающий влажность в рабочем объеме защищенного грунта, например, насос системы капельного полива или увлажняющие форсунки. Затем, если влажность имеет тенденцию к повышению, и превышает максимальное значение, то ее понижение, также, как и пониженное значение температуры, алгоритм устраняет с помощью нагрева. Что касается концентрации углекислого газа, имеющего значительное влияние на фотосинтез в биологических объектах, то его регулирование осуществляется только поддержанием в краевых зонах, требуемых по агротехнологии культивируемых культур в защищенном грунте, вследствие того, что концентрация углекислого газа не оказывает влияние на другие параметры микроклимата в условиях защищенного грунта.

4.3 Анализ языка и среды программирования

Реализовать алгоритм, предложенный в разделе 4.2, можно с помощью программируемых логических контроллеров (ПЛК) отечественного производства или импортных программируемых реле, которые широко внедрены на сегодняшний день в качестве управляющего устройства электрооборудованием и электротехнологиями в сельском хозяйстве.

В настоящее время, благодаря стандартизации языков программирования любая, разработанная в одном из этих языков прикладная программа, оказывается переносимой. Это означает, что ее можно использовать в любом ПЛК, поддерживающем определенный стандарт [77].

Как и любой производитель, разработчики языков программирования пытались закрепить потребителей для использования только своей продукции. С этой целью секреты технологии, позволяющие получить высокие качественные показатели продукции, тщательно охранялись. Для потребителя желательно иметь возможность совместно использовать изделия разных производителей, но с точки зрения разработчиков языков программирования это не выгодно, в связи с тем, что повышает вероятность отказа заказчика от некоторых покупок в пользу конкурентов. Поэтому в 1997 года был разработан стандарт МЭК61131-3, где прописаны основные комплексы программирования ПЛК и 5 языков программирования. Языки стандарта МЭК 61131-3 являются результатом анализа множества языков, используемых на практике и предлагаемых рынку производителями ПЛК. Стандарт устанавливает пять языков программирования с названиями и аббревиатурой, используемой во всем мире, представлены в таблице 4.1. Графическими языками являются SFC, FBD, LD. Язык ST является текстовым. В стандарт были введены несколько языков (а не один) для того, чтобы каждый пользователь мог применить наиболее понятный ему язык.

Выбор одного из пяти языков определятся не только предпочтениями пользователя, но и смыслом решаемой задачи. Если исходная задача формулируется в терминах последовательной обработки и передачи сигналов, то для нее

проще и нагляднее использовать язык FBD. Если задача описывается как последовательность срабатываний некоторых ключей и реле, то для нее нагляднее всего будет язык LD. Для задач, которые изначально формулируются в виде сложного разветвленного алгоритма, удобнее будет язык ST.

Таблица 4.1 Языки программирования микроконтроллеров

№ п/п	Международная аббревиатура	Наименование	
		на русском языке	**на английском языке**
1.	LD	Линейные диаграммы	Ladder Diagram
2.	FBD	Функциональные блоковые диаграммы	Function Block Diagram
3.	SFC	Последовательные функциональные диаграммы	Sequential Function Chart
4.	ST	Структурированный текст	Structured Text

Графический язык релейной логики впервые появился в виде электрических схем, которые состояли из контактов и обмоток электромагнитных реле. Такие схемы использовались в автоматике конвейеров для сборки автомобилей до эры микропроцессоров. Язык релейной логики был интуитивно понятен людям, слегка знакомым с электротехникой и поэтому оказался наиболее распространенным в промышленной автоматике. Обслуживающий персонал легко находил отказ в оборудовании, прослеживая путь сигнала по релейной диаграмме. Но язык LD проблематично использовать для реализации сложных алгоритмов, поскольку он не поддерживает подпрограммы, функции, а также свойство языка программирования скрывать реализацию программного блока, предоставляя пользователю языка только его интерфейсы и другие средства структурирования программ с целью повышения качества программирования. Эти недостатки затрудняют многократное использование программных компонентов, что делает программу длинной и сложной для обслуживания. Для выполнения арифметических функций в язык LD были добавлены функциональные блоки, которые выполняли операции сложения, умножения, вычисления среднего и т.д. Сложные вычисления в этом языке невозможны. Недостатком является также то, что только маленькая часть программы умещается на мониторе компьютера или

панели оператора при программировании. Язык программирования LD с большой уверенностью можно считать распространенным во всем мире даже несмотря на указанные недостатки [77, 78], хотя он используется для программирования только простых задач.

Язык ST является текстовым языком высокого уровня и очень сильно напоминает Паскаль. Он имеет много отличий от языка Паскаль и разработан специально для программирования ПЛК. В этом языке программирования содержится большое число конструкций для присвоения значений переменным, для вызова функций и функциональных блоков, для написания выражений условных переходов, выбора операторов, для построения итерационных процессов. Язык ST предназначен для выполнения сложных математических вычислений, описания сложных функций, функциональных блоков и программ.

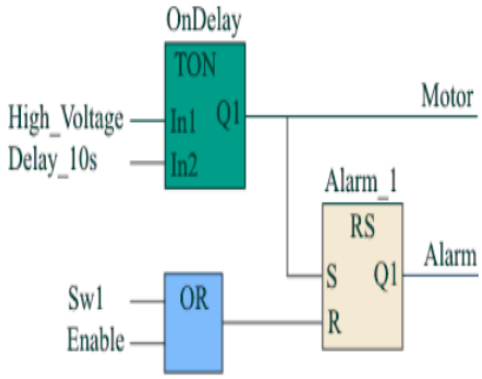


Рисунок 4.8 Пример программы на языке FBD

Графический язык функциональных блоковых диаграмм FBD удобен для программирования процессов прохождения сигналов через функциональные блоки. В основном его применяют специалисты, работающие со схемами и сложными разветвленными алгоритмами, как в нашем случае, которые легко могут составить электрическую схему системы управления на «жесткой логике», но не имеют опыта программирования. Функциональные блоки представляют собой фрагменты программ, написанных на IL, SFC или других языках, которые могут быть многократно использованы в разных частях программы и которым соответствует графическое изображение, принятое при разработке функциональных схем электронных устройств (рисунок 4.8). Язык FBD может быть использован для программирования функций, функциональных блоков и программ, а также для описания шагов и переходов в языке SFC. Функциональные блоки инкапсулируют данные и методы, чем напоминают объектно-ориентированные языки программирования.

Поскольку типичным применением языков FBD и SFC является описание «жесткой логики» и замкнутых контуров систем управления, мы с их помощью и будем разрабатывать программу для реализации взаимосвязанного алгоритма управления микроклиматом в условиях защищенного грунта. Язык функциональных блоков является удобным также для создания и пополнения библиотеки типовых функциональных блоков, которую можно многократно использовать при программировании задач промышленной автоматизации которой является и наша работа.

Еще одной важной задачей является выбор среды программирования, в которой мы будем разрабатывать программу для взаимосвязанного управления параметрами микроклимата. В настоящее время широко распространены следующие среды программирования: CoDeSys, предлагаемая отечественным производителем – компанией «Овен» и комплекс программирования Zelio Soft, предназначенный для разработки программ продукции европейского концерна Schneder Electric. По сути дела это идентичные программные среды, работающие на одних и тех же принципах. Отличия этих сред программирования заключаются в реализации интерфейса, в стиле графики, наборе сервисных функций, дополнительных библиотеках и в реализации систем исполнения.

Но, поскольку, среда программирования Zelio Soft предлагает на своем сайте, как правило, устаревшие русифицированные версии, а компания «Овен» современные, проходящие систематические обновления, то предпочтение отдадим последней. Кроме того, работа с отечественным производителем более удобна, т.к. поздние версии ПЛК будут поддерживать, разработанные ранее программы без их систематического обновления.

4.4 Разработка программы управления параметрами микроклимата

Основной задачей предложенного в нашей работе алгоритма в программный комплекс CoDeSys является реализация математической модели. Разработанная модель во второй главе настоящей работы представлена в математическом виде выражением 2.40. С помощью стандартных математических блоков в

первой диалоговой строке программной среды переведем из математической формы формулу 2.39 в язык, воспринимаемый компьютером (рисунок 4.9).

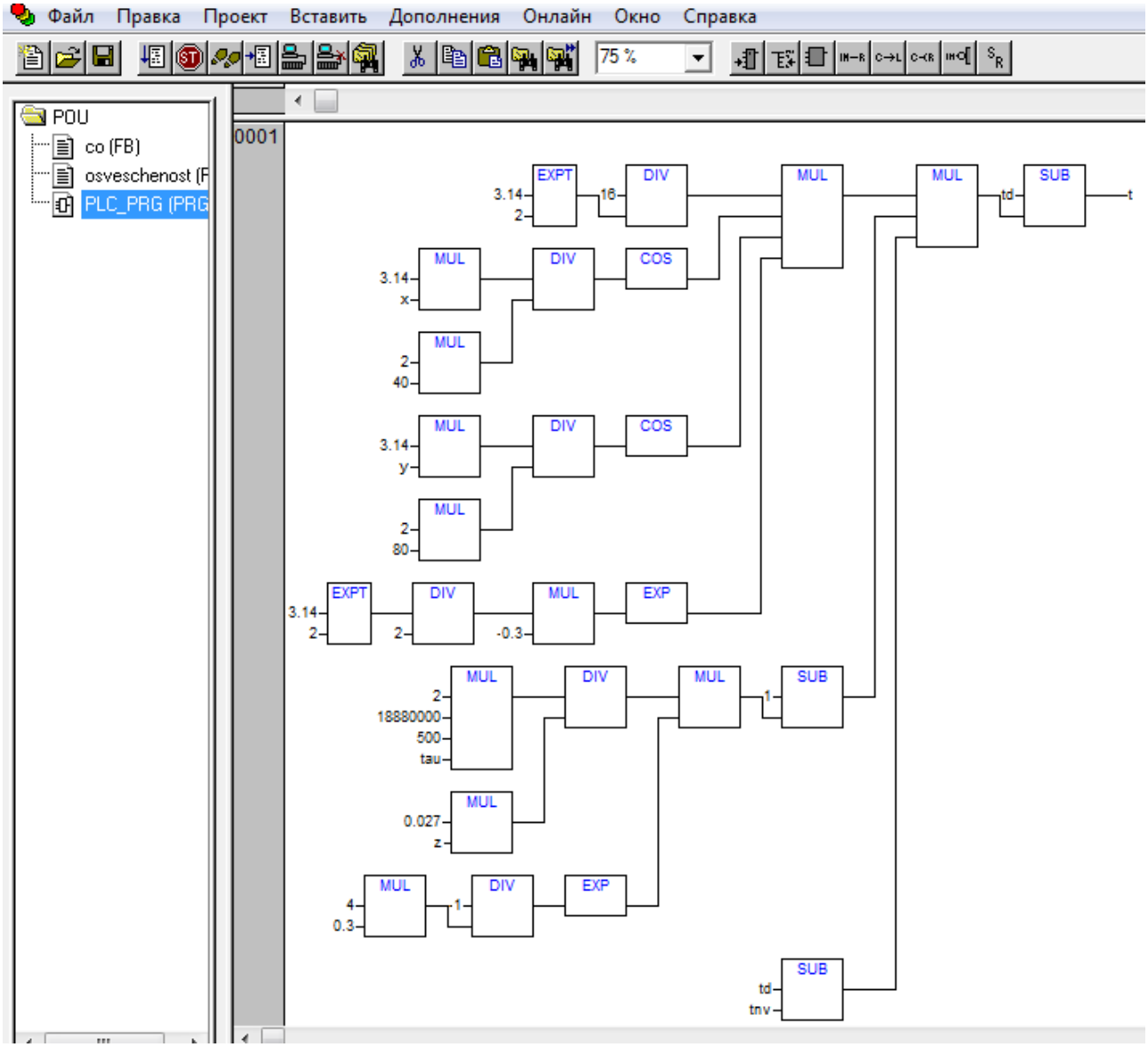


Рисунок 4.9 Математическая модель в программной среде CoDeSys

Таким образом, микроконтроллер может рассчитать температуру воздуха во всем рабочем объеме сооружения защищенного грунта. Для этого ему необходимо получить данные с температурных датчиков, установленных в наиболее теплом месте теплицы td и снаружи сооружения защищенного грунта tnv. Наиболее теплым местом в теплице является её геометрический центр.

Ввод параметров в блок, управляющий освещением, влажностью и температурой, а также характер и тип, используемых в нем переменных, представлен в Приложении 7а. Как было отмечено выше, поскольку, концентрация уг-

лекислого газа не влияет на другие параметры микроклимата в теплице, то для реализации её регулировки предусмотрен отдельный блок и ввод данных с датчиков и характер, переменных, используемых в нем, представлены в Приложении 7б. Взаимное влияние основных параметров микроклимата и реализация алгоритма управления ими в рабочем объеме сооружения защищенного грунта в виде программы на языке ST, в дальнейшем используемого блоком «освещение» представлена в Приложении 7в.

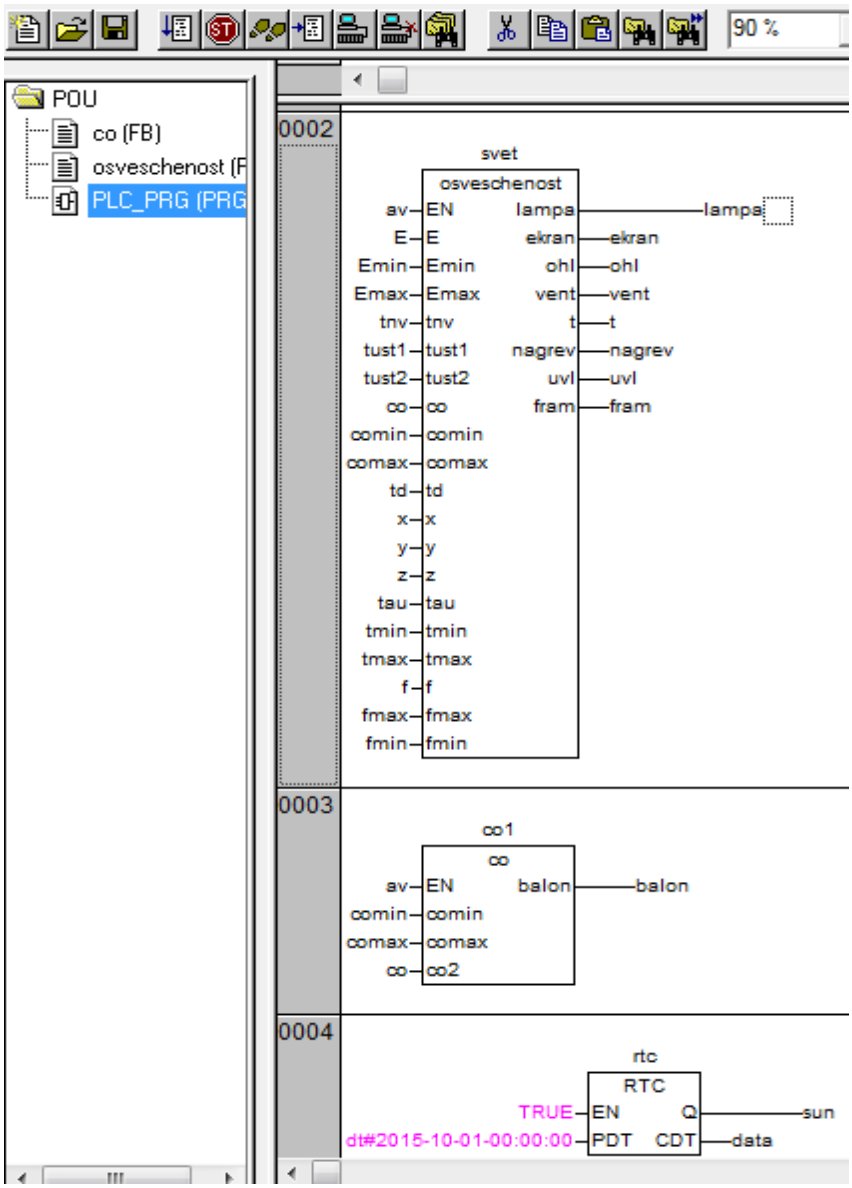
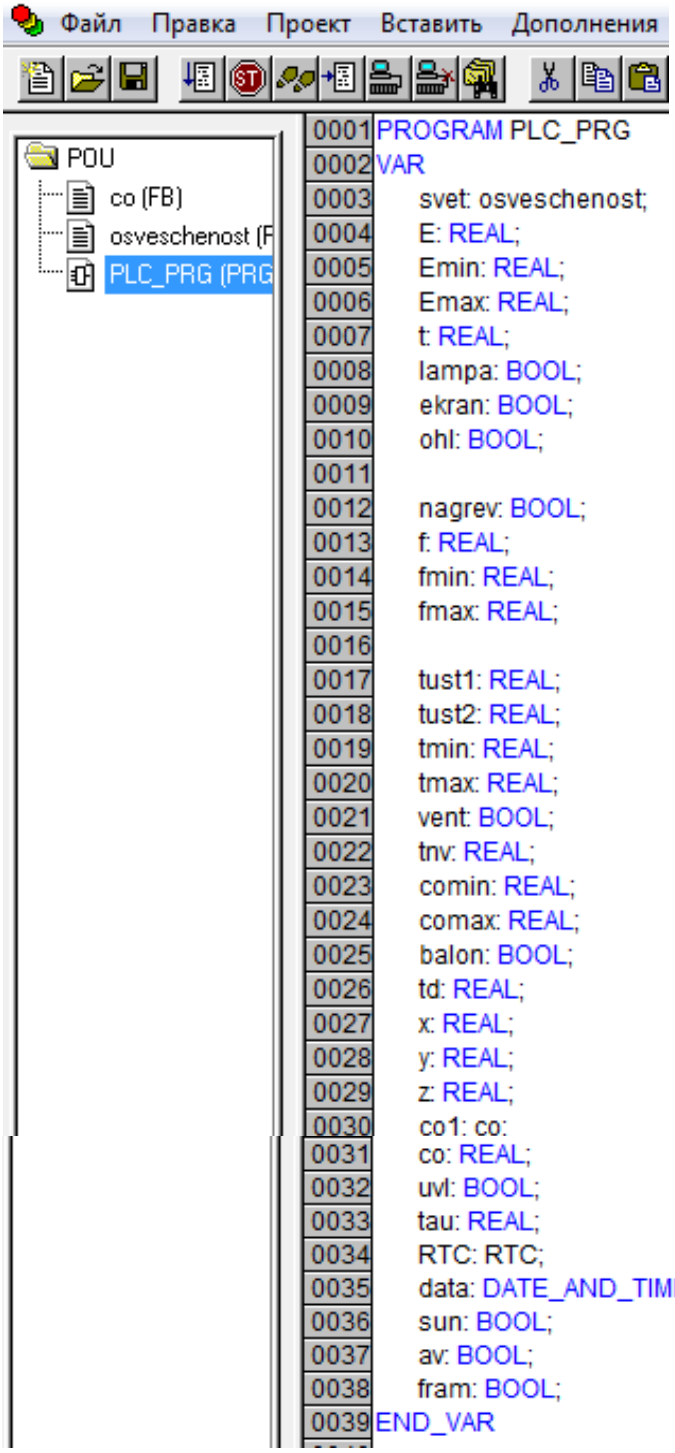


Рисунок 4.10 Взаимосвязанное управление параметрами микроклимата в CoDeSys

Следующим важным этапом в реализации взаимосвязанного управления параметрами микроклимата является определение и регулирование системой управления таких параметров как температура, освещенность и влажность. Для этого мы представили разработанный нами функциональный блок svet (рисунок 4.10). Поскольку концентрация углекислого газа зависит, как показали наши экспериментальные данные, от освещенности и в дальнейшем ни как не влияет на другие параметры микроклимата, то для ее регулирования в третьей строке предусмотрен блок CO1. Для интеграции системы управления в сеть и учета изменения параметров во времени четвертая диалоговая строка

предусматривает блок rtc (рисунок 4.10). Он позволяет микроконтроллеру определить текущее реальное время и в дальнейшем вести регистрацию и учет параметров микроклимата.



Способ ввода данных параметров микроклимата и определение типов переменных для программируемых логических контроллеров представлен на рисунке 4.11. Здесь, как и во всех программных средах, основанных на языке «С», в основном, определяют два вида переменных. Данные, которые поступают на микроконтроллер от первичных измерительных преобразователей, имеют тип реальной величины, REAL. Они, как правило, поступают на дискретные входы микроконтроллера и, в дальнейшем, преобразуются в цифровой тип.

Затем микроконтроллер осуществляет дальнейшую математическую обработку этих данных и выдает управляющие воздействия на исполнительные механизмы, способные оказать влияние и регулирование параметров микроклимата в сооружениях защищенного грунта. Эти данные имеют переменный характер и в программной среде обозначены BOOL.

В среде программирования CoDeSys есть функция визуализации программы. Это удобно в процессе эксплуатации программы и системы управле-

ния микроклиматом в целом. Например, для того, что бы оператор видел показаний датчиков в данный момент времени, мы разработали панель, «данные» общий вид которой представлен на рисунке 4.12.

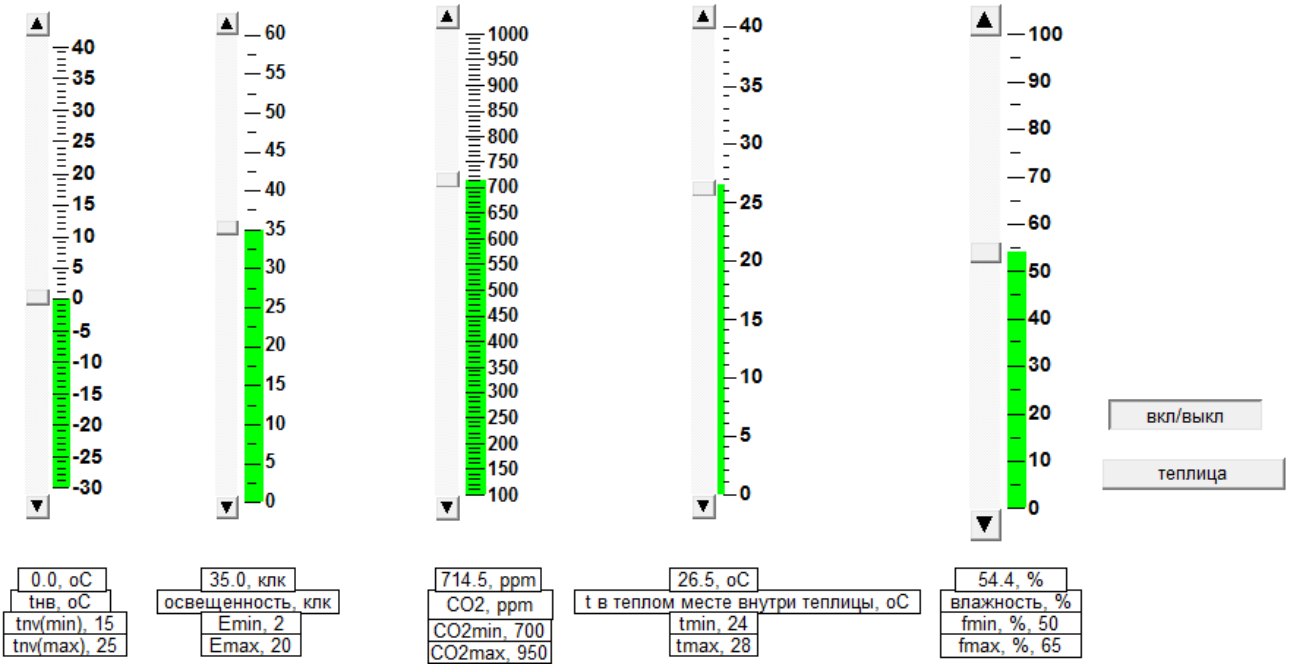


Рисунок 4.12 Общий вид панели «данные»

Здесь по заданию оператор может внести требуемые границы изменения параметров микроклимата. Такая функция очень удобна и может быть применена не только на мониторах управляющих компьютеров, но и в панельных контроллерах (рисунок 4.13), которые представляют собой устройства класса человеко-машинный интерфейс со встроенными функциями свободно программируемого контроллера. Объединение функций ПЛК и графической панели оператора позволяют сэкономить пространство в щите управления и стоимость системы управления в целом.

Рисунок 4.13 Панельный контроллер

Сенсорный экран этих контроллеров позволяет создавать элементы управления технологическим процессом в удобных для пользователя местах, осуществлять необходимые подписи и комментарии к элементам управления. Операционная система позволяет использовать стандартные программные средства для увеличения функциональных возможностей изделия.

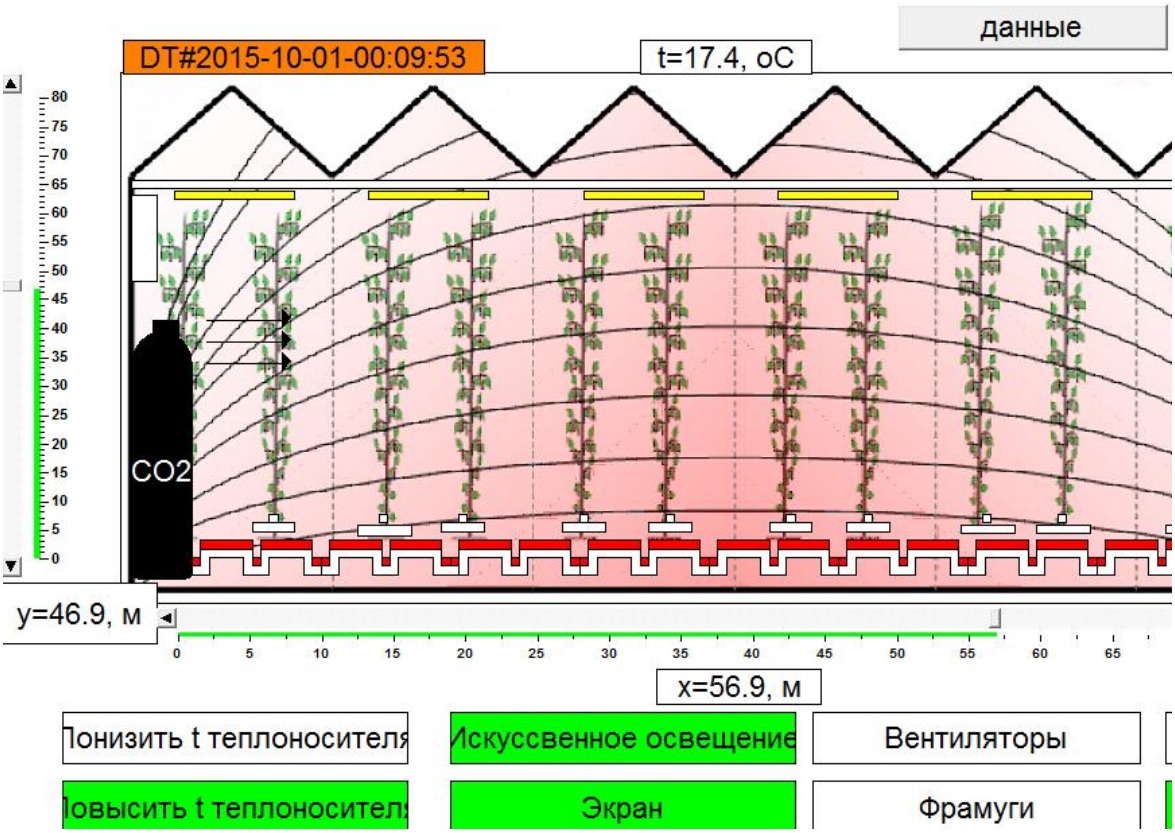


Рисунок 4.14 Визуализация с работой систем обогрева и освещения

Кроме того, на этих панелях в нашей программе предусмотрена возможность задать координаты точки, в которой необходимо определить температуру, а также увидеть, какие исполнительные механизмы и системы в данный момент активны, а какие находятся в состоянии покоя (рисунок 4.14). Здесь мы видим, что при низкой температуре и освещенности, не достаточных для культивации биологических объектов защищенного грунта программа подает управляющие воздействия на включение источников искусственного излучения и повышает температуру теплоносителя в системе надпочвенного обогрева.

Задать координату точки, в которой необходимо узнать температуру можно задать на предусмотренных «бегунках» (рисунок 4.15).

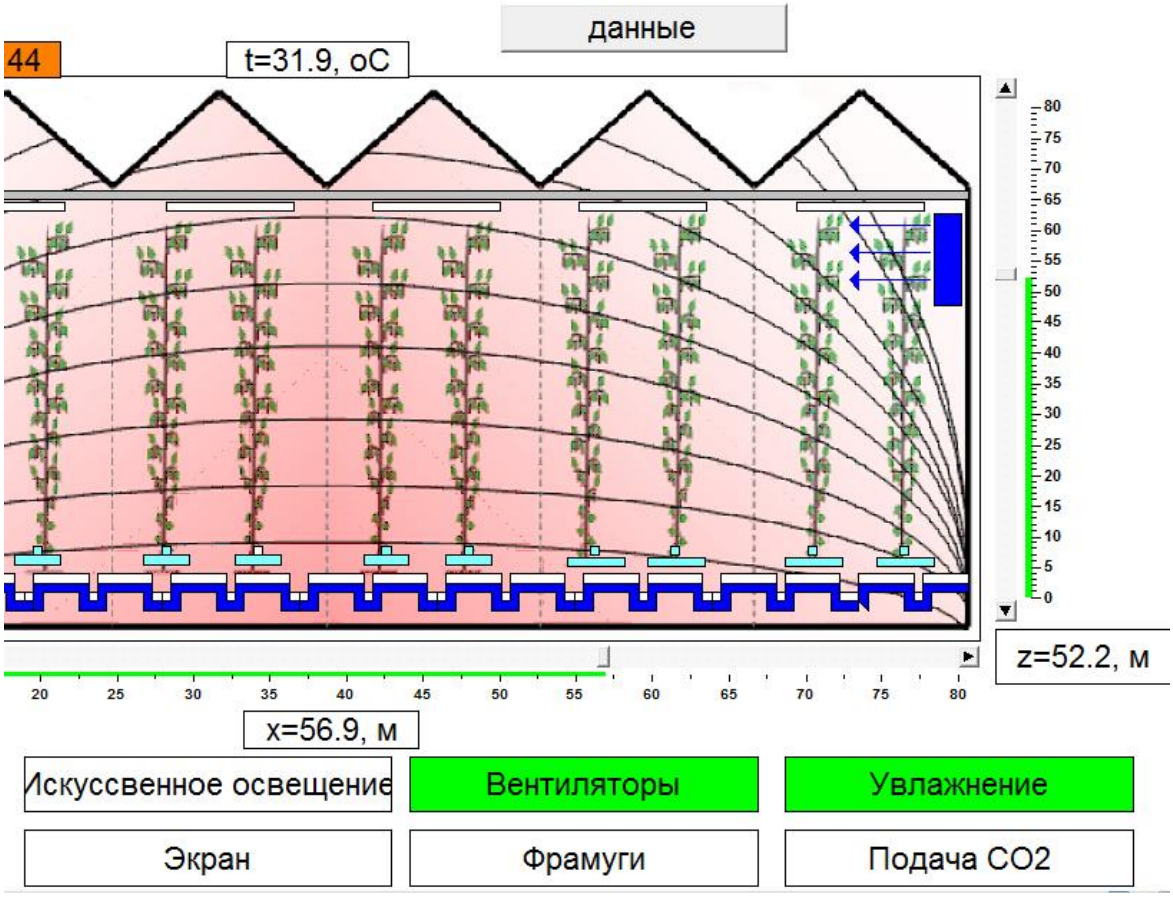


Рисунок 4.15 Визуализация с работой систем охлаждения и вентиляции

В случае превышения температуры в контрольной точке сверх предельных значений и высокого уровня освещенности, программа закрывает затеняющий экран и понижает температуру, снижая температуру теплоносителя в системе отопления и кондиционирования, а также подает сигнал на включение в работу системы вентиляции. В этом случае система облучения отключается, а теплоноситель – холодная вода – в системе отопления и кондиционирования забирает лишнюю теплоту из теплицы и в дальнейшем может быть использована в качестве воды для раствора удобрений и полива.

В момент, когда параметры окружающей среды находятся в допустимых пределах для производства продукции защищенного грунта, все системы поддержания микроклимата отключаются (рисунок 4.16).

Открытие фрамуг позволяет при соответствующих параметрах окружающей среды экономить топливно-энергетические ресурсы и осуществлять производство продукции в естественной среде.

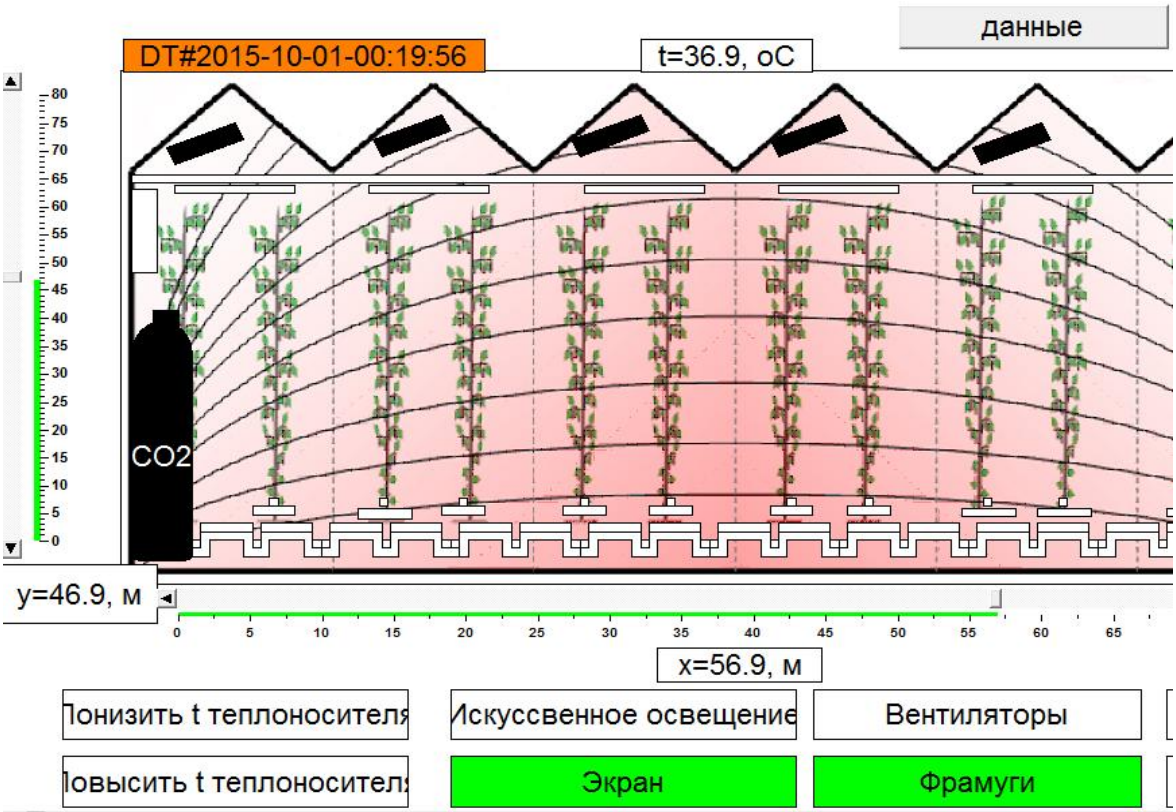


Рисунок 4.16 Визуализация открытия фрамуг с отключенными системами

Для реализации работы нашей программы понадобится микроконтроллер, имеющий достаточное количество аналоговых входов и дискретных выходов. Проведя анализ структуры системы управления (рисунок 4.17), основанной на микроконтроллере, можно сделать вывод, что для взаимосвязанного управления микроклиматом в условиях сооружения защищенного грунта необходим микроконтроллер, имеющий 4 аналоговых входа, клеммы для питания и 7 дискретных выходов к которым возможно присоединение исполнительных механизмов, осуществляющих регулирующие воздействия на микроклимат.

Таким образом, проведя анализ, предлагаемой продукции компании «Овен» [15] предлагаем реализовать работу взаимосвязанной системы управления микроклиматом на базе микроконтроллеров, представленных в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Технические характеристики микроконтроллеров

№ п/п	Тип микроконтроллера	Количество аналоговых входов	Количество дискретных выходов	Цена, руб.
1.	ПЛК63	8	8	16520
2.	ПЛК73	8	8	11741
3.	ПЛК160	8	12	27140

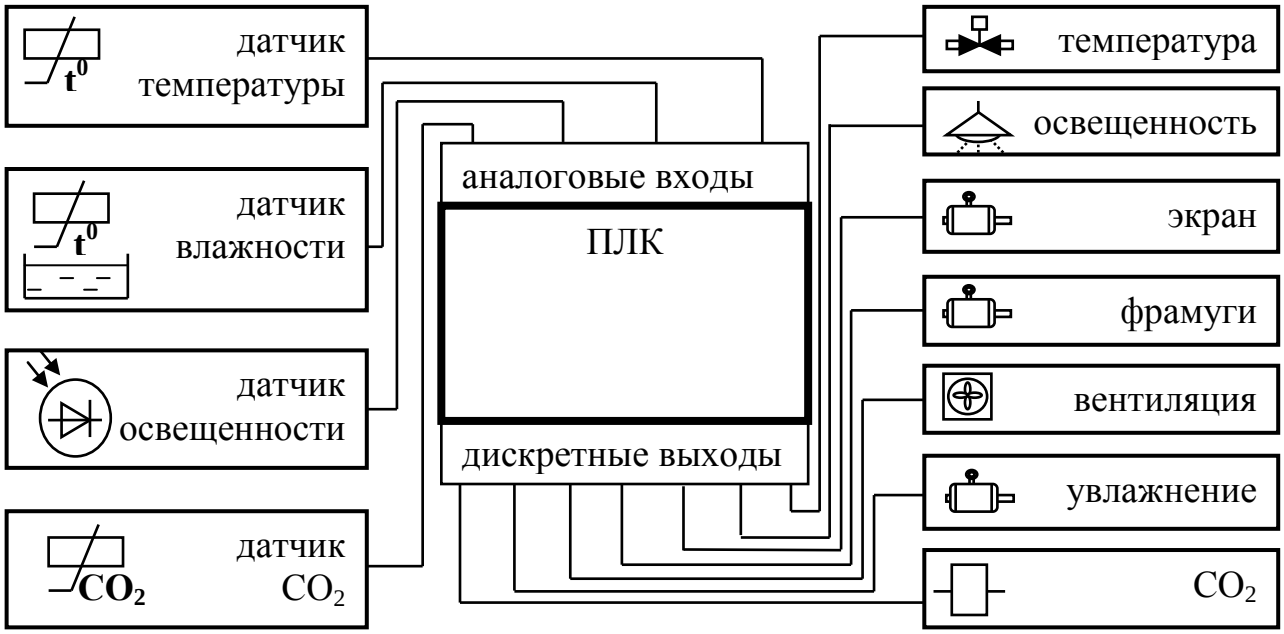


Рисунок 4.17 Структура системы управления микроклиматом в теплице

Наиболее подходящим для выполнения технической реализации нашей задачи будет контроллер ПЛК63-РУУУУУ-М по следующим причинам. Во-первых, не смотря на более низкую стоимость, ПЛК73 не подходит, т.к. в нем не может быть реализовано более 4 аналоговых выходов. В ПЛК63 можно реализовать пять – это будет удобно при реализации регулирования уровня освещенности с целью разбиения светодиодных светильников на большее количество групп и равномерного распределения нагрузки по фазам в силовой сети.

Остальные микроконтроллеры имеют уже более высокую стоимость. Техническая реализация управления температурой теплоносителя в системе обогрева с помощью частотного регулирования приведена в Приложении 8а. Схема электрическая принципиальная для силового оборудования взаимосвязанной системы управления микроклиматом в защищенном грунте, разработанной нами представлена в Приложении 8б.

На основании структуры системы управления микроклиматом в теплице (рисунок 4.17) и схемы управления (рисунок 4.18) мы разработали систему технических связей в микроконтроллере для удобства ее технической реализации.

Технические связи в микроконтроллере сведены в таблицу 4.3.

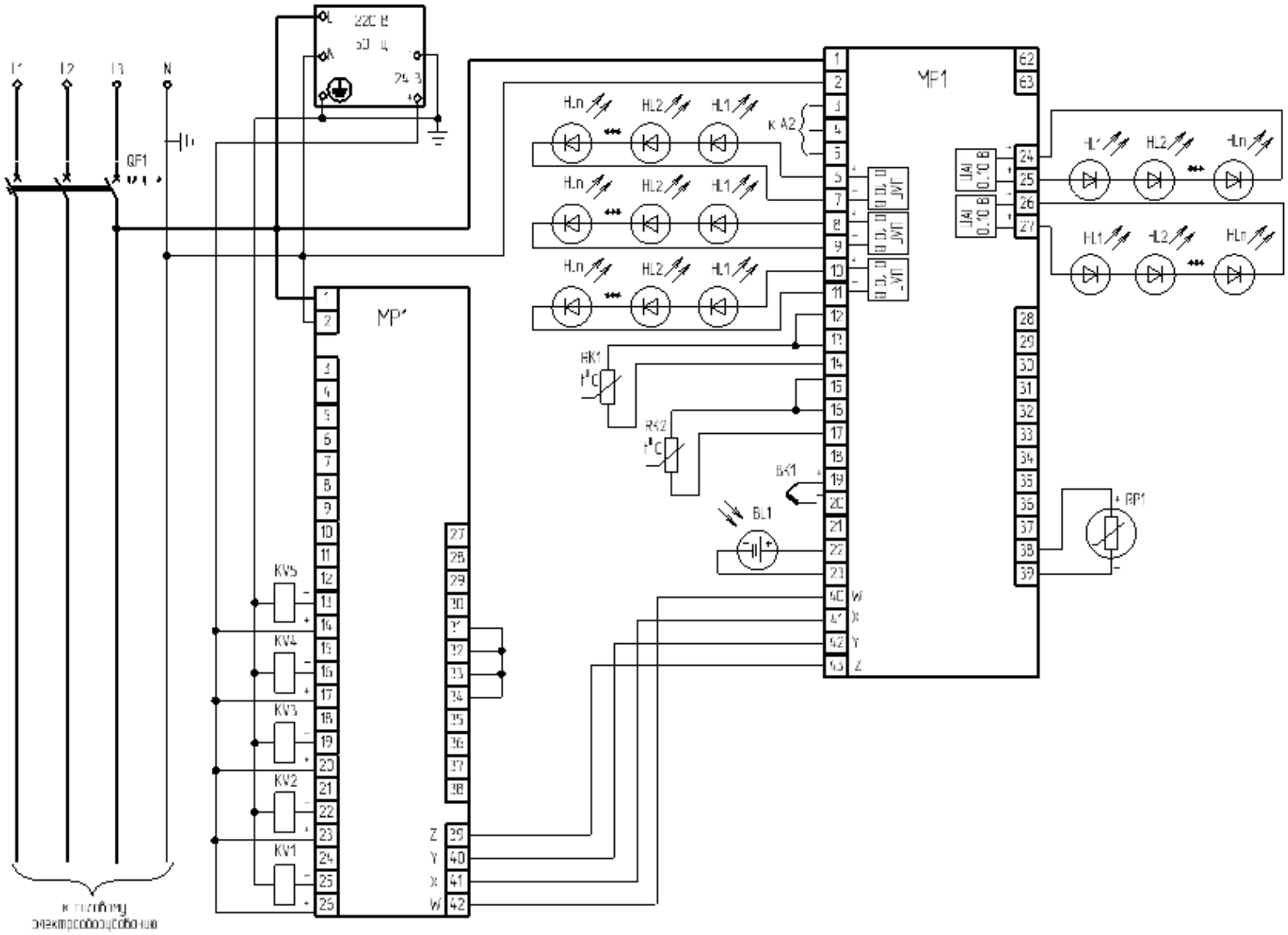


Рисунок 4.18 Схема управления электрическая принципиальная на основе микроконтроллера ПЛК63

Таблица 4.3 Система технических связей в микроконтроллере

Выход	**Параметр**	**Датчик**	**Элемент**	
			исполнительный	**вспомогательный**
1	температура	RK1, RK2, BK1	A2	M1
2…6	облученность	BL1	HL1, HL2…HLn	ЦАП1…ЦАПn
увеличитель дискретных выходов MP1	экран	BL1, BK1	KV5	KM5, RM6, SQ3, KT4
	фрамуги	RK1, RK2, BK1	KV4	KM3, KM4, SQ2, KT3
	вентиляция	RK1, RK2	KV3	KM2, KT2
	концентрация CO_2	RP1	KV1	YA1
	увлажнение	RK1, RK2	KV2	KM1, KT1

Стоимость и полный перечень элементов для технической реализации системы взаимосвязанного управления микроклиматом в условиях защищенного грунта представлен в 5 главе.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Для проведения полной оценки работы электрооборудования системы управления микроклиматом, основанной на предложенных в настоящей работе инноваций целесообразно провести анализ технико-экономического производства на примере какого-либо тепличного комбината и одном из культивируемых в нем виде биологических объектов. За инновации примем представленные в предыдущих главах настоящей работы применение светодиодных светильников в качестве ИИИ в защищенном грунте, математическую модель температурного поля в рабочем объеме защищенного грунта, а также усовершенствованный алгоритм и программу для логических контроллеров.

5.1 Анализ производства продукции защищенного грунта

В качестве исследуемого предприятия нами был выбран ОАО «ТК «Завьяловский» (таблица 3.1), т.к. на этом предприятии высокий уровень автоматизации производства и результаты его хозяйственно-экономической деятельности свободно доступны в сети Internet по ссылке [4]. В Приложении 9 представлены затраты этого предприятия на тепловую энергию. Оба исследуемых участка это типовые промышленные теплицы площадью 1,58 га, построенных по типовому проекту 373Д-60/2012. На обоих участках полезная площадь составляет 15000 м^2, в 2014 году культивировали огурец сорта «Эстафета», а в 2015 году томаты. Общее потребление тепловой энергии на эти теплицы, находящиеся в одинаковых условиях, представлено в таблице 5.1. На 6 участке, по согласованию с руководством предприятия, мы внедрили нашу систему управления работой электрооборудования для поддержания микроклимата. Здесь в качестве облучательных светодиодных установок были выбраны светильники марки ATOMSVET® BIO 100-9200-130. В таблице он представлен как «проектируемый вариант». Теплица, где работа электрооборудованием осуществлялась по существующей технологии, обозначен как «базовый вариант». За 2014

год мы получили полные данные по потреблению тепла этим предприятием, а в 2015 году, только за 1 полугодие.

Таблица 5.1 Потребление электроэнергии и тепловой энергии в 2014 году

вариант	**Электроэнергия, кВт·ч.**	**2014 год, Гкал**
Базовый	2 920 500	18962
проектируемый	949 500	16883

Анализ таблицы 5.1, представленный на рисунке 5.1, показал, что в течение 2 лет применение, предложенного нами алгоритма работы электрооборудования для обеспечения параметров микроклимата при одинаковой урожайности культур позволяет снизить потребление тепловой энергии на 10,62%.

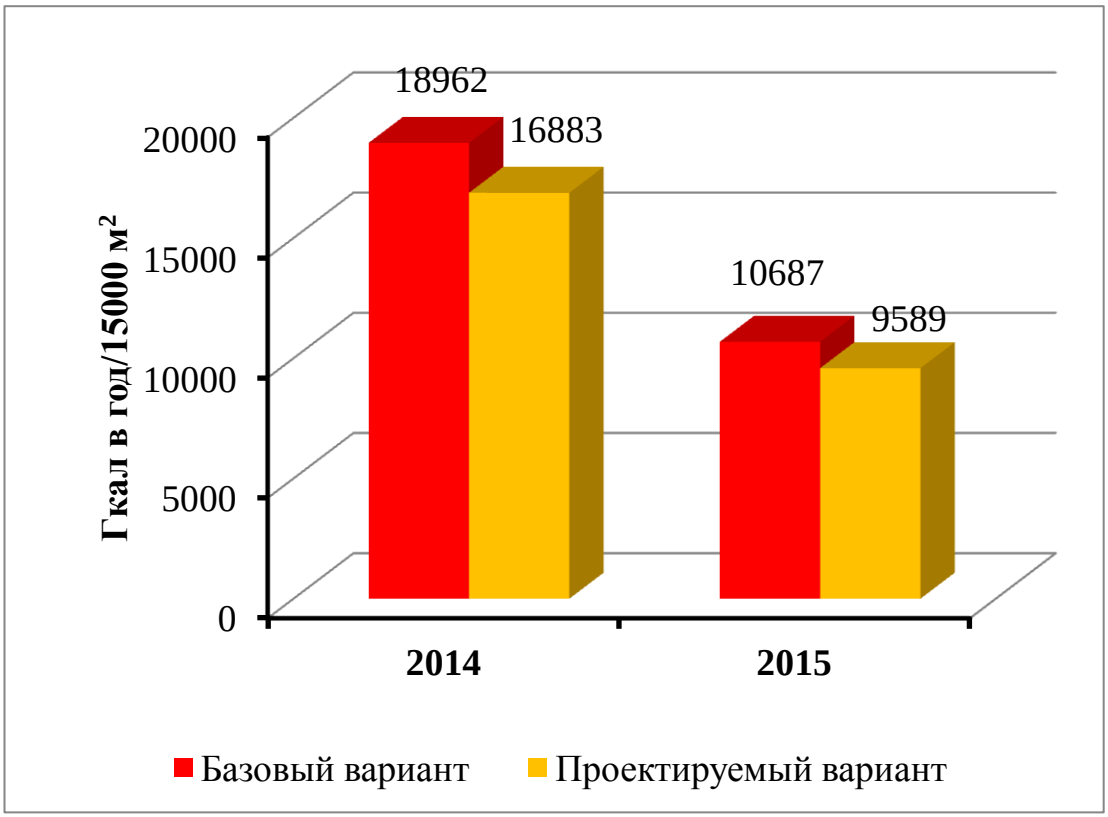


Рисунок 5.1 **Анализ потребления тепловой энергии**

Кроме потребления тепловой энергии на производство продукции защищенного грунта еще одним не маловажным фактором при технико-экономических обоснованиях является урожайность и отпускная цена продукции. В рыночном отчете ФГБУ «Специализированный центр учета в агропромышленном комплексе» при министерстве сельского хозяйства РФ [90] пред-

ставлено, что максимальный рост цен в 2014 году на огурцы тепличные составил 33,6%, а на помидоры 10,4%. Ситуация не изменилась и в 2015 году.

Это говорит о том, что рост цен на продукцию тепличных комбинатов имеет устойчивую тенденцию. Не отстают от отпускных цен и средние потребительские (розничные) цены. Поэтому мы провели анализ динамики продуктивности и отпускных цен, представленный на рисунке 5.2.

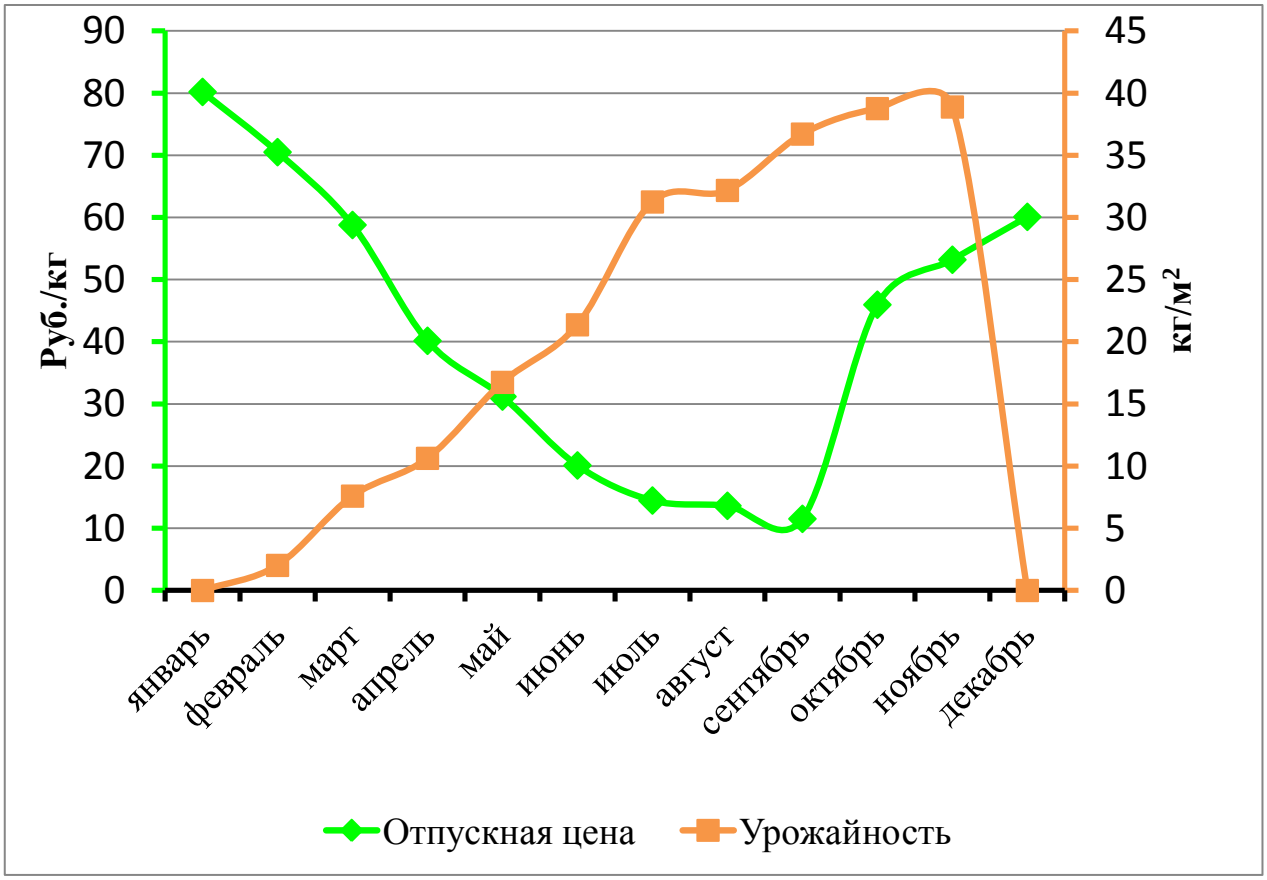


Рисунок 5.2 Динамики продуктивности и отпускных цен в 2014 году

Таким образом, можно сделать вывод, что производство овощной продукции позволяет предприятию иметь высокие годовые обороты денежных средств. Применение взаимосвязанных электротехнологий, позволяющих снизить затраты на производство является целесообразным. В данном случае представлено снижение затрат на тепловую энергию за счет повышения энергосберегающего эффекта от применения усовершенствованного алгоритма работы электрооборудования для обеспечения параметров микроклимата в краевых зонах, установленных агротехнологическими требованиями.

5.2 Расчет издержек при усовершенствовании системы управления электротехнологиями для обеспечения микроклимата в защищенном грунте

Применение усовершенствованной математической модели температурного поля в сооружениях защищенного грунта с учетом взаимного влияния микроклиматических параметров, алгоритма и программы управления работой электрооборудования для создания микроклимата, позволяет при одинаковой урожайности снизить потребление тепловой энергии. Расчет проведем со следующими условиями: разработанная нами модель и система управления работает на площадь 15000 м^2. При этом необходимо дополнительно приобрести новое оборудование (таблица 5.2) и учесть издержки на его транспортировку, монтаж на месте эксплуатации. Проведение сравнительного анализа осуществляется путем расчета затрат по основным статьям затрат, которые приняты в сельскохозяйственном производстве [91, 92, 93].

Таблица 5.2 Стоимость оборудования

№ п/п	Оборудование	Кол-во, штук	Стоимость единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1.	Логический контроллер **ПЛК 63**	1	16520,00	16520,00
2.	Модуль расширения выходных элементов **MP1**	1	3540,00	3540,00
3.	Трансформатор напряжения **G1**	1	1340,00	1340,00
4.	Термопреобразователи сопротивления **ДТС125-100М.В2.60**	3	651,36	1954,08
5.	Датчик освещенности **ОС100**	1	5664,00	5664,00
6.	Датчик контроля углекислого газа **СО100**	1	31954,40	31954,40
7.	Промежуточные реле CR-M024DC2L	5	204,00	1020,00
8.	Соединительные провода **AB UL 1007**	61 м	620,00	620,00
Итого:				**62612,48**

В таблице 5.2 представлена стоимость электрооборудования для системы управления микроклиматом, которое необходимо приобрести дополнительно для модернизации уже существующих систем на сооружение защищенного грунта, площадью 1,58 га, построенных по типовому проекту 373Д-60/2012. Стоимость актуальна для конца 2015 года по источникам [15, 84, 85, 86, 87].

Технические данные для расчета экономической эффективности для внедрения взаимосвязанной системы управления параметрами микроклимата приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Технические данные для расчета экономической эффективности

Показатель	**Обозначение**	**Базовый вариант**	**Проектируемый вариант**
Общая площадь теплицы, м^2	**S**	15800	
Полезная площадь теплицы, м^2	$S_п$	15000	
Среднемесячная урожайность, кг/м^2	$A_{1,2}$	19,68	
Стоимость тепловой энергии, $\frac{руб}{Гкал}$	$\beta_{ТЭ}$	1910,30	
Стоимость электроэнергии, $\frac{руб}{кВт \cdot час}$	$\beta_{ЭЭ}$	3,24	
Коэффициент, учитывающий расход на транспорт	$K_т$	0,11	
Коэффициент, учитывающий расходы на монтаж	$K_м$	0,2	
Коэффициент запаса	$K_з$	0,8	
Число часов работы в год, час	$Ф$	7272	
Уральский коэффициент	$K_{урал}$	1,15	
Коэффициент сложности	$K_{слож}$	1,6	
Нормативный коэффициент эффективности	$E_н$	0,15	
Стоимость АСУ микроклиматическим режимом в защищенном грунте	$K_{уст}$	124868	62612,48

Капитальные вложения проектируемого варианта рассчитывают:

$$К_{пр} = С_{об} + С_{тр} + С_{м} + П_{р} \quad (5.1)$$

Стоимость оборудования, которое необходимо приобрести дополнительно для проведения модернизации работы электрооборудования 62 612, 48 руб.

Транспортные затраты принимают в среднем равны 14% от стоимости оборудования, следовательно: $C_{тр}$=8 765,75 руб.

Стоимость монтажных работ равна 19% [91, 92, 93] от стоимости оборудования, следовательно: $C_{м}$=11 896,37 руб.

Прочие расходы составляют 1,5% от стоимости оборудования:

$$П_{р}=939{,}19 \text{ руб.}$$

Таким образом, подставив все значения в выражение (5.1) получим капитальные вложения для проектируемого варианта $K_{пр}$=84 213,79 руб. Применяя аналогичную методику определим, что капитальные затраты для базового варианта равны $K_{б}$=167 947,46 руб.

Далее определим эксплуатационные затраты по выражению:

$$ЭЗ = ЗП + А + ТО + ТР + \boldsymbol{Ц_{ТЭ}} + \boldsymbol{Ц_{ЭЭ}} \quad (5.2)$$

где *ЗП* – заработная плата обслуживающего персонала, рублей;

А – издержки на амортизацию, рублей;

ТО и *ТР* – издержки на техническое обслуживание и текущий ремонт, рублей;

$Ц_{ТЭ}$ – затраты на тепловую энергию, рублей;

$Ц_{ЭЭ}$ – затраты на электроэнергию, рублей.

Затем приведем расчет для каждой позиции формулы (5.2). Таким образом, расчет заработной платы работников определим по формуле (5.3):

$$\mathbf{ЗП = n \cdot Т_{став} \cdot К_{слож} \cdot К_{урал} \cdot Ф} \quad (5.3)$$

где *n* – количество работников, занятых обслуживанием оборудования, чел.;

$T_{став}$ – тарифная ставка, рублей;

$K_{слож}$ – коэффициент сложности;

$K_{урал}$ – уральский коэффициент;

Ф – число часов работы в год.

Следовательно, при числе часов в году 8760 и при перерыве в работе по агротехнологическим требованиям перерыве в работе в течение 2 месяцев, число часов работы оборудования составит 7272 часа (таблица 5.3). Для обслуживания любого электрооборудования согласно [94, 95] требуется минимум 2 человека из числа электротехнического персонала. Средняя тарифная ставка в час для работы электротехнического персонала для Удмуртской Республики составляет 22 рубля в час. Уральский коэффициент составляет 1,15. Все эти показатели при обслуживании как базового, так и проектируемого варианта одинаковы, следовательно, *ЗП*=588 741,12 руб.

Затраты на амортизацию согласно [91, 92, 93] равны 14% от капитальных вложений. Издержки на ТО и ТР принимаем равными 18% от капитальных вложении. Результаты расчета этих показателей для базового и проектируемого вариантов сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 Затраты на амортизацию, ТО и ТР

Показатель	Обозначение	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Затраты на амортизацию, руб.	*А*	14221,00	11789,93
Затраты на ТО и ТР, руб.	*ТО* и *ТР*	18284,13	15158,48

Если принять во внимание потребление электроэнергии и тепловой энергии по базовому и проектируемому вариантам за 2014 год, представленных в таблице 5.1, а также учесть стоимость электроэнергии в 2014 году 3,24 руб. за кВт·ч, стоимость тепловой энергии в 2014 году равной 1222 рубля за Гкал [88, 111], то эксплуатационные затраты за 2014 год для проектируемого варианта составят $ЭЗ_{пр}$=24 322 995 рублей, для базового $ЭЗ_{б}$=33 255 230 рублей.

Применительно к данной ситуации при работе электрооборудования с применением усовершенствованной модели температурного поля с учетом взаимного влияния микроклиматических параметров, алгоритма и программы работы, предложенных в настоящей работе и одинаковым выходом продукции как для базового, так и для проектируемого варианта равного 19,68 кг/м^2 в 2014 году (рисунок 5.2). Необходимо также учесть, что полезная площадь сооруже-

ний защищенного грунта составила для обоих вариантов 15000 м^2. Принимая во внимание все вышеизложенной, получим, что выход продукции для каждого сооружения составил за 2014 год 295200 кг. Средняя отпускная цена одного килограмма огурца тепличного в 2014 году по данным [90] составила 41,46 рублей за килограмм (рисунок 5.2). Исходя из этого выручка предприятия с 15000м^2 составила в 2014 году 12 238 992 рубля.

Кроме того, для расчета годовой экономии текущих затрат с учетом разницы по потреблению тепла за счет снижения последнего в проектируемом варианте целесообразно представить затраты на тепловую энергию сооружением 15000 м^2 в 2014 году (рисунки 5.3, 5.4)

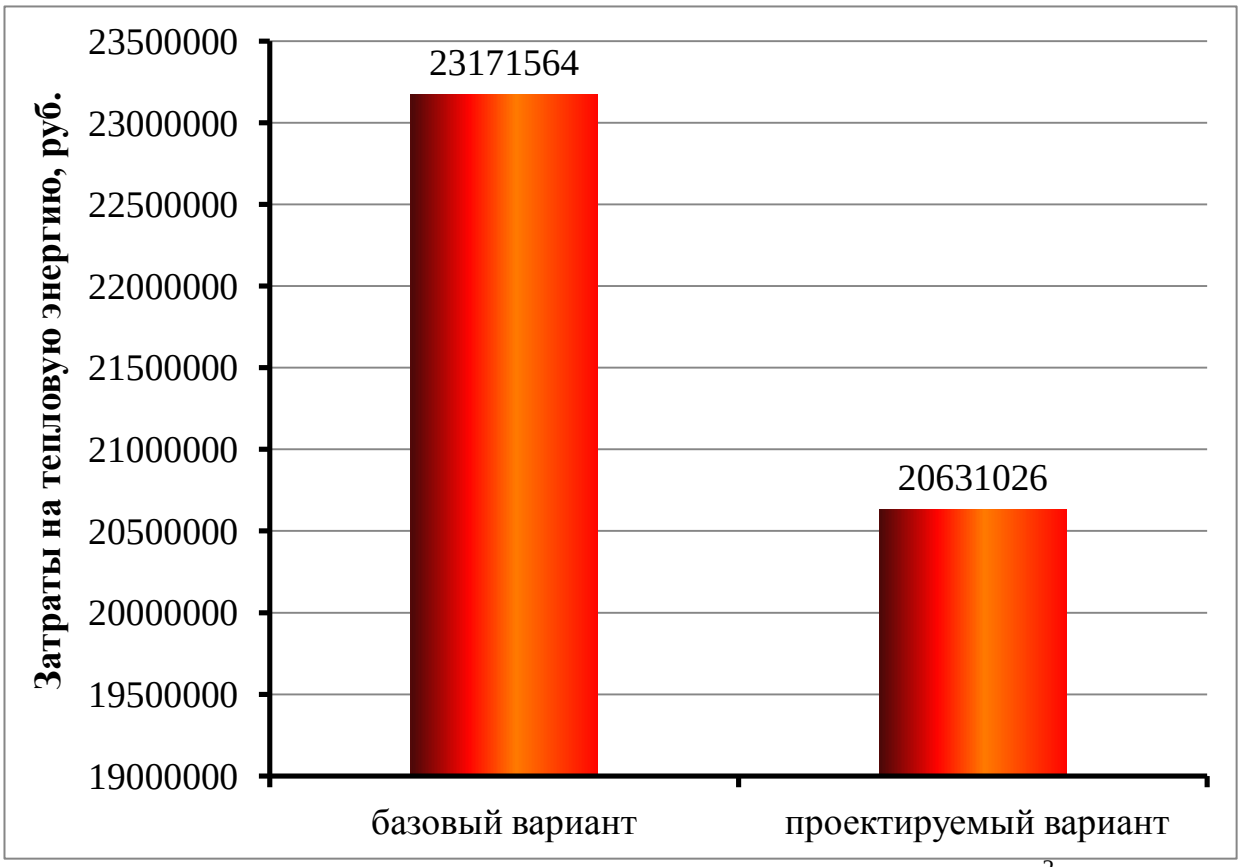


Рисунок 5.3 Затраты на тепловую энергию сооружением 15000 м^2 в 2014 году

Анализ рисунка 5.3 показывает, что экономии текущих затрат с учетом разницы по потреблению тепла составит $Э_г$=2 540 538 рублей.

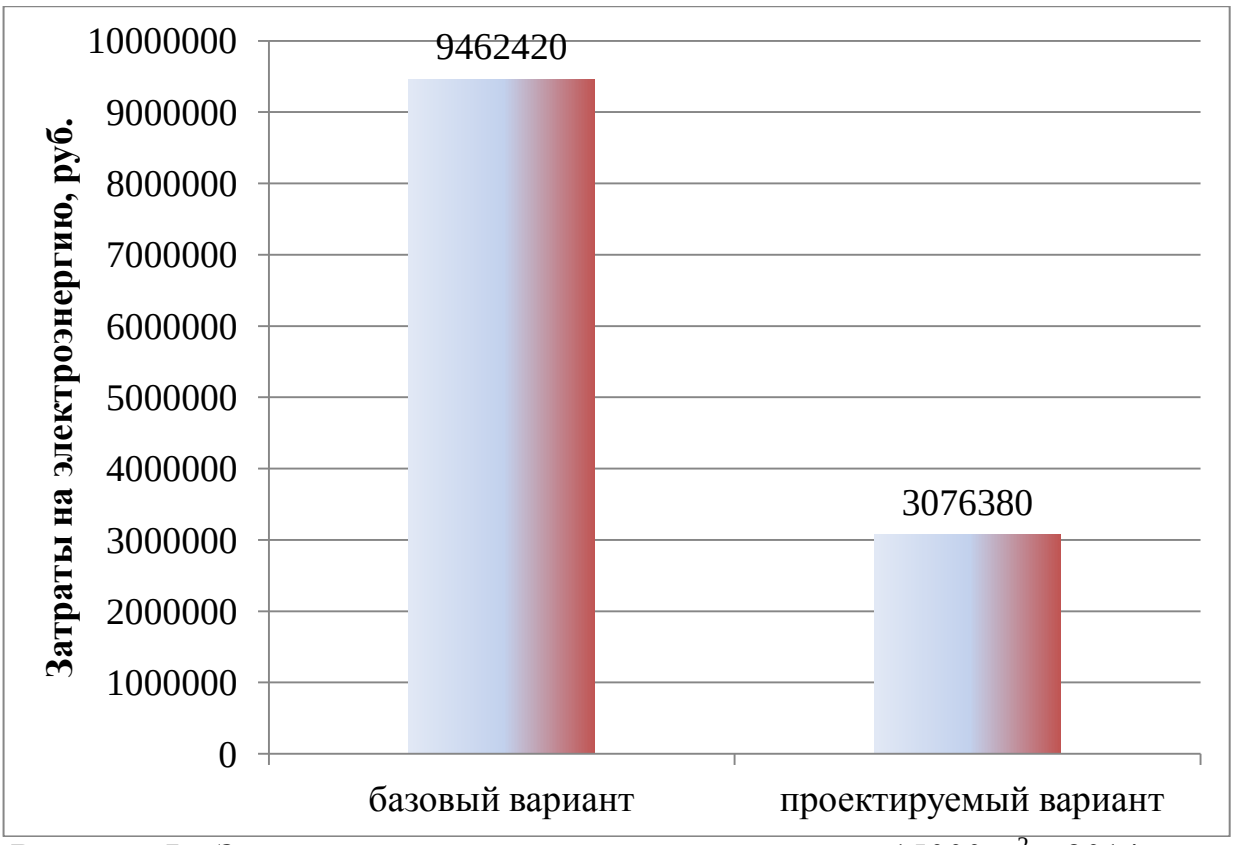


Рисунок 5.4 Затраты на электроэнергию сооружением 15000 м^2 в 2014 году

Рассчитаем приведенные затраты по выражению:

$$\boldsymbol{ПР = ЭЗ + E_н + K} \quad (5.4)$$

где $E_н$=0,15 – нормативный коэффициент эффективности (таблица 5.3);

ЭЗ – эксплуатационные затраты, рублей; *К* – капитальные вложения, руб.

Анализ рисунка 5.4 показывает, что экономии текущих затрат с учетом разницы по потреблению электроэнергии составит $Э_г$=6 386 040 рублей.

Следовательно, для базового вариант приведенные затраты составят $ПР_б$=33 280 422 рубля, для проектируемого $ПР_{пр}$=24 335 627 рублей.

Таким образом, годовой экономический эффект, рассчитываемый по выражению:

$$\boldsymbol{Г_э = ПР_б - ПР_{пр}} \quad (5.5),$$

составит 8 944 795 рублей.

Проводя расчет сроков окупаемости капитальных вложений:

$$\boldsymbol{T = \frac{Г_э}{Э_г} = 1\ год.} \quad (5.6)$$

Отсюда можно определить фактический коэффициент эффективности капитальных вложений по выражению:

$$E_{ф} = \frac{1}{T}, \tag{5.7}$$

который принимает значение 1.

Технико-экономические показатели сведем в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 Технико-экономические показатели за 2014 год.

№ п/п	Показатель	Вариант	
		базовый	проектируемый
1.	Капитальные вложения, руб./м^2	11,2	16,8
2.	Эксплуатационные затраты, руб./м^2	2 217	1 621
3.	Объем производимой продукции, кг/м^2	19,68	
4.	Денежная выручка, руб./м^2	815,9	
5.	Приведенные затраты, руб./м^2	2 218	1 622
6.	Годовой экономический эффект, руб./м^2		596,3
7.	Срок окупаемости капитальных вложений, год		1
8.	Фактический коэффициент эффективности капитальных вложений		1
9.	Экономия потребления тепловой энергии, руб./м^2		169,4
10.	Экономия потребления электроэнергии, руб./м^2		425,7

Используя приведенные в данном разделе расчеты, можно определить точку безубыточности (рисунок5.5).

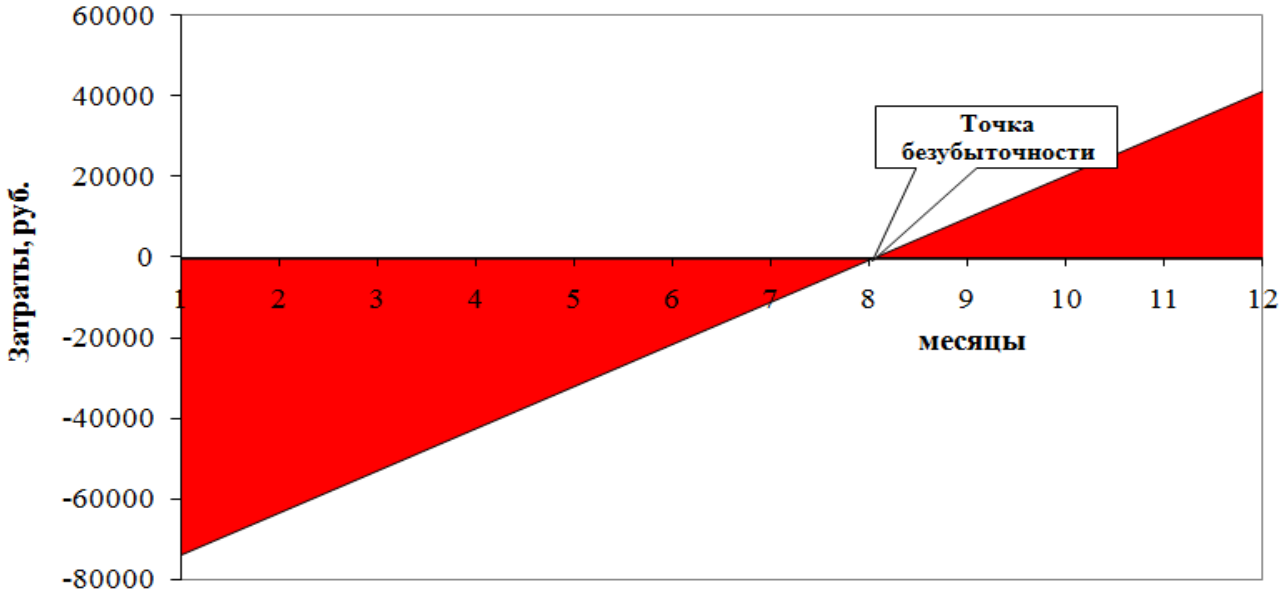


Рисунок 5.5 Определение точки безубыточности

Анализ рисунка 5.5. показывает, что окупаемость вложенных средств наступит при прочих равных условиях на восьмой месяц эксплуатации, предложенного в данной работе электрооборудования для поддержания микроклимата в защищенном грунте.

5.3 Выводы по главе

1. Анализ таблицы 5.5 показывает, что при капитальных затратах в 84 213,79 рублей, экономия потребления тепловой энергии составит 2 540 538 рублей с сооружения защищенного грунта площадью 15000м^2. При этом окупаемость оборудования для модернизации составит один год.
2. Экономия тепловой энергии при этом составит 10%, а снижение затрат на электроэнергию ожидается в пределах до 32% с учетом замены источников искусственного облучения с светильников с лампами ДНаТ-400 на светодиодные облучательные установки.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей диссертационной работе проведен анализ электрооборудования защищенного грунта, особенности его эксплуатации. С учетом этого разработана электрическая принципиальная схема работы электрооборудования с подключением управляющего микроконтроллера, работающего с разработанным алгоритмом управления работой электрооборудования для систем поддержания микроклимата в защищенном грунте.

6.1. Основные выводы и результаты

1. Анализ существующего электрооборудования защищенного грунта показал, что для поддержания микроклимата применяют две основные группы: силовое электрооборудование и облучательные установки. Силовое электрооборудование представляет собой – частотно-регулируемые электроприводы насосов и вентиляторов. В качестве облучательных установок, возможно, применять светодиодные светильники, генерирующие различный спектр. Их применение позволит экономить до 30% электроэнергии, затрачиваемой на облучение биологических объектов.
2. Математическая модель позволяет с высокой степенью точности определить температуру в рабочем объеме сооружения защищенного грунта в пределах относительной ошибки опыта не превышающей 5%. Математическая модель может считаться адекватной, т.к. расчет температуры по ней и показания температуры, измеренные с помощью приборов, имеют устойчивую корреляционную зависимость в пределах 95%.
3. Закономерности взаимного влияния параметров микроклимата в защищенном грунте показали следующие результаты. Повышение естественной облученности на 2 клк вызывает повышение температуры 2,5^{0}С. Повышение температуры на 1^{0}С снижает влажность на 2%. Концентрация углекислого газа в защищенном грунте также зависит от уровня естественной облученности. При нахождении последней в пределах от 1 до 2 клк, концентрация

CO_2 составляет 0,007%, дальнейшее повышение облученности приводит к снижению концентрации CO_2 до 0,005%.

4. . Алгоритм работы электрооборудования для поддержания микроклимата в сооружениях защищенном грунте полезной площадью 15000м^2 позволяет снизить потребление тепловой энергии на 10% за счет последовательного учета взаимного влияния четырех основных параметров микроклимата. Алгоритм предусматривает ввод краевых зон параметров микроклимата и возможность применения одного оборудования для разных культур.
5. Программа для работы логического контроллера в качестве управляющего устройства электрооборудованием для поддержания микроклимата в защищенном грунте, разработана на стандартных языках программирования FBD и CFC. Программа предусматривает учет взаимного влияния параметров микроклимата, что позволяет снизить приведенные затраты на 596 рублей с квадратного метра полезной площади защищенного грунта.
6. Экономическая эффективность работы электрооборудования доказана расчетами, которые показали, что при капитальных затратах в 84 213,79 рублей можно сэкономить затраты на тепловую энергию на 169,4 руб./м^2, а экономия электроэнергии составит 425,7 руб./м^2 в год. Срок окупаемости при этом составит около одного года, а точка безубыточности наступит на восьмом месяце эксплуатации оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Россия и Всемирная торговая организация. Сайт сети Internet Режим доступа: http://www.wto.ru/ru/newsmain.asp/ - htm.
2. Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства РФ. http://www.mcx.ru/documents/
3. Хотимченко, С.А. Качество и безопасность пищевых продуктов: современная законодательная и нормативно-методическая база / С.А. Хотимченко // Мясные технологии. - №1. – Москва, 2012. – С.34-35.
4. Сайт сети Internet Режим доступа: http://www.teplica.udm.ru
5. Сайт сети Internet Режим доступа: www.yuzhnyiagro.ru
6. Сайт сети Internet Режим доступа: http://www.mosagro.ru/
7. Владыкин, И.Р. Температурно-влажностный режим работы отопительно-вентиляционных установок в теплицах /И.Р. Владыкин, В.В. Логинов // Научно-производственный журнал «Безопасность труда в промышленности» Москва, ЗАО НТЦ ПБ, №3, март 2013 г., с. 53-56
8. Astrom K.J., Hagglung T. Automatic Tuning of Simple Regulator with Specifications on Phase and Amplitude Margins Automatic. 1984. V. 20, 5. P. 645
9. Bailey B.J. Will Process Controllers Survive? Control Engineering. 1984. 9. P. 117-118
10. Соковикова, А.В. Повышение эффективности энергосбережения отопительно-вентиляционными электроустановками защищенного грунта в условиях Удмуртской Республики / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ижевск, 2010 г.
11. Клевцов, А.В. Средства оптимизации потребления электроэнергии /А.В. Клевцов. - М.: Солон-пресс, 2004. - 240с.
12. Расстригин, В.Н. Электронагревательные установки в сельскохозяйственном производстве / В.Н. Расстригина. – М.: Агропромиздат, 1985.
13. Свистунов, В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хо-

зяйства / В.М. Свистунов, П.К. Пушняков. - 2-е изд. СПб.: Политехника, 2004. - 423с.

14. Тихомиров, А. В. Энергетический анализ производства овощей в теплицах / А.В. Тихомиров, Е.К. Маркелова, Е.Ю. Черномурова. // Достижения науки и техники АПК. - №9. – 2002. – С.7-9.
15. Сайт сети Internet Режим доступа: http://www.owen.ru/
16. Ерков, А.А. Система управления микроклиматом в отделении блочных теплиц / А.А Ерков // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. - Москва, 1995.
17. Clarke D.W., Gawthrop P.G. Implementation and Application of Microprocessor-Based Self-Tuners Automatic. 1981. V. 17, 1. P. 233-244.
18. Сайт сети Internet Режим доступа: http://www.uaseed.com/oroshenie/227.htm
19. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления / В.Я. Ротач. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 400с.
20. Свистунов, В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / В.М. Свистунов, П.К. Пушняков. - 2-е изд. СПб.: Политехника, 2004. - 423с.
21. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю. М. Судник – М.: Колос, 2004.
22. Ерков, А.А. Компьютерный анализ систем управления с. х. объектами / А.А Ерков, А.М. Мусин // Техника в сельском хозяйстве. - №2. – Москва, 1998. - С15-19.
23. Живописцев, Е.Н. Электротехнология и электрическое освещение / Е.Н. Живописцев, О.А. Косицын. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303с.
24. Захаров, А.А. Применение теплоты в сельском хозяйстве / А.А. Захаров. – М: Агропромиздат, 1986.
25. Кирилин, Н.И. Формирование оптимальных алгоритмов управления и функционирования автоматических систем сельскохозяйственного произ-

водства / Н.И. Кириллин // Автореферат диссертации на соискание ученой степени докт. техн. наук. - М.: 1999 г.

26. Коломиец, А.П. Система управления температурным режимом теплиц / А.П. Коломиец, А.В. Шавров, Н.Ф. Воинова // Сб. науч. тр. РГАЗУ. Часть 2. – Москва, 2000. - С.261-262.
27. Кондратьева, Н.П. Повышение эффективности электрооблучения растений в защищенном грунте/ Н.П. Кондратьева // Диссертация на соиск. уч. ст. доктора техн. наук. - М.: ВИЭСХ, 2003. - 365с.
28. Листов, П.Н. Применение электрической энергии в сельскохозяйственном производстве / П.Н. Листов. – М.: Колос,1974г.
29. Прищеп, Л. Г. Автоматизация и электрификация защищенного грунта / Л.Г. Прищеп. - М.: Колос, 1976 - 320с.
30. Шичков, Л.П. Тиристорный регулятор для систем микроклимата / Л.П. Шичков Л.П., В.М. Поляков, А.Ф. Алексеев // Достижения науки и техники АПК. - №1. – Москва, 1988.
31. Шичков, Л.П. Управление поливом растений в защищенном грунте по дозе фотосинтетически активной радиации / Л.П. Шичков, Н.П. Кондратьева, И.Р. Владыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - №7. - Москва, 2005. – С.5-8.
32. Теплотехника: Учеб. для вузов/В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; Под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 671 с.: ил.
33. Абазалиева, М.А. Комплексная система обеспечения параметров микроклимата в теплицах в теплый период года / М.А. Абазалиева // Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. - Нижний Новгород, 1992 г.
34. Бондарь, В.А. Исследование температурных полей и устранение краевого температурного эффекта с помощью дополнительного электрообогрева в зимних блочных теплицах / В.А. Бондарь // Автореф. дис. канд. техн. наук. - Киев, 1982. - 18с.

35. Владыкин, И.Р. Размещение измерительных преобразователей для контроля температуры и влажности в теплицах // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - №12. - Москва, 2005. - С.10 - 11.
36. Владыкин, И.Р. Расстановка измерительных преобразователей для контроля температурно-влажностных полей / И.Р. Владыкин, Н.П.Кондратьева // Труды 5-й Международной научно-технической конференции “Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве”. Часть 2. – М.: ВИЭСХ, 2006. – С.142 - 146.
37. Захаров, П.Г. Исследование лучистого теплообмена и определение коэффициента теплопередачи через ограждающие конструкции из светопрозрачной пленки / П.Г. Захаров, Д.А. Куртенер. - М.: Колос, 1967.
38. Кравец, П.И. Математические модели и прецизионная система управления температурным режимом аппаратов высокого давления / П.И. Кравец, В.А. Скаржепа, О.М. Венцковский // Труды IV Международной конф. «Проблемы комплексной автоматизации». Часть 2. - Киев, 1990. – С.82 - 86.
39. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.findpatent.ru/
40. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://teplicnik.ru
41. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.bibliofond.ru
42. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://vasha-teplitsa.ru
43. Драганов, Б. Х. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве / Б.Х. Драганов.-М.: Агропромиздат, 1990.- 463с.
44. Дружинина, М.В. Адаптивное управление нелинейными взаимосвязанными системами / М.В. Дружинина, А.Л. Фрадков. - СПб.: ИПМаш РАН, 1997. – 57с.
45. Юдаев, Б.Н. Теплопередача / Б.Н. Юдаев. - М.: Высшая школа, 1973. - 360с.
46. Басов, А.М. Электротехнология / А.М. Басов и др. - М: Агропромиздат, 1985г.
47. Лыков, А.В. Тепломассообмен / А.В. Лыков. - М.: Энергия, 1978.

48. Лионе, Ж.Л. Оптимальное управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными / Ж.Л. Лионе. - М.: Мир, 1972.
49. Михайлов, В.П. Дифференциальные уравнения в частных производных / В.П. Михайлов. - М.: Наука. 1983.
50. Ладыженская, О.А. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа / О.А. Ладыженская, В.А. Солонников, Н.Н. Уралъцева. - М.: Наука, 1967.
51. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/
52. Лысков, А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967.
53. Сайт сети Internet. Режим доступа: www.energy2020.ru
54. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.pac.by/dfiles/001578
55. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://vestnik.udsu.ru/2012/2012-021/vuu
56. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.sadowodstwo.ru/
57. Николаев, А.А. Климатические ресурсы солнечной радиации на территории Удмуртской Республики / А.А. Николаев. – Ижевск.: Вестник Удмуртского университета, Вып. 4, 2012.
58. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.ponics.ru/2009/06/light_zone/
59. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.cawater-info.net/bk/3-2-4-1.
60. Можаев Н., Серикпаев П., Стыбаев Г. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: *Учебное пособие.* - Астана: Фолиант, 2013. - 160 с.
61. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.studopedia.net/
62. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.prostoflora.ru/ekologiy/
63. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53615-2009 (МЭК 60721-2-4:1987) Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. Солнечное излучение и температура. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.files.stroyinf.ru/Data2/1/
64. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/
65. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://lib4all.ru/base/B3337/B3337Part15

66. Гусев, П.П. Справочник овощевода / П.П. Гусев, Н.И. Благовещенский, Г.Д. Аверьянов. – Казань: татарское кн. изд-во, 1971. – 157 с.: ил.
67. Справочник по овощеводству защищенного грунта / [под общ. ред. В.И. Эдельштейна; сост. М.З. Блинчевский]. – Москва: Московский рабочий, 1965. – 238 с.
68. Справочник бригадира-овощевода защищенного грунта / [Г.И. Тараканов и др.; сост. Н.А. Смирнов]. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 189 с.
69. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://agrocontech.ru/ru/info/
70. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.studfiles.ru/preview/3557935/
71. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://uchebnikionline.com/geografia
72. Сайт сети Internet. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki
73. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.fito-system.ru/
74. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://kipiavp.ru/
75. Владыкин И.Р., Кондратьев Р.Г., Логинов В.В., Евтишин В.А., Елесин И.С. Взаимосвязанная система управления отопительно-вентиляционными установками в защищенном грунте (статья) Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 24. № 1 (24). С. 17.
76. Владыкин И.Р., Елесин И.С. Алгоритмы работы отопительно-вентиляционных установок защищенного грунта В сборнике: Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. ФГБОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2013. С. 7-12.
77. Петров И.В., «Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования» / Под ред. проф. В. П. Дьяконова.- М.:СОЛОН-Пресс, 2004. — 256с.
78. Шидловский С.В., Математическое моделирование сложных объектов с распределенными параметрами в задачах автоматического управления структурно-перестраиваемых систем. Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 8, С. 19-23.

79. Егоров А.И. Основы теории управления. – М.: Физматлит,2004. – 504 с.
80. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами. – М.: Высшая школа, 2003. – 299 с.
81. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
82. Шидловский С.В. Логическое управление в автоматических системах с перестраиваемой структурой // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2006. – № 2. – С. 123–127.
83. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://vensnab.ru/e_mag/view_good/2179
84. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://econix.com/catalog/datchiki
85. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.etm.ru/cat/nn/9732126/
86. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.accessauto.ru/products/
87. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://gradoteka.ru/city/izhevsk/detail/
88. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://izhcommunal.ru/publ/ceny
89. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.akkor.ru/sites/default/files/
90. Ермолович, Л.Л. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / Л.Л. Ермолович, Л.Г. Сивчик, Г.В. Толчак, И.В. Щитникова. – Мн.: Интерпресс-сервис; Экоперспектива, 2001.- 576с.
91. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Часть 1. – М.: ВИЭСХ, 1998.
92. Швандар, В.А. Экономика предприятия / В.А. Швандар, Л.Я. Аврашков. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2002. – 240с.
93. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. №328н. Зарегистрировано в Минюсте РФ 12 декабря 2013 г. Регистрационный № 30593.
94. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Приказ Министерства энергетики РФ от 13 января 2003 г. №6. Зарегистрировано в Минюсте РФ под рег. № 4145 от 22.01.03 г.

95. Логинов, В.В. Энергосберегающий режим работы отопительно-вентиляционных установок в теплицах. [Текст]/ Владыкин И.Р // Безопасность труда в промышленности. 2012, №4, С. 23-26.
96. Логинов, В.В. Температурно-влажностный режим работы отопительно-вентиляционных установок в теплицах. [Текст]/ Владыкин И.Р., Логинов В.В., Евтишин В.А., Елесин И.С // Безопасность труда в промышленности. 2013, №3, С. 53-56.
97. Логинов, В.В. Взаимосвязанная система управления отопительно-вентиляционными установками в защищенном грунте. [Текст]/ Владыкин И.Р., Кондратьев Р.Г., Логинов В.В., Евтишин В.А., Елесин И.С. // Инженерный вестник Дона. 2013, Т. 24, №1 (24), С. 17-22.
98. Логинов, В.В. Энергосберегающий режим работы отопительно-вентиляционных установок в защищенном грунте. [Текст]/ Владыкин И.Р // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 35-летию факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства «Инновационные электротехнологии и электрооборудование – предприятиям АПК», Ижевск апрель, 2012 г., с. 60-68.
99. Логинов, В.В. Повышение качества энергосберегающих режимов работы отопительно-вентиляционных электроустановок в защищенном грунте. [Текст]/ Владыкин И.Р // Труды 8-й Международной научно-технической конференции (16-17 мая 2012 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 2. Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике, с. 177-182.
100. Логинов, В.В. Термографическое обследование ограждающих конструкций защищенного грунта. [Текст]/ Владыкин И.Р // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА «Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы» 16-18 октября 2013 г., Том II, С. 3-7.
101. Логинов, В.В. Тепловизионное обследование ограждающих конструкций теплиц. [Текст]/ Владыкин И.Р. // Труды 9-й Международной научно-

технической конференции, посвященной 85-летию академика И.Ф. Бородина «Энергообеспечение и энергосбережение в с.-х.» (21-22 мая 2014 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ) Часть 2, С. 162-167.

102. Loginov, V. The thermo vision inspection of protective structures of greenhouses. [Text]/ Vladykin I, Kochurova O. // Science, Technology and Higher Education [Text] : materials of the V International research and practice conference, Westwood, June 20th, 2014 / publishing office Accent Graphics communications – Westwood – Canada, P. 30-34.
103. Loginov, V. Mathematical model of temperature field in a greenhouse. [Text]/ Vladykin I, Kochurova O. // Yale Review of Education and Science, 2015, No.1. (16), (January-June). Volume VI. “Yale University Press”, 2015. – Connecticut, USA, P. 157-164.
104. Светодиодная система для облучения меристемных растений [Текст]/ Патент на полезную модель №127286. Заявка №2012130687/ Юран С.И., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., Логинов В.В., Кондратьев Р.Г., Маркова М.Г., Валеев Р.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА.
105. Взаимосвязанное управление параметрами микроклимата защищенного грунта [Текст]/ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015661513. Заявка № 2015617389/69 от 24.09.2015 года/ Владыкин И.Р.; Кондратьева Н.П.; Краснолуцкая М.Г.; Логинов В.В.; Баранова И.А.; Большин Р.Г.; заявитель и правообладатель НОУ ДПО «УНИЦ «ОМЕГА».
106. Елесин, И.С. Алгоритмы работы отопительно-вентиляционных установок защищенного грунта [Текст]/ И.Р. Владыкин, И.С. Елесин. // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА «Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы» 16-18 октября 2013 г., Том II
107. Елесин, И.С. Исследование энергоэффективных технологий подкормки углекислым газом биологических объектов в защищенном грунте [Текст]/

И.Р. Владыкин, И.С. Елесин. // Труды 9-й Международной научно-технической конференции, посвященной 85-летию академика И.Ф. Бородина «Энергообеспечение и энергосбережение в с.-х.» (21-22 мая 2014 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ) Часть 2, с. 27-30.

108. Elesin, I. The investigation of energy-efficient technologies of carbon dioxide fertilization of biological objects in greenhouses [Text]/ Vladykin I, Kochurova O. // Yale Review of Education and Science, 2015, No.1. (16), (January-June). Volume V. “Yale University Press”, 2015. – Connecticut, USA, P. 736-742.
109. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://www.certhon.ru/
110. Прогресс63. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://progress63.ru/
111. Сайт сети Internet. Режим доступа: http://energovopros.ru/novosti/svet/

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 Параметры микроклимата в ОАО «ТК «Завьяловский» 2005 г.

Дата	Культура: томаты							
15.02.2005	Тип ограждающей конструкции:			стекло	пластик			
точка	**Е,клк**	**УФмВт/кв.м**	**Т,С**	**Влажн.**	**Е,клк**	**УФ**	**Т,С**	**Влажн.**
1	2,8	83,2	16,6	28	8,6	328	19,2	25,1
2	3,8	88,5	16,6	29,6	8,6	328	19,6	25,9
3	3,4	81,1	16,7	25,6	6,4	298	19,6	19,8
4	7,7	8,5	17,7	32,5	5,8	332	20,1	30
5	9,6	6	18,1	32,2	7,7	305	20,3	32,5
6	6,8	40,2	19,2	28,4	8,6	289	20,8	28,7
7	7,2	9,6	19,5	28,7	6,4	315	21	28,9
8	10,1	6,5	19,8	29,5	8	268	21,2	31,5
9	6,7	38,2	19,9	27,9	8,9	295	21,3	32,3
10	7	7,2	20	24,5	8,5	281	21,6	19,3
11	19	17,2	19,9	23,3	5,7	265	21,4	19,3
12	9,3	54,6	19,9	21,5	6,1	245	20,8	19,8
Дата	Культура: огурец							
15.02.2005	Тип ограждающей конструкции:			стекло	пластик			
точка	**Е,клк**	**УФ**	**Т,С**	**Влажн.**	**Е,клк**	**УФ**	**Т,С**	**Влажн.**
1	6,7	254	20	61,8	6,4	57	21,6	51,7
2	8,7	283	21,5	58,1	9,7	90	22,8	53,2
3	10,4	253	21,5	52,3	5,9	105	23	49,2
4	8	250	22,6	58,6	9	9	23,1	48,9
5	6,5	254	22,7	55,1	7,2	5	23,6	51,5
6	12,6	267	23,1	48,8	14,5	12	23,8	46,5
7	11,7	306	23,2	45,4	12,5	9	23,7	45,1
8	9,2	241	23,5	47,6	10	7	23,7	46,2
9	7	285	23,4	43,2	18	19	23,9	44,4
10	9,8	290	22,8	35,3	9,5	42	23	40,1
11	12,7	305	22,6	34,6	10,3	56	22,9	36,3
12	7,2	245	22,5	32,7	5,9	60	22,8	36,3
Дата	Культура: салат							
15.02.2005	Тип ограждающей конструкции: стекло							
точка	**Е,клк**	**УФ**	**Т,С**	**Влажн.**				
1	13,2	270	17,4	67				
2	7,2	280	18,1	55,3				
3	8,3	250	18,2	55,2				
4	6,9	225	18,5	52,7				
5	6,5	215	18,6	51,6				
6	9,6	210	18,8	49,9				

мВт/кв.м	помидоры							
17.02.2006	стекло				пластик			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	2,4	96,3	16,6	66,1	1,8	55,3	18,6	54,2
2	3,2	102,9	17	66,8	2,8	55,2	18,4	56,2
3	3,2	102,5	17,5	62	2,2	83,4	18,6	56
4	3,7	116	17,6	57,5	3	60,2	18,4	55,5
5	4,8	122,3	17,5	60,2	4,1	24,2	18,4	56,2
6	5,2	135	17,7	61,3	4	17,6	18,5	58,1
7	3,8	126,6	18,1	58,1	3,7	79,9	18,5	54,6
8	4,2	104,3	17,9	63,5	4,2	17	18,4	56,5
9	5	129,2	18	64,1	3,7	17,7	18,4	54,2
10	4,1	130,9	18	53,6	3,7	72,2	18,3	52,7
11	4,4	121,3	18	53,1	2,6	22,3	18,1	53,8
12	4,5	124	18,1	50,8	3,4	19,7	17,8	52,2
мВт/кв.м	огурцы							
	стекло				пластик			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	2,3	106,1	22,6	69,5	1,1	45,9	18,2	66,3
2	1,9	94	23,2	65,1	0,7	9,1	19,9	71,2
3	2,7	111,6	23,2	68	1	36,2	20,1	66,1
4	2,6	93,2	24	63,2	2,5	84,9	21,1	63,2
5	1,2	71,1	24,1	64,7	0,4	5,3	21,8	67,1
6	0,6	70,1	24,5	67,6	1	2,2	22,3	59,5
7	3,6	102,1	24,1	56,9	3	6,2	23,4	58,7
8	1,9	97,3	24,4	60,9	3,3	3,2	22,9	62,7
9	2,7	84,5	24,5	61,7	0,6	3,1	23,4	53,9
10	7,2	166,1	23,9	48,3	1,6	11,1	22,7	51,6
11	7,1	136,1	23,7	48,9	1,8	41,9	22,7	51
12	4,9	165,9	23,4	48,3	0,2	30,3	22,6	47,9
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	6,8	166,1	16,5	70				
2	9,5	167,4	17,3	67,9				
3	14,5	166,6	17,6	68,7				
4	17,4	163,3	18,6	65,5				
5	16,2	166,5	18,8	62,5				
6	15,4	152,2	19,6	62,2				

мВт/кв.м	помидоры							
21.02.2005	стекло				пластик			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	1,3	88,5	18,4	41,3	1,7	85,6	17,3	43,6
2	2,1	92	18,6	41	2,1	108,9	17,8	41.5
3	2	88	18,4	44	1,6	66,5	18	42,7
4	2,5	93	17,5	39,3	1,3	26,5	18,6	39,2
5	2,7	101,2	17,2	40,8	2	34,6	18,8	37,8
6	2,6	96	17,1	41,1	3	81,1	19,2	38,5
7	2,7	92,5	16,8	39,5	1,7	22,7	19,3	35.9
8	3,9	111,8	16,8	40,5	2,5	45,4	19,1	42,7
9	2,2	87,4	17	41	2,6	75,8	19,3	41,6
10	2,9	86,6	17,4	39,1	1,7	16,5	19,9	33,6
11	2,7	104,2	17,4	34,7	2,5	44,5	20	32,7
12	3,4	76,6	17,2	34,3	3,1	87	20,1	32,9
мВт/кв.м	огурцы							
	стекло				пластик			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	2,1	91,7	21,8	51,2	0,8	15,2	18,8	58
2	1,8	63,4	21,6	50,6	1,1	5,6	19,9	57,2
3	0.5	65,7	21,3	46,6	1,2	33,6	20,1	58,2
4	2,1	60,9	20	55,3	0,8	2	21	51
5	0.3	57,8	20	56,7	0,2	7,8	21,2	55,1
6	1	67,8	19,7	66,4	0,7	71,3	21,4	50,4
7	1,6	77	19,8	65,9	0,9	2,7	20,8	43,6
8	0,5	73,4	19,7	62,8	2,2	2,3	20,6	49
9	0,5	41,5	19,9	64	0,6	69,8	20,4	48
10	3,6	80,4	20,6	52,7	2	34,2	20,9	42,7
11	4,5	125,6	20,6	50,9	3,6	50,1	21,6	44,4
12	3,30	97,2	21,6	51,9	2,9	66,2	21,9	43,4
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	6	141,6	20,1	61,4				
2	6,6	160,3	20	66,7				
3	6,3	137,4	19,9	57,1				
4	6,2	136,6	20	57,6				
5	6,8	138,4	20,1	61,7				
6	6,3	130,3	20,4	60,3				

мВт/кв.м	помидоры							
25.02.2005	стекло				пластик			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	4	97,9	18,1	53.9	6,4	98,6	19,1	47,9
2	4,3	99.3	19,5	49,6	7,9	80.9	19	53,6
3	4,9	85	19,5	48,9	5,4	89,2	18,9	54,3
4	4,6	135,6	19,5	57.2	18,4	36,3	19	56,7
5	4,4	137,3	19,5	57,4	19	47,1	18,8	56,7
6	4,8	139	19,8	55	12,7	157	19,7	51,9
7	4,6	129,3	19,2	54.5	31	61,6	20,1	49,4
8	4,7	131.6	19,7	57.1	36,4	59,2	20,2	53,4
9	4,2	117,1	19,6	55,1	38,7	194,5	20,9	53,5
10	4,7	103.1	19,3	48.5	35,8	77,2	20,6	46,2
11	4,1	134,3	19	50,8	34,6	56,7	20,5	45,2
12	4,7	123,2	19	49	31,5	247	20,6	41,5
мВт/кв.м	огурцы							
	стекло				пластик			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	2,3	85,3	27,5	57,4	14,3	111,3	23,8	59,8
2	1,6	63,5	27,6	56,2	3,8	92,7	25,1	58,2
3	2	64,2	26,6	57,4	7,4	71	25,6	58.2
4	0,9	68,4	27	56,3	7,1	9,4	26,7	52,3
5	1	27,1	26,9	51	3,5	4,2	26,8	54,5
6	1,1	72	26,6	63	5,9	13,2	27	59,3
7	1,5	75,6	27	63	5,7	5,1	27,2	49,3
8	1,4	74.3	27,2	61	4,4	4,9	27,2	51,2
9	2,1	72,4	25,8	56,8	5,7	7,1	27,5	58,1
10	4	96,7	26,2	58,9	32,2	53,3	27,7	46,5
11	4,2	98,3	26,5	57,3	31,2	65,3	27,7	39.7
12	4,3	105	25,5	58,2	39,6	282	27,9	41,8
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	6,2	145.3	20,3	62,3				
2	6,5	151,6	20,1	64,8				
3	6,6	149,7	20	61,9				
4	6,3	146,2	20,5	59,7				
5	6,4	144,4	20,8	62,5				
6	6,1	141,8	20,4	61,9				

мВт/кв.м	помидоры							
28.02.2005	стекло				пластик			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	3,2	82,9	19	86,9	5,5	67,4	16,5	52,7
2	3,1	76.7	18,1	70,4	8	76,6	16,5	54,5
3	2,6	60,1	17,9	63,7	4,4	74,3	16,5	56,2
4	3,6	103,1	17,8	61,3	10,2	30,6	16,6	49,8
5	3,4	96,7	17,8	60,5	10,9	8,1	16,8	50,3
6	3	91,2	18	65,1	4,5	16,8	16,7	52,2
7	3,3	89,5	18	53,5	9,8	12,4	16,6	50,3
8	3,1	111,6	18,1	54	12,3	12,8	16,7	54,2
9	2,9	72,3	18,2	54,9	10,6	48,7	16,7	53,4
10	3,2	65,4	17,9	47,5	6,1	32,1	16,7	48,3
11	2,8	94,5	17,6	45,9	6,5	56,4	16,7	48,3
12	4	97,8	17,1	44,4	10	24,9	16,5	43,2
мВт/кв.м	огурцы							
	стекло				пластик			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	4,1	112,2	21,2	49,9	2,9	109,6	22,6	67,8
2	4,9	124,2	21,3	51,1	0,8	49,5	22,9	54
3	4,1	69,5	21,4	55,1	2,3	54,7	23	55,6
4	5,4	122,7	21,6	53,4	3,9	10,7	22,6	53,8
5	2,8	105,4	21,7	54	3,2	3,3	22,5	54,4
6	4,1	43,5	22	56	5,3	3,5	22,6	62,7
7	7,9	143,2	21,8	53	2,1	4,2	22,4	50,5
8	3,3	84,2	21,7	53,7	1,9	5,5	22,7	48,7
9	5,1	113,5	21,8	54,9	1	29,3	22,5	51,1
10	6,5	154,3	21,8	50,3	6,1	51,2	22	47,7
11	6,5	121,2	21,6	51,1	4,6	57,8	21,8	45,6
12	4,2	102,1	21,6	51,5	5,7	74,5	21,6	44,8
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	7	162,3	17,3	73,2				
2	8,3	167,8	17,9	71,5				
3	13,8	165,6	18,4	69,4				
4	14,4	164,2	18,8	68,7				
5	15,3	161,1	19,2	65,8				
6	15,1	158,5	19,5	65,2				

Дата	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
02.03.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	4,4	68,6	21,1	86,8	13,5	63,2	18	86
2	5,5	66,6	20,2	87,4	12,8	73,2	18,2	85,9
3	4,3	76,6	19,9	87,8	12,2	47,8	18,2	82,6
4	7	111,3	19,2	87,6	20,6	13,5	18,7	84,1
5	4	116,3	18,9	86,6	18,4	12,4	18,8	81,2
6	5,2	85,4	18,4	88,8	20,3	48,2	19,1	83,8
7	6,2	94,3	18	88,8	18,7	14,7	19,4	79,7
8	5,6	98,2	18,1	88,2	17,7	12,4	19,4	82,5
9	6,9	106,1	18	87,6	17,7	44,6	19,5	78,6
10	7,4	112	18,2	85,8	13,7	14,8	19,4	77,8
11	7,3	125,4	18,2	83,6	14,7	24,9	19,3	77,4
12	8,8	106,1	18,1	86,3	14,4	15,2	19,1	76,8
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	7,5	123,2	20,6	59,6	1,8	58,6	24,1	84
2	7,7	119,8	21	61	1,7	66,3	24,2	83,6
3	7,1	127,8	20,9	60,8	2,1	58,4	24,1	82,7
4	9,4	137,2	21,2	64,8	5	4,3	23,7	76,5
5	9,8	138,3	21,7	65,3	2,1	2,6	23,9	78,4
6	10,1	141,5	22	66,1	0,3	2,7	23,6	78,4
7	12,9	155,6	21,7	63,8	1,6	3,7	23,8	61,7
8	13,2	159,3	21,3	62,6	2,1	1,1	23,2	64,1
9	11,9	163,3	21,9	61,8	1,9	29,7	23	64,6
10	15,3	161,5	22	63,2	4,7	27,7	21,9	59,3
11	16	165,8	22,4	64,3	7,8	25,3	21,6	59,1
12	15,8	166,1	22,1	63,9	7	33,6	21,1	59,6
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	6,5	141,5	21,8	62,4				
2	7,1	161,3	21,5	67,6				
3	6,9	138,3	21,6	60,1				
4	6,8	137,5	21,8	60,5				
5	7,4	139,4	21,9	63,8				
6	6,9	131,2	22,1	62,4				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
09.03.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	5,1	61,2	23,4	49,3	1,5	30,2	19,2	47,1
2	5,3	97,2	23,3	40,9	3,1	49,5	19,5	50,9
3	2,9	72,7	23	41,2	4,6	66,2	19,2	53,5
4	5,2	116,3	21,5	42,5	4,9	67,6	19,7	48,5
5	4,1	108,6	21,2	43,8	2,8	44,2	19,6	50,3
6	6,6	103,6	20,6	44,7	8,5	54,2	19,1	50,4
7	5,6	108,6	20,1	47,2	8,3	28,4	18,8	51,3
8	4,1	107,3	20	48,7	8,3	10,3	18,6	51,3
9	4,9	112,2	20,1	49,4	9,5	43,2	18,8	53,4
10	6,2	89,3	20,2	42,8	10,2	29	18,9	51,3
11	6,7	117,2	20	42,6	11,5	33,2	18,9	51,9
12	6,8	133,2	19,6	41,3	11,7	45,4	18,9	49,5
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	4,6	65,4	22,9	55,9	2,8	19,7	26,2	55,8
2	2,5	65,4	23,1	55,2	4,4	4,8	25,8	60,2
3	3,5	66,8	23	55,5	2,8	26,5	25,1	67,7
4	4,1	63,7	24,1	54,3	2,3	2,5	24,7	65,9
5	3,9	64,8	23,9	55,1	1,1	2,4	24,6	589
6	3,7	68,1	23,8	54,9	2	52,4	24,3	59
7	4,2	67,5	22,3	56,8	2,9	2,4	23,7	60,3
8	3,5	68,3	23	56,2	1,6	2,5	23,5	63,6
9	5,1	66,9	23,5	56,3	4,2	5,6	23,3	63,1
10	4,1	65,8	24	57,4	11,2	24,6	22,6	54,2
11	3,9	61,9	23,9	57,3	9,7	20,5	22,4	54,9
12	4,1	64,7	23,5	56,9	8,2	47,1	22,7	65,9
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	5,7	136,2	20,1	45,5				
2	6,5	127,6	19,6	46,6				
3	7,4	124,3	19,3	47,5				
4	7,5	107,4	19	46,4				
5	7,3	128,3	18,8	45,7				
6	6,6	117,4	18,6	45,8				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
25.03.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	6,1	63,3	24,5	51,4	3,5	33,4	22,1	50,1
2	6,3	99,3	24,2	42,9	5,1	52,7	22,6	52,3
3	3,8	74,8	24	43,6	6,7	69,4	22,3	55,6
4	6,2	118,4	22,6	44,6	7	69,7	22,9	50,4
5	5,2	110,7	22,3	46,9	4,9	47,3	22,7	52,4
6	7,7	105,7	21,7	47,8	10,6	57,4	22,3	52,4
7	6,7	110,7	21,2	50,3	10,4	31,5	21,9	53,4
8	5,2	109,4	21	51,8	10,4	13,6	21,8	53,4
9	6	114,3	22,2	52,5	11,6	46,4	21,9	55,6
10	7,3	91,3	21,3	45,9	12,3	32	22	53,6
11	7,8	119,3	21	45,7	13,6	36,3	22	54
12	7,9	135,3	20,7	43,4	13,8	48,6	22	53,8
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	5,7	66,5	24	57	3,1	20,1	25,1	58,8
2	3,6	66,5	24,2	58,3	4,8	15,8	25,6	61,3
3	4,6	67,9	25	58,2	3,2	26,3	26,1	68,7
4	5,2	64,8	25,1	60	3,3	22,6	24,9	64,3
5	5	65,9	24,5	61,3	3,5	23,8	25,1	61,4
6	4,8	69,2	24,4	60,9	4	27,6	25,3	59,8
7	5,3	68,6	24,3	63,2	3,8	31,3	25,8	63,4
8	4,6	69,4	23,9	64,3	3,9	28,6	26,1	65,7
9	6,2	67,9	24,1	63,8	4,1	25,4	26,4	66,8
10	5,2	66,9	24,3	64,2	3,8	23,6	25,8	63,3
11	5	62,9	23,8	64,5	3,6	27,8	24,9	64,7
12	5,2	65,8	24	64,7	3,9	26,6	25,3	65,8
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	6,1	138,3	22,3	51,8				
2	6,6	128,6	22,6	49,8				
3	7,1	126,7	22,9	49,3				
4	7,6	109,5	23,6	51,2				
5	7,4	122,3	22,9	53,6				
6	6,9	121,7	22,1	48,6				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
30.03.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	4,8	71,2	22,1	83,3	14,5	64,2	20	87
2	5,6	73,3	22,4	85,6	13,8	74,2	20,3	86,9
3	4,5	81,4	21,9	84,1	13,2	48,9	20,3	83,6
4	8	113,5	23,4	86,1	21,6	14,6	20,7	85,1
5	5	121,4	22,9	86,3	19,4	13,5	21,9	82,3
6	6,2	91,3	23,8	85,8	21,6	49,3	22,1	84,9
7	7,2	101,3	24,1	87,1	19,7	15,8	22,4	80,8
8	6,6	103,8	23,9	86,9	18,7	13,5	22,5	83,6
9	7,4	112,4	23,5	86,6	18,7	45,7	22,6	79,7
10	8,3	116	23,1	85,6	14,7	15,9	22,5	78,9
11	8,4	130,4	22,7	84,8	15,7	26	22,3	78,5
12	9,8	113,7	22,9	84,9	15,4	16,3	22,1	77,9
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	8,5	124,3	22,6	61,7	2,8	59,7	25,2	85
2	8,7	120,9	23	63	2,7	67,4	25,3	84,7
3	8,1	128,9	24	62,9	3,2	59,5	25,3	83,8
4	10,4	138,3	23,2	66,9	6	5,4	24,8	77,6
5	10,8	139,4	23,8	67,4	3,2	3,7	25	79,5
6	11,1	142,6	24	68,2	1,4	3,8	24,7	79
7	14	156,7	23,7	65,8	2,7	4,8	24,9	62,8
8	14,3	160,4	23,4	67,7	3,2	2,2	24,3	65,2
9	13	164,4	24	63,9	3	30,8	24	65,7
10	16,4	162,6	24	65,3	5,8	28,9	23	60,4
11	17	166,9	24,4	66,4	8,9	26,4	22,7	60,2
12	16,9	167,2	24,2	66	8	37,7	22,2	60,7
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	7	142,7	22,3	63,6				
2	7,6	162,5	22	69,8				
3	7,4	139,5	22,1	61,3				
4	7,3	138,7	22,3	61,7				
5	7,9	140,5	22,4	61				
6	7,4	132,4	22,6	63,5				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
01.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	32,7	175,4	21	90,2	6,7	107,5	23,6	57,2
2	41,4	146,5	21,7	80,6	6,4	80	23,4	62,7
3	13	155,2	21,2	77,5	5,8	86,2	23,5	66,3
4	31,9	143,9	22,3	68,7	14,3	12	23	63,3
5	31,2	135,2	22,5	67,8	15	8,3	23,2	64,3
6	12,3	138,9	22,7	67,3	19	15,5	23,2	64
7	24	194	23,6	72,9	13,8	9,6	23,3	64,8
8	5,8	165	24,1	70,3	15,7	7,8	23,3	68,8
9	12,6	195	24,3	64,8	22,6	41,2	23,9	69,8
10	15,4	195	24,3	56,6	13,1	11,7	23,7	59,4
11	9,1	122,3	24,6	82,7	23,6	11,9	24,3	59,8
12	11,3	194	24,8	56	13,5	24,7	24,3	55,2
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1								
2								
3								
4								
5								
6	были закрыты							
7								
8								
9								
10								
11								
12								
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	18,8	138,6	21,8	69,5				
2	25,4	122,6	22,5	54,7				
3	5,3	144,5	22,5	62,2				
4	27,4	128,2	22,9	62,8				
5	32,9	156,1	23,5	62,7				
6	9,8	135,2	23,6	61,2				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
04.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	2,1	61,6	19,8	55,4	3,5	41,5	17,1	58,2
2	1,5	53,9	19,7	58,7	3,5	38,2	18,4	58,2
3	2	69,3	19,4	58,7	3,3	22,1	17,5	58,8
4	1,5	61,2	18,9	66,8	4,1	6,3	18,1	56,8
5	1,3	44	18,7	67,6	2,6	4,6	18,3	57,1
6	1	36,5	18,3	56,5	2,2	7,3	18,5	58,3
7	2,2	75,1	17,9	58	5	8,5	18,4	55,6
8	1,1	43,2	17,7	56,4	4,5	6,5	18,5	57,4
9	1,3	44,9	17,4	55,4	5,3	18,3	18,5	59,4
10	2,9	92,1	16,8	56	5,6	7,3	18,5	53,8
11	2,2	75,6	16,9	55,1	6,3	10,3	18,5	53,1
12	2	61,5	17	54,3	6,4	18,3	18,5	52,6
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	6,2	12,3	23,8	50	4	58,7	22,4	62,2
2	1,1	3,3	23,7	55,4	3,8	46,8	22,6	63,8
3	3,3	41,2	23,2	54,8	4,1	47,6	22,5	60,5
4	6	44,3	22,7	51,2	4,8	52,2	22,3	50,1
5	6,1	38,6	22,6	54	5,2	58,6	22,7	55
6	6,2	35,1	22,3	53,2	5,3	24,4	22,1	54,3
7	6	9,5	22,1	46,5	6,1	12,8	21,9	47,6
8	5,9	16,1	22,3	48,6	3,8	8,8	22,3	49,7
9	5,8	30	22	49,8	5,6	11,2	21,8	50,8
10	12,5	25,5	22	50,4	7,2	8,3	22,3	51,5
11	8,4	32,3	21,8	51,1	5,6	9,8	22,4	52,2
12	7,5	22,3	21,9	50,9	6,2	10,2	22,6	52
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	7,5	121,6	23,5	64,2				
2	8,4	109,3	23,3	64,6				
3	9,5	114,3	23,1	64,6				
4	9,7	112,1	23,1	64,9				
5	8,5	104,6	23,3	64,9				
6	8,1	104,4	23,6	68,6				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
06.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	14,8	147	25,5	88,8	16,7	71,4	23,5	64,7
2	14,8	145,6	22,5	80,1	3,1	44,5	23,7	72
3	15,6	236	22,5	75,5	8,1	33,2	23,4	71,7
4	14,5	222	23	69,2	6,8	6,2	23,7	69
5	12,4	184	23	73,3	2,9	3,7	24	72
6	11,2	193	23	75,2	7	23,4	23,6	70,6
7	13,6	222	23,3	65,6	15,7	12,4	23,8	68,2
8	10,8	156	23,2	71,1	5,8	5,7	23,9	72,5
9	11,1	201	23,4	74,3	9,3	53,6	23,8	70
10	26,8	214	23,6	59,3	5,8	7,7	23,5	64,5
11	16,4	207	23,6	63,5	18,7	17,9	23,3	65,7
12	20,8	220	23,6	66,2	14,1	36,8	23,5	64,6
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	1,7	56	25,9	74,4	2	7,2	24,3	74,9
2	1	28,2	25,8	77,2	1,1	5,5	24,8	74
3	1,2	62,7	25,6	77,6	0,9	19,7	24,9	73,7
4	10,7	78,3	25,9	76	2	4,6	25,1	69,5
5	0,9	141,3	26	75,4	1,2	2,3	25,1	69,6
6	1,2	135,8	25,8	76,3	1,4	1,8	25,3	69,8
7	4,2	94,2	26	75	1,8	2,5	25,4	70,1
8	0,9	53,4	26,3	75,2	1,7	2,4	25,5	70,5
9	2,4	68,5	26,1	76,3	2	2,6	25,4	69,9
10	3,8	76,6	25,8	75,6	2,1	2,2	26,1	66,8
11	5,2	59,8	25,6	75,2	1,9	1,8	25,7	67,3
12	6,1	81,1	25,5	75,3	2	1,9	25,8	66,5
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	6,5	122,7	23,2	62,1				
2	7,4	111	23,1	62,4				
3	8,5	115,4	23	63,4				
4	8,7	113,2	23	63,7				
5	7,5	105	23,1	63,8				
6	6,6	105,2	23,3	67,4				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
08.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	6,1	82,7	22,8	92,1	17,4	45,2	24,6	94,7
2	3,9	62	23,1	92,3	1,3	42,2	24,7	94,7
3	3	64	23,1	92,7	2,6	134,2	24,7	94,8
4	1,8	64,2	23,6	93,1	11,7	7,8	24,4	94,6
5	2	47,2	23,8	93	3,5	5,5	24,4	94,7
6	1,5	62,2	23,8	93	3,8	7,5	24,5	94,8
7	2,6	68,7	23,9	93,8	14,6	21,9	23,9	94,5
8	2,4	82,6	24,2	93,9	7,1	6,8	23,9	94,6
9	1,9	81,6	24,2	94,2	6,5	144,2	24	94,6
10	2,2	73,7	24,5	94,9	8,4	7,9	23,7	94,7
11	2,5	61,6	24,6	94,5	9,2	16,2	23,9	94,9
12	2,5	70,2	24,9	91,5	11,3	73,2	24,4	94,8
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	7,2	112,3	26,5	94,3	3,1	17,2	26	93,9
2	3,2	98,6	26,8	93,6	0,9	7,8	26,4	93,9
3	4,3	94,6	26,7	93,8	2,8	20,6	26,5	94
4	7	78,8	27,1	92,8	7,7	2,7	27	93,8
5	7,1	67,3	27	93,3	3,7	7,5	27,4	93,8
6	7,2	72,3	27,2	94,4	3,3	16,5	27,6	94,2
7	7	82,3	27,5	93,5	3,4	6,8	27,8	92,6
8	6	76,6	27,7	93,7	1,4	4,5	27,6	93
9	6,8	78,8	27	94,4	1,6	12,1	27,6	91
10	13,5	91,1	26,1	94,8	5,6	5,6	27,7	89
11	9,4	96,6	26,3	93,8	1,6	3,6	25,8	91,9
12	8,5	86,6	26,3	94,1	2,8	3,6	26,4	93
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	9,3	132,1	23,5	90,1				
2	32,7	149,2	24,5	90,9				
3	15,1	105,2	24,7	91				
4	7,9	105,6	25,4	91,4				
5	32,6	192,1	25,6	92				
6	11,2	102,1	26,1	90,5				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
11.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	24,5	93	24,8	55,5	2,6	3,2	25	55,7
2	8,7	92,6	25,9	57,1	4,2	76,6	24,5	55,9
3	3	71,6	25,1	61,3	1,9	72,2	23,9	58,7
4	1,7	65,6	25,6	68,3	2,8	3,5	23,3	57,2
5	2,1	72,1	25,6	62	3,2	22,7	23	61
6	1,9	66,6	24,4	61,2	1,7	71,9	22,9	62
7	8,4	65,1	24,9	62,3	2,3	68,3	22,6	55
8	4,3	147,7	24,9	59,6	2,7	23,7	22,5	55,9
9	1,1	147,6	25,1	69,7	3,8	98,3	22,9	55,8
10	3,3	145,2	25	60,6	4,3	61,8	23,1	67
11	5,1	101,7	25	51,6	3,6	72,1	22,7	65,2
12	2,1	93,7	25	62,8	2,9	58,8	22,1	69,1
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	15,9	143,6	26,5	65,8	12,3	72,5	24,6	65,8
2	15,8	146,6	26,6	73	4,3	46,6	24,8	74
3	15,7	126,3	25,9	74	9,2	35,5	24,5	72,8
4	15,6	116,2	25,3	70	7,9	8,4	24,8	71
5	13,5	112,4	25,7	71,7	4	5,9	24,7	74
6	12,3	115,7	26,9	69,3	6,2	25,7	24,9	72,7
7	14,7	108,7	25,7	73,6	9,5	14,9	25	69,5
8	11,9	104,6	26,3	72	6,3	7,9	25	74,6
9	12,2	98,7	26,7	66,7	12,7	54,4	24,9	73,4
10	27,2	99,6	26,5	65,8	8,4	8,4	25	68,7
11	17,5	98,7	25,3	67,9	9,6	18,5	25	67,4
12	21,9	98,3	25,8	66,3	8,9	35,6	24,9	67,1
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	7,4	119,8	24,3	65,2				
2	8,3	117,1	24,4	65,6				
3	9,4	116,2	24,1	65,7				
4	9,6	112,7	24,2	65,8				
5	8,4	109,3	24,3	65,9				
6	7,7	108,9	24,4	66,2				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
13.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	3,3	82,1	20,7	75,1	6,6	7,1	19,9	72,5
2	5,3	91,7	20,7	78,2	3,2	16,8	20,1	78,9
3	5,3	95,9	20,8	76,7	4	7,1	20,1	80,2
4	6,2	137	20,6	70,6	3,9	3,3	20	70,6
5	2,8	71,2	20,8	71,5	1,9	3,8	20,2	76
6	4	115	20,4	59	3,3	7,3	20,2	76,7
7	5,4	96,4	19,8	70	1,6	5,2	19,6	73,8
8	3,7	64,1	20,1	70,9	0,5	1,6	19,9	76,4
9	4	116	20,3	70,7	1,9	1,6	19,7	76,2
10	6,2	100,4	20,2	73,4	2	7,3	20,1	76,8
11	5,1	118	20,2	73,5	1,9	5,6	19,9	75,9
12	5,3	93,2	19,8	73,9	1,5	5,3	20	74,8
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	5,2	113,4	22,7	69,9	4	111,2	23,6	87,8
2	6	123,3	22,8	71,1	2,8	52,3	23,9	74
3	5,2	75,6	22,5	75,1	4,3	56,8	24	75,6
4	6,5	117,3	22,6	73,4	5,9	12,8	23,6	73,8
5	3,9	108,4	22,7	74	5,2	5,4	23,5	74,4
6	5,2	53,6	23	76	6,4	5,6	23,6	82,7
7	9,1	112,4	22,8	73	4,1	6,2	23,4	70,5
8	4,5	96,7	22,8	73,8	3,9	7,5	23,7	68,7
9	6,2	115,5	22,9	75	3	31,4	23,5	71,1
10	7,4	126,7	22,9	70,4	7,2	52,4	23	67,7
11	7,4	121,2	22,7	71,2	5,7	58,4	22,8	65,6
12	5	119,7	22,7	71,2	6,9	65,7	22,6	64,9
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	6,4	119,4	22,4	66,3				
2	7,3	11,5	22,3	66,4				
3	8,2	113,4	22,2	66,7				
4	8,4	111,2	22,2	66,8				
5	7,2	108,7	22,4	66,8				
6	7,1	106,4	22,5	67,5				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
15.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	7,5	133	24	60	26	141	26,7	53,2
2	34,7	300	25,3	61	10,9	135	27	54,9
3	12,4	228	25,2	57	16,1	15	27,5	54,7
4	36,6	227	25,9	56,5	16,6	10	27	54,4
5	8,3	174	26,9	55,5	10,4	68	27,2	59,4
6	9,1	192	26,7	53,2	13,6	13	27,8	62,3
7	10,8	205	25,5	55,5	17,5	20	26,4	63,4
8	8,8	174	25,6	54,5	12,6	24	25,8	65,4
9	14,5	174	25,7	53,4	19,5	13	26,3	68,2
10	38,7	247	27	55	25,9	22	25,5	62,8
11	22,3	197	27,1	58,1	36,4	41	26,3	62,8
12	15,3	187	28	58	48,1	52	26,2	62,3
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	23,6	95,1	25,9	58,6	2,8	33	26	55,7
2	9,8	93,7	27	56,3	4,2	76,6	25,5	57,9
3	5	73,6	26,2	62,1	1,9	72,2	26,1	58,7
4	3,8	67,7	26,7	69,4	2,8	15,3	26,5	57,2
5	5,1	74,2	26,7	65,6	3,2	23,8	26,7	61
6	4,2	64,4	26,5	63,3	1,7	72,3	27,1	62,9
7	9,6	66,2	26	65,6	2,3	68,3	26,8	55
8	6,4	148,8	26	61,3	2,7	29,3	26,7	59,5
9	3,2	148,7	26,5	68,3	3,8	58,7	26,5	59,8
10	4,5	108,3	26	62,3	3,4	61,8	25,9	67
11	7,3	103,8	26	58,2	3,6	72,1	25,8	65,2
12	3,3	95,8	26	64,4	2,9	58,8	25,6	69,1
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	21,6	135,6	25,6	65,3				
2	26,5	125,8	25,3	63,4				
3	12,8	142,3	25,6	63,8				
4	28,8	130,6	25,7	64,6				
5	33,6	145,6	25,5	65,5				
6	10,8	136,8	25,4	63,8				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
18.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	8,6	135	25	64	29	38	25,4	54,3
2	35,8	150	26,4	65	14,8	63,7	25,5	55,2
3	13,5	156	26,3	61	18,1	68,4	25,8	54,4
4	37,4	183	27	61,5	18,6	18,4	26,1	58,2
5	9,4	176	27	60,6	14,7	24,3	26,2	57,7
6	6,9	194	27	58,2	17,4	64,4	26,3	58,2
7	11,9	201	26,6	59,3	19,6	68,4	25,9	56,6
8	9,9	176	26,7	59,6	15,3	31,2	26	56,3
9	15,6	176	26,8	58,4	18	48,4	26,2	55,7
10	39,8	184	28	57,6	24,8	62,4	27	56,8
11	23,4	193	28,2	62,3	35,6	58,4	26,5	57,3
12	16,4	194	28	63	44,8	63,2	26,6	57,7
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	19,6	74,8	25,3	62,3	3,8	43,8	26,3	63,4
2	10,6	82,4	25,9	68,4	4,2	56,4	26,9	69,5
3	12	83,8	26	65,7	2,3	48,4	27	66,8
4	15,6	64,9	26,9	70,2	3,6	28,3	26,9	71,3
5	8,6	67,2	26,2	68,2	4,8	15,4	27,2	69,3
6	7,3	73,8	26,3	63,3	6,7	24,4	27,3	64,4
7	5,6	84,2	25,7	67,7	5,6	15,4	26,7	68,8
8	6,7	91,3	25,4	65,8	5,4	12,1	26,4	66,9
9	8,5	88,7	25,6	67,4	4,9	12,5	26,6	68,5
10	9,9	92,3	25,7	66,9	4,4	13,6	26,7	67,4
11	11,2	96,8	26,1	63,5	3,2	9,8	27,1	64,6
12	12,3	101,2	25,9	64,6	3,4	12,8	26,9	65,7
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	18,6	124,3	25,8	63,4				
2	18,2	131,1	25,4	65,6				
3	19,1	128,6	25,7	64,4				
4	18,9	127,4	25,9	65,8				
5	18,7	124,4	25,5	64,9				
6	18,8	125,6	25,6	64,7				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
20.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	13,2	83,9	25	63,6	15,6	57,4	26,3	53,7
2	13,1	77,6	24,1	68,7	18	66,6	26,8	56,6
3	12,6	62,1	23,9	64,8	14,4	64,3	26,7	55,8
4	13,6	104,3	24,8	62,4	20,3	30,6	26,4	53,4
5	13,4	97,2	24,7	61,4	20,9	9,6	26,8	55,8
6	13	92,4	25	66,2	14,6	15,8	26,2	60,8
7	13,3	90,5	25	58,4	19,9	13,6	26,4	62,3
8	13,1	112,3	25,1	57,2	22,4	14,6	26,3	64,4
9	12,9	73,6	25,3	56,4	20,8	18,6	26,5	62,4
10	13,2	66,5	25,8	58,2	16,2	26,3	26,4	67,9
11	12,8	95,4	25,4	56,2	16,4	32,7	26,4	66,8
12	14	98,6	25,6	57,63	20,8	24,4	26,5	63,1
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	24,1	113,3	25,3	59,9	3,1	104,6	26,6	68,7
2	24,9	123,3	25,4	61,2	2,2	98,7	26,9	64
3	24,1	68,6	25,5	65,3	2,8	87,7	27	65,6
4	25,4	108,6	25,7	63,4	3,9	15,4	26,6	63,8
5	22,8	53,7	25,8	64	4,3	9,4	26,5	64,4
6	24,1	123,7	26	66	5,8	12,7	26,6	63,8
7	28,7	96,4	25,9	63	4,7	9,8	26,4	60,5
8	23,3	114,2	25,9	63,7	3,8	7,6	26,7	58,8
9	25,1	125,5	25,6	64,9	2,8	13,8	26,5	61,2
10	26,5	119,9	25,7	60,3	3,6	48,6	26	57,8
11	26,5	112,2	25,8	61,1	4,8	47,4	25,8	55,8
12	24,2	68,4	25,9	61,5	5,7	50,2	25,6	54,6
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	8	142,3	24,3	74,2				
2	8,4	147,8	24,9	72,6				
3	13,8	145,6	25,4	70,5				
4	14,4	144,2	25,8	69,8				
5	15,3	141,1	26,2	66,9				
6	15,1	138,5	26,5	66,3				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
22.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	8,1	92,7	24,8	62,1	18,5	56,2	24,7	64,7
2	5,9	72	25,1	62,3	5,3	52,2	24,8	64,7
3	5	74,7	25,1	62,3	6,6	98,6	24,8	64,8
4	3,8	74,2	25,6	62,7	12,8	9,8	24,4	64,6
5	5	57,2	25,6	63,1	6,5	7,5	24,4	64,7
6	3,5	72,2	25,8	63	6,8	9,5	24,5	64,8
7	5,6	78,7	25,8	63	15,7	23,6	25,1	64,5
8	5,4	92,6	26	63,8	7,6	8,9	25,2	64,5
9	3,9	91,6	25,2	63,9	8,2	12,6	24,9	64,6
10	5,2	83,7	25,5	64,2	9,6	9,8	25,3	64,6
11	5,5	71,6	25,2	64,9	4,4	15,3	24,8	64,7
12	5,5	80,2	25,9	64,5	12,6	26,8	24,7	64,8
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	37,2	96,8	26,3	74,3	5,1	19,2	26	73,9
2	33,2	98,6	26,5	73,6	2,8	13,6	26,5	73,9
3	34,2	94,4	26,5	733,8	3,6	18,8	26,7	74
4	27,8	88,6	27,2	72,8	4,2	12,3	27	73,8
5	27,3	76,2	27	73,8	5,7	13,7	26,3	73,8
6	37,6	83,4	27	73,3	5,3	15,6	26,8	74,2
7	28	84,2	27,1	74,1	5,4	8,6	26,9	72,2
8	29,8	78,2	27,5	73,5	3,4	9,4	27,1	73,6
9	32,3	86,2	27,7	73,6	3,6	17,2	27,4	74,8
10	34,6	92,3	27,1	74,8	7,8	13,5	26,8	72,6
11	28,7	76,2	26,6	73,9	3,7	12,3	27,4	69,8
12	23,6	82,2	26,8	74,1	3,9	9,3	26,9	71,6
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	12,4	122,3	24,5	70,2				
2	20,8	139,4	24,6	70,9				
3	16,3	115,4	24,7	71				
4	12,8	115,8	25,8	71,5				
5	17,4	132,6	25,6	71,8				
6	13,3	112,8	25,9	72				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
25.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	9,7	93,8	24,7	58,6	16,5	61,8	25,3	63,7
2	36,9	86,9	24,6	63,7	19,6	56,1	25,8	66,8
3	15,6	72,4	24,3	59,8	15,4	63,5	25,7	65,4
4	38,6	93,7	25,1	57,4	21,2	26,8	25,4	63,8
5	12,4	84,5	25,2	56,4	23,4	9,8	25,8	62,7
6	13,9	96,6	25,7	61,2	16,4	13,5	25,2	6,2
7	14,8	80,5	25,3	53,4	21,9	12,3	25,4	663,7
8	12,6	105,7	25,1	52,2	17,6	14,4	25,3	68,2
9	14,8	94,3	24,8	51,4	13,7	16,8	25,5	62,9
10	42	84,7	24,3	53,2	15,3	18,6	25,4	64,5
11	25,6	75,8	24,7	51,5	16,5	23,3	25,5	68,3
12	36,6	76,7	24,8	52,3	20,6	26,2	25,4	67,1
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	26,2	103,4	24,2	63,8	6,2	98,6	25,3	67,3
2	26,9	116,3	24,7	64,3	3,8	92,3	25,6	62,8
3	26,1	72,6	24,4	66,8	5,1	99,1	25,4	64,7
4	27,4	112,8	24,5	62,3	4,2	23,1	25,2	63,5
5	24,8	111,3	24,9	65,4	3,8	19,6	25,3	64,8
6	26,1	96,2	25	67,2	4,3	21,2	25,6	65,2
7	29,9	84,3	24,7	68,8	5,2	15,1	25,2	68,3
8	25,3	92,3	24,8	65,7	4,2	12,8	25,7	66,2
9	27,1	78,7	24,2	62,9	4,8	11,3	25,8	63,4
10	28,5	84,4	24,6	63,8	5,8	12,4	25,9	64,7
11	28,5	86,7	25	68,8	6,2	13,6	25,3	62,8
12	26,2	82,4	24,9	64,4	7,3	11,6	25,4	63,2
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	7,5	118,8	25,1	72,4				
2	7,9	123,7	25,2	70,2				
3	11,8	132,6	25,3	68,6				
4	13,3	126,7	25,3	67,9				
5	14,8	131,2	25,2	64,6				
6	14,2	126,8	25,2	64,6				
мВт/кв.м	перец							

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
27.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	15,6	86,2	24,7	56,2	13,6	93,6	25,1	58,6
2	13,2	92,3	24,6	58,6	14,8	98,9	25,3	60,3
3	14,9	76,2	24,8	57,7	16,7	96,3	25,5	59,2
4	16,8	82,3	25,1	61,2	25,6	30,8	25,6	63,7
5	17,2	89,7	25,2	62,9	28,8	15,8	25,2	61,8
6	16,8	94,8	24,9	58,2	27,7	12,6	25,3	59,2
7	14,3	96,2	25,2	57,6	24,9	13,7	25,9	57,3
8	12,6	84,7	25,3	59,7	26,8	12,8	24,7	62,3
9	138	74,3	25,1	51,2	23,4	13,7	25,1	58,7
10	14,1	86,4	24,7	63,7	26,9	14,8	25,3	61,2
11	13,9	92,6	24,9	61,2	28,9	12,5	24,8	63,4
12	13,5	73,8	24,6	59,8	27,8	11,3	25,1	65,6
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	36,8	88,6	25,7	75,2	23,6	94,6	24,9	68,4
2	28,6	87,4	25,2	74,3	24,8	93,2	24	62,3
3	29,9	82,6	25,3	75,8	22,3	93,8	25,1	64,4
4	32,2	83,4	25,6	75,3	12,6	34,6	25,3	65,8
5	34,3	96,2	25,8	74,7	13,4	28,4	23,7	65,3
6	28,6	91,7	25,7	73,9	11,8	26,8	24,9	64,7
7	25,4	87,3	25,8	74,2	9,8	30,1	25,2	67,6
8	23,8	96,2	25,4	74,8	8,6	27,6	25,5	64,5
9	24,4	81,1	25,8	75,3	5,7	27,3	25,6	63,6
10	23,3	84,8	25,3	75,6	7,8	29,8	25,4	68,3
11	22,8	86,4	25,4	75,2	9,4	31,4	25,7	67,4
12	24,4	93,8	25,7	75,1	9,8	32,6	25,8	68,5
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	12,6	111,3	25,2	67,2				
2	9,6	115,6	25,3	67,8				
3	11,3	113,2	25,4	66,3				
4	9,8	108,6	25,6	68,4				
5	10,2	113,2	25,7	65,4				
6	10,8	117,7	25,3	65,8				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
29.04.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	12,6	76,3	24,6	58,3	12,8	86,3	24,8	63,2
2	13,8	86,7	24,7	57,7	14,3	78	25,2	62,8
3	11,6	83,2	25,1	59,4	11,5	82,4	25,3	62,4
4	9,8	92,9	25,2	58,8	23,3	30,2	25,7	63,8
5	10,8	94,6	25,3	58,4	25,6	29,4	25,8	62,4
6	12,3	89,9	25,4	59,7	29,4	27,8	26,1	63,9
7	14,3	96,7	25,7	58,6	24,5	18,6	26,3	64,1
8	13,2	98,4	25,8	57,4	26,3	19,3	25,9	64,5
9	11,2	89,7	25,3	58,9	27,8	17,6	25,7	64,3
10	9,8	87,4	25,4	57,4	28,9	13,8	26,1	63,8
11	10,2	91,3	25,7	58,3	29,1	14,2	25,6	63,2
12	11,3	92,8	25,2	59,4	23,6	15,7	25,8	63,3
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1								
2								
3								
4								
5								
6	были закрыты							
7								
8								
9								
10								
11								
12								
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	7,2	132,6	24,3	67,2				
2	8,4	128,7	24,7	67,9				
3	9,6	126,7	24,8	67,8				
4	9,2	131,4	24,5	67,3				
5	8,9	133,8	24,9	67,5				
6	8,8	129,6	24,8	67,4				

Дата замеров	культура, номер блока							
	тип покрытия, номер теплицы				тип покрытия, номер теплицы			
мВт/кв.м	помидоры, 2 блок							
06.05.2005	стекло, 3				пластик (Ondex), 3'			
точка	Е,клк	УФмВт/кв.м	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	18,2	110,1	28,6	58,1	23,1	81	27	53,2
2	44	168,1	29,6	58,2	8,2	50	27,6	61,1
3	12,2	134,2	29	50,5	44,2	4,6	27,9	61,6
4	6,5	127,2	28,6	54,4	21,6	22,2	28,2	55,3
5	7,8	92,6	28,4	51,4	15,8	39,3	29,1	58,1
6	3,4	74	27,6	51,3	14,2	15,7	29,1	64,2
7	44,2	194,6	27,3	67,7	16,3	23,3	29,1	60,8
8	1,9	54,9	27,5	59,6	15,4	27,6	29	65,1
9	5,3	147,6	27,3	60,7	43,4	76,7	29,1	66,2
10	39,6	71,2	27,5	61	28,7	14	29,2	57,2
11	28,6	111,2	27,6	57,7	23,3	15,6	29,2	58,6
12	2,3	60,9	27,7	58,1	19,5	23	29,3	64,1
мВт/кв.м	огурцы, 4 блок							
	стекло, 9'				пластик (Ondex), 9			
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.
1	13,8	187	27,4	66,6	4,6	7,5	23,2	70,6
2	10,8	156,7	27,8	64,5	3,8	4,3	23,5	69,6
3	12,6	174,3	27,8	65,7	4,2	5,6	23,8	69,2
4	47,7	215	28,7	65,9	2,9	3,7	24,2	68,1
5	23,3	168,9	28,4	63,2	2,1	2,4	24,6	68,8
6	38,1	196,3	28,6	64,8	2,7	8,6	24,9	68,7
7	49,6	167,3	28,6	62,7	2,8	22,1	25,4	75
8	16,7	124,4	28,8	63,9	1,4	7,6	25,2	69,6
9	26,8	153,6	28,4	64,1	2,2	12,4	25,3	67,6
10	15,7	279	28,9	64,2	2,6	4,9	25,4	66,8
11	9,4	196,2	28,7	65,7	2,3	2,7	25,5	64,4
12	12,6	224,6	28,4	65,3	2,8	3,4	25,3	67,5
мВт/кв.м	салат							
	стекло							
точка	Е,клк	УФ	Т,С	Влажн.				
1	3,2	124,3	24,1	54,8				
2	7,4	133,2	24,2	49,3				
3	6,6	102,1	24,3	48,6				
4	7,8	111,2	24,4	50				
5	7,2	117,7	24,5	50,5				
6	8,3	105,2	24,7	52,8				

Приложение 2 Показатели микроклимата в ОАО «ТК «Завьяловский» 2014 год.

Дата замеров	**10.02.2014**				**28.02.2014**				**06.03.2014**			
Номер теплицы	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Точка замеров	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С
Точка 1	21,6	21,2	23,3	24,2	24,3	21,8	20,6	24,5	24,7	22,7	22	25
Точка 2	21,8	23,2	23,4	23,7	23,6	22,7	22,4	23,2	24	23	23,5	24
Точка 3	21,7	23,2	23,6	23,5	22,9	23,3	24,3	22,5	22,6	23,8	25,1	23,8
Точка 4	20,1	21,2	22,7	22,8	23	21,5	20,5	22,6	23,5	21,7	21,2	24,2
Точка 5	19,7	20,9	23,4	23,2	22,1	21,5	20,6	21,1	21,8	22,2	21,2	23,1
Точка 6	20	21	23,8	23,7	22,5	22,5	21,8	20,3	21,5	23,5	22,2	22,7
Точка 7	21,2	21	23,9	24,3	23	22,1	22,1	23,3	23,8	23,2	22,4	24,5
Точка 8	20,7	21,4	23,4	24	22,1	22,6	21,9	22	22,8	22,8	23,1	23,1
Точка 9	19,9	21,5	23,2	23,8	21,6	23,5	22,8	21	21,6	23,8	24	22,9

Дата замеров	**07.04.2014**				**15.04.2014**				**05.05.2014**			
Номер теплицы	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Точка замеров	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С	Т, °С
Точка 1	25,6	23,7	22,6	24,3	25,5	26,2	26,1	26,8	Закрыто на карантин		26,5	24,3
Точка 2	24,8	24,1	22,7	23	24,6	25,1	25,2	26,5			23,7	23,2
Точка 3	23,8	25,2	23,4	21,4	24,3	25,3	24,8	25,7			22,3	21,3
Точка 4	23,9	21,8	21,5	23,1	24,8	27,8	26,6	26,6			22,8	26,7
Точка 5	23,6	22,8	22	21,7	24,8	26	25,7	26,2			24,1	25,5
Точка 6	23,3	24,2	22,7	22,2	24,6	24,6	25	26			22,6	25,7
Точка 7	24,5	22,8	21,7	24,5	26,3	26,6	26,5	26,7			25,1	29,5
Точка 8	23,9	23,8	22,6	23,4	25,3	27,4	25,8	26,3			27,7	28
Точка 9	22,2	24,8	23,9	23,3	25,5	26,6	25,8	25,7			27,3	27,1

Дата замеров	**13.05.2014**				**10.02.2014**				**28.02.2014**			
Номер теплицы	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Точка замеров	T, °C	T, °C	T, °C	T, °C	E, лк	E, лк	E, лк	E, лк	E, лк	E, лк	E, лк	E, лк
Точка 1	Закрыто на карантин		31,7	31,2	696	1005	2130	1820	1236	1188	623	802
Точка 2			31,7	32,6	783	1226	2320	2180	1870	1390	870	1098
Точка 3			31,2	31,8	708	1061	1850	2190	1320	820	1360	1428
Точка 4			33	33,3	1143	1367	2240	2230	933	1390	1076	1815
Точка 5			32,5	32,6	956	1261	2530	2200	1388	1023	1043	1479
Точка 6			31	30,4	914	1041	2430	1995	1164	1079	758	1328
Точка 7			32,5	33,3	893	872	1209	1685	998	920	865	880
Точка 8			32,2	32,6	1026	1008	1317	1653	1007	872	558	554
Точка 9			31	31,3	938	887	1225	1234	968	1958	715	908

Приложение 3 Протоколы измерения показателей микроклимата в ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ «ЛИЛИЯ».

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»
Хайдаров Ф.Р.

«28.05.2015» 2015 года

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, профессор
Любимов А.И.

«28.05.2015» 2015 года

ПРОТОКОЛ №1
Измерений показателей микроклимата

1.**Производственныйобъект:** ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ», 427970, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Горького, 77.

2.**Участок:** теплица

3.**Период проведения измерения:** 10.02.2014 – 13.05.2014

4.***Сведения о средствах измерения:*** Приборы контроля параметров воздушной среды Газоанализатор SenseAir с диапазоном измерения 0 – 5000 ppm, заводской № 214, годен до 25.09.2015

5.**Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

Среднее значение концентрации углекислого газа

	10.02.2014		28.02.2014		06.03.2014		07.04.14		15.04.14		05.05.14		13.05.14	
	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор
Концентрация углекислого газа	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Точка 1	685	708	744	807	832	841	454	584	295	302	419	524	433	440
Точка 2	661	679	808	826	942	849	556	515	333	321	419	448	450	445
Точка 3	654	676	775	831	845	791	623	488	321	313	425	433	454	427
Точка 4	723	656	864	859	835	828	371	393	230	236	374	402	433	443
Точка 5	694	670	799	790	824	833	423	391	262	246	367	446	450	439
Точка 6	731	712	780	708	838	932	541	614	299	278	366	434	443	438
Точка 7	656	670	845	879	852	964	424	495	202	233	378	402	459	433
Точка 8	659	657	802	814	1112	810	486	475	230	253	390	385	475	443
Точка 9	731	691	795	792	797	875	447	506	268	264	395	571	435	443

	10.02.2014	28.02.2014	06.03.2014	07.04.2014	15.04.2014	05.05.2014	13.05.2014
Концентрация углекислого газа, ppm	715	782	803	451	287	421	445

Главный инженер ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»

Сотрудники Ижевской ГСХА

к.т.н. доцент
Владыкин И.Р.

аспирант
Логинов В.В.

аспирант
Елесин И.С.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»
Хайдаров Ф.Р.

«____» _____ 2015 года

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, профессор
Любимов А.И.

«____» _____ 2015 года

ПРОТОКОЛ №2

Измерений показателей микроклимата

1.**Производственныйобъект:** ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ», 427970, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Горького, 77.

2.**Участок:** теплица

3.**Период проведения измерения:** 10.02.2014 – 13.05.2014

4.**Сведения о средствах измерения:** Приборы контроля параметров воздушной среды Анемометр-термометр ИСП-МГ4, заводской № 602, годен до 28.10.2015

5.**Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

Среднее значение температуры

	10.02.2014		28.02.2014		06.03.2014		07.04.14		15.04.14		05.05.14		13.05.14	
	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор
Температура	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С	°С
Точка 1	21,6	21,2	24,3	21,8	24,7	22,7	25,6	23,7	25,5	26,2	26,5	24,3	31,7	31,2
Точка 2	21,8	23,2	23,6	22,7	24	23	24,8	24,1	24,6	25,1	23,7	23,2	31,7	32,6
Точка 3	21,7	23,2	22,9	23,3	22,6	23,8	23,8	25,2	24,3	25,3	22,3	21,3	31,2	31,8
Точка 4	20,1	21,2	23	21,5	23,5	21,7	23,9	21,8	24,8	27,8	22,8	26,7	33	33,3
Точка 5	19,7	20,9	22,1	21,5	21,8	22,2	23,6	22,8	24,8	26	24,1	25,5	32,5	32,6
Точка 6	20	21	22,5	22,5	21,5	23,5	23,3	24,2	24,6	25,6	22,6	25,7	31	30,4
Точка 7	21,2	21	23	22,1	23,8	23,2	24,5	22,8	26,3	26,6	25,1	29,5	32,5	33,3
Точка 8	20,7	21,4	22,1	22,6	22,8	22,8	23,9	23,8	25,3	27,4	27,7	28	32,2	32,6
Точка 9	19,9	21,5	21,6	23,5	21,6	23,8	22,2	24,8	25,5	26,6	27,3	27,1	31	31,3

	10.02.2014	28.02.2014	06.03.2014	07.04.2014	15.04.2014	05.05.2014	13.05.2014
Температура, °С	22,4	22,9	23,1	23,3	25,8	25,2	32

Главный инженер ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»

Сотрудники Ижевской ГСХА

к.т.н. доцент
Владыкин И.Р.

аспирант
Логинов В.В.

аспирант
Елесин И.С.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»
Хайдаров Ф.Р.

«____» 26.05.2015 _____ 2015 года

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, профессор
Любимов А.И.

«____» 26.05.2015 _____ 2015 года

ПРОТОКОЛ №3

Измерений показателей микроклимата

1.**Производственныйобъект:** ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ», 427970, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Горького, 77.

2.**Участок:** теплица

3.**Период проведения измерения:** 10.02.2014 – 13.05.2014

4.**Сведения о средствах измерения:** Приборы контроля параметров воздушной среды Анемометр-термометр ИСП-МГ4, заводской № 602, годен до 28.10.2015

5.**Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**

Изменение влажности воздуха в теплицах, %

	25.02.2014		06.03.2014		07.04.14		15.04.14		05.05.14		13.05.14	
	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор	1 сектор	2 сектор
Влажность воздуха	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Точка 1	75	70	66	74	70,3	70,4	89	76	48	35	30	33
Точка 2	71	70	70	70	67,5	72,3	91	70	38	36	31	31
Точка 3	71	74	74	69	62,2	76,3	72	68	30	37	30	30
Точка 4	72	66	70	75	74,7	67,5	90	80	70	48	29	29
Точка 5	70	78	69	70	71,5	70,7	87	75	63	49	27	28
Точка 6	70	70	69	70	64,6	74,3	79	72	56	48	28	29
Точка 7	79	70	61	80	78	62,2	88	86	62	64	26	30
Точка 8	70	70	66	72	72,9	71,3	89	76	62	59	26	29
Точка 9	72	76	70	73	65	78,8	88	74	57	52	26	29

	25.02.2014	06.03.2014	07.04.14	15.04.14	05.05.14	13.05.14
Влажность воздуха, %	71	71	79	81	51	29

Главный инженер ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»

Сотрудники Ижевской ГСХА

к.т.н. доцент
Владыкин И.Р.

аспирант
Логинов В.В.

аспирант
Елесин И.С.

Приложение 4 Схема проведения измерения показателей микроклимата в ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ «ЛИЛИЯ».

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»
Хайдаров Ф.Р.

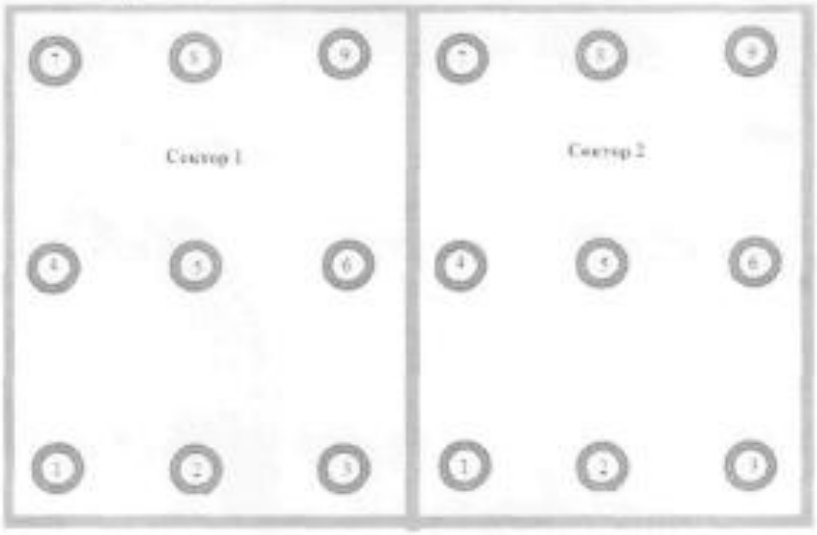
«____» 26.05.2015 _____ 2015 года

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, профессор
Любимов А.И.

«____» 26.05.2015 _____ 2015 года

ПРИЛОЖЕНИЕ К ПРОТОКОЛУ №1,2,3
Измерений показателей микроклимата

1.**Производственныйобъект:** ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ», 427970, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Горького, 77.
2.**Участок:** теплица
3.**Период проведения измерения:** 10.02.2014 – 13.05.2014
4.**Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:**
Схема проведения измерений:



1, 2, …9 – контрольные точки проведения экспериментов

Главный инженер ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»

Сотрудники Ижевской ГСХА

к.т.н. доцент
Владыкин И.Р.

аспирант
Логинов В.В.

аспирант
Елесин И.С.

Приложение 5 Акты о внедрении результатов работы.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»
Хайдаров Ф.Р.

«26.05.2015» 2015 года

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, профессор
Любимов А.И.

«26.05.2015» 2015 года

АКТ
о внедрении результатов научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ» главный энергетик _____, главный агроном _____ главный бухгалтер _____ с одной стороны, к.т.н. доцент Владыкин И.Р., аспирант Логинов В.В., аспирант Елесин И.С., ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, с другой стороны, составили настоящий акт о внедрении законченной научно-технической работы на тему: «Исследования и разработка взаимосвязанных электротехнологий управления микроклиматом в защищённом грунте».

Результатом законченной научно-исследовательской работы являются: разработка автоматической системы контроля микроклиматическими параметрами, в частности регулирования распределения и концентрации углекислого газа. Внедряемая система позволяет более точно распределять углекислый газ по рабочему объему теплицы, а также обеспечивает растения его достаточным количеством по сравнению с другими аналогичными системами. Внедрение этой системы позволяет увеличить выход выпускаемой продукции на 8-10%, а также снизить ее себестоимость на 12-15%.

Представители ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»

главный энергетик

главный агроном

главный бухгалтер

Представители ФГБОУ ВПО Ижевской ГСХА

к.т.н. доцент
Владыкин И.Р.

аспирант
Логинов В.В.

аспирант
Елесин И.С.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»
Хайдаров Ф.Р.

«26» 05 2015 2015 года

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, профессор
Любимов А.И.

«26» 05 2015 2015 года

АКТ
о внедрении результатов научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ» главный энергетик _____, главный агроном _____ главный бухгалтер _____ с одной стороны, к.т.н. доцент Владыкин И.Р., аспирант Логинов В.В., аспирант Елесин И.С., ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, с другой стороны, составили настоящий акт о внедрении законченной научно-технической работы на тему: «Исследования и разработка взаимосвязанных электротехнологий управления микроклиматом в защищённом грунте».

Результатом законченной научно-исследовательской работы являются: алгоритм управления и программа на языке FBD для работы системы контроля микроклиматическими параметрами, в частности регулирования распределения и концентрации углекислого газа. Внедряемый алгоритм и программа позволят с высокой степенью точности распределять углекислый газ по рабочему объему защищенного грунта, а также обеспечить биологические объекты достаточным количеством углекислого газа по сравнению с другими аналогичными системами управления. Внедрение алгоритма и программы позволят увеличить выход выпускаемой продукции на 8…10%, а также снизить ее себестоимость на 12…15%.

Представители ООО «ЦВЕТОЧНАЯ КОМПАНИЯ ЛИЛИЯ»

главный энергетик

_____

главный агроном

_____

главный бухгалтер

_____

Представители ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА

к.т.н. доцент
Владыкин И.Р.

_____

аспирант
Логинов В.В.

_____

аспирант
Елесин И.С.

_____

Приложение 6 Приборы для экспериментальных исследований и документация к ним.

Фото 1 Тепловизор Flir i5

Фото 2 Пирометр С-300

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

ФБУ РОСТЕСТ-МОСКВА

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Москве»

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ № 16272 /442

Действительно до: " 03 " 02. 2013 г

Эталон (средство измерений) Пирометр инфракрасный С – 300

диапазон измерений -20…600 °С

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются) отсутствуют

заводской номер (номера) 129522

принадлежащее ООО "Техно-АС" г. Коломна

ИНН

поверено в соответствии с МП вкл. в РЭ "Пирометр инфракрасный С – 300" (в разделе 8)

с применением эталонов: Излучатели АЧТ 2 р : М300 №00019969, М1010 № 5000и пирометр ТРТП №2821 1разр.

при следующих значениях влияющих факторов Т = 21 °С, Р = 101,4 кПа, RH = 65 %.

и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано пригодным к применению.

Поверительное клеймо

Начальник лаб.442 С.Н.Ненашев

Поверитель В.И.Сухарев

" 03 " 02. 2012 г.

Паспорт

4.1 Комплект поставки

№	Наименование изделия	Единица учета	Кол.	Прим.
1	Пирометр инфракрасный С-300	шт.	1	
2	Руководство по эксплуатации	шт.	1	
3	Элемент питания 1.5 В (размер С)	шт.	2	
4	Штатив с креплением	шт.	1	*
5	Ремень дополнительный	шт.	1	
6	Упаковочный футляр	шт.	1	*

* - поставляется по требованию

4.2 Свидетельство о приемке

Пирометр инфракрасный С-300 заводской номер № 129522 соответствует техническим условиям ТУ 4211-007-42290839-2003 и признан годным для эксплуатации.

Дата выпуска: " 25 " 01 2012

М.П. Представитель ОТК

4.3 Сведения о первичной и последующих поверках

Свидетельство о поверке № 16272 от " 03 " 02 2012

Свидетельство о поверке № от "___" 200 г

Свидетельство о поверке № от "___" 200 г

Свидетельство о поверке № от "___" 200 г

Свидетельство о поверке № от "___" 200 г

Периодичность поверки один раз в год.

Организации, осуществляющие поверку:

1.РОСТЕСТ, Москва

2.ООО "ТЕХНО-АС" (140402, г. Коломна, Московской обл., ул. Окт. рев. д.406)

3. ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (198005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 19)

4.ВНИИОФИ (103031, Москва, ул. Рождественка, 27)

Фото 3 Свидетельство о поверке и паспорт пирометра С-300

Федеральное агентство по
техническому регулированию и метрологии

ФГУ РОСТЕСТ-МОСКВА

Федеральное государственное учреждение
"Российский Центр испытаний и сертификации - Москва"

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о поверке
№ 035328

Действительно до
«01» сентября 2012 г.

Средство измерений *Дальномер лазерный*
наименование, тип
DISTO D8
отсутствует
серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются)

заводской номер *H2420264*

принадлежащее *ЗАО "Геостройизыскания"*
ИНН 7709023628
наименование юридического (физического) лица, ИНН

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано пригодным к применению

Поверительное клеймо

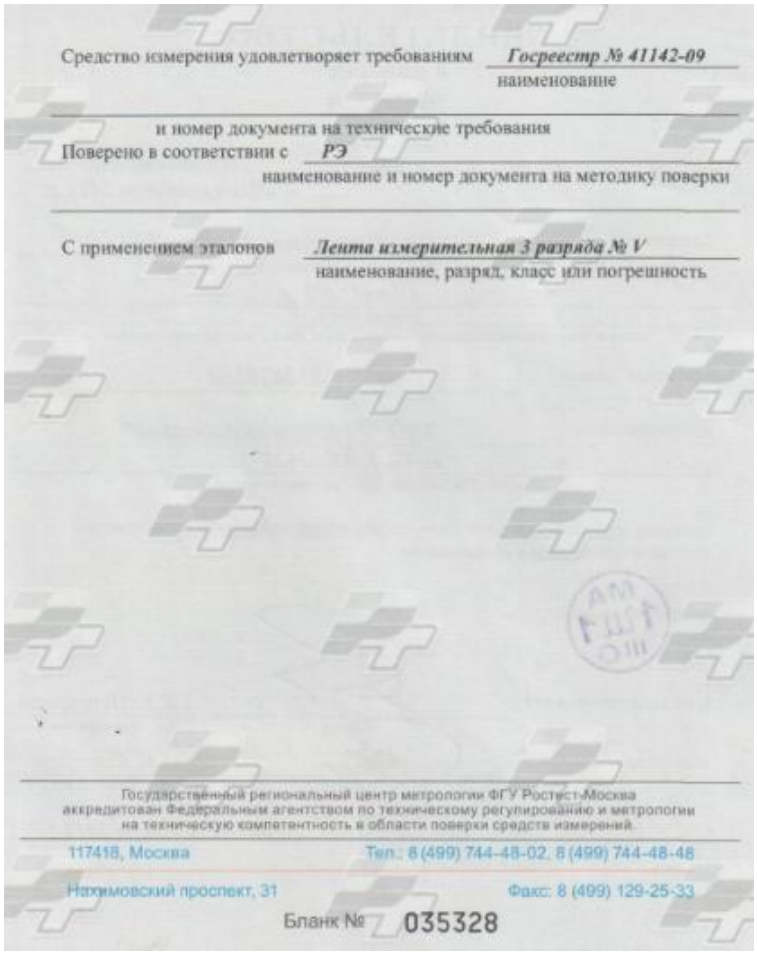
Нач. лаборатории 445 — подпись — *В.К. Перекрест* — фамилия и.о.

Поверитель — подпись — *А.Н. Саковцев* — фамилия и.о.

ГМС 049903645

«01» сентября 2011 г.

Фото 4 Дальномер DistoD8



Средство измерения удовлетворяет требованиям *Госреестр № 41142-09*
наименование

и номер документа на технические требования

Поверено в соответствии с *РЭ*
наименование и номер документа на методику поверки

С применением эталонов *Лента измерительная 3 разряда № V*
наименование, разряд, класс или погрешность

Государственный региональный центр метрологии ФГУ Ростест-Москва
аккредитован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии
на техническую компетентность в области поверки средств измерений.

117418, Москва
Нахимовский проспект, 31

Тел.: 8 (499) 744-48-02, 8 (499) 744-48-48
Факс: 8 (499) 129-25-33

Бланк № 035328

Фото 5 Свидетельство о поверке дальномера Disto D8

Фото 6 Анемометр-термометр цифровой ИСП-МГ4

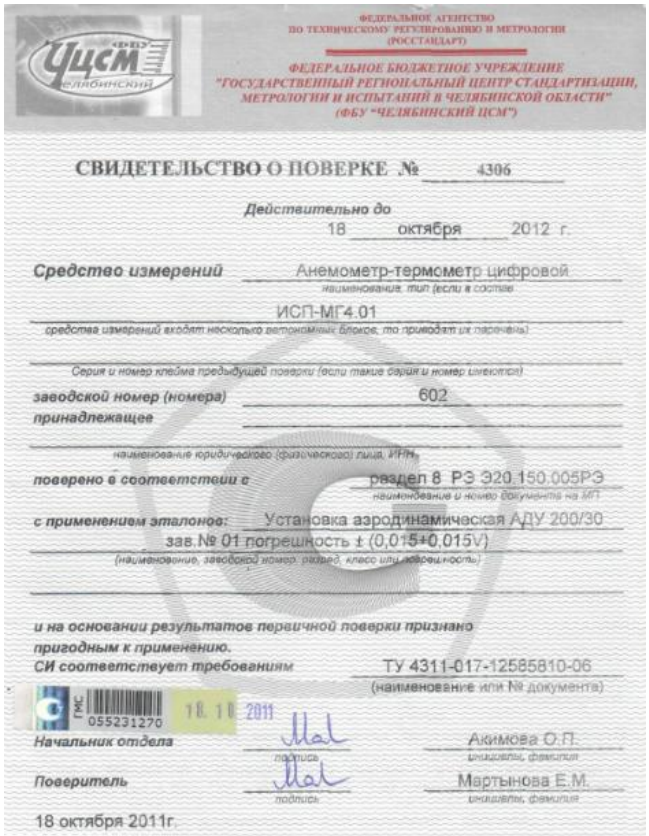


Фото 7 Свидетельство о поверке анемометра-термометра цифрового ИСП-МГ4

Приборы «ТКА-ПКМ» серии (41-43)		E, лк	L, кд/м²	E_e (A+B), мВт/м²	t, °C	RH, %
(41)	Термогигрометр + **Люксметр + Яркомер**	■	■		■	■
(42)	Термогигрометр + **Люксметр + УФ-радиометр**	■		■	■	■
(43)	Термогигрометр + **Люксметр**	■			■	■

Комбинированные приборы, предназначенные для измерения освещённости в видимой области спектра (380 ÷ 60) нм, яркости протяжённых самосветящихся объектов (экранов мониторов), энергетической освещённости в области спектра (280 ÷ 400) нм — УФ-(A+B), температуры и относительной влажности воздуха внутри помещений.

Основные технические характеристики

Диапазон измерений **освещённости**: ..... 10 ÷ 200 000 лк
Основная относительная погрешность измерений освещённости: ..... ± 8,0 %

Диапазон измерений **яркости**: ..... 10 ÷ 200 000 кд/м²
Основная относительная погрешность измерений яркости: ..... ± 10,0 %

Диапазон измерений **энергетической освещённости**: ..... 10 ÷ 60 000 мВт/м²
Основная относительная погрешность измерений энергетической освещённости: ..... ± 10,0 %

Диапазон измерений **температуры**: ..... 0 ÷ +50 °C
Основная абсолютная погрешность измерений температуры: ..... ± 0,5 °C

Диапазон измерений **относительной влажности**: ..... 10 ÷ 98 %
Основная абсолютная погрешность измерений относительной влажности: ..... ± 5,0 %

Фото 8 Технические характеристики Термогигрометра+люксметра ТКА-хранитель

нии при температуре от +1 до +40 °C и относительной влажности не более 85%.
9.2. В окружающем воздухе не должно содержаться кислотных, щелочных и других агрессивных примесей, вызывающих коррозию.
9.3. Приборы могут транспортироваться в индивидуальной потребительской таре изготовителя всеми видами транспорта, в соответствии с действующими на них правилами перевозки грузов.

10. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Комбинированный прибор "ТКА-Хранитель", заводской номер 40 018 соответствует техническим условиям ТУ 4215-001-16796024-2001 и признан годным для эксплуатации.
Дата выпуска "___" ноябрь 2001 г.

Представитель ОТК Иванов И.
(Ф.И.О)
М.П.

Дата продажи "11" декабря 2001 г.

11. ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

11.1. Изготовитель гарантирует работоспособность прибора и соответствие основным техническим и метрологическим характеристикам при соблюдении потребителем условий эксплуатации и хранения.
11.2. Срок гарантии-12 месяцев с момента продажи.
11.3. При отказе прибора в течение гарантийного срока следует составить Акт с указанием характера неисправ-

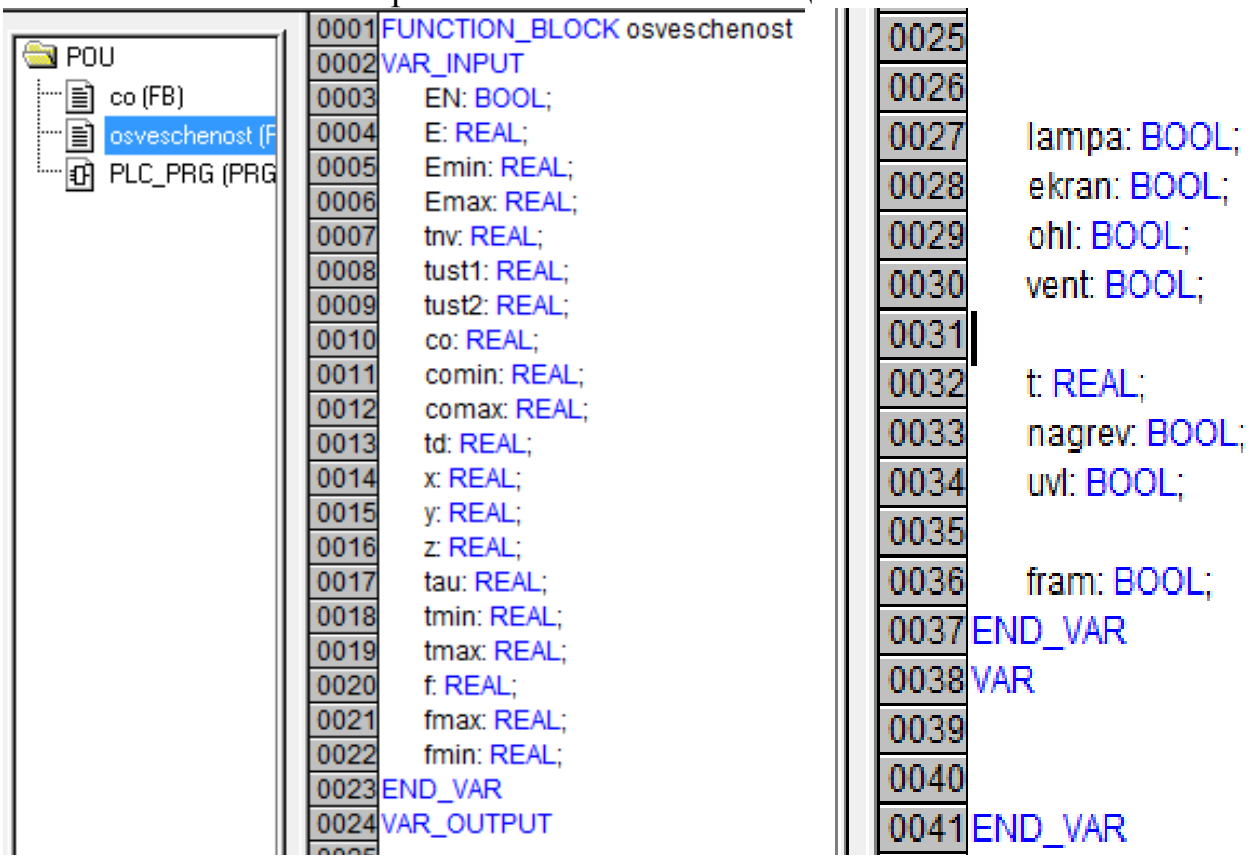
11

3.2. Режим измерения относительной влажности и температуры
3.2.1. Диапазон измерения относительной влажности ,%.....10÷98
3.2.2. Основная абсолютная погрешность измерения относительной влажности при температуре 20±5 °C, % относительной, не более .....±5
3.2.3 Диапазон измерения температуры, °C.....0÷50
3.2.4 Основная абсолютная погрешность измерения температуры при температуре окружающего воздуха 20±5 °C, °C, не более.....±0,5
3.2.5. Дополнительная погрешность измерения относительной влажности при изменении температуры окружающего воздуха от нормальной (20±5)°C в пределах от 10 до 40°C, на каждые 10°C изменения температуры, % относительной, не более.....±5
3.2.6. Дополнительная погрешность измерения температуры, при изменении температуры окружающего воздуха от нормальной (20±5)°C, в пределах от 0до 50°C, на каждые 10° изменения температуры,°C, не более.....±0,5
3.3. Общие технические данные
3.3.1. Вид индикации - цифровой жидкокристаллический индикатор.
3.3.2. Время непрерывной работы прибора, ч, не менее.....8,0
3.3.3. Рабочие условия эксплуатации прибора:
1) температура окружающего воздуха, °C....от 0 до 50
2) относительная влажность воздуха при температуре окружающего воздуха 25°C, % относительной, не более.....95

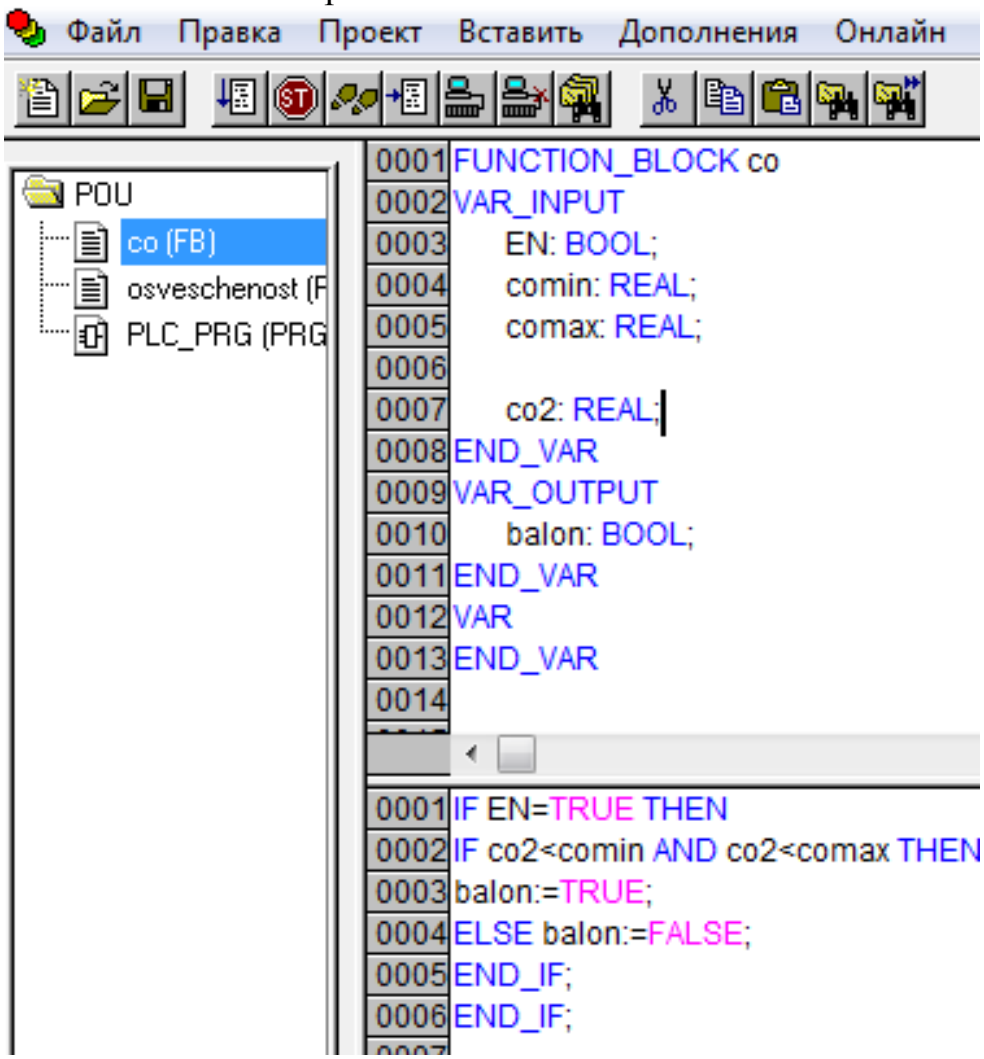
4

Фото 9 Свидетельство о приемке термогигрометра+люксметра ТКА-хранитель

Приложение 7а Программа для взаимосвязанного управления параметрами микроклимата в блоке «освещенность»



Приложение 7б Программа для взаимосвязанного управления параметрами микроклимата в блоке «CO»



Приложение 7в Реализация взаимосвязанного управления параметрами микроклимата в функциональном блоке «освещенность»

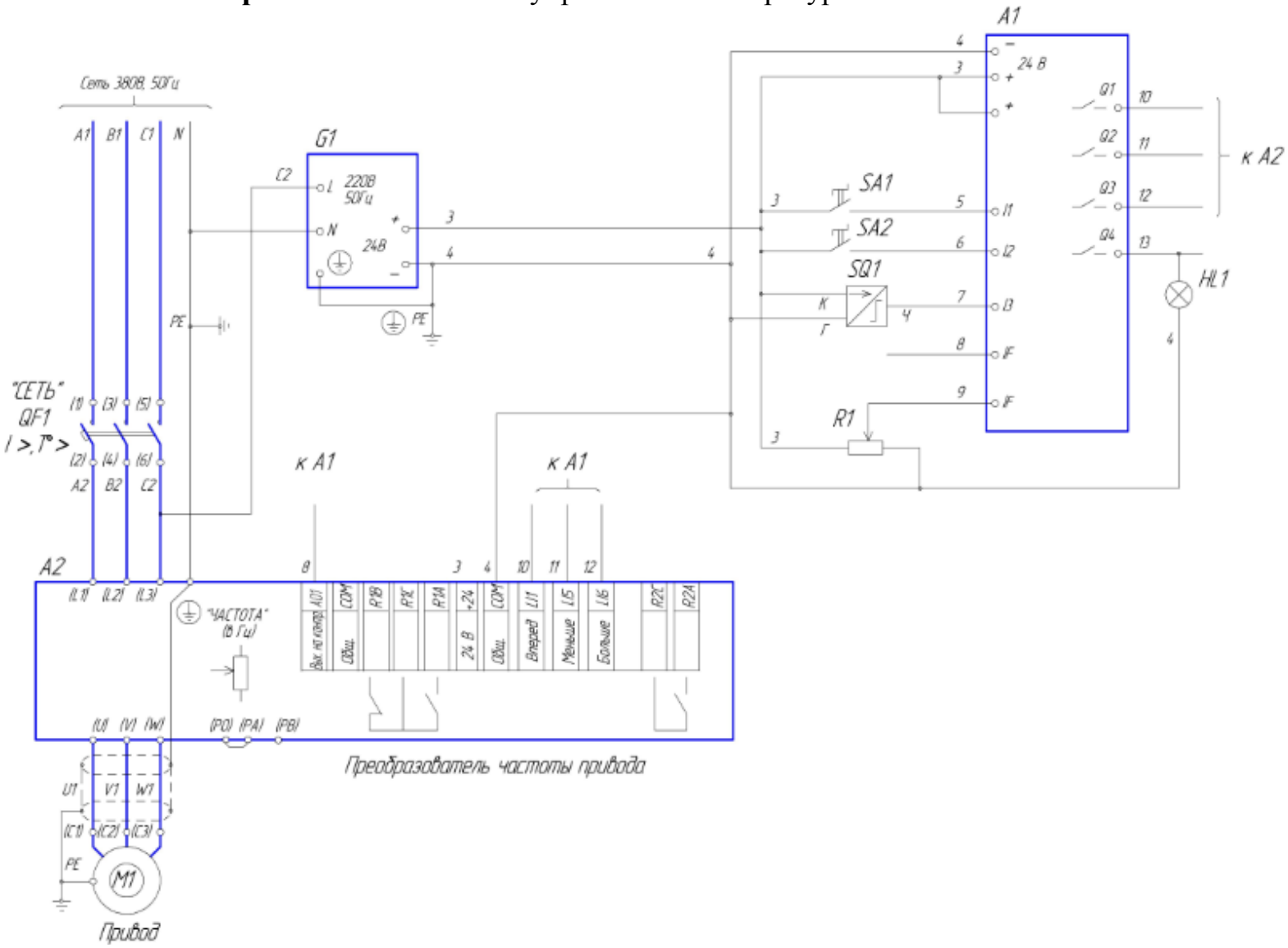
```
IF EN=TRUE THEN
IF E<Emin AND E<Emax THEN lampa:=TRUE;
ELSE lampa:=FALSE;
END_IF;

IF E>Emin AND E<Emax THEN ekran:=TRUE;
ELSIF E<Emin AND E<Emax THEN ekran:=TRUE;
ELSE ekran:=FALSE;
END_IF;

t:=td-((16/(3.14*3.14))*COS((3.14*x)/(2*40))*COS((3.14*y)/(2*80))*EXP((-
1*3.14*3.14*0.3)/2))*(1-((2*18880000*500*tau)/(0.027*z))*EXP(-1/(4*0.3)))*(td-
tnv);
IF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t>tmax AND t>tmin) THEN ohl:=TRUE;
ELSIF (tnv<tust1 AND tnv<tust2) AND (t>tmax AND t>tmin) THEN ohl:=TRUE;
```

```
ELSIF (co>comin AND co<comax) AND (t>tmax AND t>tmin) AND (E>Emin
AND E<Emax) AND (td>tmax AND td>tmin) AND (tnv>tust1 AND tnv>tust2)
THEN ohl:=TRUE;
ELSIF (co>comin AND co<comax) AND (t<tmax AND t>tmin) AND (E>Emin
AND E<Emax) AND (td>tmax AND td>tmin) AND (tnv>tust1 AND tnv>tust2)
THEN ohl:=TRUE;
ELSIF (co>comin AND co<comax) AND (t>tmax AND t>tmin) AND (E>Emin
AND E<Emax) AND (td<tmax AND td>tmin) AND (tnv>tust1 AND tnv>tust2)
THEN ohl:=TRUE;

ELSIF (co>comin AND co<comax) AND (t>tmax AND t>tmin) AND (E>Emin
AND E<Emax) AND (td>tmax AND td>tmin) AND (tnv<tust1 AND tnv<tust2)
THEN ohl:=TRUE;
ELSIF (co>comin AND co<comax) AND (t<tmax AND t>tmin) AND (E>Emin
AND E<Emax) AND (td>tmax AND td>tmin) AND (tnv<tust1 AND tnv<tust2)
THEN ohl:=TRUE;
ELSIF (co>comin AND co<comax) AND (t>tmax AND t>tmin) AND (E>Emin
AND E<Emax) AND (td<tmax AND td>tmin) AND (tnv<tust1 AND tnv<tust2)
THEN ohl:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td>tmax AND td>tmin) THEN
ohl:=TRUE;
ELSIF (tnv<tust1 AND tnv<tust2) AND (td>tmax AND td>tmin) THEN
ohl:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (t>tmin AND t>tmax) AND (co<comin
AND co<comax) THEN ohl:=TRUE;

ELSIF (E>Emax AND E>Emin) AND (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t<tmax
AND t>tmin) THEN ohl:=TRUE;
ELSIF (E>Emax AND E>Emin) AND (tnv<tust1 AND tnv<tust2) AND (t<tmax
AND t>tmin) THEN ohl:=TRUE;

ELSIF (E>Emax AND E>Emin) AND (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td<tmax
AND td>tmin) THEN ohl:=TRUE;
ELSIF (E>Emax AND E>Emin) AND (tnv<tust1 AND tnv<tust2) AND (td<tmax
AND td>tmin) THEN ohl:=TRUE;
ELSE ohl:=FALSE;
END_IF

IF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (co>comin AND co<comax) AND (td<tmin
AND td<tmax) THEN nagrev:=TRUE;
```

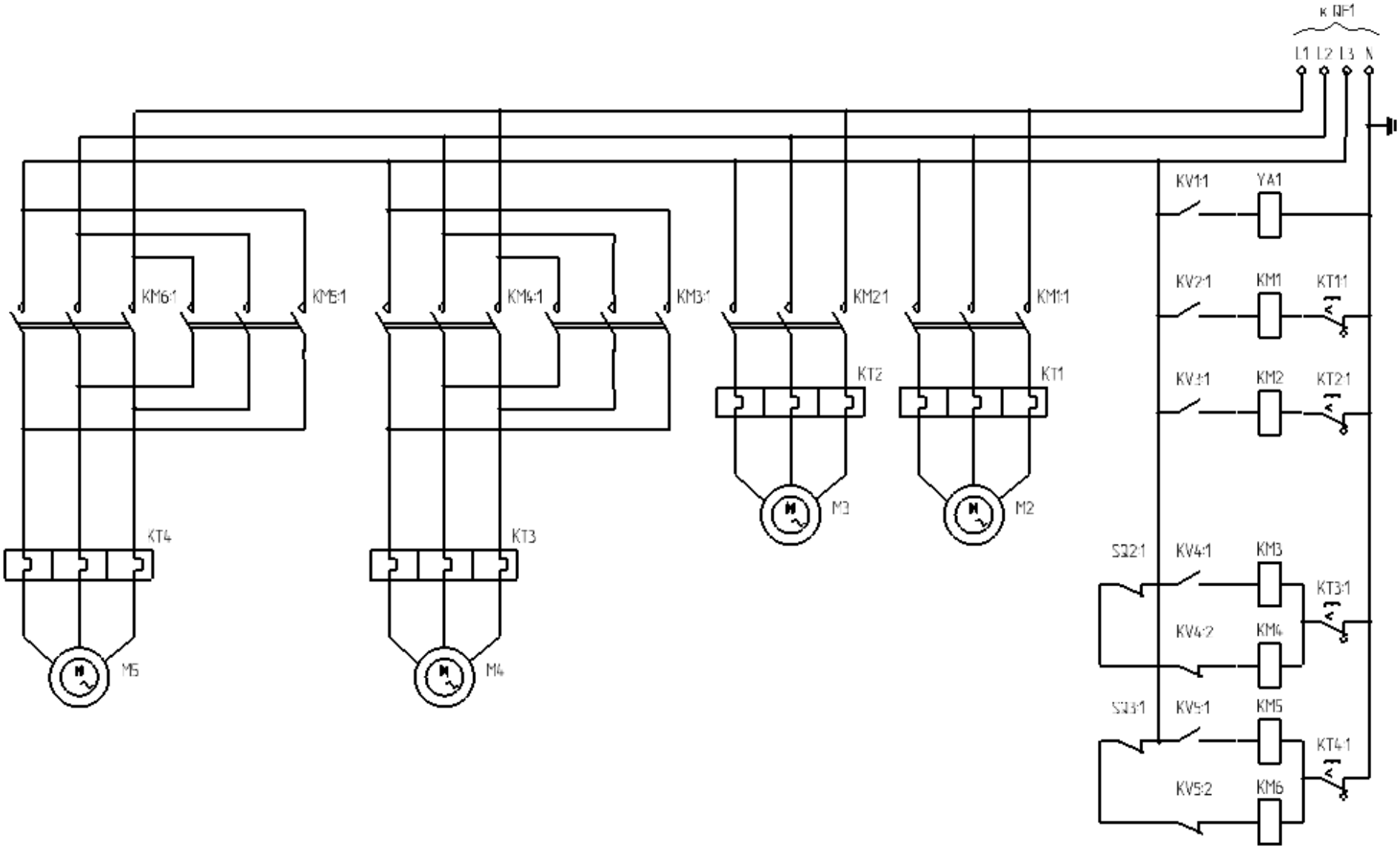
```
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (co>comin AND co<comax) AND (t<tmin
AND t<tmax) THEN nagrev:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) AND (co<comin
AND co<comax) THEN nagrev:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) AND (co<comin
AND co<comax) THEN nagrev:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) AND (co<comin
AND co<comax) AND (f>fmin AND f>fmax) THEN nagrev:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) AND (co<comin
AND co<comax) AND (f>fmin AND f>fmax) THEN nagrev:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) AND (co<comin
AND co<comax) THEN nagrev:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) AND (co<comin
AND co<comax) THEN nagrev:=TRUE;

ELSIF (tnv<tust1 AND tnv<tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) THEN
nagrev:=TRUE;
ELSIF (tnv<tust1 AND tnv<tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) THEN
nagrev:=TRUE;

ELSE nagrev:=FALSE;
END_IF;

IF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (t>tmin AND t>tmax) AND (co>comin AND
co<comax) THEN fram:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (t>tmin AND t>tmax) AND (co>comin
AND co>comax) THEN fram:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (t>tmin AND t<tmax) AND (co>comin
AND co>comax) THEN fram:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) AND (co>comin
AND co>comax) THEN fram:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv<tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) AND (co>comin
AND co>comax) THEN fram:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) AND (co>comin
AND co>comax) AND (f>fmin AND f>fmax) THEN fram:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) AND (co>comin
AND co<comax) AND (f>fmin AND f>fmax) THEN fram:=TRUE;
```

```
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) AND (co>comin
AND co>comax) AND (f>fmin AND f>fmax) THEN fram:=TRUE;
ELSIF(tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) AND (co>comin
AND co<comax) AND (f>fmin AND f>fmax) THEN fram:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) AND (co>comin
AND co>comax) THEN fram:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t<tmin AND t<tmax) AND (co>comin
AND co<comax) THEN fram:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) AND (co>comin
AND co>comax) THEN fram:=TRUE;
ELSIF(tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td<tmin AND td<tmax) AND (co>comin
AND co<comax) THEN fram:=TRUE;

ELSE fram:=FALSE;
END_IF;

IF (tnv<tust1 AND tnv<tust2) AND (co>comin AND co>comax) THEN
vent:=TRUE;

ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t>tmin AND t>tmax) AND (co>comin
AND co>comax)  THEN vent:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (t>tmin AND t<tmax) AND (co>comin
AND co>comax) THEN vent:=TRUE;
ELSIF (tnv>tust1 AND tnv>tust2) AND (td>tmin AND td>tmax) AND (co>comin
AND co>comax) THEN vent:=TRUE;

ELSE vent:=FALSE;
END_IF;

IF (t>tmax AND t>tmin) AND (f<fmin AND f<fmax) THEN uvl:=TRUE;
ELSIF (td>tmax AND td>tmin) AND (f<fmin AND f<fmax) THEN uvl:=TRUE;
ELSIF f<fmin AND f<fmax THEN uvl:=TRUE;
ELSE uvl:=FALSE;
END_IF;


END_IF;
```

Приложение 8а Схема управления температурой теплоносителя



Приложение 8б Силовая схема управления взаимосвязанной системой управления микроклиматом



Приложение 9а Потребление тепла ОАО «ТК «Завьяловский» в 2014 году

Потребитель	Тепло, Гкал.												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	**итого**
1 цех 1,2 участок	2996	2728	1874	1345	255	0	0	0	309	1384	730	1657	**13278**
1 цех 3 участок	3947	3540	2302	1668	300	0	0	0	647	2742	1986	1830	**18962**
1 цех 4,5 участок	2552	2513	1458	1394	507	0	0	0	562	1790	1110	1412	**13298**
1 цех 6 участок	3565	3218	2006	1599	230	0	0	0	503	2386	1715	1661	**16883**
3 цех	4304	3907	2760	1946	382	0	0	0	0	0	0	0	**13299**
4 цех	4180	6133	4382	3329	660	0	0	0	1332	2569	1564	1948	**26097**
5 цех 5 участок	456	574	434	84	70	0	0	0	0	164	159	808	**2749**
5 цех 6 участок	561	527	363	292	64	0	0	0	121	386	441	369	**3124**
салатная линия	504	444	252	164	36	0	0	0	71	420	610	570	**3071**
биолаборатория	337	229	126	129	29	0	0	0	29	110	66	149	**1204**
здание управления	32	33	16	10	3	0	0	0	0	18	25	30	**167**
РММ	325	280	130	11	2	0	0	0	0	32	115	285	**1180**
центр.склад	42	35	25	15	1	0	0	0	0	26	30	38	**212**
электрики	7	7	6	3	0	0	0	0	0	3	4	5	**35**
столовая	29	28	23	12	2	0	0	0	0	26	29	30	**179**
магазин	3	3	3	2	0	0	0	0	0	1	1	3	**16**
цех засолки	7	6	5	4	0	0	0	0	0	7	10	10	**49**
ИТОГО (комбинат):	**23847**	**24205**	**16165**	**12007**	**2541**	**0**	**0**	**0**	**3574**	**12064**	**8595**	**10805**	**113803**
ООО УКС (ЖКХ)	1403	1247	1119	963	382	282	221	195	408	781	955	1067	**9023**
Водоканал	913	1093	762	602	158	55	13	40	173	598	741	956	**6104**
Волга-телеком	478	637	419	387	91	86	35	25	79	231	369	446	**3283**
Горкоммунтеплосеть	352	437	267	298	0	0	0	0	0	215	309	339	**2217**
Полюс	133	133	96	75	0	0	0	0	0	55	97	116	**705**
ИТОГО (суб-ты):	**3279**	**3547**	**2663**	**2325**	**631**	**423**	**269**	**260**	**660**	**1880**	**2471**	**2924**	**21332**
Торг. Дом Завьял. (поте-ри)	**1484**	**1287**	**2397**	**1825**	**1073**	**768**	**825**	**787**	**857**	**1596**	**849**	**2260**	**16008**
ИТОГО:	**28610**	**29039**	**21225**	**16157**	**4245**	**1191**	**1094**	**1047**	**5091**	**15540**	**11915**	**15989**	**151143**

Приложение 9б Потребление тепла ОАО «ТК «Завьяловский» за 1 полугодие 2015 году

Потребитель	Тепло, Гкал.												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	**итого**
1 цех 1,2 участок	2962,00	2169,26	1683,70	1244	367								**8426**
1 цех 3 участок	3866,00	2699,02	2048,34	1489	585								**10687**
1 цех 4,5 участок	2049,00	1973,25	1671,02	1203	548								**7444**
1 цех 6 участок	3484,00	2371,31	1842,24	1379	512								**9589**
3 цех	0,00	0,00	0,00	0	0								**0**
4 цех	4033,00	4776,80	4241,77	2693	851								**16595**
5 цех 5 участок	392,00	639,32	654,24	542	186								**2414**
5 цех 6 участок	558,00	360,87	359,36	248	56								**1582**
салатная линия	758,00	410,00	391,00	280	65								**1904**
биолаборатория	171,00	112,00	107,00	77	12								**479**
здание управления	31,00	26,00	20,00	10	6								**93**
РММ	285,00	256,00	135,00	11	2								**689**
центр.склад	38,00	28,00	27,00	15	2								**110**
электрики	5,00	4,00	7,00	3	1								**20**
столовая	25,00	23,00	12,00	12	10								**82**
магазин	3,00	3,00	4,00	2	0								**12**
цех засолки	8,00	4,00	10,00	4	2								**28**
ИТОГО (комбинат):	**18668,00**	**15855,84**	**13213,68**	**9212**	**3205**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**60155**
ООО УКС (ЖКХ)	1537	1004,276	652,47	948	381								**4522,746**
Водоканал	1050	926,577	854,74	609	112								**3552,317**
Волга-телеком	474	817,742	762,53	260	117								**2431,272**
Горкоммунтеплосеть	415	613,837	227,89	178	0								**1434,727**
Полюс	126	100,731	93,7	62	0								**382,431**
ИТОГО (суб-ты):	**3602**	**3463,163**	**2591,33**	**2057**	**610**	**0**	**0**	**0**	**0**		**0**	**0**	**12323,493**
Торг. Дом Завьял. (поте-ри)	**1491**	**1610**	**1428**	**1148**	**952**								**6629**
ИТОГО:	**23761**	**20929,00**	**17233**	**12417**	**4767**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**79107**

Приложение 10а Патент на полезную модель №№127286. «Светодиодная система для облучения меристемных растений»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 127286

СВЕТОДИОДНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ МЕРИСТЕМНЫХ РАСТЕНИЙ

Патентообладатель(ли): ***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ижевская государственная сельскохозяйственная академия" (RU)***

Автор(ы): ***см. на обороте***

Заявка № **2012130687**

Приоритет полезной модели **17 июля 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации ***27 апреля 2013 г.***

Срок действия патента истекает **17 июля 2022 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

Приложение 10б Уведомление о государственной регистрации программы для ЭВМ «Взаимосвязанное управление параметрами микроклимата защищенного грунта».

Форма № 43 ПР, БД, ТП-2011

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(РОСПАТЕНТ)

Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993. Телефон (8-499) 240-60-15. Факс (8-495) 531-63-18

На № 206 от 19.10.2015
Наш № 2015Э09368
При переписке следует ссылаться на наш № и сообщать дату получения настоящей корреспонденции от 29.10.2015

426069,
Удмуртская Респ., г. Ижевск,
а/я 974, НОУ ДПО «УНИЦ «Омега»,
заместителю директора И.Р.Владыкину

УВЕДОМЛЕНИЕ
о государственной регистрации

Ставим Вас в известность о том, что программа для ЭВМ: Взаимосвязанное управление параметрами микроклимата защищенного грунта

(21) по заявке № 2015617389/69

(22) Дата поступления заявки 11.08.2015

(71) Заявитель(и) Негосударственное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-научный инновационный центр «Омега» (RU)

внесена в Реестр программ для ЭВМ, регистрационный № 2015661513 от 29.10.2015

Заявка рассмотрена с учетом поступивших 27.10.2015 дополнительных материалов.

Приложение: свидетельство о государственной регистрации на 1 л. в 1 экз.

Заместитель руководителя Кирий Л.Л.

Кондратова М.П. (499)240-33-42

Приложение 10в Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Взаимосвязанное управление параметрами микроклимата защищенного грунта».

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2015661513

Взаимосвязанное управление параметрами микроклимата защищенного грунта

Правообладатель: ***Негосударственное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-научный инновационный центр «Омега» (RU)***

Авторы: ***Владыкин Иван Ревович (RU), Кондратьева Надежда Петровна (RU), Краснолуцкая Мария Геннадьевна (RU), Логинов Вячеслав Васильевич (RU), Баранова Ирина Андреевна (RU), Большин Роман Геннадьевич (RU)***

Заявка № **2015617389**

Дата поступления **11 августа 2015 г.**

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ ***29 октября 2015 г.***

Заместитель руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий