



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ОШСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КЫРГЫЗСКО-УЗБЕКСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи  
УДК 662.997.534

**МУРЗАКУЛОВ НУРКУЛ АБДИЛАЗИЗОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕЛИОТЕПЛИЦ  
С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Специальность 05.14.08 – Энергоустановки на основе  
возобновляемых видов энергии

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
д.т.н., профессор  
А.И. Исманжанов

Ош – 2013



## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....</b>	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>6</b>
<b>Глава I. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКИ ГЕЛИОТЕПЛИЦ И ИХ ПРОЗРАЧНЫХ ПОКРЫТИЙ. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>	<b>13</b>
1.1. Технология строительства защищенных культивационных сооружений. Виды гелиотеплиц.....	13
1.2. Прозрачные покрытия для гелиотеплиц и их оптико- энергетические характеристики.....	19
1.3. Методы регулирования микроклимата в теплицах.....	23
1.4. Постановка задач.....	31
<b>Глава II. РАЗРАБОТКА ПРОЗРАЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ГЕЛИОТЕПЛИЦ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ОПТИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....</b>	<b>37</b>
2.1. Разработка многослойного трансформируемого прозрачного покрытия для гелиотеплиц с варьируемым количеством слоев.....	37
2.2. Исследование оптико-энергетических характеристик многослойного трансформируемого прозрачного покрытий гелиотеплиц.....	40
2.3. Исследование теплообмена в межслойном пространстве многослойных теплиц.....	47
2.4. Разработка и исследование многослойного прозрачного покрытия с цилиндрическими элементами.....	52



2.5. Исследование прозрачности покрытий гелиотеплиц в интегральной и фотосинтетически активной областях солнечного спектра.....	54
2.6. Разработка двухслойного прозрачного покрытия с улучшенными теплоизоляционными свойствами для гелиотеплиц.....	60
2.7. Исследование оптико-энергетических и теплоизоляционных характеристик двухслойного прозрачного покрытия с улучшенными теплоизоляционными свойствами.....	66
2.8. Экспериментальное исследование сравнительных теплоизоляционных свойств прозрачных покрытий теплиц.....	68
<b>Выводы по главе 2.....</b>	<b>74</b>

### **Глава III. РАЗРАБОТКА ГЕЛИОТЕПЛИЦ**

<b>С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....</b>	<b>77</b>
---	-----------

3.1. Разработка гелиотеплицы с многослойным трансформируемым прозрачным покрытием.....	77
3.2. Разработка гелиотеплиц с двухслойным и ячеистым прозрачными покрытиями.....	82
3.3. Исследование эксплуатационных характеристик гелиотеплиц.....	82
3.4. Исследование краевого эффекта облученности в теплицах с различными прозрачными покрытиями.....	89
3.5. Исследование влияния многослойных прозрачных покрытий теплиц на фотосинтетическую активность хлорофилла, вегетацию и урожайность растений.....	93
<b>Выводы по главе 3.....</b>	<b>108</b>



<b>Глава IV. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГЕЛИОТЕПЛИЦ.....</b>	<b>110</b>
4.1. Анализ геотермальных ресурсов Кыргызстана и их теплоэнергетические характеристики.....	110
4.2. Исследование возможности использования энергии геотермальных источников для теплоснабжения теплиц.....	115
4.3. Разработка методики оценки экономической эффективности гелиотеплиц с различными прозрачными покрытиями.....	117
4.4. Погрешности экспериментальных измерений.....	122
<b>Выводы по главе 4.....</b>	<b>124</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>126</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>129</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>139</b>



## ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

- СИ – солнечное излучение;
- ЭО – энергетическая освещенность;
- ГТ – гелиотеплица;
- ПП – прозрачное покрытие;
- МПП – многослойное прозрачное покрытие;
- ГТИЭ – геотермальные источники энергии;
- ЭЭ – экономическая эффективность;
- Е – плотность интегрального солнечного излучения;
- I – плотность прямого солнечного излучения;
- D – плотность рассеянного солнечного излучения;
- Q – плотность потока теплоты;
- $\varepsilon$  – коэффициент излучения (степень черноты);
- $\alpha$  – коэффициент поглощения;
- $\rho$  – коэффициент отражения;
- $\tau$  – коэффициент светопропускания;
- $\varphi$  – угловой коэффициент излучения;
- $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;
- t – время.



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы диссертации.** Благодаря своему географическому расположению Кыргызстан обладает значительными ресурсами возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

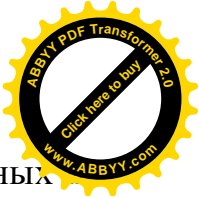
Ресурсы солнечной энергии в республике составляют 4,64 млрд. МВт час или 23,4 кВт час на 1м<sup>2</sup> поверхности. Ресурсы ветровой энергии оцениваются в 2 млрд. МВт час, геотермальной энергии – 6,3 ГДж год. Из них реально для освоения – 27 %. Ресурсы переработки биомассы (отходов животноводства) – 1,6 млрд. м<sup>3</sup> метана. Потенциал малых водотоков – 1,6 млн. кВт по мощности, или 5-6 млн. кВт час по выработке.

Со стороны правительства страны предприняты ряд мер по расширению использования ВИЭ в народном хозяйстве страны. Решаются одновременно и кадровые вопросы: в четырех вузах страны вот уже около 20 лет ведется подготовка специалистов с высшим техническим образованием по специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (НВИЭ), созданы ряд НПО, задачей которых является содействие расширению использования ВИЭ. В 2010 году принят закон о возобновляемых источниках энергии. В лабораториях ряда вузов и академических институтов страны проводятся НИР и ОКР в области ВИЭ.

В то же время вне поля зрения остается один из перспективных аспектов использования одного из наиболее доступного и имеющего огромные ресурсы источника – солнечной энергии. Это – использование гелиотеплиц.

В настоящее время гелиотеплицы широко используются во многих странах для выращивания овощей, зелени, плодов, тропических растений, цветов и т.д. В ряде стран теплицы нашли широкое распространение вблизи геотермальных источников энергии, дающих тепло для их обогрева.

В Кыргызстане теплицы используются в основном в его долинных и предгорных регионах, где климат более мягкий, чем в его горных регионах.



Между тем, значительная доля населения проживает именно в предгорных горных регионах.

Процесс человеческого развития в горных регионах обладает своей спецификой. Горы – это особая среда. Особенности горного образа жизни связаны с более сложными и трудными условиями выживания по сравнению с другими районами. Труд людей в горных регионах связано с высокими физиологическими затратами.

Населению горных регионов необходим целый ряд продуктов, которые в горах не производятся. Эта часть населения обделена ранними овощами и плодами, что обуславливает их в некоторой степени однообразное и неполноценное питание. Обеспечение населения свежими овощами и плодами, особенно детей важно с медицинской точки зрения. Своевременный привоз ранних плодов и овощей в такие регионы дорого и эта задача пока не решена.

Проблему снабжения населения горных регионов овощами и плодами в определенной степени можно было бы решить за счет использования гелиотеплиц, приспособленных к климатическим условиям предгорных и горных регионов (ПГР) Кыргызстана.

Ограниченное использование, а точнее, не использование теплиц в ПГР в основном связано тремя факторами: холодным и суровым климатом, дороговизной топлива, используемого для обогрева теплиц и не традиционностью теплиц для ПГР. В последние годы к ним прибавился еще и четвертый – дороговизна металла и стекла – основных материалов для изготовления теплиц.

Основные теплопотери теплиц около 50% происходят через их прозрачные покрытия (ПП). Снижая эти теплопотери можно экономить огромные ресурсы энергии, необходимые для обогрева теплиц и в принципе можно решить проблему строительства и эксплуатации гелиотеплиц в ПГР.

Поэтому разработка и создание ПП с улучшенными теплоизоляционными свойствами и достаточной механической прочностью,



способного выдерживать большие ветровые и снеговые нагрузки и созданы на их основе гелиотеплиц, приспособленных для горных регионов является актуальной.

**Связь темы с научно-техническими программами.** Работа выполнена в рамках госбюджетных научно-исследовательских тем по договорам № ПТН-01/09 «Разработка и исследование комплекса энергоснабжения малых объектов на основе возобновляемых видов энергии» от 05.01.2009г., № СГЭ-8/2010 «Разработка и исследование автономных энергетических систем на основе возобновляемых видов энергии» от 05.01.2010г., № ЕТН-07/11 2010 «Разработка и исследование автономных энергетических систем на основе возобновляемых видов энергии» от 02.01.2011г., № УН-26/12 «Разработка и исследование высокоэффективных энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий» от 28.03 2012г.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является исследование процесса переноса лучистой энергии через однослойные и многослойные ПП, разработка на их основе более эффективные типы ПП, обладающих высокими теплоизоляционными свойствами и на их основе – гелиотеплиц для горных регионов Кыргызстана, исследование их теплоэнергетических и эксплуатационных характеристик, разработка рекомендаций по их внедрению в сельском хозяйстве страны.

Для достижения цели в работе поставлены следующие задачи:

- исследование и установление закономерностей потерь солнечного излучения в прозрачных покрытиях гелиотеплиц в зависимости от количества их слоев, геометрических и оптических параметров;
- разработка ПП, обладающих высокими теплоизоляционными свойствами и достаточной механической прочностью и высокими эксплуатационными свойствами;





- разработка ПП, имеющего варьируемые теплоизоляционные оптико-энергетические свойства, способного регулировать микроклимат внутри теплиц в зависимости от параметров внешней среды;
- разработка гелиотеплиц на основе разработанных ПП и исследование их эксплуатационных и технико-экономических показателей;
- исследование влияние разработанных прозрачных покрытий теплиц на вегетацию и урожайность растений;
- исследование технико-экономических показателей гелиотеплиц с разработанными ПП.

**Научная новизна работы состоит в следующем:**

- разработано многослойное, с переменным количеством слоев и трансформируемое ПП для гелиотеплиц, обладающее варьируемыми теплоизоляционными свойствами, защищенная патентом, позволяющая поддерживать в некотором интервале инвариантным температуру внутри гелиотеплиц, экономить затраты на обогрев теплиц;
- разработано двухслойное ПП с улучшенными теплоизоляционными свойствами, позволяющая экономить затраты на обогрев теплиц;
- установлены закономерности потерь интегрального солнечного излучения и излучения в фотосинтетической области спектра в многослойных прозрачных покрытиях (МПП) гелиотеплиц в зависимости от материала и геометрических параметров ПП;
- выявлены особенности влияния МПП на вегетацию и урожайность растений;
- разработана методика оценки технико-экономических показателей гелиотеплиц с различными ПП, учитывающая влияние ПП на вегетацию и урожайность растений.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

На защиту выносятся следующие основные положения и результаты диссертационной работы:



- разработанное и защищенное патентом многослойное, с переменным количеством слоев и трансформируемое ПП для гелиотеплиц, обладающая варьируемыми теплоизоляционными свойствами, позволяющая поддерживать в некотором интервале инвариантным температуру внутри гелиотеплиц экономить затраты на обогрев теплиц;

- разработанное и защищенное патентом долговечное двухслойное ПП с улучшенными теплоизоляционными свойствами, позволяющая экономить затраты на обогрев теплиц;

- закономерности потерь интегрального солнечного излучения и излучения в фотосинтетической области спектра в МПП гелиотеплиц в зависимости от материала и геометрических параметров ПП;

- закономерности зависимости теплотехнических и эксплуатационных характеристик гелиотеплиц, выполненных на основе разработанных ПП от внешних климатических факторов;

- выявленные закономерности влияния МПП на вегетации и урожайности растений;

- разработанная методика оценки технико-экономических показателей гелиотеплиц с различными ПП, учитывающая как положительное, так и отрицательное влияние ПП на вегетацию и урожайность растений.

**Практическая и экономическая значимость полученных результатов:**

- использование в теплицах разработанных трансформируемого МПП и двухслойного ПП позволит с одной стороны экономить топливные ресурсы, необходимые для отопления теплиц, а с другой – строить и эксплуатировать теплицы в более холодных горных регионах Кыргызстана;

- полученные закономерности зависимости оптико-энергетических показателей различных типов ПП позволяют выбрать для конкретного типа теплицы соответствующее ПП;



- установленные закономерности зависимости влияния МПП на вегетацию и урожайность растений позволяет более точно прогнозировать их урожайность, потребительские качества и время созревания;

- полученная зависимость расчета технико-экономических показателей гелиотеплиц позволяет рассчитать и оценить целесообразность использования той или иной тип гелиотеплиц в различных климатических условиях.

**Личный вклад соискателя в получении научных результатов.** На протяжении ряда лет автор является непосредственным и основным исполнителем работ по исследованию, разработке и созданию ПП и гелиотеплиц на их основе. Он является автором работы, включая постановку задачи, результаты которых представлены в диссертации. Основные результаты работы получены им лично.

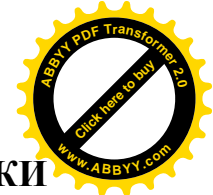
**Апробация результатов исследования.** Основное содержание диссертационной работы, а также ее отдельные части доложены на научно-технических семинарах и Ученых советах Ошского технологического, Кыргызско-Узбекского, Кыргызского государственного технического университетов, Института природных ресурсов НАН КР, Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного общества: экономика, политика, наука и образование» (Нарын, май, 2013), Международный семинар по технологиям освоения и использования солнечной энергии ЦА (КНР, май, 2013), на 3-ей Международной научной конференции по экономическому и социальному развитию и социальной ответственности и 1-ой Восточно-Европейской конференции по экономическому и социальному развитию и социальной ответственности (Новосибирск, сентябрь, 2013) на Международной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы физики» (Ташкент, октябрь 2013).



### **Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.**

По теме диссертационной работы опубликовано 15 основных печатных работ, в том числе 2 статьи в международном журнале «Гелиотехника», 1 статья в Известиях НАН КР, 4 статьи в журналах «Известия вузов», «Наука, образование, техника», «Известия ОшГУ», «Известия КГТУ», в материалах международных научных конференций. Получен патент на изобретения Кыргызской Республики №1468, в которых полностью отражены основные результаты диссертационной работы.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Содержит 138 страниц машинописного текста, включая 57 рисунка, 12 таблиц и библиографию из 148 наименований.



# Глава I. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКИ ГЕЛИОТЕПЛИЦ И ИХ ПРОЗРАЧНЫХ ПОКРЫТИЙ. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1. Технологии строительства защищенных культивационных сооружений. Виды гелиотеплиц

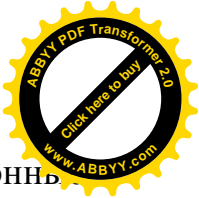
История создания защищенных культивационных сооружений берет начало со времен римской империи. За прошедшее время, технология строительства и эксплуатации теплиц развивалась и превратилась в самостоятельную индустрию, охватывающую различные области человеческой деятельности – материаловедение, растениеводство, теплотехнику, энергетику, автоматизацию и др.

Она развивалась параллельно с развитием технологии производства материалов (листовое стекло, пленки из пластических материалов, стальные оцинкованные и алюминиевые профили), используемых при строительстве теплиц, а также тех достижений теплотехники, которые необходимы для ГТ (техника и технология отопления, охлаждения, аккумуляции тепла и т.д.). В настоящее время теплицы превратились в высокотехнологичную, механизированную, автоматизированную индустрию, опирающуюся на последние достижения науки и техники.

Гелиотеплицы представляют интерес не только как объект сельскохозяйственного назначения, но и являются объектами возобновляемой энергетики, точнее, гелиотехники. Ряд фундаментальных вопросов преобразования солнечной энергии в тепловую в гелиотеплицах разработаны именно учеными – специалистами в области возобновляемой энергии /1-10/.

На основе исследования истории развития технологии разработки теплиц нами составлена классификация теплиц по различным признакам, один из которых приведена на рис. 1.1.

Культивационные сооружения, во-первых, как видно из рис. 1.1, делятся на теплицы и парники.



Парники представляют собой небольшие культивационные сооружения, выполняемые в виде углубленных траншей, закрываемые, как правило, прозрачными пленочными материалами (полиэтиленовой пленкой) и предназначены для выращивания рассады в раннее весеннее время /11-14/. Температура внутри парника поддерживается на необходимом уровне с помощью биологического метода обогрева – за счет теплоты, выделяемой при ферментации навоза крупного или мелкого рогатого скота, укладываемого слоем под грунт, на котором выращиваются рассады. Как правило, другие виды отопления в парниках не применяются.

По площади культивации а также по габаритным размерам теплицы делятся на любительские, приусадебные, фермерские и промышленные /15-19/.

Любительские теплицы, как правило, имеют небольшие площади культивации – в несколько квадратных метров и небольшие высоты. Они предназначены для выращивания цветов, овощей, зелени для нужд небольшой семьи.

Приусадебные теплицы имеют площади культивации, как правило, не менее десяти квадратных метров, высоту не менее 1,5-2 метра и строятся на огородах, приусадебных участках и на дачах. Предназначаются для выращивания овощей, цветов и небольших плодовых деревьев /12, 13/.

Фермерские теплицы имеют площади культивации в несколько десятков квадратных метров и соответствующие высоты. Они предназначены для выращивания сельхозкультур, урожаи которых поставляются на рынок. Промышленные теплицы имеют площади от нескольких сот квадратных метров до нескольких гектаров и предназначены для выращивания сельхозкультур или цветов на промышленной основе, с высокой степенью механизации работ и автоматизации регулирования микроклимата.



Рис. 1.1. Классификация гелиотеплиц.

По геометрической форме внешнего контура теплицы делятся на теплицы с прямолинейными профильными элементами, с криволинейными профильными элементами и с комбинированными профильными элементами.

Гелиотеплицы с прямолинейными профильными элементами в своей очереди делятся на прямоугольные (рис. 1.2 а), прямоугольные с увеличенной высотой боковых стен (рис. 1.2 б), прямоугольные с увеличенной высотой крыши (рис. 1.2 в), А-образные (рис. 1.2 г), призматические (рис. 1.2 д) и пирамидальные (рис. 1.2 е).

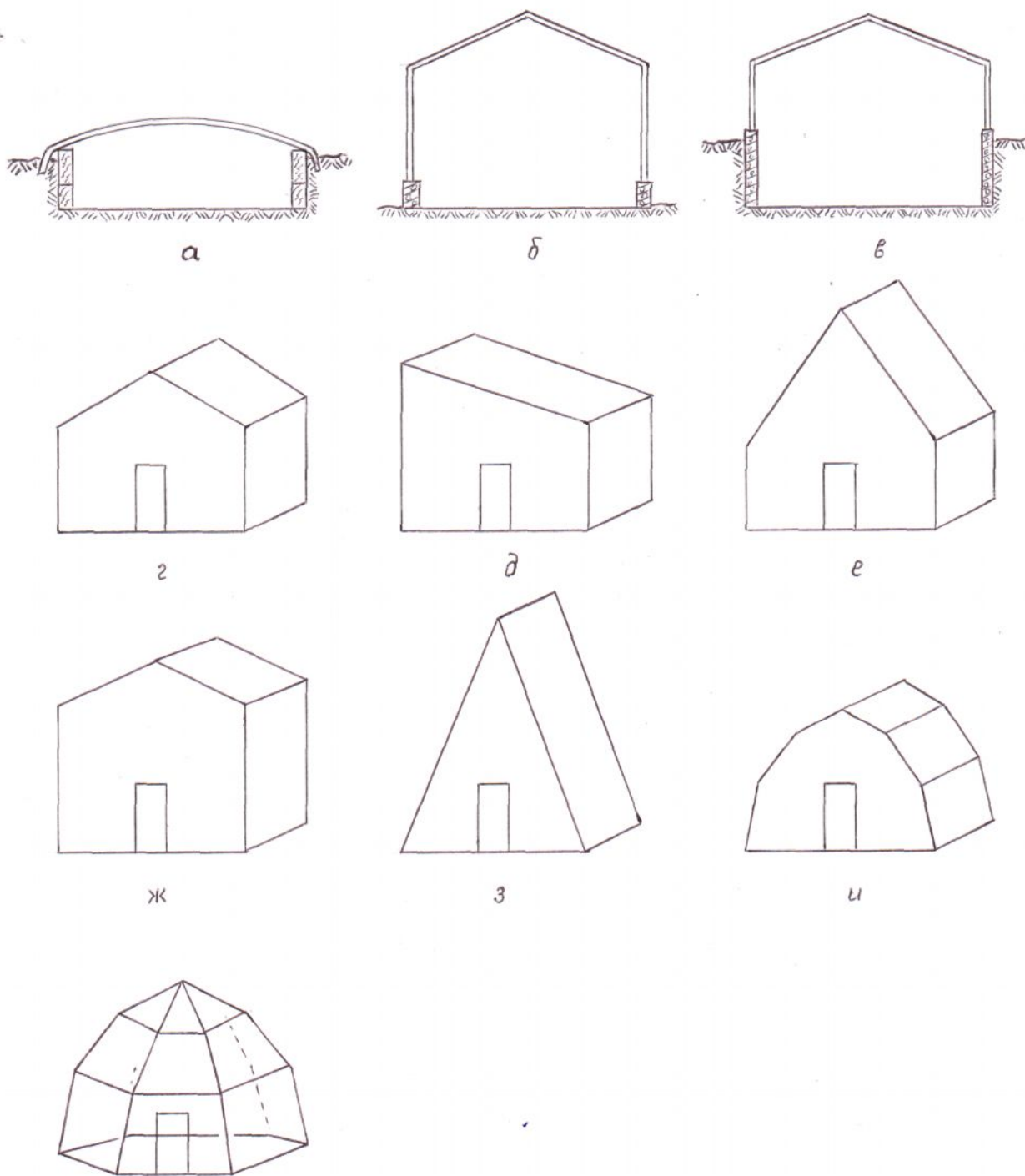


Рис. 1.2. Геометрические формы внешнего контура гелиотеплиц.



По расположению по отношению к основному зданию теплицы делят также на несколько видов (рис. 1.3), а именно: приоконные (рис 1.3 а), приверандные (рис.1.3 б), с выносом прозрачной части крыши теплицы наружу (совмещенные рис.1.3 в, г), пристенные (рис.1.3 д, е, ж), блочные (рис.1.3 з, и) а также на башенные (рис.1.3 к, л).

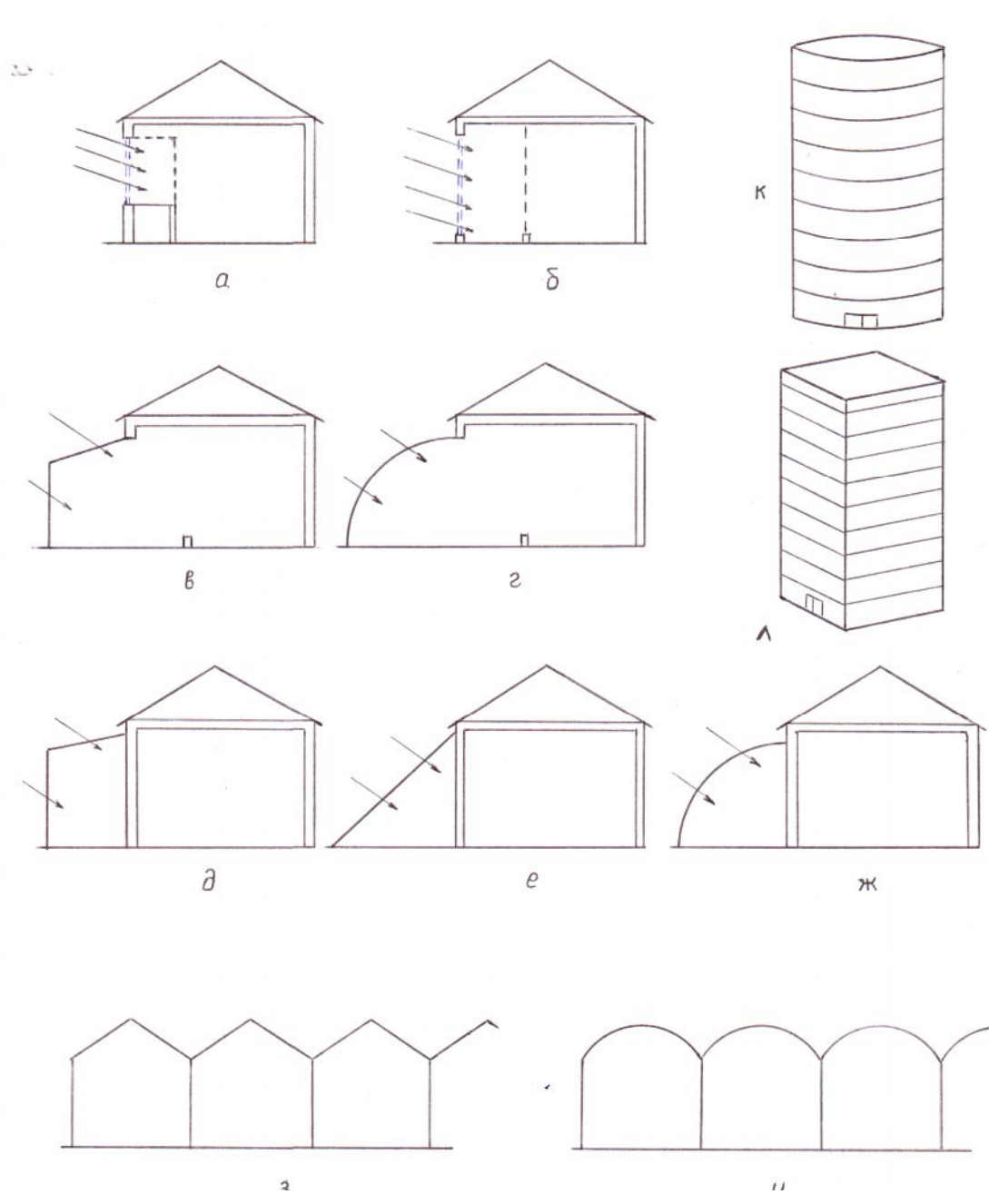
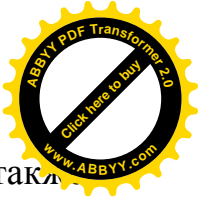


Рис. 1.3. Типы гелиотеплиц.



По расположению относительно окружающих объектов теплицы так же можно классифицировать и такая классификация, выполненная нами приведена на рис. 1.4.

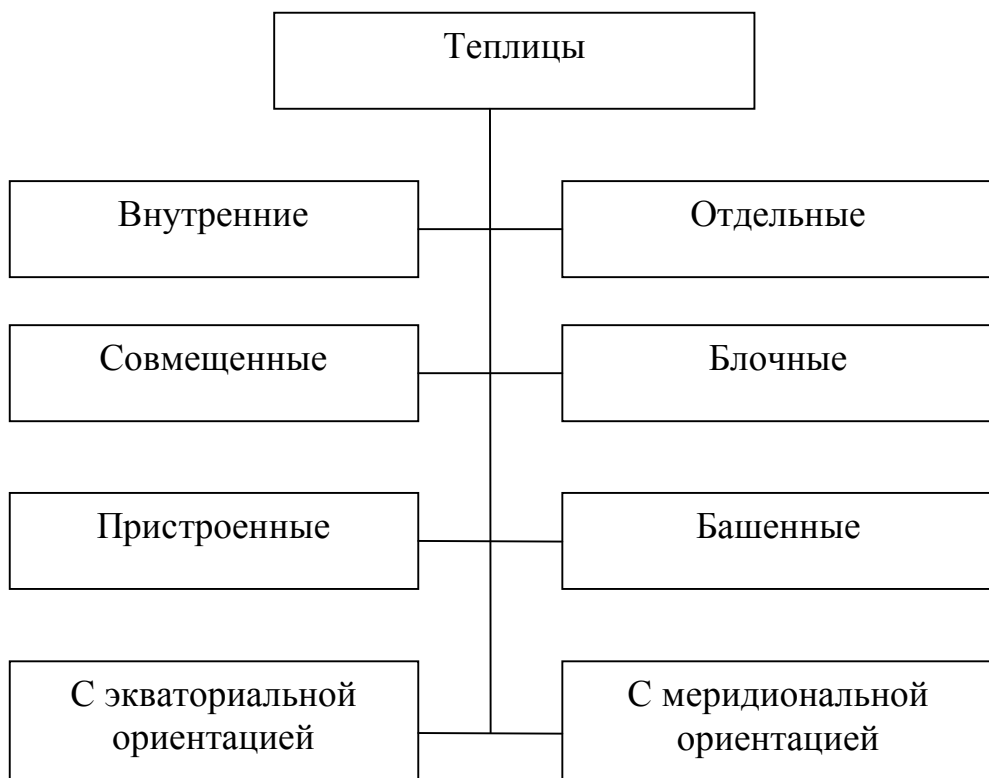


Рис. 1.4. Классификация теплиц по размещению (положению) в пространстве.

По способу размещения субстрата в теплице, последние делятся на почвенные (или грунтовые) и стеллажные (или лотковые). В первом случае растения сажаются на непосредственно грунте теплицы. Во втором случае они сажаются на специальных стеллажах – поддонах с бортиками или на лотках (рис. 1.5). Стеллажи внутри теплицы могут быть установлены в виде ступенек (рис. 1.5 а, б), на одной плоскости (рис. 1.5 в), ступенями в одну сторону (при односкатных крышах рис. 1.5 г), А –образно (рис. 1.5 г) и V – образно (рис. 1.5 д) /15/. В последних двух случаях часто используют искусственные источники излучения для дополнительного освещения (на рис. 1.5 позиция 1 – люминесцентные осветительные лампы типа ДРЛ или лампы накаливания с отражателями).

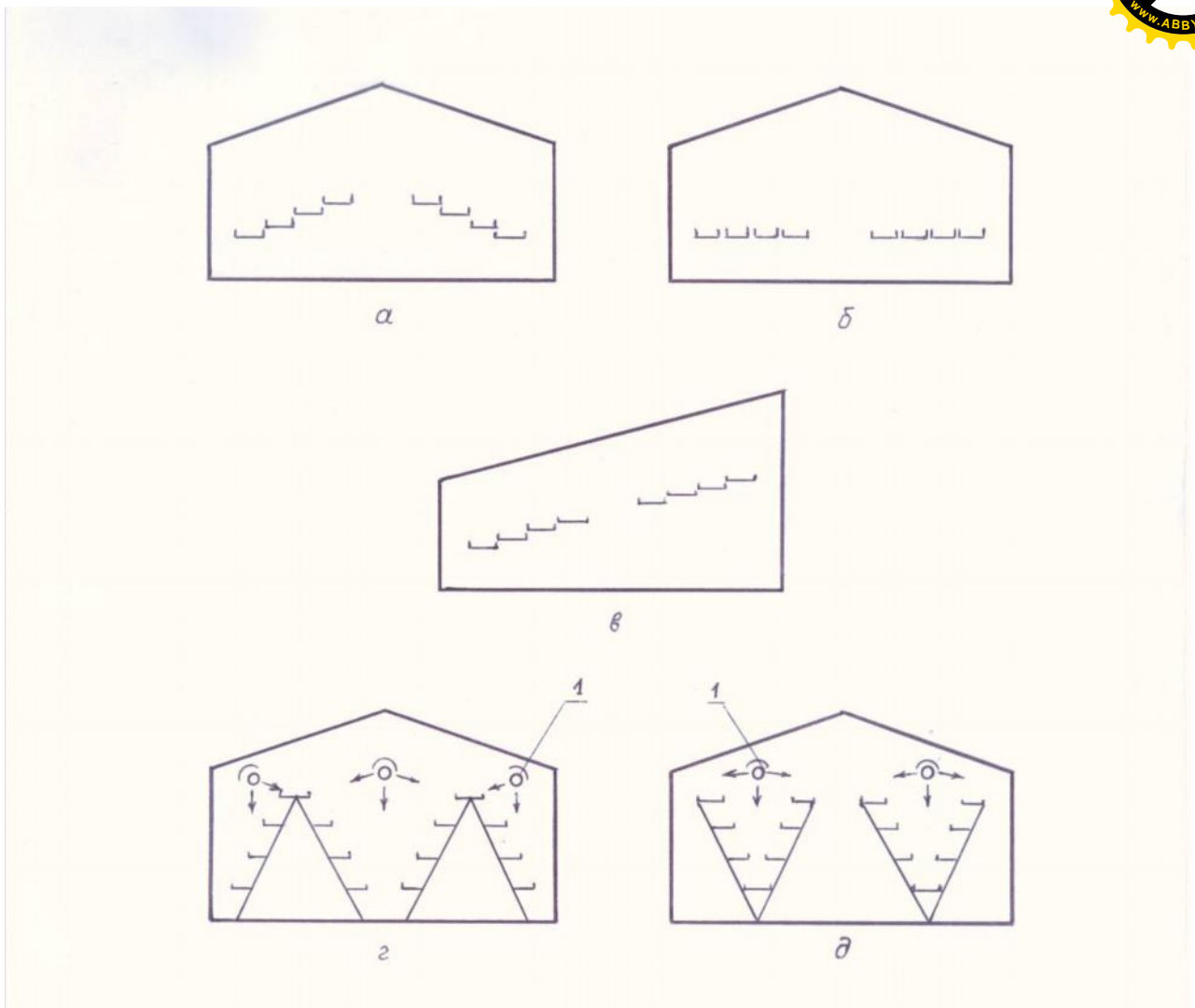


Рис. 1.5. Схема размещения стеллажей для растений в теплице.

В отдельных случаях вместо стеллажей используют лотки, также устанавливаемые по той же схеме.

## 1.2. Прозрачные покрытия для гелиотеплиц и их оптико-энергетические характеристики

В качестве прозрачных покрытий (ПП) теплиц используются различные материалы, выпускаемые промышленностью и имеющие достаточно высокую прозрачность в области солнечного спектра и устойчивые к воздействию атмосферных факторов. На рис. 1.6 приведена составленная нами классификация ПП гелиотеплиц.



Рис. 1.6. Классификация прозрачных покрытий гелиотеплиц.

Таковыми материалами являются в первую очередь листовое строительное (оконное) стекло толщиной от 3 до 5мм, пластические пленки или комбинация стекла и пластических пленок.

В качестве ПП в теплицах используются пленки полиэтилена низкой (0,992 г/см<sup>3</sup>) или высокой (0,996 – 0,998 г/см<sup>3</sup>) плотности, толщиной 0,1-0,2мм), полиэтилен-терафталатные пленки (толщиной 0,05-0,06мм), поликарбонатные пленки или панели, акриловые пленки, а также солнечные люминесцентные пленки на основе акрила /11-16/.

Часто используемая в теплицах полиэтиленовая пленка толщиной 0,10-0,15мм, также достаточно прозрачна в видимой области спектра. Интегральный коэффициент светопропускания таких пленок достигает 90-91% /17/. При прохождении через полиэтиленовую пленку прямое солнечное излучение несколько рассеивается.



В отдельных случаях в качестве прозрачного покрытия теплиц используются акриловая а также полиэтилентерафталатная пленки /24-26/. Однако, эти пленки более дорогие, чем полиэтиленовая пленка.

Недостатком пластиковых пленочных прозрачных покрытий является их неспособность выдерживать большие механические нагрузки, а также относительно быстрое старение под воздействием атмосферных факторов, особенно солнечного излучения. Старение пленок выражается в потере эластичности и прозрачности /18/. Кроме этого, например, полиэтиленовая пленка, эксплуатировавшаяся несколько месяцев не допускает контактных методов очистки: она теряет эластичность и становится хрупкой. Она очищается только промывкой от пыли и загрязнений, что не всегда дает хороший степень очистки. Как правило, полиэтиленовая пленка служит в теплицах не более одного года.

Наиболее часто в последнее время в теплицах используется ячеистый поликарбонат, который выпускается, как правило, в виде панелей (листов) размерами 2,02x0,65м /19, 20/. Он представляет собой двухслойное или трехслойное прозрачное покрытие, между слоями которых при формовании (протягивании) сделаны продольные перегородки. Толщина двухслойных панелей колеблется от 4 до 8 мм, а трехслойных – до 16мм, ширина ячеек – от 6 до 10мм. Прозрачные покрытия толщиной 4мм также выпускается в виде рулона.

Однако, такое покрытие, хотя имеет достаточно высокие теплоизоляционные свойства, также неустойчива к механическим воздействиям, в частности, большим снеговым нагрузкам. Под тяжестью снега она прогибается с остаточной механической деформацией. При длительной эксплуатации в результате светопогодного старения такие панели провисают, теряется первоначальная форма, что приводит к разгерметизации мест крепления листов к несущим конструкциям теплицы. Кроме этого, она также относительно недолговечна. При очистке от пыли и грязи появляются множество царапин, а иногда и трещин.



С целью увеличения теплоизоляционных свойств ПП из пластически пленок, они делаются, как правило, двухслойными.

Из-за большого собственного веса стеклянные покрытия как правило, делаются однослойными.

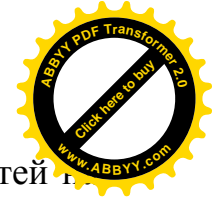
Однако, в последние годы отдельными компаниями, специализирующимися на разработке и продаже теплиц, выпускаются двухслойные стеклянные блочные покрытия в алюминиевых рамах (переплетах). В них между стеклянными листами находится дистанционирующая прокладка, обеспечивающая необходимое расстояние между слоями стекла 8-10 мм. Между стеклянными листами и алюминиевым каркасом проложены резиновые ленточные уплотнители /21/.

Полиэтиленовая, акриловая, тедларовая, полиэтилентерефталатная пленки, а также ячеистые двухслойные поликарбонатные панели небольшой толщины широко используются на гелиотеплицах с полуцилиндрической или другой криволинейной формой /22-24/.

Практика строительства показывает, что на 1 м<sup>2</sup> пленочных теплиц требуется в 3-5 раза меньше капиталовложения, чем для стеклянных теплиц. Капиталовложения на строительство пленочных теплиц окупаются за 1-2 года /25/.

По данным американских исследователей, в теплицах с двойным пленочным ограждением расход топлива на отопление на 30% ниже, чем в теплицах с одинарным ограждением /26/. Для увеличения термического сопротивления слои располагаются на некотором расстоянии друг от друга и в прослойку подается нагретый воздух. Толщина пленки составляет 0,15-0,2мм. Избыточное давление между слоями поддерживается на уровне 4-5мм вод. ст. при нормальных условиях и около 10мм вод. ст. при сильном ветре или снегопаде /27, 28/.

Ограждения теплиц имеют условно горизонтальные, наклонные и вертикальные поверхности. Из-за различия их коэффициента конвективного теплообмена с воздухом теплотери от них различаются /29-36/.



Коэффициент теплопередачи у полуцилиндрических поверхностей на 15-20% больше, чем у вертикальных. Теплицы с двойным ограждением несмотря на дополнительные затраты, эффективнее теплиц с одинарным ограждением /29/.

По данным автора /30/ при скоростях ветра 4-18м/с и различных его направлениях коэффициент теплоотдачи с поверхности ПП изменяется не более чем на 8-10%.

### 1.3. Методы регулирования микроклимата в теплицах

Из-за возмущающего воздействия климатических факторов места эксплуатации микроклимат внутри теплиц часто выходит за пределы допустимых. Это снижение температуры в теплицах в холодные времена года, а также перегрев воздуха в теплые времена года. Для обеспечения комфортных условий микроклимата внутри теплиц применяются различные методы. Нами также проведена классификация этих методов, которая приведена на рис. 1.7.

В зависимости от требований к микроклимату и силы возмущающих факторов на практике используется либо специальное оборудование, либо конструктивные элементы самой теплицы для регулирования микроклимата. Специальное оборудование применяется тогда, когда невозможно регулировать параметры микроклимата с помощью конструктивных элементов самой теплицы (форточки, естественная вентиляция и др.).

К специальному оборудованию можно отнести: оборудование для отопления, аккумулирования тепла, охлаждения, увлажнения, искусственной вентиляции и др.

**Отопление.** Обогрев воздуха внутри теплиц в зимнее время в подавляющем большинстве случаев необходим. На практике применяются следующие виды отопления теплиц: воздушное, печное, водяное, электрическое и комбинированное.



Рис. 1.7. Классификация методов регулирования микроклимата в теплицах.

Каждый из этих видов отопления подробно описан в источниках /37-39/. Однако, следует обратить внимание на использование энергии геотермальных вод для обогрева теплиц. В России, на Камчатке, Исландии, Франции, США построены тепличные комплексы, использующие для





обогрева теплиц энергию геотермальных вод. Так как стоимость энергии геотермальных источников весьма низка, то рентабельность теплиц очень высока.

**Охлаждение.** В случае не сильного влияния внешних факторов для охлаждения воздуха внутри теплиц используют конструктивные элементы самой теплицы: форточки, внутренние мобильные тепловые экраны (шторки), внешние мобильные тепловые экраны, многослойные и ячеистые прозрачные покрытия, светорассеивающие покрытия, солнечные люминесцентные покрытия, увлажнение воздуха и т.д.

**Использование мобильных экранов (зашторивание).** С целью уменьшения потерь теплоты в теплицах используют подвижные экраны в виде штор из плотных тканых материалов /40/. Они изготовлены секциями, разворачиваются и сворачиваются из центрального пульта с помощью горизонтальных планок, движущихся по поступательно-возвратной траектории с помощью винтового механизма.

Самым простым методом охлаждения можно считать проветривание – естественная вентиляция объема теплиц с помощью форточек. Для эффективного проветривания, форточки, как правило, делают на нижней и на верхней частях теплицы. Иногда форточки делают в виде регулируемых линейных щелей по всей длине теплицы на ее нижней и верхней части. Площадь форточек в теплицах достигает до 25-30% от их общей площади /35, 41, 42/.

В случае если естественная вентиляция не достаточна для обеспечения необходимого температурного режима внутри теплицы, то применяют искусственную вентиляцию теплиц с помощью вентиляторов.

Одним из недостатков гелиотеплиц как теплотехнических сооружений является большие теплотери от поверхности ПП /41/.

Для уменьшения теплотерь теплиц применяются различные способы: углубление части теплиц в грунт (теплицы траншейного типа), использование двухслойного ПП (выполненного как правило, из



пластиковых пленок), укрывание поверхности ПП специальным экраном в виде тента в ночное время и т.д. /43-45/.

Однако все эти методы не позволяют существенно уменьшить теплопотери от поверхности ПП. Например, при использовании двухслойного ПП из полиэтиленовых пленок с расстоянием между ними в 50-60мм (являющимся оптимальным с точки зрения уменьшения теплопотерь) из-за развития конвективного движения воздуха между слоями теплопотери от наружного слоя ПП в окружающую среду остается значительным /46 /.

Для регулирования микроклимата теплицы используют как средства, обеспечивающие регулирование микроклимата как во всем объеме теплицы, так и оборудование, регулирующее микроклимат непосредственно вокруг растений.

Например, известна теплица, в которой температура воздуха внутри регулируется (понижаются теплопотери) путем создания электростатического поля вблизи прозрачного пленочного покрытия /47/. По предложенному способу на пленочном покрытии теплицы создают электростатический заряд путем наложения на покрытие сетки из другого полимерного материала (капрона). По мнению авторов, при трении двух полимерных материалов (пленочного покрытия теплицы и сетчатого покрытия) с различной диэлектрической проницаемостью образуется электростатическое поле, которое способствует постоянному удерживанию воздуха непосредственно у поверхности пленки. Таким образом, по мнению авторов, подавляется конвективное движение воздуха над прозрачной пленкой.

Однако такой способ уменьшения теплопотерь не решает вопроса кардинального уменьшения теплопотерь теплиц, особенно в горных условиях с сильными ветрами и обильными снегопадами. В данном случае силы электростатического притяжения молекул воздуха на несколько порядков ниже механических сил, действующих на молекулы воздуха



макрскопическим движением молекул воздуха, т.е. движения воздуха ветровым потоком.

Известна также теплица с регулировкой температуры на нижней части теплицы, т.е. непосредственно над растительностью /48/. Теплица имеет дополнительное пленочное покрытие, прикрепленное в припочвенной зоне с помощью натянутых вдоль междурядий тросов и выполнено со светоотражающим слоем на верхней поверхности и излучающим слоем на нижней поверхности. Система воздушного обогрева сообщена с полостью, образованной поверхностью почвы и дополнительным укрытием. В дополнительном покрытии выполнены отверстия для растений.

В данной теплице, применяемое устройство так же не сможет снизить теплопотери всей теплицы в окружающую среду, а лишь создает микроклимат на небольшом участке теплицы. Кроме этого, такая теплица пригодна только для выращивания низкорослых растений.

Известна также теплица имеющая устройство для эффективного использования низкопотенциального тепла внутри теплицы /49/. Это достигается путем устройства светопроницаемой перегородки, разделяющей пространство внутри теплицы на две зоны по высоте – на зону выращивания сельхозкультур (находящийся снизу) и зону интенсивной воздушной циркуляции. Для обогрева и циркуляции воздуха в теплице имеются калориферы.

Данная теплица имеет те же недостатки, что и предыдущая.

Своеобразный метод использован в конструкции теплицы, описанной в /50/. Теплица, кроме основного укрывающего прозрачного покрытия внутри своего объема содержит плоские, укрепленные на несущей раме передвижные (с возможностью поворота и подъема) светопрозрачные покрытия, снабженные электронагревательными элементами. Для регулирования (повышения) температуры воздуха над почвой передвижные покрытия опускаются вниз, ближе к почве и с помощью электронагревателей идет нагрев поверхности почвы и воздуха, создавая тем



самым благоприятные температурные режимы для восхода семян или роста рассады. С увеличением роста растений прозрачное покрытие постепенно поднимается вверх. При прополке почвы или во время ухода за растениями прозрачное покрытие поднимается и поворачивается на 90°, освобождая пространство для работающих. Прозрачность покрытия позволяет пропускать солнечное излучение через них к растениям.

Однако, такой способ регулирования температуры внутри припочвенного слоя теплицы также не может уменьшить теплопотери теплицы в целом, так как объем пространства, находящаяся под прозрачными свободная конвекция и теплообмен по всему объему теплицы. Воздух, имеющих несколько высокую температуру свободно покидает эту часть пространства. Нагрев растений в данном случае происходит в основном за счет инфракрасного излучения от электронагревателей.

**Увлажнение воздуха.** К методам регулирования микроклимата внутри теплиц можно отнести и увлажнение воздуха с помощью разбрызгиваемой воды с помощью специальных форсунок /51, 51/. Водяные пары, поглощая, определенную долю теплоты в объеме теплицы способствует некоторому снижению температуры внутри теплицы. Однако для поддержания нормальной влажности внутри теплицы в этом случае необходимо постоянно удалить лишнее количество водяных паров из теплицы.

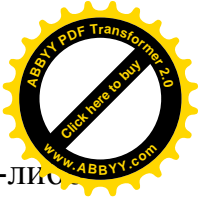
**Охлаждение воздуха.** Охлаждение воздуха внутри теплицы осуществляется несколькими способами.

Первый способ – с помощью естественной вентиляции, осуществляемой открытием форточек или линейных щелей в ПП теплицы.

Второй способ – искусственное вентилирование теплицы с помощью специальных вентиляторов.

Третий способ – увлажнение воздуха.

Четвертый способ – охлаждение нагретого внутри теплицы воздуха путем отбора у него теплоту и обратная подача его в теплицу уже в



охлажденном виде, с одновременным аккумулярованием тепла в каком-либо субстрате /51, 52/.

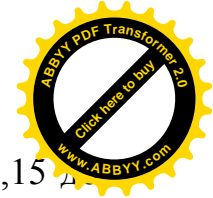
**Охлаждение и обогрев теплиц.** В этом случае нагретый воздух с помощью специальных воздухопроводов с отверстиями забирается из верхней части теплицы и пропускается через трубы, расположенные под грунтом теплицы /53-60/. Материал трубы и прилегающий к ним грунт отбирают тепло от воздуха, тем самым охлаждая его и аккумуляруя в себе тепловую энергию. Охлажденный таким образом воздух подается обратно в теплицу. В ночное время, воздух также с помощью вентилятора прогоняется через трубы. В этом случае воздух забирает тепло от аккумуляторов- труб и грунта, и в нагретом виде поступает в теплицу /61-67/.

**Наружные мобильные тепловые экраны.** Они применяются как в небольших теплицах, где укрытие с помощью таких покрытий не представляет больших сложностей, а также на крупных блочных теплицах. В последнем случае работа штор механизирована и управляется с единого пульта управления /40/. Они весьма эффективно позволяют сохранить тепло внутри теплиц в ночное время.

Такие наружные экраны применяются также в случае выращивания в теплицах растений, не любящих интенсивное солнечное излучение (например, некоторые виды цветов) /40/.

**Многослойные покрытия.** Они имеют большой термический коэффициент сопротивления, чем однослойные покрытия, следовательно, обладают более высокими теплоизоляционными свойствами. Количество слоев покрытий, как правило, не превышают двух. Использование трех и более слоев ПП представляет определенные трудности и требуют больших затрат для изготовления соответствующих несущих конструкций теплиц.

По данным американских исследователей, в теплицах с двойным пленочным покрытием расход топлива на 30% ниже, чем в теплицах с одинарным ограждением /28/. Для увеличения термического сопротивления слои располагаются на некотором расстоянии друг от друга и в прослойку



подается нагретый воздух. Толщина пленки рекомендуется брать от 0,15 до 0,20мм. Избыточное давление поддерживается на уровне 4-5мм вод. ст. при нормальных условиях и около 10мм вод. ст. при сильном ветре и снегопаде.

Теплицы с двойным покрытием, несмотря на дополнительные расходы, считается эффективнее теплиц с одинарным покрытием. По данным этого источника, двухслойное покрытие исключает подтаивание снега на кровле теплиц, позволяет сократить теплопотери теплицы до 47% при снижении освещенности на 18%. При этом, например, урожайность томатов снижается на 0,28-0,68 кг с каждого растения /28/.

**Светорассеивающие покрытия.** Такие покрытия изготавливаются в основном из акрила. Они позволяют одновременно снизить плотность проникающей во внутрь теплиц солнечной радиации, а также равномерно облучать солнечным светом растения внутри теплиц /11, 12, 16/.

**Солнечные люминесцентные покрытия.** Такие покрытия изготавливаются на основе акриловых пленок. В процессе изготовления в пластическую массу добавляется в определенной концентрации люминофор /68-70/. В зависимости от назначения пленки, используют различные типы люминофоров. Каждый люминофор имеет свой цвет. Наиболее распространены пленки с люминофором 21, который поглощает синюю и голубые области солнечного спектра и в соответствии с законом Стокса излучают в оранжевой и красной – фотосинтетически активной области спектра, который является полезным для протекания реакций фотосинтеза в растениях.

**Освещение теплиц.** Освещение теплиц происходит как правило, естественным солнечным излучением. Для нормального роста некоторых видов растений, особенно в районах умеренных широт используют искусственное освещение растений теплиц /15/. Для этого используют люминесцентные лампы, дающие близкое к солнечному спектр излучения. В отдельных случаях используют также и лампы накаливания, если одновременно с освещением необходимо и обогрев растений.



Рассматривается возможность создания систем, позволяющих перейти в теплицах к полному естественному освещению. Принцип работы такой системы заключается в следующем: солнечное излучение, воспринимаемое зеркальными концентраторами, располагаемыми вне теплицы, передается в основную световодную линию. Далее излучение через оптический вентиль направляется в световой смеситель потока, к которому через регулятор потока подключен аккумулятор световой энергии. Смеситель потока и аккумулятор выполняются на основе резонатора Гельмгольца с той лишь разницей, что в аккумуляторе световая энергия накапливается в люминофоре и предусмотрено термостатирование системы /39/.

Следует обратить внимание на дороговизну предлагаемой системы, особенно ее концентраторную часть.

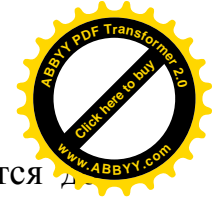
#### **1.4. Постановка задач**

В настоящее время в Кыргызстане в области строительства и реализации теплиц занимаются ряд совместных предприятий /71-88/. Кроме этого, на рынок страны продвигаются Китайские, Российские, Украинские и Белорусские производители теплиц в промышленном масштабе.

Собственное производство и тем более научные работы по разработке гелиотеплиц, приспособленных для горных регионов Кыргызстана не проводятся.

Программой ПРООН в Кыргызстане были проведены работы по распространению теплиц в горных регионах нашей страны. Однако, из-за не приспособленности примененных конструкций теплиц к горным условиям, эта работа не увенчалась успехом.

Самая энергоемкая отрасль сельскохозяйственного производства – выращивание овощей в условиях защищенного грунта. Например, стандартный теплично-овощной комбинат площадью 6 га в средней полосе РФ потребляет за 1 час около 125-145 ГДж теплоты, на что ежегодно расходуется до 11 млн. м<sup>3</sup> природного газа /35, 46, 51/.



В северных странах для выращивания 1кг томатов затрачивается до 40кг условного топлива /46, 51/.

При современных технологиях и теплоэнергетическом оборудовании и конструкциях теплиц потребление теплоты в среднем составляет около 4 ГДж на 1м<sup>2</sup> в год, электрической энергии – примерно 80 кВт ч. /46, 51/.

Существующие типы теплиц, являясь самыми энерго неэкономичными сооружениями, не пригодны для использования в холодных горных условиях они требуют значительных затрат на отопление /46-51/.

Как видно из вышеизложенного, все описанные выше, а также другие известные теплицы не пригодны для эксплуатации в горных условиях Кыргызстана с относительно суровым климатом – с низкими зимними (да и не только с зимними) температурами, обильными снегопадами и сильными порывистыми ветрами.

Климат Кыргызстана и вообще региона в целом может быть охарактеризован как континентальный, но довольно разнообразный за счет особенностей строения рельефа и положения в зоне досягаемости воздушных масс Сибирского и Гренландского секторов Арктики, воздушных потоков со Средиземноморья, Северной Африки и Иранской равнины /89, 90/.

Для Кыргызстана характерны большие колебания температур воздуха как в течение года, так и суточных, последних особенно в горах. Рекорд годовой амплитуды температуры принадлежит Чуйской долине и составляет 86,6°С. Наиболее стабильны температуры в Иссык-Кульской зоне. Минимальная амплитуда годовых колебаний температуры воздуха зафиксирована на метеостанции «Чолпон-Ата» и составляет 48,9°С /90/.

Скорости и направления ветров на территории Кыргызстана различны на различных ее частях. Однако, такие струйные ветры, дующие на Боомском ущелье (Улан) а также в Чон-Алайской долине достаточно сильны и носят сезонный характер /89, 90/.

В Кыргызстане теплицы используются в основном в его долинных регионах, где климат более мягкий, чем в его предгорных и горных регионах





(ПГР). Это связано с относительно меньшими затратами на обогрев теплиц. Между тем, значительная доля населения проживает именно в предгорных и горных регионах /91/.

Как известно, территория Кыргызстана по рельефу разделена на четыре климатических пояса /91/:

1. Долинно-предгорный пояс (высота от 500 до 900-1200м над уровнем моря), характеризующийся жарким летом и умеренно прохладной зимой;

2. Среднегорный пояс (от 900-1200 до 2000-2200м над ур. м.), характеризуется типичным умеренным климатом с теплым летом и умеренно холодной снежной зимой. На высотах до 1500м безморозный период продолжается более 7 месяцев, в верхней части пояса - около 6 месяцев;

3. Высокогорный пояс (от 2000-2200 до 3000-3500м над ур. м.) характеризуется прохладным летом и холодной, продолжительной и многоснежной зимой. В верхней части яруса безморозный период составляет 3-4 месяца.

4. Нивальный пояс (от 3500м и выше) характеризуется суровым, очень холодным климатом. Это пояс ледников, скал, снежников.

Более половины территории Кыргызстана расположены в интервале абсолютных высот 1000-3000м и около одной трети – выше 3000м. средняя высота гор составляет 2750м.

Процесс человеческого развития в горных регионах обладает своей спецификой. Горы – это особая среда. Особенности горного образа жизни связаны с более сложными и трудными условиями выживания по сравнению с другими районами. Труд людей в горных регионах связано с высокими физиологическими затратами.

Между тем, примерно 2838400 жителей проживает в населенных пунктах, расположенных на высотах от 400 до 1000м над уровнем моря, примерно 1044300 человек – на высотах от 1000 до 1500м, примерно 700900



–на высотах от 1500 до 2000м, примерно 220500 – на высотах от 2000 до 2500м, и лишь 18800 человек – на высотах от 2500 до 3000м и выше /91/.

Населению горных регионов необходим целый ряд продуктов, которые в горах не производятся. Эта часть населения обделена ранними (да и не только ранними) овощами, фруктами и плодами, что обуславливает их в некоторой степени однообразное и неполноценное питание.

Привоз ранних плодов и овощей в такие регионы дорого и эта задача пока не решена.

Проблему снабжения населения горных регионов овощами и плодами в определенной степени можно было бы решить за счет использования гелиотеплиц, приспособленных к климатическим условиям ПГР Кыргызстана.

По данным ООН, в Кыргызстане около 1,3 млн. человек испытывает недостаток в продуктах.

Ограниченное использование, а точнее, не использование теплиц в ПГР в основном связано тремя факторами: холодным и суровым климатом, дороговизной топлива, используемого для обогрева теплиц и нетрадиционностью теплиц для ПГР. В последние годы к ним прибавился еще и четвертый – дороговизна металла и стекла – основного материала, из которого делаются теплицы.

Обеспечение населения свежими овощами и плодами, особенно детей важно с медицинской точки зрения. В этом плане можно рассматривать несколько способов преодоления указанных препятствий на пути широкого использования теплиц:

1. Разработка и постройка небольших теплиц для индивидуального использования с использованием конструкции жилых домов и хозяйственных построек. В горных регионах должен делаться упор на развитие таких типов теплиц. Такую теплицу можно обогреть небольшими отдельными печами или теплотой уходящих газов бытовых отопительно-варочных печей, используемых для отопления и приготовления пищи.



Использование капитальных стен в качестве одной (южной) стены в качестве ограждающей конструкции теплиц позволит существенно уменьшить теплопотери теплицы, так как теплопотери от стеклянного ограждения в 4-6 раза больше, чем теплопотери от капитальных стен /3, 4/.

Постройка и эксплуатация больших теплиц требуют больших капитальных вложений, эксплуатационных и амортизационных расходов. В горных регионах нет больших населенных пунктов для реализации выращенной в них продукции.

2. Разработка теплиц с уменьшенными теплопотерями, т.е. с улучшенной теплоизоляцией без существенного снижения прозрачности внешнего прозрачного покрытия.

Конструкция таких теплиц способна выдержать обильные снеговые и ветровые нагрузки, характерные для горных регионов. Кроме этого, в зависимости от температуры внешнего воздуха и скорости ветра, т.е. величины теплопотерь можно оперативно менять количество слоев прозрачной изоляции, сохраняя теплопотери теплицы на одинаковом (минимальном) уровне.

3. Использование для теплоснабжения теплиц нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

Здесь в первую очередь следует использовать энергию геотермальных источников энергии, расположенных в непосредственной близости населенных пунктов. Из 17 геотермальных источников более 12 по дебету и тепловому потенциалу вполне подходят для теплоснабжения теплиц.

Для теплоснабжения теплиц также можно использовать энергию ветра в тех регионах, где его скорость превышает 5-8 м/с, например, в Чоң-Алайском регионе. Электрической энергией, получаемой от ветроэнергетических установок можно вполне обеспечить необходимый тепловой режим внутри теплиц. В данном случае ветер в определенной степени компенсирует свою отрицательную роль – увеличение теплопотерь теплиц.



Теплицы с ПП с хорошими теплоизоляционными свойствами можно было эксплуатировать практически в трех первых указанных выше горных поясах Кыргызстана.

Индивидуальные теплицы можно широко применять в долинно-предгорном, среднегорном, а в благоприятных условиях – и в высокогорном поясе и пополнить рацион населения ценными продуктами, необходимыми для нормального развития.

Условия Средней Азии, в том числе и Кыргызстана благоприятны для использования гелиотеплиц по показателям солнечной энергии. По сравнению с другими районами средней полосы страны на юге Кыргызстана освещенность солнечной радиацией в 4-5 раз, а отопительный период в 2,5-3 раза меньше. Все это открывает широкие возможности для использования гелиотеплиц в нашем регионе.

В среднем в теплицах по данным авторов работ наблюдается следующая структура теплопотерь /35, 43, 51/:

- путем инфильтрации – 27-30%;
- через тепловые шунты по шпросам – 6-7%;
- через кровлю – 42-46%;
- через боковые вертикальные ограждения – 7-8%;
- через цоколь – 2-3%;
- на обогрев почвы – 9-11%.

Таким образом, наибольшие теплопотери приходится на кровлю гелиотеплицы и на обогрев инфильтрующего воздуха. Поэтому разработка механически прочных прозрачных покрытий для теплиц с улучшенными теплоизоляционными свойствами и на их основе гелиотеплиц для горных регионов является актуальной и имеет большое практическое значение.

Последующие разделы диссертационной работы посвящены решению данной проблемы.



## **Глава II. РАЗРАБОТКА ПРОЗРАЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ГЕЛИОТЕПЛИЦ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ОПТИКО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Эффективность работы теплицы зависит в первую очередь от теплоизоляционных и оптико-энергетических характеристик прозрачного покрытия (ПП). Эти свойства ПП определяют во многом и выбор остальных элементов теплицы – несущего каркаса, мощности системы отопления и другого вспомогательного оборудования. Также от оптико-энергетических показателей ПП зависят объемы, качество и время созревания выращиваемого урожая.

Поэтому разработка ПП, обладающего высокими теплоизоляционными и оптико-энергетическими показателями является актуальной.

### **2.1. Разработка многослойного трансформируемого прозрачного покрытия для гелиотеплиц с варьируемым количеством слоев**

Для регионов с длительным холодным периодом с сильными снегопадами и частыми ветрами теплицы должны иметь такие прозрачные покрытия, которые имели бы с одной стороны достаточно высокие теплоизоляционные свойства, а с другой – выдерживали бы большие снеговые и ветровые нагрузки, т.е. имели бы достаточную механическую прочность. Эта прочность должна быть не ниже прочности традиционно используемого в теплицах ПП - листового стекла.

Одним из путей создания такого ПП является увеличение количества его слоев с воздушной прослойкой между ними. Такое многослойное прозрачное покрытие (МПП) должно иметь достаточно жесткий внешний слой, выдерживающий сильные ветры и снеговую нагрузку. Внутренние слои могут быть мягкими и благодаря воздушным прослойкам между ними должны обеспечивать достаточную теплоизоляцию и повысить термическое сопротивление всего МПП.



С другой стороны, постоянное одновременное присутствие (работы) всех слоев ПП, как показывает практика, уменьшает количество проникающей в теплицу солнечной радиации, что приводит к замедлению роста выращиваемых в теплице растений. Так что получается дилемма: с одной стороны нужно увеличить количество слоев, а с другой – не уменьшать существенно количество проходящей через такое МПП количество солнечной радиации.

Для решения данной проблемы нами разработано МПП с варьируемым количеством слоев, с возможностью оперативно менять работающее их количество в зависимости от параметров внешней среды (температуры воздуха, скорости ветра, плотности солнечной радиации и др.), позволяющей обеспечить температуру воздуха внутри теплицы инвариантным в определенных интервалах независимо от изменений параметров внешнего воздуха.

Принципиальная схема (поперечный разрез) и принцип работы многослойного трансформируемого прозрачного покрытия гелиотеплиц показаны на рис. 2.1.

Внешним слоем МПП служит стеклянное покрытие. Остальные, внутренние слои выполняются из пластиковых (например, полиэтиленовых) пленок. Кроме внешнего слоя все остальные являются убирающимися так, что в зависимости от температуры воздуха внутри теплицы и текущего значения внешних климатических факторов, т.е от соотношения величин теплопотерь и теплопоступлений, количество рабочих слоев ПП меняется от минимального – одного до максимального (нескольких).

Наружный стеклянный слой берет на себя ветровые и весовые нагрузки снега. Таким образом, внутренние слои ПП защищены от ветровых нагрузок и весовых нагрузок снега наружным стеклянным слоем.

Расстояние между слоями пленки, а также стеклянным наружным слоем колеблется в пределах 40-50мм.

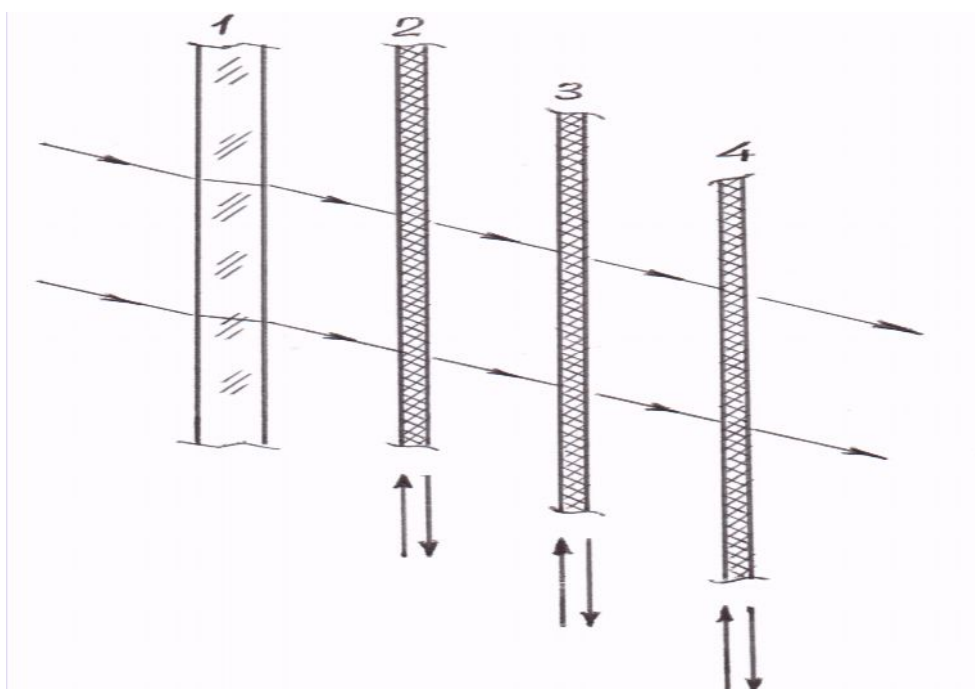


Рис. 2.1. Схема многослойного трансформируемого прозрачного покрытия гелиотеплиц (поперечный разрез). 1 – внешний стеклянный слой, 2, 3, 4 – внутренние трансформируемые (подвижные) пластиковые пленочные слои.

Как показал наш опыт постройки теплицы с МПП, обеспечение меньшего расстояния между слоями технически сложно и требует дополнительных затрат.

В случае экстремально низких температур все три слоя полиэтиленовой пленки полностью покрывают в три слоя (включая наружное стеклянное покрытие – четыре слоя) всю светопроницающую поверхность теплицы. В этом случае теплоизоляционные свойства ПП максимальны, а светопропускание минимальное. В случае относительно более высоких температур один, два или все три слоя полиэтиленовой пленки последовательно поднимаются и сворачиваются в рулон на верхней части теплицы, оставляя работающим только внешний – стеклянный слой, предотвращая во-первых, перегрев воздуха выше допустимого предела, а во-вторых - обеспечивая максимальную энергетическую освещенность внутри теплицы. В этом случае термическое сопротивление МПП минимальное, а светопропускание – максимальное.



Каждый из слоев полиэтиленовой прозрачной изоляции может быть собран, т.е. убран независимо от остальных так, что количество рабочих слоев может меняться в зависимости от параметров внешней среды от одного (наружного, стеклянного) до четырех, обеспечивая необходимые температурные условия внутри теплицы.

## **2.2. Исследование опико-энергетических характеристик многослойного трансформируемого прозрачного покрытия гелиотеплиц**

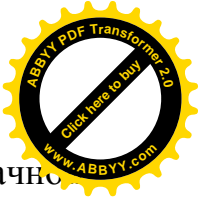
Нами исследованы светопропускание конструкции МПП, показанной на рис. 2.1. Внешнее стеклянное покрытие имело толщину 4,7мм и внутренние полиэтиленовые слои имели различные толщины - от 0,10 до 0,8мм. Для этого нами создан измерительный прибор, позволяющий измерять светопропускание участка МПП.

Измерительный прибор состоит из зачерненного изнутри ящика сторонами 500х500х500мм. На ящик поочередно устанавливаются три съемные рамы размерами 500х500х500 мм и толщиной 50мм, также зачерненные изнутри. На эти рамы натягиваются исследуемые полиэтиленовые пленки.

Во время экспериментов измерялась плотность суммарной солнечной радиации на открытом воздухе и после прохождения через ПП с помощью пиранометра Arpogee MP – 200 производства США. Измерительная головка пиранометра диаметром 10мм устанавливалась на расстоянии 3см от внутренней поверхности внутренней прозрачной изоляции.

В другом варианте экспериментов в качестве измерительного прибора использовался люксметр типа Ю-117 с селеновым фотоэлектрическим приемником излучения, обладающим меньшей инерционностью, чем термоэлектрический измерительный датчик пиранометра. Необходимо отметить, что результаты экспериментов в обоих случаях в пределах ошибок измерений совпадают.





На рис. 2.2. приведено светопропускание четырехслойной прозрачной изоляции в течение дня в относительных единицах (плотность интегрального солнечного излучения на открытом воздухе принята равной единице, или 100%).

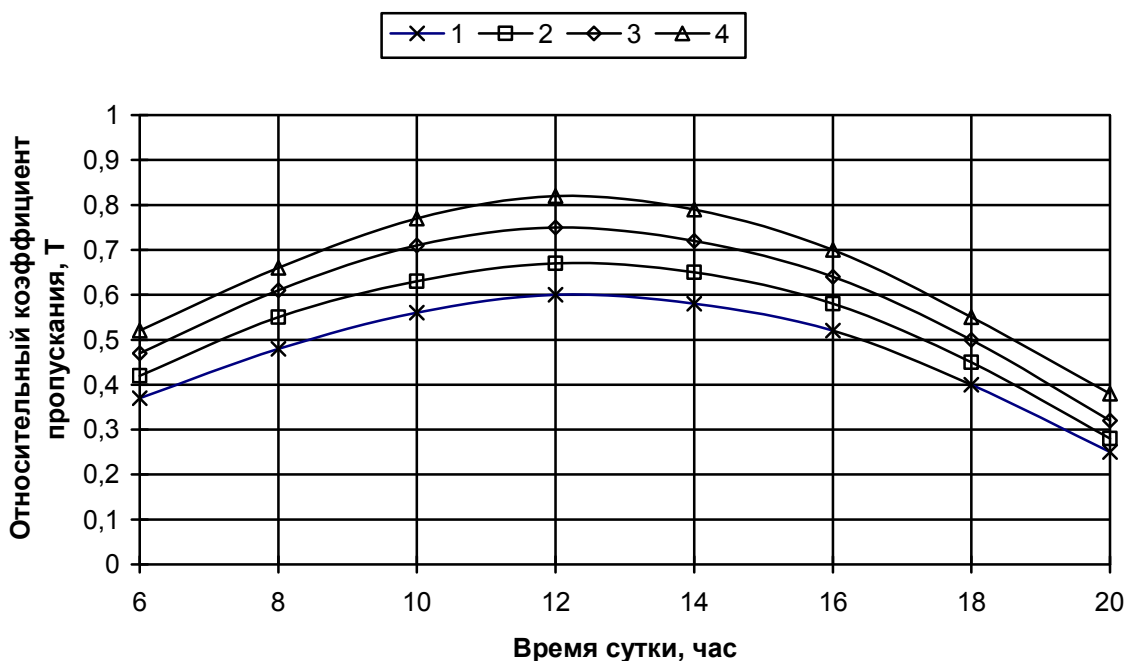


Рис. 2.2. Светопропускание четырехслойного прозрачного покрытия (стекло – полиэтилен – полиэтилен – полиэтилен) в течение дня. 1 – стеклянное покрытие, 2, 3, 4 – соответственно с одним, двумя и тремя слоями полиэтиленового покрытия.

Как видно из рисунка, светопропускание такого ПП зависит от времени дня, т.е от угла падения прямой солнечной радиации на поверхность стеклянного покрытия.

В утренние и вечерние часы, когда угол падения прямой солнечной радиации на стеклянную поверхность велика, как и следовало ожидать, из-за высокого значения коэффициента отражения от наружной поверхности стекла, внутрь первого слоя проникает меньше радиации. В полдень, когда этот угол небольшой, прохождение солнечной радиации через стеклянное покрытие максимально. После прохождения одного стеклянного и трех полиэтиленовых пленочных слоев в полдень солнечное излучение ослабляется на 40%, а в утренние и вечерние часы – на 70-75%.

Следовательно, при плотности солнечного излучения в 500-600 Вт/м<sup>2</sup> наблюдающейся в осенне-зимне-весеннее время в горных условиях (с высокой степенью прозрачности атмосферы), плотность солнечной радиации внутри теплицы составляет 300-360 Вт/м<sup>2</sup> в полдень и 150-180 Вт/м<sup>2</sup>, что вполне достаточно для роста овощных культур.

На рис. 2.3 приведено изменение светопропускания исследованного четырехслойного покрытия в зависимости от толщины полиэтиленовой пленки в полдень.

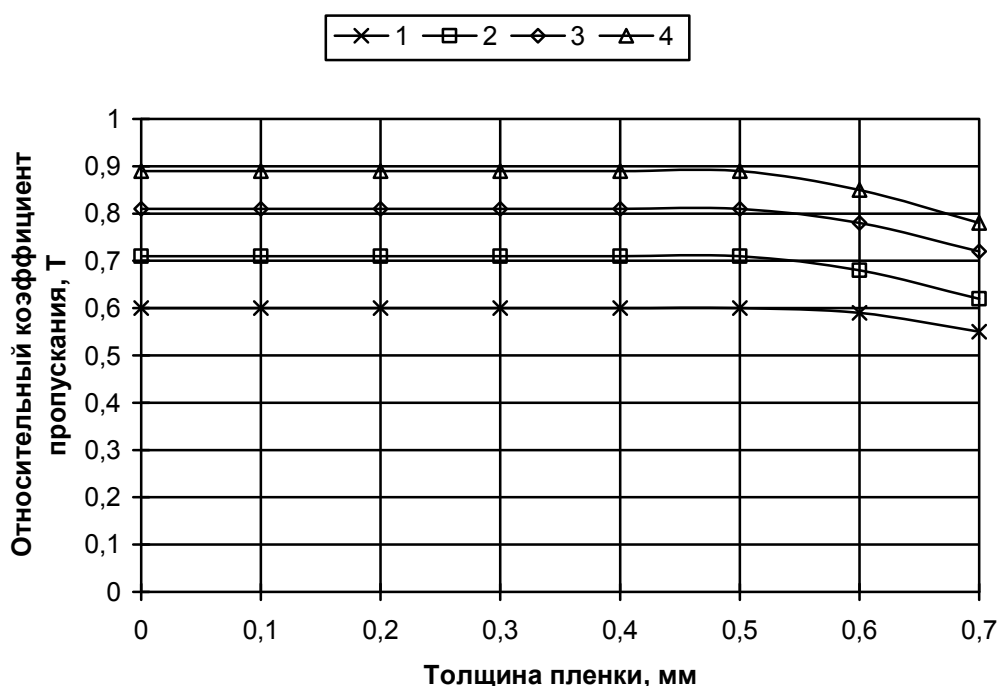


Рис. 2.3. Зависимость светопропускания четырехслойного (первый слой – стекло, остальные три слоя – полиэтиленовая пленка) покрытия от толщины полиэтиленовой пленки. 1 – только со стеклянным покрытием, 2, 3, 4 – стекло и соответственно 1, 2 и 3 слоя полиэтиленовой пленки.

Как видно из рисунка, ослабление солнечной радиации при увеличении толщины пленки от 0,15 до 0,7мм составляет 5% при однослойном пленочном покрытии, 6% при двухслойном и 12% при трехслойном покрытии. Как и следовало ожидать, из-за высокой прозрачности полиэтиленовой пленки в видимой области солнечного спектра, ослабление



солнечной радиации при прохождении через полиэтиленовые пленки происходит за счет рассеяния в них солнечного излучения.

Таким образом, исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что многослойное прозрачное покрытие, состоящее из одного наружного стеклянного слоя и трех полиэтиленовых пленочных слоев вполне может быть использован на теплицах, используемых в условиях горного климата.

В другой серии опытов нами исследовалось светопропускание такого четырехслойного ПП с тремя слоями полиэтиленовой пленки различных толщин /92/.

Для экспериментов брались 5 типов полиэтиленовых пленок толщинами 0,024; 0,04; 0,08; 0,10; 0,18 и 0,32мм. Последняя пленка, несмотря на относительно большую толщину имела наибольшую прозрачность. Нами исследовано светопропускание такого четырехслойного прозрачного покрытия гелиотеплицы.

Исследовалось светопропускание покрытия в зависимости от толщины полиэтиленового покрытия и его количества.

На рис. 2.4 приведены данные по освещенности пространства под слоями прозрачного покрытия в ясный день, когда соотношение прямой и рассеянной солнечной радиации составлял 0,8/0,2.

Освещенность дана в относительных единицах для удобства пользования результатами экспериментов.

Как видно из рисунка, потери излучения после прохождения стекла в результате френелевского отражения от поверхности, а также поглощения составляет около 6% солнечной радиации. Один слой полиэтиленового покрытия поглощает независимо от его толщины еще 6% (включая френелевское отражение от поверхности).

Как видно из рисунка, как и следовало ожидать, с увеличением количества слоев увеличивается поглощение солнечной радиации.

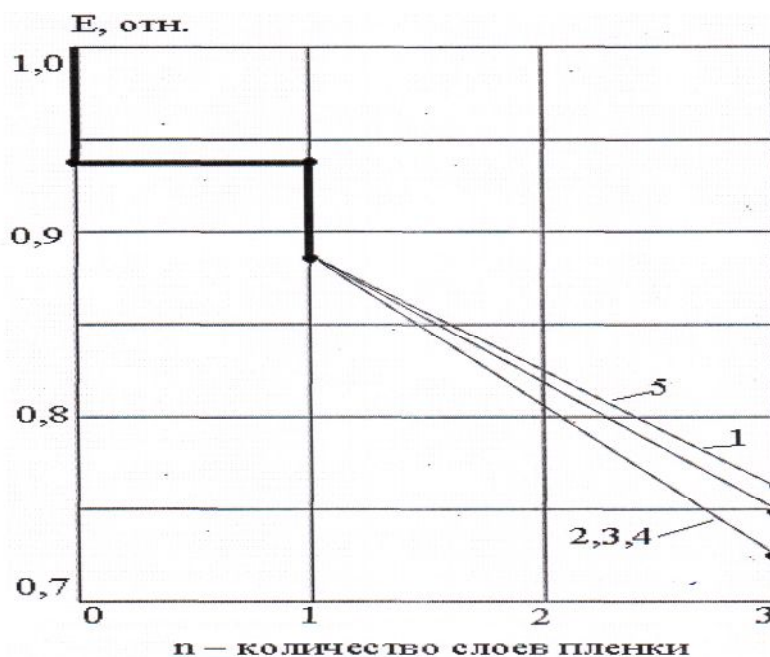


Рис. 2.4. Зависимость светопропускания многослойной прозрачного покрытия гелиотеплицы в зависимости от количества слоев в ясный день с первым стеклянным слоем. Полиэтиленовые пленки толщинами: 1 – 0,024мм; 2 – 0,04мм; 3 – 0,08мм; 4 – 0,18 мм; 5 – 0,32мм.

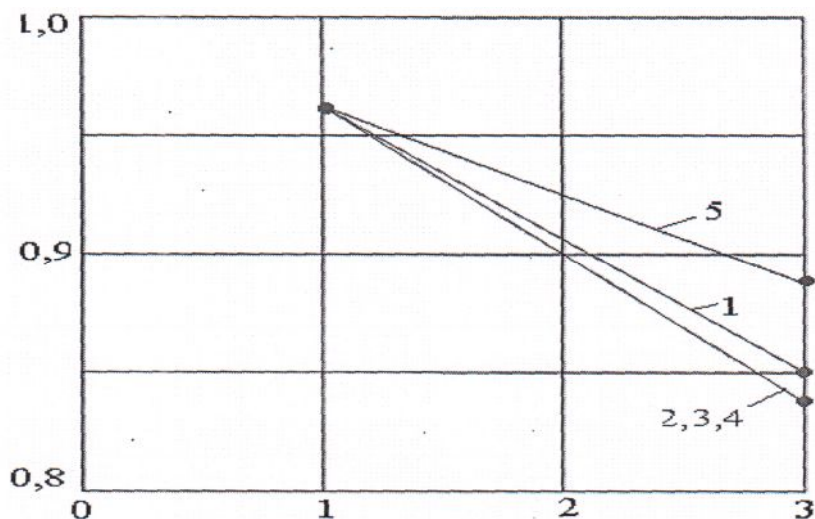
После стеклянного покрытия и трех слоев пленки светопропускание составляет 0,76 - для образца 5, 0,75 - для образца 1 и для образцов 2, 3, 4 – 0,73.

Исследовалось светопропускание пленок в отсутствии стеклянного покрытия (рис. 2.5). В этом случае потери солнечной радиации после прохождения одного слоя полиэтиленовой пленки независимо от ее толщины составляет около 4%. После трех слоев светопропускание составляет для образца 5 – 0,88, для образца 1 – 0,85 и для образцов 2, 3, 4 – 0,84.

В случае плотного, одна поверх другой (без зазора между слоями) расположения всех трех слоев пленок светопропускание составляет для образцов 1– 0,86, для образцов 2, 3, 4 – 0,85 и для образца 5 – 0,88.

Это подтверждает высокую прозрачность полиэтилена в видимой области солнечного спектра [17]. Исследовалось светопропускание многослойного покрытия теплиц и в пасмурный день, когда солнечная радиация не имела прямую составляющую и состояла только из рассеянной радиации ( $I=0, D = 1,0$ ).

Е, отн.

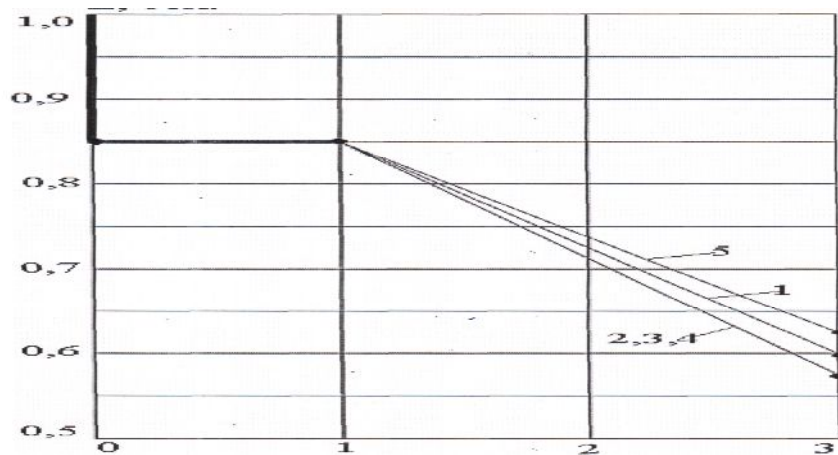


Количество слоев пленки (n).

Рис. 2.5. Зависимость светопропускания многослойной прозрачного покрытия гелиотеплицы от количества слоев в ясный день без первого стеклянного слоя. Полиэтиленовые пленки толщинами: 1 – 0,024мм; 2 – 0,04мм; 3 – 0,08мм; 4 – 0,18мм; 5 – 0,32мм.

На рис. 2.6 приведены результаты экспериментов.

Е, отн.



Количество слоев пленки (n).

Рис. 2.6. Зависимость светопропускания многослойного прозрачного покрытия гелиотеплицы от количества слоев в пасмурный день с первым стеклянным слоем. Полиэтиленовые пленки толщинами: 1 – 0,024мм; 2 – 0,04мм; 3 – 0,08мм; 4 – 0,18мм; 5 – 0,32мм.

В пасмурный день стеклянное покрытие поглощает около 10% солнечной радиации. Это обусловлено средним большим углом падения

солнечной радиации на поверхность стекла, в результате которого сильно увеличивается отраженная от его поверхности доля солнечной радиации а так же увеличивается длина хода лучей внутри стекла, увеличивая тем самым и поглощение. Как известно, при углах падения излучении свыше  $60^\circ$  отражение от поверхности стекла сильно увеличивается /6/. Далее, независимо от толщины, один слой полиэтиленовой пленки поглощает еще 6% солнечной радиации. Далее, с увеличением количества слоев поглощение растет пропорционально количеству слоев (рис. 2.6). Светопропускание трех слоев пленок образца 1 составляет 0,63, для образцов 2, 3, 4 – 57,42% и для образца 5 – 60,2.

В отсутствии стеклянного покрытия (рис. 2.7) один слой пленки независимо от толщины поглощает 10% солнечной радиации. После трех слоев светопропускание составляет: для образца 1 - 0,68, для образцов 2, 3, 4 – 0,61 и для образца 5 – 0,64.

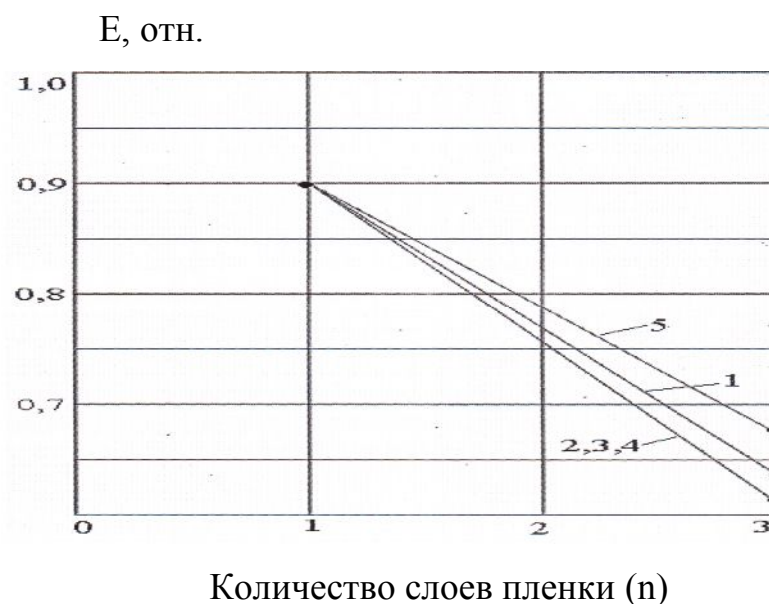
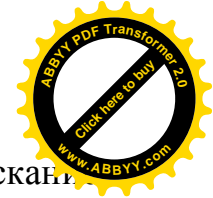


Рис. 2.7. Зависимость светопропускания многослойного прозрачного покрытия гелиотеплиц в зависимости от количества слоев в пасмурный день без первого стеклянного слоя. Полиэтиленовые пленки толщинами: 1 – 0,024мм; 2 – 0,04мм; 3 – 0,08мм; 4 – 0,18мм; 5 – 0,32мм.



В случае наложения пленок один на другой, светопропускание составляет: для образцов 1 – 0,80, для образцов 2, 3, 4 – 0,72 и для образца 5 – 0,75.

Таким образом, в зависимости от соотношения прямой и рассеянной радиации поступление солнечной радиации через четырехслойное покрытие теплицы составляет от 57% в пасмурную погоду и от 73% в ясную погоду.

### **2.3. Исследование теплообмена в межслойном пространстве многослойных теплиц**

Одним из путей снижения теплопотерь через многослойное прозрачное покрытие (МПП) гелиотеплиц является уменьшение конвективного потока воздуха в межслойном пространстве, возникающего в результате разности температур этих слоев. В частности, данный вопрос изучался в работах /25, 32, 34/.

Известно, что теплопотери между слоями минимальны, когда полностью подавлено конвективное движение воздуха в межслойном пространстве МПП. Тогда перенос теплоты от одного слоя к другому будет результатом теплопроводности воздуха, если не учесть теплообмен излучением /94-98/.

В данном разделе работы приведены результаты исследований влияния расстояния между слоями и разности температуры между ними на величину конвективных теплопотерь в МПП гелиотеплиц /99/.

Известно, что для того, чтобы теплообмен между двумя поверхностями через воздушную прослойку происходил только теплопроводностью воздуха, необходимо, чтобы выполнялось условие /94, 95/:

$$Ra = Gr_{ж} Pr_{ж} \leq 10^3 \quad (2.1)$$

В свою очередь

$$Gr_{ж} = (\beta g d^3 \Delta t / \nu^2); \quad (2.2)$$

$$Pr_{ж} = \nu / a \quad (2.3)$$



где  $\Delta t$  – разность температур между поверхностями теплообмена;  $\beta$  – коэффициент температурного расширения воздуха;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\nu$  – кинематический коэффициент вязкости воздуха;  $\alpha$  – коэффициент теплопроводности воздуха;  $d$  – расстояние между слоями прозрачного покрытия (ПП).

При наблюдающихся значениях расстояний между слоями ПП можно предположить, что конвективное движение воздуха в межслойном пространстве (МСП) будет развиваться в вертикальном направлении в виде восходящих и нисходящих потоков воздуха между слоями ПП. Тогда МСП виртуально можно разделить на ряд вертикальных участков с ширинами, равными расстоянию между слоями. Эти пространства можно рассматривать как горизонтальные параллелепипеды или с некоторым упрощением – как горизонтальные цилиндры. В этом случае конвективное движение воздуха будет развиваться между участками внутреннего и внешнего ПП, образующие нагретые и холодные поверхности теплообмена этих элементарных геометрических фигур.

Выделенные таким образом пространства можно рассматривать как замкнутые пространства, в которых процесс конвективного теплообмена можно рассматривать как элементарное явление теплопроводности, вводя при этом понятие эквивалентного коэффициента теплопроводности  $\lambda_3$  /94, 95/:

$$\lambda_3 = \varepsilon \lambda \quad (2.4)$$

где  $\lambda$  – действительный коэффициент теплопроводности жидкости, в нашем случае – воздуха.

Безразмерная величина  $\varepsilon$  называется коэффициентом конвекции и характеризует собой влияние конвекции на процесс теплообмена.

При  $\varepsilon = 1$ ,  $\lambda_3 = \lambda$  и теплообмен между стенками замкнутого пространства происходит за счет теплопроводности воздуха, т.е. потери тепла между слоями ПП минимальные.

Согласно /95, 96/, при





$$Ra < 10^3 \text{ или } Ra < 10^4, \varepsilon = 1 \quad (2.5)$$

При

$$10^4 < Ra_* < 10^7, \varepsilon = 0,062 (Ra)^{1/3} \quad (2.6)$$

При

$$10^7 < Ra_* < 10^{10}, \varepsilon = 0,22 (Ra)^{1/4} \quad (2.7)$$

В свою очередь

$$Ra_* = Ra(L)^{n_1} (D/d)^{n_2} \quad (2.8)$$

где  $d$  – диаметр (толщина) слоя;  $D$  – внешний диаметр полости;  $L$  – отношение длины пути конвективного потока к его проекции на вертикальную ось.

Для горизонтальных цилиндрических слоев /94/:

$$L = (\pi R + d) / (D - d) \quad (2.9)$$

где  $R$  – радиус внутренней стенки. Для цилиндра  $n_1 = 3$ ,  $n_2 = 0$  /5/.

Тогда выражение (2.8) примет вид:

$$Ra_* = Ra(L)^3; \quad (2.10)$$

Нами определены характерные размеры, т.е. диаметры воображаемых горизонтальных цилиндрических каналов ПП, при различных температурах внутренней (горячей) и внешней (холодной) слоев, при котором теплота переносится от теплых стенок ПП к холодным теплопроводностью воздуха.

Расчеты проведены на основе вышеприведенных формул на ЭВМ программированием на языке Delphi. На рис. 2.8 приведены определенные таким образом диаметры горизонтальных цилиндрических пространств, которые в первом приближении равны расстоянию между слоями ПП, при которых теплообмен между слоями будет происходить теплопроводностью воздуха в зависимости от разности температур теплой и холодной стенками слоев МПП.

Как видно из рисунка, диаметр полости зависит от разности температур стенок ПП и чем больше эта разность, тем меньше диаметр. Например, при разности температур слоев в  $45^\circ\text{C}$ , что соответствует температуре

внутреннего слоя ПП в  $25^{\circ}\text{C}$  (необходимая для роста многих видов растений) и наружного слоя в  $-20^{\circ}\text{C}$  (наиболее характерная низкая температура наружного воздуха в Средней Азии), этот диаметр равен всего в 5,6 мм.

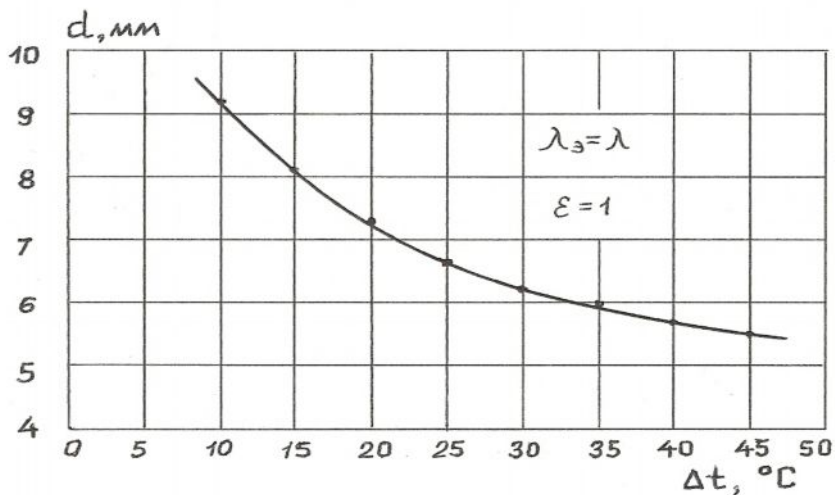


Рис. 2.8. Зависимость диаметра горизонтальных замкнутых пространств от разности температур.

Для разности температур в  $10^{\circ}\text{C}$ , что соответствует температуре наружного воздуха в  $15^{\circ}\text{C}$  (случай теплой погоды), этот диаметр равен 9,2 мм.

Таким образом, можно сказать, что при существующих на практике расстояниях между слоями ПП гелиотеплиц, которые на порядок больше, чем определенные нами, безусловно основную роль в переносе тепла играет конвективный теплообмен.

Нами исследовано влияние расстояния между слоями ПП и разности температур между ними на величину коэффициента конвективности  $\varepsilon$ . Расчеты проведены для полуцилиндрических теплиц диаметрами в 2, 2,5 и 3 м. Результаты расчетов для теплиц диаметром в 3 м приведены на рис. 2.9 и 2.10.

Как видно из рисунка, величина  $\varepsilon$  меняется линейно с ростом  $\Delta t$ . Скорость этого роста зависит от расстояния между слоями  $d$ . Как видно из рис. 2.10., величина  $\varepsilon$  также растет линейно с ростом  $d$ .

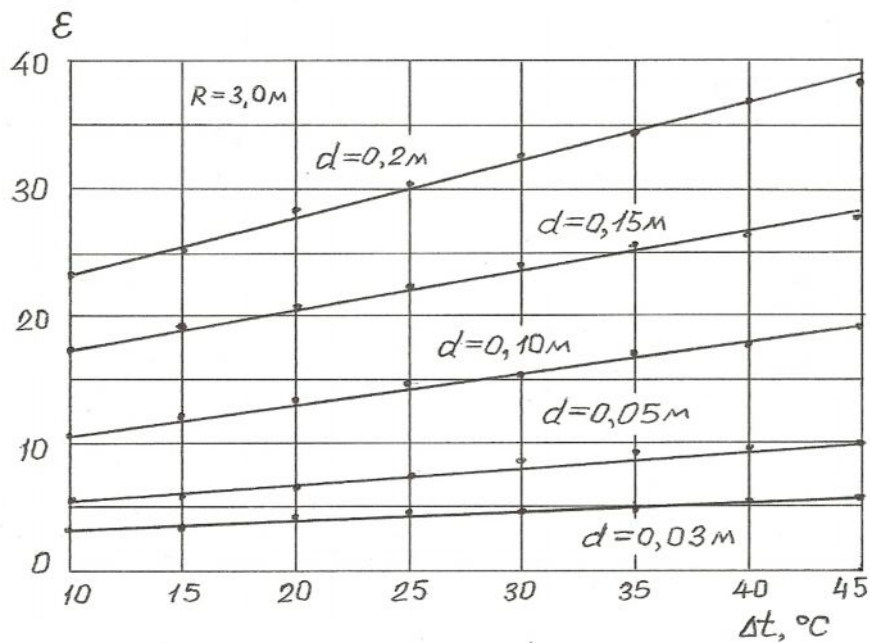


Рис. 2.9. Зависимость коэффициента конвективности от разности температур и расстояния межслойного пространства.

Следовательно, чем больше разность температур между поверхностями теплообмена и чем больше расстояние между ними, тем сильнее развивается конвективное движение воздуха в МСП.

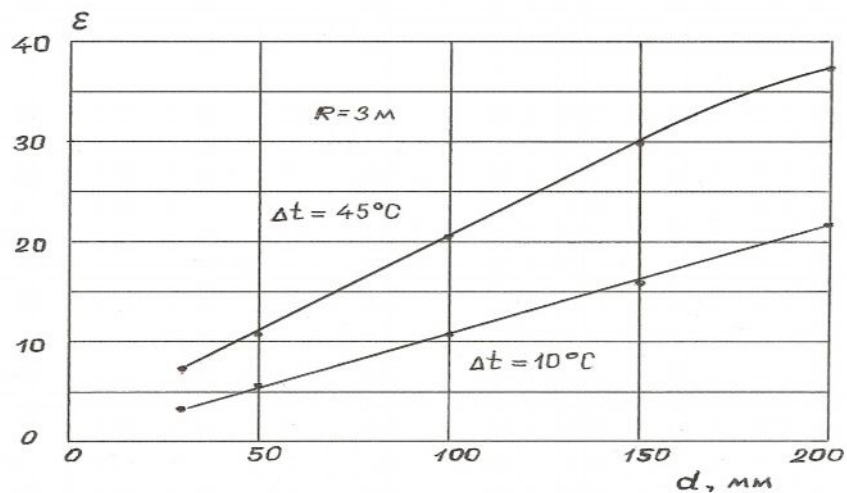


Рис. 2.10. Зависимость коэффициента конвективности от величины межслойного пространства.

Установлено также, что зависимости  $\epsilon$  от  $\Delta t$  и  $d$  для всех трех диаметров теплиц практически одинаковы.

## 2.4. Разработка и исследование многослойного прозрачного покрытия с цилиндрическими элементами

Схема такого ПП показана на рис. 2.11. Здесь 1 – плоские слои полиэтиленовой пленки, 2 – цилиндрические элементы, 3 – плоские края ПП, СИ – солнечное излучение.

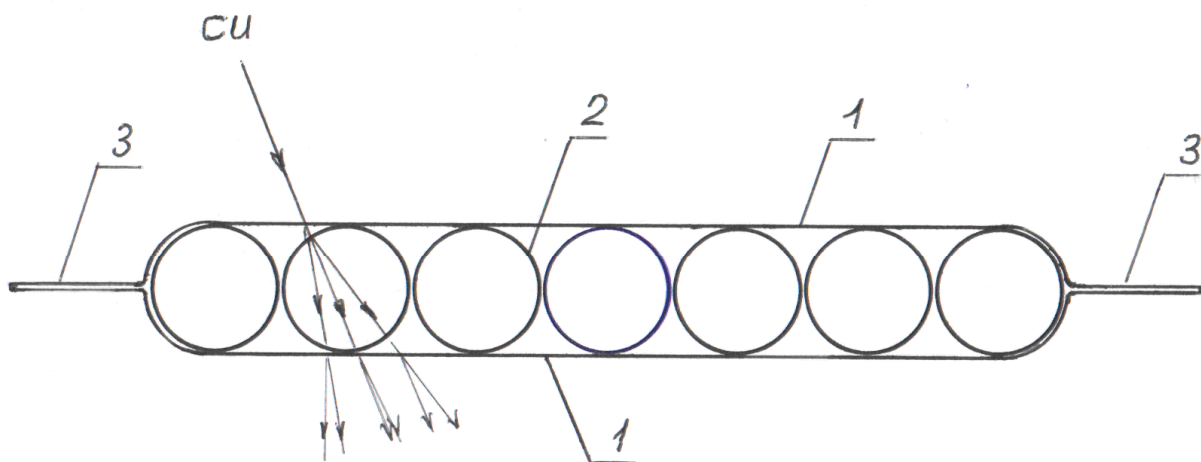


Рис. 2.11. Схема прозрачного покрытия с цилиндрическими элементами.

Наличие таких элементов, создающих замкнутые воздушные пространства внутри двухслойного ПП должно повысить теплоизоляционные свойства всего ПП.

Цилиндрические элементы одинакового диаметра укладывались в один ряд между двумя листами полиэтиленовой пленки и через каждые несколько таких элементов фиксировались также термической сваркой с листами полиэтиленовой пленки.

В результате получается четырех слойное ПП, два слоя которого составляют внешние плоские полиэтиленовые пленки, а между ними находятся цилиндрические элементы.

В дальнейшем эти покрытия обозначены нами как ПЦП – 9,0 и ПЦП – 21,2.

На рис. 2.12 показан общий вид модуля такого МПП. На практике такие МПП натягиваются к каркасу гелиотеплицы в горизонтальном положении цилиндрических элементов.



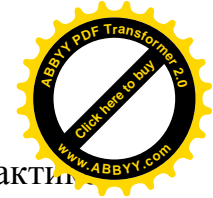
Рис. 2.12. Общий вид модуля многослойного прозрачного покрытия с цилиндрическими элементами.

Такие замкнутые цилиндрические каналы должны подавлять конвективное движение воздуха между двумя слоями полиэтиленовой пленки и способствовать повышению теплоизоляционных свойств всего ПП.

Нами исследованы оптико-энергетические и теплоизоляционные свойства разработанного ПП, результаты которого приведены ниже.

Такие ПП находят применение в теплицах с криволинейной формой. Достаточно высокая гибкость (точнее, пластичность) разработанной ПП позволяет укрывать им теплицу с любой кривизной каркаса, даже с углами в  $90^\circ$ , где невозможно использовать поликарбонатные ячеистые панели.

Однако, на практике оказалось, что данное ПП имеет ту же слабость, что и обычная полиэтиленовая пленка. В результате светопогодного старения к концу первого года эксплуатации наружный слой пленки теряет свою эластичность, остекловывается, становится хрупким и ломается. Одновременно снижается ее прозрачность, что вызывает соответственно



снижение прозрачности всего ПП. Поэтому оно, по-видимому, на практике широкого распространения не получит.

## **2.5. Исследование прозрачности покрытий теплиц в интегральной и фотосинтетически активной областях солнечного спектра**

Нами исследованы прозрачности (коэффициенты светопропускания) разработанных нами ПП для теплиц, а также для сравнения – прозрачности известных покрытий /100/.

На стационарных многолетних теплицах в качестве ПП широко используется листовое строительное (оконное) стекло. В последнее время на стекло с нижней стороны путем ламинации приклеивается специальное акриловое покрытие, наполненное специальным люминофором /5, 6/. Оно смещает максимальную область проходящего солнечного излучения (СИ) с зеленой области к ближней красной, т.е. в область, которая считается фотосинтетически активной – от 400 до 700 нм /6/.

На рис. 2.13 приведена фотосинтетически активная область спектра (ФАОС) для растений (кривая 1) /101/.

Нами исследована прозрачность ряда ПП в ФАОС и в области спектра естественного солнечного излучения в различных актинометрических условиях – при различных соотношениях прямого и рассеянного СИ.

Исследовались следующие виды ПП:

Листовое стекло (толщина 4,76мм), полиэтиленовая пленка (0,10 мм) и полиэтилентерефталатная (ПЭТФ) пленка (0,050мм), листовое стекло, ламинированное акриловой пленкой (С+А-1), и вторым видом пленки (С+А-2), ячеистый поликарбонат толщиной 8,0мм, а также разработанные нами покрытия ПЦП – 9,0 и ПЦП – 21,2.

Ячеистый поликарбонат – листы «Sunlight», выпускаемая компанией Palram, США, имеют типовые размеры 2050x680x8 мм /7/. Имеет два слоя с продольными перегородками по длине листа.

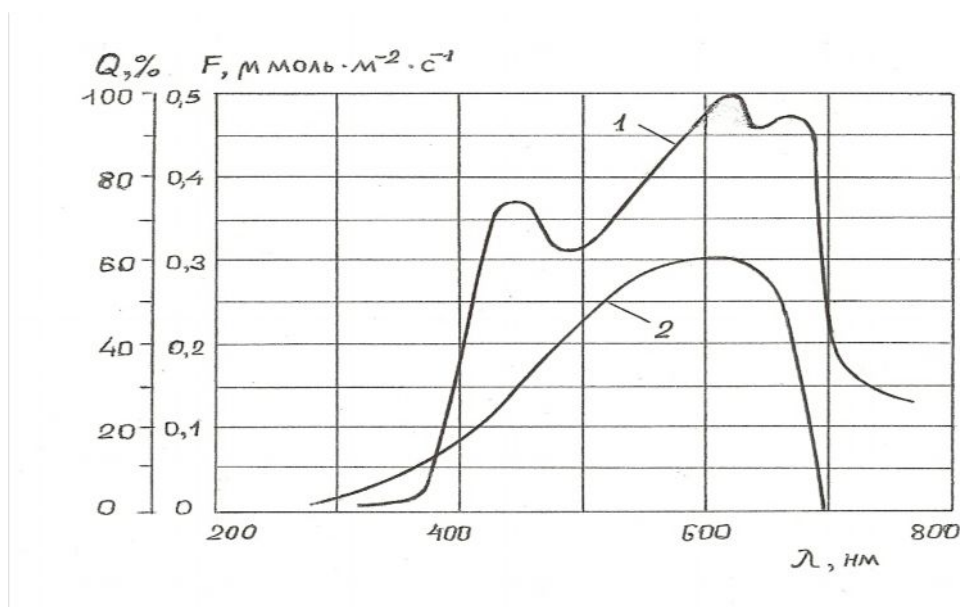


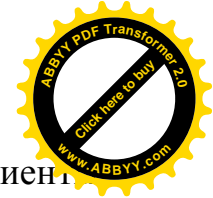
Рис. 2.13. Квантовый выход растений (кривая 1) и области максимальной чувствительности датчика измерительного прибора (кривая 2).

Толщина листа – 8,0мм, толщина стенок и перегородок по 0,40мм, высота ячейки (внутренний размер) – 7,20мм, ширина ячейки – 10мм. С одной стороны панель покрыта защищающей ее от ультрафиолетового излучения тонкой прозрачной органической пленкой толщиной 30 мкм.

Измерение плотности интегрального СИ производилось с помощью пиранометра Argee MP – 200 производства США, диаметр фотоприемника которого составлял 10 мм. Погрешность измерений  $\pm 3\%$

Плотность интегрального СИ в ФАОС измерялся с помощью пиранометра Fieldscout Quantum Light Meter модели 3415 FXSELightscout Spectrum TechnologiesInc ([www.specmeters.com](http://www.specmeters.com)) с погрешностью измерения  $\pm 3\%$ . Диаметр фотоприемника прибора составляет 12мм. Область наибольшей чувствительности спектра данного прибора приведена на рис. 2.13 (кривая 2).

Измерительное устройство представляло собой зачерненный изнутри ящик с внутренними размерами 500x500x300мм. Испытуемые ПП во время измерений клались на верхнюю сторону ящика. Датчики измерительных приборов размещались под ними, на расстоянии 30мм от нижней поверхности ПП, в середине ящика.



На рис. 2.14 и 2.15 приведены интегральные коэффициенты светопропускания солнечного спектра испытанных ПП.

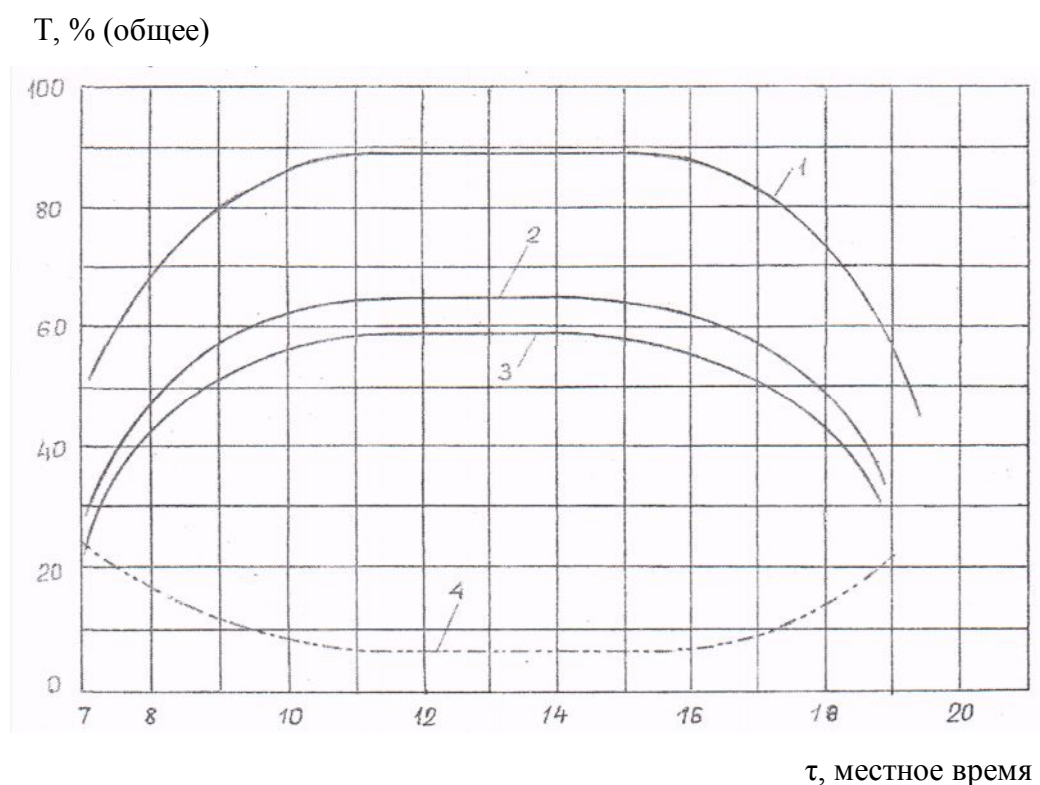


Рис. 2.14. Зависимость интегральных коэффициентов пропускания прозрачных покрытий от времени дня: 1 – стекло; 2 – С+А-1; 3 – С+А-2; 4 – поликарбонат (линиями восток-запад); 5 – поликарбонат, линиями север-юг; 6 – относительная плотность рассеянного солнечного излучения.

Светопропускание ПП измерялось в дни с максимальной прозрачностью атмосферы, когда доля рассеянного СИ в общем потоке составляла 6,9-7,0% (8-10 мая 2012г.) и в облачные дни, когда эта доля составляла около 90-95 % (14,15 мая 2012г.).

В ясные дни абсолютная максимальная плотность интегрального СИ достигала 980-990 Вт/м<sup>2</sup>, а в пасмурные дни – 350-390 Вт/м<sup>2</sup>.

В ясные дни абсолютная максимальная плотность ФАОС составляла 1920-1924 мкм моль/м<sup>2</sup> с, а в пасмурные дни – 610-640 мкм моль/м<sup>2</sup> с.



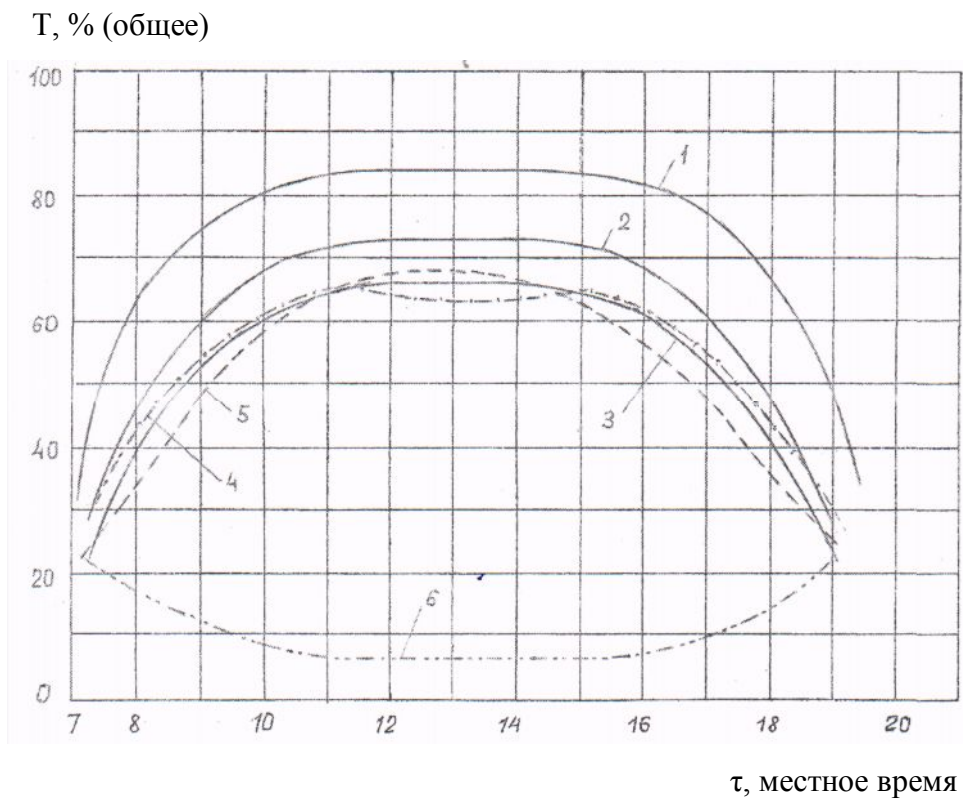


Рис. 2.15. Зависимость интегральных коэффициентов пропускания прозрачных покрытий от времени дня: 1 – полиэтилен; 2 – ПЦП – 9,0; 3 – ПЦП – 21,2; 4 – относительная плотность рассеянного солнечного излучения.

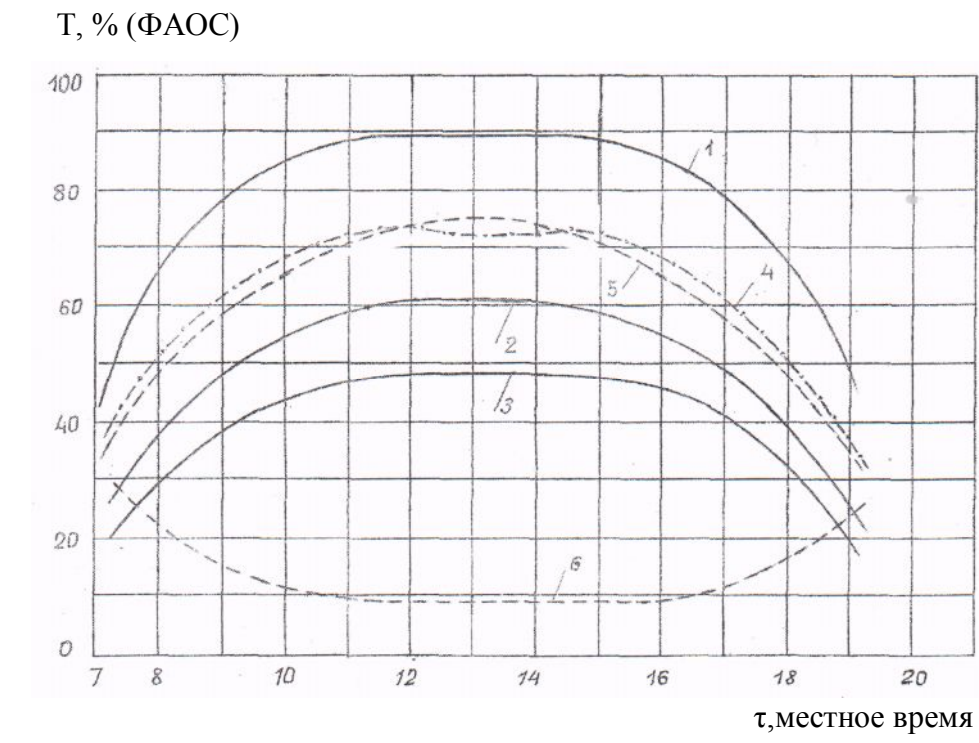
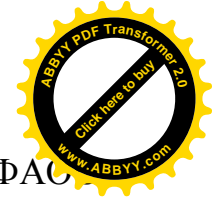


Рис. 2.16. Зависимость интегральных коэффициентов пропускания прозрачных покрытий в ФАОС от времени дня: 1 – стекло; 2 – С+А-1; 3 – С+А-2; 4 – поликарбонат (линиями восток-запад); 5 – поликарбонат, линиями север-юг; 6 – плотность рассеянного солнечного излучения в области ФАОС.



Измеренные нами зависимости прозрачности испытанных ПП в ФАОС в различных актинометрических условиях приведены на рис. 2.16 – 2.19. Как видно из рисунков, светопропускание покрытий в области всего солнечного спектра, а также в ФАОС зависит как от угла падения прямого СИ на их поверхность, так и от соотношения прямого и рассеянного СИ.

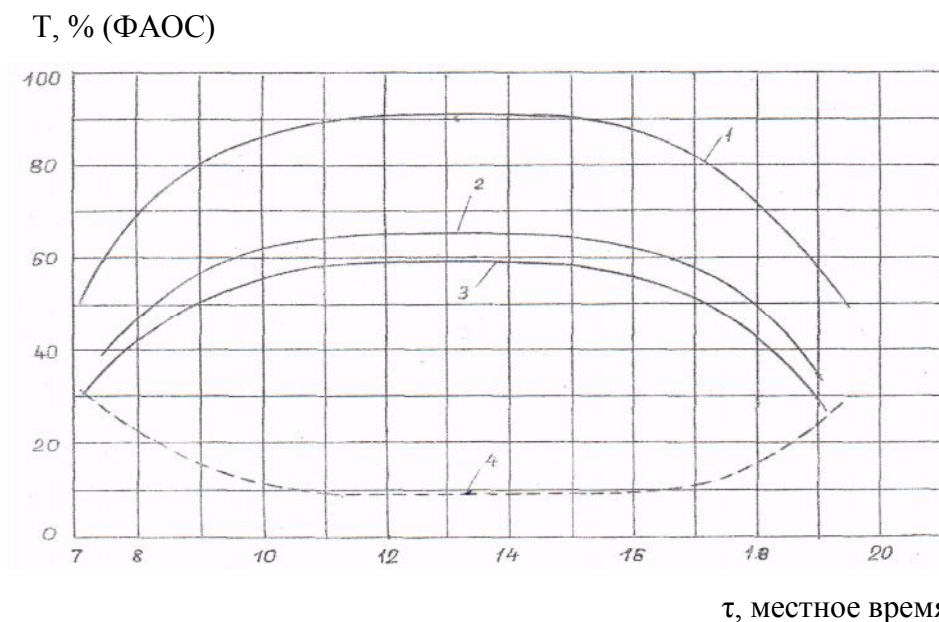


Рис. 2.17. Зависимость интегральных коэффициентов пропускания прозрачных покрытий в ФАОС от времени дня: 1 – полиэтилен; 2 – ПЦК-9,0; 3 – ПЦК-21,2; 4 – плотность рассеянного солнечного излучения в ФАОС.

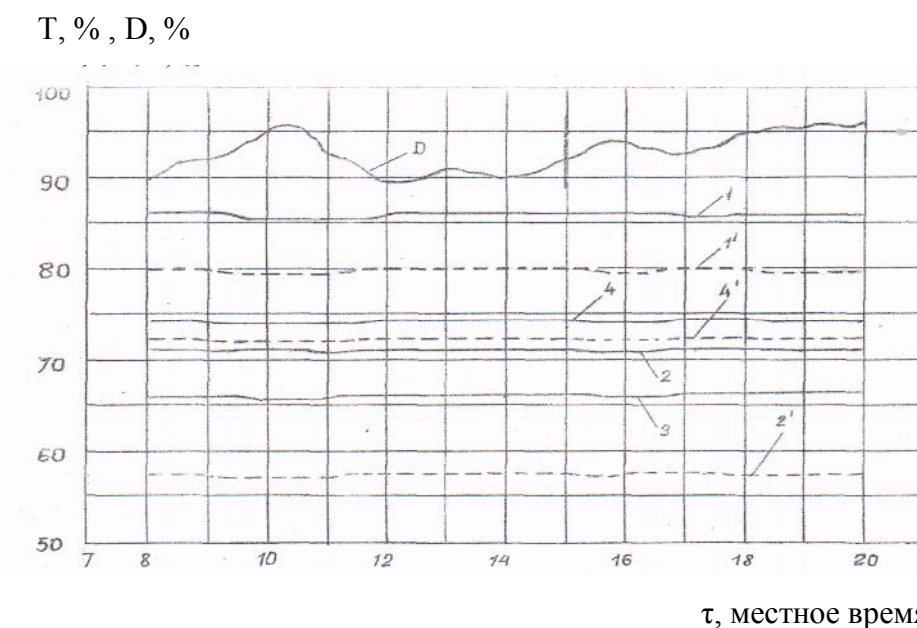


Рис. 2.18. Светопропускание рассеянного солнечного излучения прозрачных покрытий в области видимого излучения (сплошные линии) и в ФАОС (пунктирные линии): 1,1' – стекло; 2,2' – С+А-1, 3,3' – С+А-2, 4,4' – поликарбонат D – плотность рассеянного солнечного излучения.

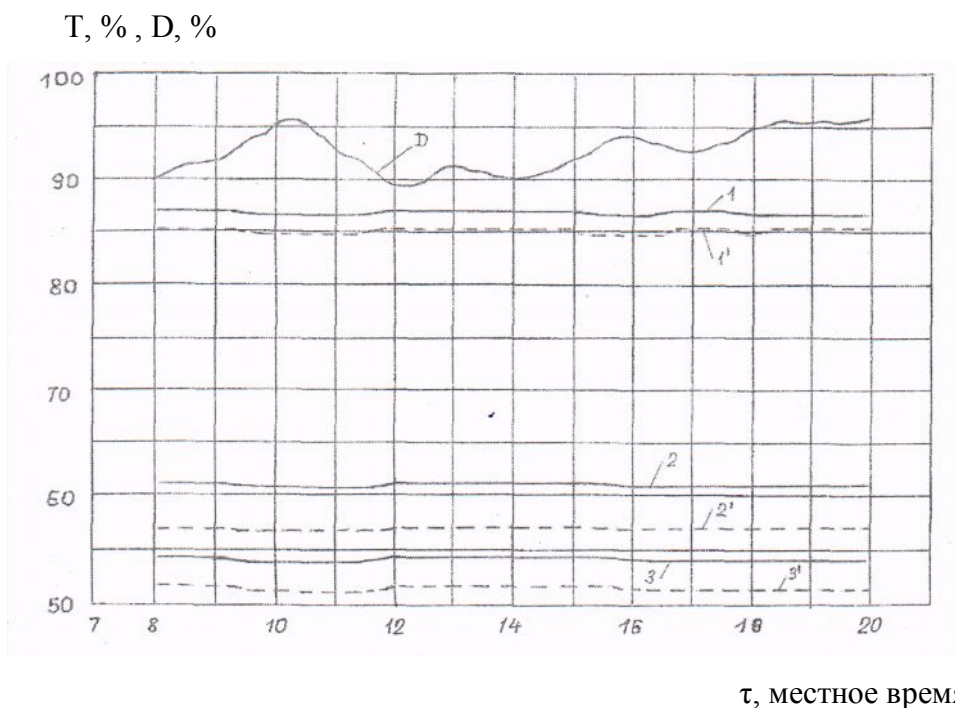


Рис. 2.19. Светопропускание прозрачных покрытий в видимой области (сплошные линии) и в ФАОС (пунктирные линии): 1,1' – полиэтилен; 2,2' – ПЦК–9,0; 3,3' – ПЦК–21,2; D – плотность рассеянного солнечного излучения.

Количественные данные по пропусканию покрытий в полном спектре солнечного излучения и в ФАОС сведены в таблицы 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Пропускание прозрачных покрытий в условиях ясной атмосферы ( $D=7\%$ ,  $D_{\text{фаос}}=9\%$ ).

№	Тип покрытия	T, %	$T_{\text{фаос}}$ , %	$T/T_{\text{фаос}}$ , %
1	Стекло	84,1	89,2	+ 6,1
2	Поликарбонат =	68,2	75,0	+ 9,9
3	Поликарбонат II	63,4	72,3	+ 14,0
4	Стекло+акрил -1	73,0	60,1	-17,6
5	Стекло+акрил - 2	67,2	48,1	-28,4
6	Полиэтилен (0,1мм)	89,0	91,0	+ 2,2
7	ПЦП– 9,0 мм	59,3	59,6	+ 0,5
8	ПЦП -21,2 мм	66,3	67,1	+ 1,2

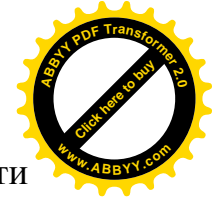


Таблица 2.2 – Пропускание прозрачных покрытий в условиях облачности атмосферы  $D=(89-96)\%$ ,  $D_{\text{фаос}}=(90-96)\%$ .

№	Тип покрытия	T, %	T <sub>фаос</sub> , %	T/T <sub>фаос</sub> , %
1	Стекло	80,1	86,0	+7,5
2	Поликарбонат =	73,6	72,0	- 1,0
3	Поликарбонат II	73,6	72,0	- 1,0
4	Стекло+акрил -1	71,0	57,1	-12,4
5	Стекло+акрил - 2	66,2	44,1	-33,3
6	Полиэтилен (0,10 мм)	87,0	85,0	- 2,2
7	ПЦП – 9,0 мм	54,3	51,1	- 5,5
8	ПЦП -21,2 мм	66,3	67,1	- 6,5

## 2.6. Разработка двухслойного прозрачного покрытия с улучшенными теплоизоляционными свойствами для гелиотеплиц

Листовое оконное (строительное) стекло наряду с хорошими оптическими свойствами (коэффициент светопропускания стекла толщиной 4,5-5мм доходит до 90%) обладает и превосходными эксплуатационными свойствами: стоек к механическим (снеговым и ветровым) нагрузкам, абразивному воздействию при очистке от пыли и грязи, долговечен.

Однако, недостатком стекла является то, что оно имеет относительно высокий коэффициент теплопроводности, равный 0,745 Вт/м град, что способствует большим теплотерям через него в окружающую среду. Это приводит в свою очередь к большим затратам при отоплении теплиц.

Нами разработано ПП на основе стекла и пластической пленки, сочетающее механические свойства стекла и одновременно имеющее высокие теплоизоляционные свойства и прозрачность.

Схема предлагаемого ПП показано на рис. 2.20. Оно состоит из стеклянного слоя 1, на который путем ламинирования прикреплена пластиковая пленка (возможно из поликарбоната или полиэтилена) 2

небольшой толщины, которой предварительно придана форма гофри, впоследствии образующие между ней и стеклом замкнутые воздушные пространства – каналы. Ламинация осуществляется через ее специальные линейные участки между выпуклостями с помощью ламинационной прозрачной полихлорвиниловой пленки 4 традиционным термомеханическим способом.

Каналы могут иметь в поперечном сечении как прямоугольную (рис. 2.20 а) или полуцилиндрическую (рис. 2.20 б) формы.

На рис. 2.20 в показан продольный разрез каналов ПП.

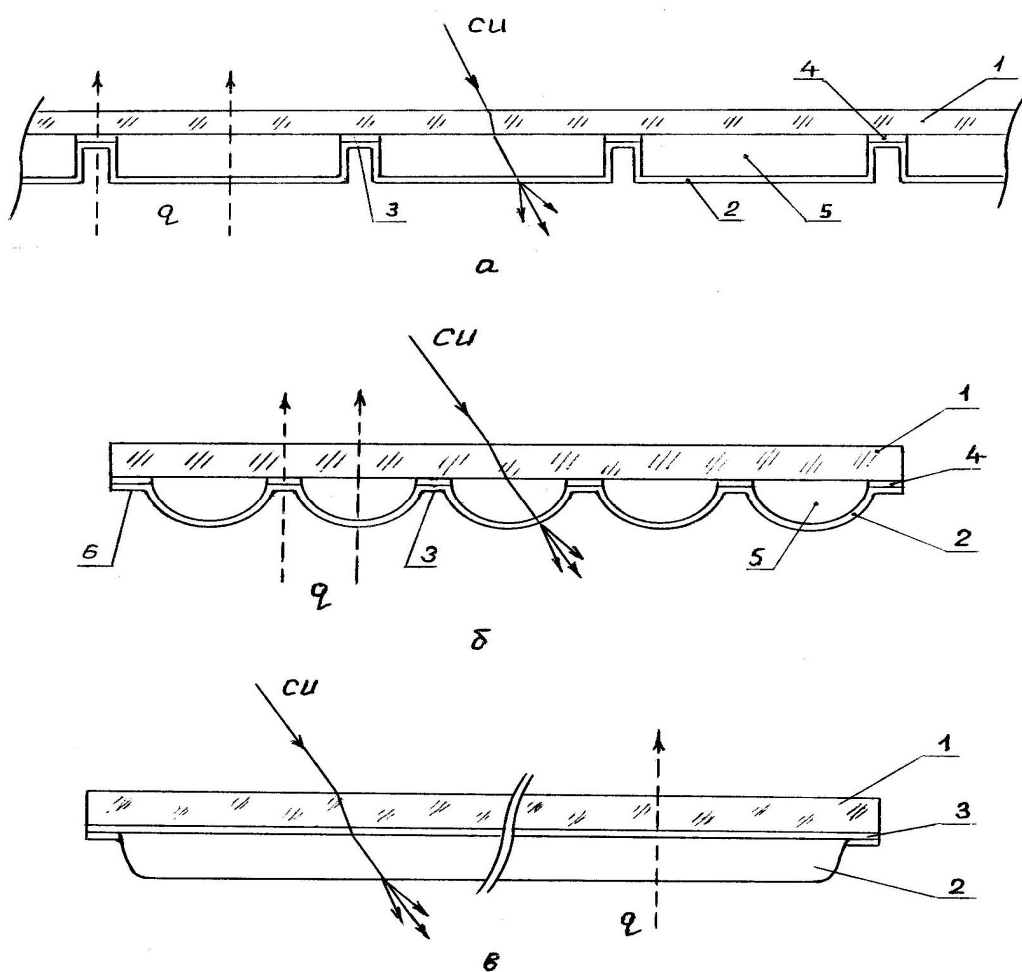


Рис. 2.20. Схема двухслойного прозрачного покрытия теплиц.

Между каналами имеется полоска (плоская) 3 для термического ламинирования его к стеклу. Этими местами пленка ламинируется



(приклеивается) к стеклу 1 с помощью ламинатной (полихлорвиниловой) пленки 4.

Торцы каналов также закрываются термическим ламинированием.

В остающихся объемах – каналах 5 (в замкнутых пространствах) находится воздух.

Данное ПП выполняется в виде отдельных панелей – модулей, например, размерами 1300x800мм (разделение пополам стандартного листового оконного (строительного) стекла с целью снижения отходов).

Края пластиковой пленки со всех четырех сторон не имеют гофра, а имеют плоскую форму 6. Этими местами ПП крепится к раме- переплету теплицы стеклянным слоем наружу. Это позволяет избежать ультрафиолетовой деградации пластиковой пленки, а также предохраняет последнюю от механических воздействий извне, от весовой нагрузки снега, а также от механического повреждения при очистке от пыли и других загрязнений.

Таким образом, стеклянный лист является несущим наружным слоем и воспринимает весовые нагрузки. Гофрированная пластиковая пленка, являясь внутренним слоем, не несет никакой весовой нагрузки и служит для создания замкнутых воздушных прослоек и тем самым повышает теплоизоляционные свойства предлагаемого покрытия.

Высота каналов между стеклом и пластиковой пленкой не превышает 8-10мм, а ширина может составить 30-40мм. При такой толщине конвективное движение воздуха внутри канала пренебрежимо мало и коэффициент теплопередачи канала определяется в основном коэффициентом теплопроводности воздуха, который является одним из низких в природе и равен при рабочих температурах теплиц (20-30°C) равен  $2,60 \times 10^{-2}$  Вт/м град.

На практике более технологичным оказалось изготовление ПП с полуцилиндрическими (даже овальными) каналами с помощью шаблона соответствующей формы.



Рис. 2.21. Общий вид двухслойного ПП в процессе изготовления.



Рис. 2.22. Общий вид готового модуля двухслойного ПП.



Общий вид изготовленного нами модуля ПП размерами 500x500 мм показан на рис. 2.21 в процессе изготовления и на рис. 2.22 – в законченном виде. Оно изготавливалось с помощью деревянного шаблона овальной формы шириной основания 18мм и высотой 7мм. При этом размеры овального канала составляла 500мм в длину, высотой 7,5мм и шириной 18,5мм. Полиэтиленовая пленка имела толщину 0,1мм. Ширина полосы ламинирования составляла 4мм.

На рис. 2.23 показана схема работы данного ПП. Направление хода солнечного излучения и проходимые им слои ПП показаны на рис. 2.23 а и б. На участке ПП с воздушным каналом солнечные лучи проходят через стекло и пластиковую пленку (рис. 2.23 а). На участках, где пластиковое покрытие ламинировано к стеклу, солнечное излучение проходит через три слоя – стекло-ламинатная пленка и пластиковая пленка (рис. 2.23 б).

Тепловой поток (обозначен буквой  $q$ ), теряемый теплицей направлен изнутри теплицы на наружную сторону, так как воздух внутри теплицы имеет большую температуру, чем наружный воздух (рис. 2.23 б, в).

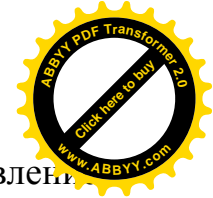
Тепловой поток, теряемый теплицей и проходящий через ПП показан на рис. 2.23 в, г. Тепловой поток, проходимый через толщу воздушного канала ПП проходит через пластиковую пленку, затем через замкнутое воздушное пространство и затем через стекло (рис. 2.23 в).

Тепловой поток, проходящий через ламинированный участок, проходит через пластиковую пленку, затем ламинирующий слой и стекло (рис. 2.23г).

Необходимо отметить, что общая площадь ПП, занятая ламинационными полосками, дополнительно поглощающих солнечное излучение составляет 20-22% от его общей площади. В случае прямоугольной формы каналов этот процент должен быть еще меньше.

Если учесть что листовое оконное стекло, используемое в теплицах имеет коэффициент теплопроводности 0,745 Вт/м град, и поликарбонат и поливинилхлорид имеют коэффициенты теплопроводности соответственно





равные 0,163 Вт/м град и 186 Вт/м град, то термическое сопротивление теплопередаче участка покрытия «поликарбонат – ламинат – стекло» составит  $10,23 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ град/Вт}$ .

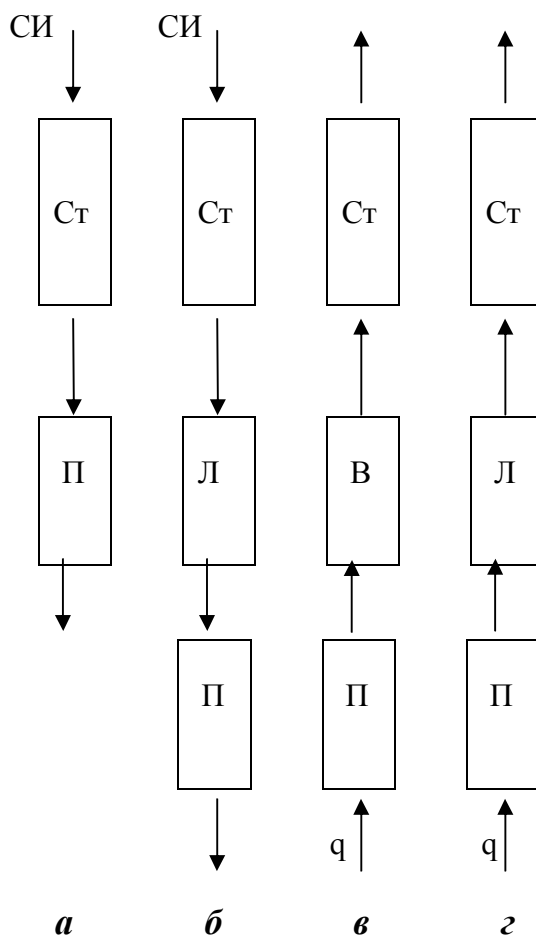


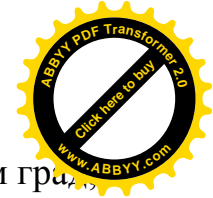
Рис. 2.23. Тепловые схемы участков двухслойного ПП теплиц. Ст – стекло; П – ластиковая пленка; Л – ламинатная пленка; В – замкнутое воздушное пространство.

В то же время термическое сопротивление теплопередаче участка покрытия «поликарбонат - воздух – стекло», согласно нашим расчетам составляет  $3,75 \text{ м}^2 \text{ град/Вт}$ .

Термическое сопротивление самого листового стекла составляет  $6,71 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ град/Вт}$ .

В расчетах приняты следующие значения толщин ( $\delta$ ) и коэффициентов теплопроводности ( $\lambda$ ) материалов:

- стекло:  $\delta = 5 \text{ мм}$ ,  $\lambda = 0,745 \text{ Вт/м град}$ ;



- полихлорвиниловая ламинатная пленка:  $\delta = 0,2$  мм,  $\lambda = 0,186$  Вт/м град;
- поликарбонат:  $\delta = 0,4$  мм,  $\lambda = 0,163$  Вт/м град;
- воздушное пространство:  $\delta = 10$  мм,  $\lambda = 2,60 \times 10^{-2}$  Вт/м град.

Таким образом, предлагаемое покрытие имеет в 558,74 раза больше коэффициент термического сопротивления, чем листовое стекло и в 366,48 раза больше, чем участок стекла с ламинатом и поликарбонатной пленкой.

Здесь основную теплоизоляционную роль играет замкнутый воздушный слой между стеклом и поликарбонатной пленкой, термическое сопротивление которой составляет  $0,374 \text{ м}^2$  град/Вт, что на два порядка больше термических сопротивлений стекла и остальных рассматриваемых пленочных материалов.

Легко рассчитать, что предлагаемое прозрачное покрытие позволяет в десятки раз сократить теплотери теплицы в окружающую среду и тем самым экономить топливно-энергетические ресурсы, расходуемые на отопление теплиц.

Таким образом, использование в теплицах предлагаемого нами покрытия позволит с одной стороны экономить топливные ресурсы, необходимые для отопления теплиц, а с другой стороны – строить и эксплуатировать теплицы в более холодных горных регионах Кыргызстана с обильным снегом, где пока невозможно эксплуатировать теплицы с традиционными стеклянными или пленочными покрытиями.

## **2.7. Исследование оптико-энергетических и теплоизоляционных характеристик двухслойного прозрачного покрытия с улучшенными теплоизоляционными свойствами**

Нами исследовано светопропускание разработанного двухслойного покрытия. Для сравнения приведены измеренные одновременно светопропускания стекла толщиной 4,76 мм и стекла с плотно прилегающей к нему полиэтиленовой пленкой. Толщина полиэтиленовой пленки 0,1 мм. Светопропускание покрытий показано на рис. 2.24.

Как видно из рисунка, светопропускание двухслойного ПП на 12-13 в утренние часы, когда угол падения на поверхность ПП большая и в полдень, когда этот угол наименьший, на 8 % меньше светопропускания стекла.

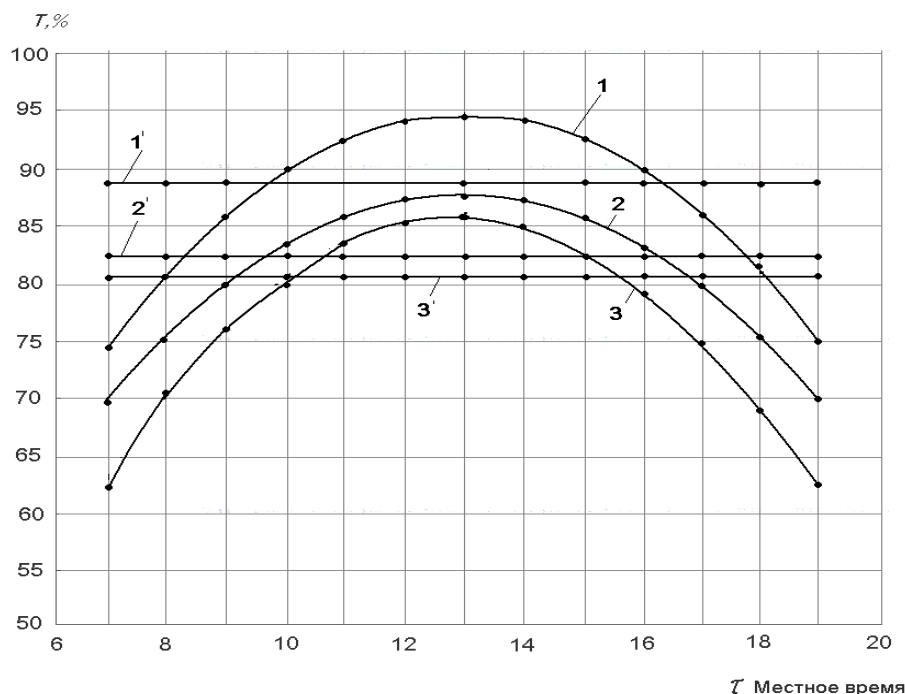


Рис. 2.24. Светопропускание двухслойного прозрачного покрытия: 1 – стекло; 2 – стекло + полиэтилен; 3 – двухслойное ПП (в ясный день). 1', 2', 3' – то же самое, в пасмурный день.

Стекло с плотно прилегающим слоем такого же полиэтиленового покрытия имеет на 7% в утренние часы – 2-3 % в полдень светопропускание.. Это объясняется тем, что падающий поток солнечного излучения проходит через более длинную полосу (гофр) полиэтиленовой пленки, следовательно, больше поглощается.

Нами исследованы теплоизоляционные свойства двухслойного покрытия. Результаты экспериментов приведены на рис. 2.25.

Как видно из рисунка, время нагрева воздуха в объеме установки со стеклянным покрытием в горизонтальном и вертикальном положениях соответственно равна 25 и 17 минут. Время охлаждения воздуха равна соответственно 51 и 46 минут.

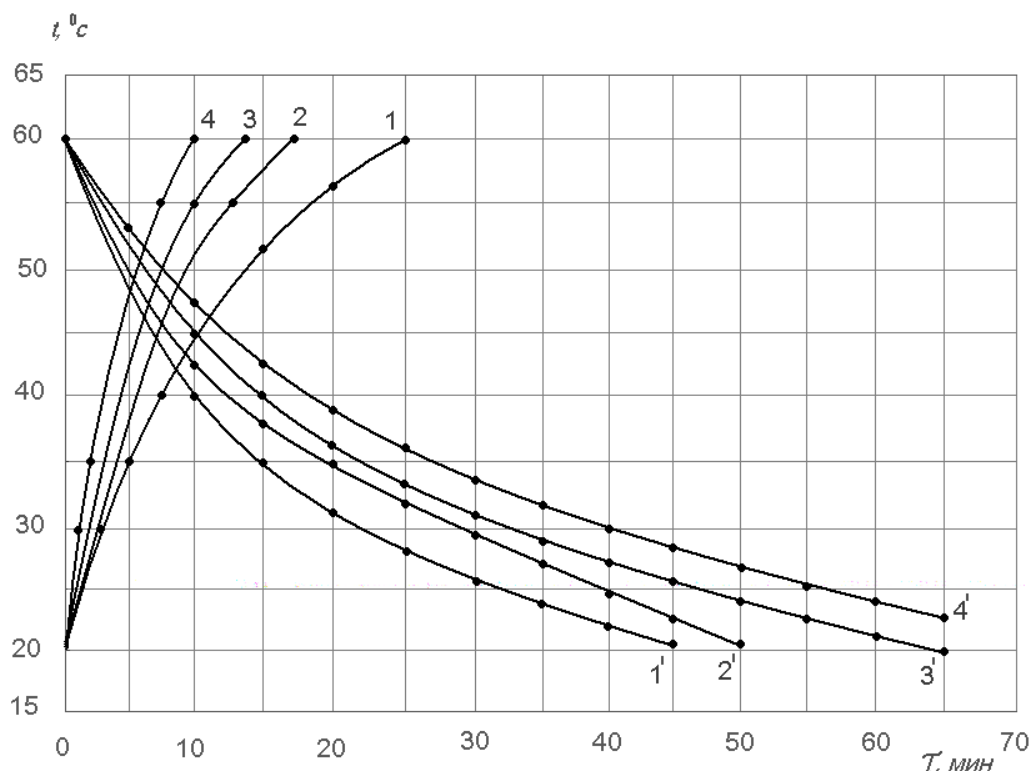


Рис. 2.25. Сравнительные теплоизоляционные свойства двухслойного прозрачного покрытия. 1,2 – стекло соответственно в горизонтальном и вертикальном положении; 3 и 4 – двухслойное ПП соответственно в горизонтальном и вертикальном положении; 1, 2, 3 и 4 – нагрев; 1', 2', 3' и 4' – охлаждение.

Время нагрева воздуха в объеме установки с разработанным ПП в горизонтальном и вертикальном положениях соответственно равна 17 и 10 минут. Время охлаждения воздуха при таких же положениях равна соответственно 65 и 75 минут.

Следовательно, можно утверждать, что теплоизоляционные свойства разработанного ПП на 56-58% превосходят такие свойства стекла.

## 2.8. Экспериментальное исследование сравнительных теплоизоляционных свойств прозрачных покрытий теплиц

Нами исследованы теплоизоляционные свойства нами разработанных и ряда известных и используемых на практике прозрачных покрытий теплиц с целью сопоставления их теплоизоляционных свойств при одинаковых условиях /102/.



Испытания проводились на экспериментальной установке представляющей собой прямоугольный ящик с внутренними размерами 400x400x200 мм и толщиной стенок в 50мм, изготовленного из пенопласта.

Одна из сторон ящика размерами 400x400 мм – съемная. Во время экспериментов на эту сторону устанавливалось испытываемое покрытие.

Покрытия испытывались при горизонтальном и вертикальном положениях, что позволяет определить их теплоизоляционные свойства в зависимости от отличающихся между собой реальных условиях эксплуатации на теплицах коэффициентов конвективного теплообмена между ними и воздухом.

Воздух внутри ящика прогревался с помощью нихромой спирали мощностью 75 Вт.

Температура наружного воздуха, а также воздуха внутри ящика измерялись с помощью отградуированного термометрического прибора ВК Precision 2706В с медно-копелевой термопарой (датчиком), с погрешностью измерения  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Головка термопары устанавливалась на среднем расстоянии между верхним и нижним стенками ящика и отстояла на 50 мм от внутренней поверхности испытываемых покрытий. Она защищалась с помощью специального экрана от прямого попадания ИК - излучения от нагревателя.

Наружный воздух термостатировался при температуре  $20,5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Общая масса металлических деталей установки составил 397,87 грамма. При этом масса стальных деталей и нихромовой спирали составил 44,83 грамма, алюминиевых частей (различных держателей, экрана и т.д.) соответственно 353,04 грамма.

Масса воздуха, заключенного в объеме ящика составляет 349 грамма.

Теплота, аккумулируемая при нагреве от  $20,5^{\circ}\text{C}$  до  $60,0^{\circ}\text{C}$  и отдаваемая при охлаждении тепла частями оборудования, за исключением стенок пенопласта ящика и самим испытываемым ПП составляет: стальных частей –



817, 55 Дж, алюминиевых частей – 12828,02 Дж, воздухом – 13854,42 Дж.

Общее количество аккумулированной энергии составляет 27499,99 Дж.

Все металлические элементы – тонкостенные, с толщиной не более 2 мм. Число  $B_i$ , рассчитанное для них не превышает 0,1, что позволяет утверждать, что стенки материалов теплотехнические тонкие, т.е. во время охлаждения и нагрева температура внутри них и на их поверхности практически одинаковы /93-96/.

Общая площадь внутренней поверхности ящика без учета площади ПП составляет  $0,48\text{м}^2$ , а площадь поверхности испытываемых ПП –  $0,16\text{м}^2$ . Таким образом, отношение площади ПП к остальным частям ящика составляет 0,33%. Следовательно, теплота из ящика теряется в основном через испытываемое прозрачное покрытие.

Наш эксперимент не ставит задачей определения абсолютных значений термических параметров покрытий, а оцениваются теплоизоляционные свойства прозрачных покрытий при одинаковых условиях эксперимента для получения их сравнительных характеристик.

При параболическом приближении, т.е. при времени тепловой релаксации, много меньшем характерного масштаба времени рассматриваемого процесса, что имеет место в нашем случае, процессы нагрева и охлаждения воздуха внутри ящика характеризует теплоизоляционные свойства испытываемых прозрачных покрытий /2/.

При испытаниях многослойных покрытий между ними устанавливалась рамка с просветом  $500 \times 500$  мм и шириной 50мм из пенопласта толщиной 14 или 50мм.

Теплоизоляционные свойства покрытий измерялись при их горизонтальном и вертикальном положениях.

Нами оценивалась время, необходимая для нагрева воздуха до  $60,0^\circ\text{C}$  и время, необходимая для естественного охлаждения воздуха до  $21,0^\circ\text{C}$ , испытывались следующие виды однослойных, двухслойных и трехслойных и используемые или рекомендованные к использованию теплицах покрытий:



Однослойные покрытия:

- стекло листовое толщиной 4,76мм;
- полиэтиленовая пленка толщиной 0,1мм;
- полиэтилентерафталатная пленка толщиной 0,5мм;

Двухслойные покрытия:

- поликарбонатная ячеистая панель толщиной 8мм;
- полиэтилен – стекло (П-С);
- полиэтилен – полиэтилен (П-П);

Трехслойные покрытия:

- полиэтилен – полиэтилен – стекло (П-П-С);

Четырехслойные покрытия:

- полиэтилен – полиэтилен с промежуточным слоем из полых цилиндрических каналов диаметром 9,0мм;
- полиэтилен – полиэтилен с промежуточным слоем из полых цилиндрических каналов диаметром -21,2мм.

Ячеистый поликарбонат – листы «Sunlight», выпускаемая компанией США Palram ([www.palram.com](http://www.palram.com)). Он описан выше.

Он имеет два слоя с продольными перегородками по длине листа. Толщина листа – 8,0мм, толщина стенок и перегородок по 0,40мм, высота ячейки (внутренний размер) – 7,20мм, длина ячейки – 10,00мм. С одной стороны панель покрыта защищающей ее от ультрафиолетового излучения тонкой прозрачной органической пленкой толщиной 30 мкм.

В табл. 2.3 и 2.4 приведены времена для нагрева и охлаждения воздуха под испытываемыми покрытиями.

В таблице приведены процентное соотношение времен нагрева и охлаждения, а также отношение времени нагрева и охлаждения воздуха покрытий к времени для стекла.

В таблицах даны соотношения времен нагрева и охлаждения воздуха внутри ящика – показателя относительных теплоизоляционных свойств покрытий для их горизонтального и вертикального расположения,



соотношения этих времен, а также эти показатели даны в сравнении теплоизоляционными свойствами широко распространенного покрытия для теплиц – стекла, что позволяют судить о теплоизоляционных свойствах каждого испытанного покрытия.

Как видно из таблиц, теплотери покрытий при их вертикальном расположении в зависимости от их вида на 12-25% меньше теплотерь при их горизонтальном положении.

Наиболее существенна эта разница в однослойных покрытиях. В многослойных покрытиях это менее выражено, что обусловлено большим термическим сопротивлением последних.

Таблица 2.3 – Время нагрева воздуха от 21,0°С до 60°С в измерительном приборе с различными прозрачными покрытиями.

№ п.п	Тип покрытия	Горизон мин	Вертик. мин	Вер/Гор, %	(Покр/Ст) горизонт.	(Покр/Ст) вертикал.
1	Пенопласт	7,2	7,0	2,7	0,28	0,38
2	Поликарбонат	16,5	13,7/13,1	18,5/20,7	0,65	0,74/0,71
3	Стекло	23,3	15,4	27,2	1,0	1,0
4	ПЭТФ	35,4	24,3	31,3	1,39	1,32
5	Полиэтилен	32,7	23,1	29,4	1,29	1,25
6	П-С, 50 мм	18,2	15,1	17,0	0,72	0,82
7	П-П-С, 50 мм	13,7	11,3	16,0	0,54	0,62
8	П-П, 50 мм	20,1	17,4	13,4	0,79	0,94
9	П-С, 14 мм	16,7	14,3	14,3	0,66	0,77
10	П-П-С, 14 мм	12,6	11,1	12,6	0,49	0,88
11	П-П, 14 мм	19,2	16,2	15,6	0,76	0,88
12	ПЦП -9,0	12,8	10,3	18,9	0,50	0,56
13	ПЦП-21,2	13,8	11,3	18,1	0,53	0,61





Таблица 2.4–Время охлаждения воздуха от 60,0°С до 21,0°С в измерительном приборе с различными прозрачными покрытиями.

№ п.п	Тип покрытия	Горизонт. мин.	Вертик. мин	верт/гор. %	покр/стек горизонт.	покр/стек вертик.
1	2	3	4	5	6	7
3	ПЦП-9,0	67,1	78,5	16,9	1,47	1,40
4	П-П-С, 50 мм	68,1	77,3	13,5	1,49	1,38
5	ПЦП-21,2	66,0	74,4	12,7	1,44	1,32
6	Поликарбонат	62,5	72,4	15,4	1,37	1,28
7	П-С, 14 мм	57,8	69,6	20,4	1,26	1,24
8	П-С, 50 мм	54,2	64,9	19,7	1,19	1,15
9	П-П, 14 мм	52,4	62,3	17,7	1,16	1,11
10	П-П, 50 мм	51,4	60,9	16,9	1,12	1,08
1	2	3	4	5	6	7
11	Стекло	45,6	56,1	23,0	1,0	1,0
12	Полиэтилен	36,3	45,4	25,0	0,79	0,80
13	ПЭТФ	31,7	39,8	25,5	0,69	0,70

На рис. 2.26 приведена динамика изменения температур воздуха при нагреве и охлаждении для некоторых видов покрытий. Динамика изменения температур для остальных аналогична.

Как видно из рисунка, время нагрева для всех покрытий в несколько раз меньше, чем время, необходимое для охлаждения. Характер нагрева и охлаждения носит гиперболическую зависимость от времени. Как в процессе нагрева, так и охлаждения наблюдаются два этапа: первый – где скорость роста (и уменьшения) температуры более высокая и второй – где эти скорости стабилизируются.

Время, необходимая для достижения установленной в 60°С температуры намного меньше времени, в течение которого происходит охлаждение воздуха внутри ящика.

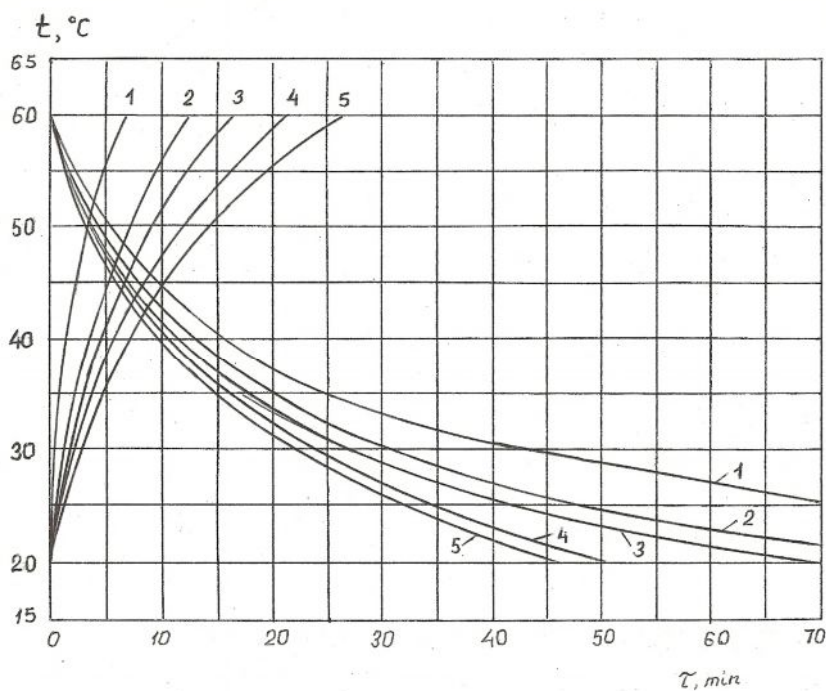


Рис. 2.26. Динамика изменения температуры воздуха в процессе нагрева и охлаждения (кривые с номерами со штрихом). 1,1' – Пенопласт толщиной 50мм; 2,2' – ПЦП–9,0; 3,3' – ПЦП–21,2; 4,4' – поликарбонат; 5,5' – стекло.

Количество теплоты, аккумулированное в массе металлических частей испытательного оборудования составляет около Дж, не считая теплоту, аккумулированную в теле пенопластового ящика. Это в несколько раз больше теплоты, аккумулированной самим воздухом в объеме ящика.

На наш взгляд, ценность полученных результатов состоит в том, что они получены в условиях работы покрытий, максимально приближенных к реальным. Обе стороны ПП находились в воздушном пространстве, имеющие разные температуры.

## Выводы по главе 2

Основные выводы по результатам, полученным в данной главе можно сформулировать следующим образом:

1. Разработано многослойное, с переменным количеством слоев и трансформируемое ПП для гелиотеплиц, используемых в горных условиях. Установлено, что в утренние часы солнечная радиация при прохождении



через такое четырехслойное ограждение уменьшается на 70-75%, а полдень – на 35-40%. Получен патент Кыргызской Республики №1468 на гелиотеплицу с таким ПП;

2. Разработано двухслойное ПП с улучшенными теплоизоляционными свойствами с наружным стеклянным и внутренним гофрированным пленочным слоем;

3. Использование в теплицах разработанных нами ПП позволит с одной стороны экономить топливные ресурсы, необходимые для отопления теплиц, а с другой стороны – строить и эксплуатировать теплицы в более холодных горных регионах Кыргызстана, где пока невозможно эксплуатировать теплицы с традиционными стеклянными или пленочными покрытиями;

4. Конвективный перенос теплоты в межслойном пространстве многослойных теплиц не существенен при межслойном пространстве в интервале 5-10мм и сравним с величиной переноса теплоты за счет теплопроводности воздуха;

5. Величина конвективного переноса теплоты возрастает линейно в зависимости от величины температурного напора и величины межслойного пространства и для наблюдающихся на практике значениях  $\Delta t$ ,  $R$  достигает 36-38;

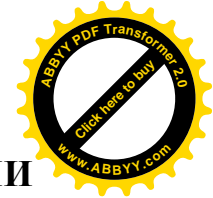
6. Наибольшие потери тепла с поверхности прозрачных покрытий теплиц происходит с их верхних частей, ориентированных под небольшим углом к горизонту;

7. Теплотери с вертикальных частей прозрачных покрытий в зависимости от количества их слоев на 12-25% меньше, чем с горизонтальных участков прозрачных покрытий;

8. Исследованы относительные теплоизоляционные а также оптико-энергетические характеристики существующих и разработанных ПП, которые позволяют их ранжировать по данным свойствам и выбрать наиболее оптимальные для конкретных климатических условий;



9. Исходя из результатов исследований теплообмена в межслойном пространстве многослойных ПП, нами разработано ПП, имеющее между двумя слоями полиэтиленовой пленки полые цилиндрические элементы, изготовленные из того же полиэтилена. Цилиндрические элементы изготавливались диаметрами 9,0 и в другом варианте – 21,2мм термической сваркой полос полиэтиленовой пленки на фарфоровых цилиндрических формах указанных диаметров.



## **Глава III. РАЗРАБОТКА ГЕЛИОТЕПЛИЦ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Гелиотеплицы как объект сельскохозяйственного значения должны обладать рядом характеристик, позволяющих их успешно эксплуатировать в климатических условиях района их размещения.

В этом смысле гелиотеплицам, эксплуатирующимся в горных условиях Кыргызстана, предъявляются ряд особых требований, а именно:

- достаточно высокие теплотехнические показатели – в первую очередь высокие теплоизоляционные свойства ПП, позволяющие их эксплуатировать с экономически оправданными затратами на отопление;

- устойчивость к характерным климатическим воздействиям горного региона – большой снеговой и ветровой нагрузке;

Данная глава диссертационной работы посвящена разработке и исследованию гелиотеплиц на основе разработанных нами ПП и удовлетворяющих в определенной степени к вышеприведенным требованиям.

### **3.1. Разработка гелиотеплицы с многослойным трансформируемым прозрачным покрытием**

Нами разработана гелиотеплица на основе ПП, описанного в разделе 2.1 настоящей работы.

ПП гелиотеплицы выполнено многослойным и кроме внешнего слоя все остальные являются убирающимися так, что в зависимости от текущего значения внешних климатических факторов (плотности солнечной радиации, температуры окружающего воздуха, скорости ветра и т.д.), т.е от соотношения величин теплопотерь и теплопоступлений количество рабочих слоев прозрачной изоляции меняется от минимального до максимального /102/.

Гелиотеплица выполняется в форме части параболы и состоит из следующих основных частей (рис. 3.1 и 3.2): несущей и теплоизолирующей кирпичной стены 1 на северной стороне теплицы, который построен на фундаменте 2. Для увеличения освещенности изнутри теплицы стена изнутри окрашивается в белый цвет.

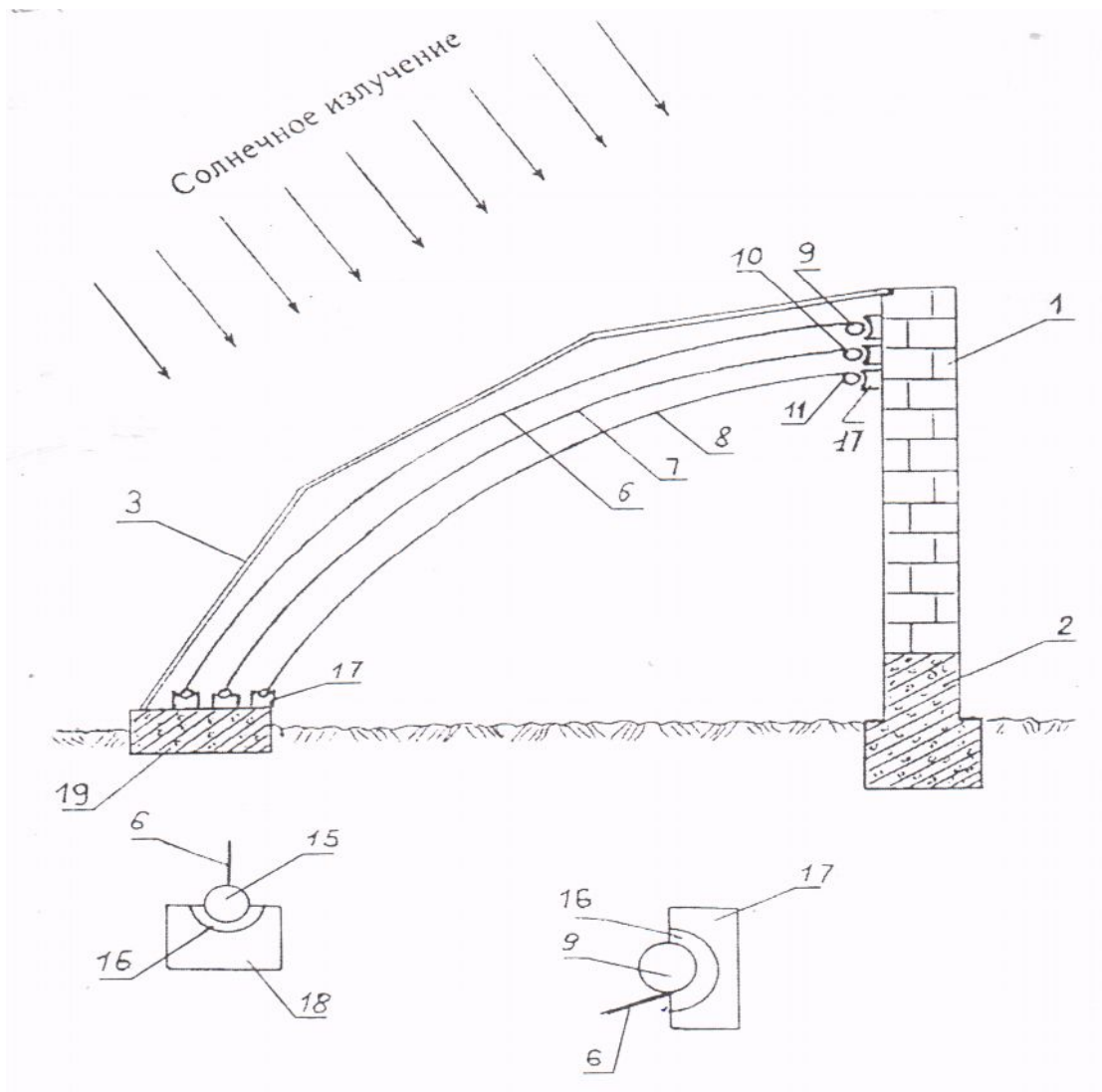


Рис. 3.1. Схема поперечного разреза гелиотеплицы с многослойным трансформируемым прозрачным покрытием.

Прозрачное ограждение гелиотеплицы состоит из четырех слоев. Первый – наружный слой 3 выполняется из листового стекла 4 с традиционной для теплиц металлической несущей конструкцией. Листы стекла 4 монтируются на металлическом каркасе 5. Этот слой берет на себя ветровые нагрузки и весовые нагрузки снега. Остальные три внутренних слоя 6, 7 и 8 выполняются из полиэтиленовой пленки. Расстояние между слоями

пленки, а также стекляннм наружным слоем колеблется в пределах 40-50 мм. Как показал наш опыт постройки такой теплицы, обеспечение оптимального с теплотехнической точки зрения меньшего расстояния между слоями весьма затруднительно.

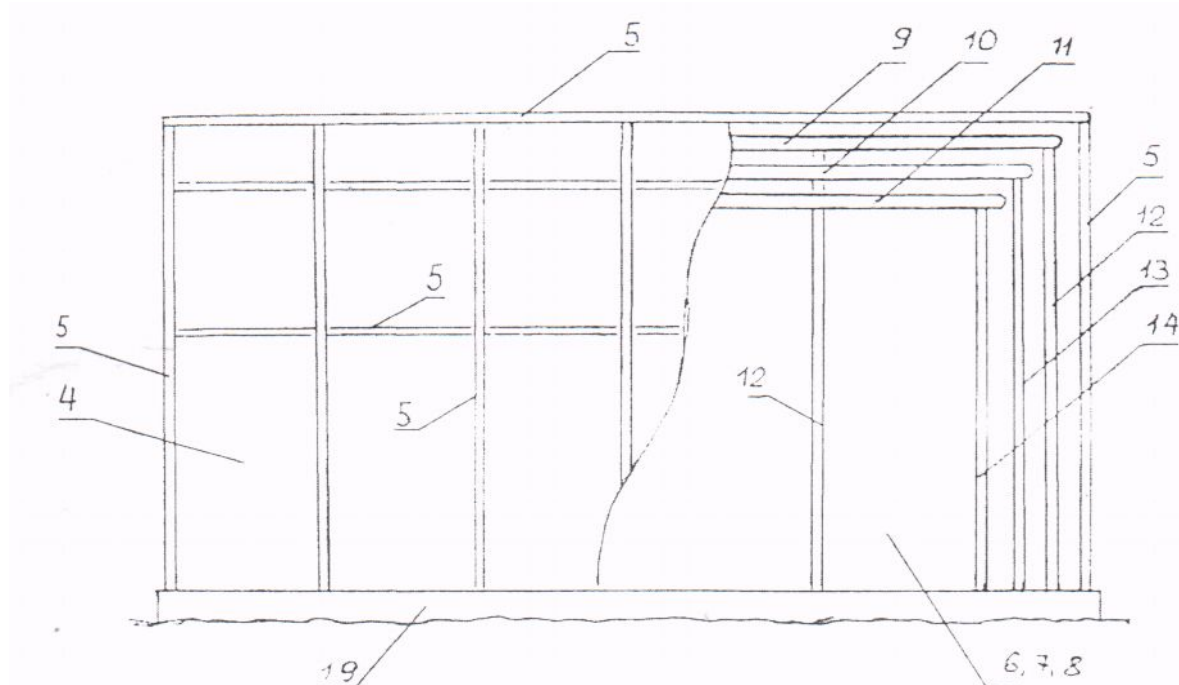


Рис. 3.2. Схема гелиотеплицы с многослойным трансформируемым прозрачным покрытием (вид спереди).

Таким образом, внутренние слои ПО защищены от ветровых нагрузок и весовых нагрузок снега наружным стекляннм слоем.

Каждый из внутренних слоев полиэтиленовой изоляции намотаны на барабаны 9, 10 и 11 с индивидуальными электроприводами (на рис. не показаны). Для удержания и направления в требуемом положении каждый слой лежит на направляющих 12, 13 и 14, выполненных из металлических труб и имеют криволинейную форму, соответствующей (повторяющей) форме наружного стекляннго покрытия теплицы.

Торцевые части теплицы кроме наружного стекляннго слоя защищены тремя внутренними слоями неподвижной полиэтиленовой пленки, натянутой на направляющие 12, 13, 14, на нижнюю часть теплицы и на стенку 1. Они



предотвращают конвективное движение воздуха между слоями ПО торцевых сторон теплицы.

На одном, свободном конце полиэтиленовой пленки прикреплен металлический пруток 15 с круглым сечением в качестве груза.

Для обеспечения надежной теплоизоляции каждого слоя, во избежание конвективного движения воздуха между слоями полиэтиленовой пленки, барабаны 9, 10 и 11 постоянно соприкасаются с мягким уплотнителями в виде щеток 16 из пучка веревочных нитей, находящихся в специальном футляре 17. футляры установлены на специальном фундаменте 19.

В конце направляющих, на уровне грунта имеются аналогичные уплотнители 18 для каждого из грузов для слоев полиэтиленовой изоляции.

В случае ветра большой скорости и снега, наружное стеклянное покрытие 4 одновременно с теплоизолирующими функциями выполняет и функцию несущей конструкции, предохраняя внутренние полиэтиленовые пленочные слои ПП 6, 7, 8 от механических (весовых и ветровых) нагрузок. Для поддержания необходимого интервала температуры внутри теплицы, в зависимости от температуры наружного воздуха, можно оперативно менять количество работающих (развернутых) слоев полиэтиленовой изоляции. Для этого, с помощью электродвигателя и редукторов барабаны 9, 10 и 11 приводятся во вращение и полиэтиленовая пленка может быть либо собрана (намотана на барабан) или опущена (размотана с барабана). При раскрытии слоев ПП грузы 15, прикрепленные на конце полиэтиленовой пленки, скользя вдоль направляющих 12, 13, 14 стягивает ее вниз. Такие направляющие установлены через каждые 0,8м по длине теплицы.

Развертывание и свертывание полиэтиленовых слоев может осуществляться вручную, с помощью ворота, установленных на барабаны 9, 10 и 11.

В случае экстремально низких температур все три слоя полиэтиленовой пленки опущены и полностью покрывают в три слоя (включая наружное стеклянное покрытие – четыре слоя) всю светопроницающую поверхность



теплицы. В этом случае теплоизоляционные свойства ПП максимальны. В случае относительно более высоких температур один, два или все три слоя полиэтиленовой изоляции (пленки) последовательно поднимаются и сворачиваются в рулон на верхней части теплицы, оставляя работающим только внешний – стеклянный слой ПП, предотвращая во-первых, перегрев воздуха выше допустимого предела, а во-вторых - обеспечивая максимальную освещенность внутри теплицы.

Каждый из слоев полиэтиленовой прозрачной изоляции может быть собран, т.е. убран независимо от остальных так, что количество рабочих слоев может меняться в зависимости от параметров внешней среды от одного (наружного, стеклянного) до четырех, обеспечивая необходимые температурные условия внутри теплицы.

Предлагаемая теплица размерами 10x4,5x2,5 м была построена нами в г. Ош. Она показана на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Общий вид гелиотеплицы с трансформируемым прозрачным покрытием

### 3.2. Разработка гелиотеплиц с двухслойным и ячеистым прозрачным покрытием

Нами разработаны и изготовлены гелиотеплицы с двумя типами ПП. Первая – с двухслойным ПП: стекло+гофрированная полиэтиленовая пленка и вторая с ПП типа ПЦП-21,2.

Указанные типы ПП монтировались на каркас гелиотеплицы размерами 8х3х2 м, показанной на рис. 3.4. так, что замкнутые воздушные каналы ПП находились в горизонтальном положении. Это подавляет конвективное движение воздуха, находящегося внутри этих каналов.



Рис. 3.4. Общий вид экспериментальной теплицы

### 3.3. Исследование эксплуатационных характеристик гелиотеплиц

Проведенные нами эксперименты показали, что светопропускание предлагаемой прозрачной изоляции зависит от времени дня, т.е от угла падения прямой солнечной радиации на стеклянное покрытие.



Рис. 3.4а. Вид изнутри на экспериментальную теплицу

В утренние и вечерние часы, когда угол падения прямой солнечной радиации на стеклянную поверхность велика, как и следовало ожидать, внутрь первого слоя проникает меньше радиации. В полдень, когда этот угол небольшой, прохождение солнечной радиации через стеклянное покрытие максимально.

После прохождения одного стеклянного и трех полиэтиленовых пленочных слоев (толщинами по 0,5мм) в полдень солнечное излучение ослабляется на 40%, а в утренние и вечерние часы – 70-75%. Следовательно, при плотности солнечного излучения в  $500-600 \text{ Вт/м}^2$ , наблюдающейся в осенне-зимне-весеннее время в горных условиях (с высокой степенью прозрачности атмосферы), плотность солнечной радиации внутри теплицы составляет  $300-360 \text{ Вт/м}^2$  в полдень и  $150-180 \text{ Вт/м}^2$ , что вполне достаточно для роста овощных культур.



Теплицы испытывались в осенне-зимне-весенние периоды 2011-2012, 2012-2013 годов и показала хорошие результаты: в течение зимнего периода вполне успешно выращивались овощные и другие культуры.

При этом для отопления теплицы использовалась система водяного отопления. Обогревателями служили четыре трубы диаметром 50мм и длиной 9,5м, установленные на боковых сторонах теплицы по два на каждой стороне. Нижняя труба отстояла от поверхности грунта на высоте 100мм, а верхняя – на расстоянии 400мм от нижней.

Вода в регистрах нагревалась с помощью двух электронагревателей мощностью по 1500 Вт каждая. Однако, в зимнее время напряжение в сети падала до 160-170 В. следовательно, реально потребляемая нагревателями мощность равнялась 2,18-2,32 кВт.

На рис. 3.5-3.10 приведены результаты экспериментов с теплицей с двухслойным покрытием СПГ для января и февраля месяцев при различных актинометрических условиях – в ясный и в пасмурные дни.

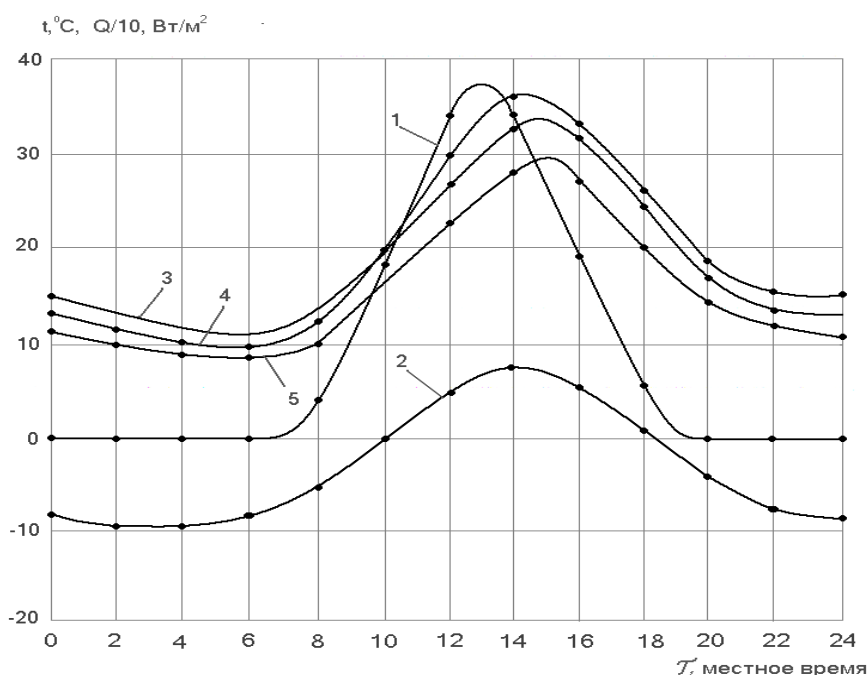
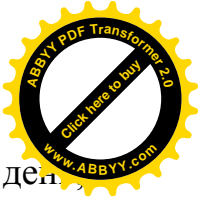


Рис. 3.5. Температура воздуха внутри теплицы на разных ее уровнях в ясный день в январе месяце: 1 – плотность интегральной солнечной радиации; 2 – температура наружного воздуха; 3, 4 и 5 – температура воздуха на высоте 2, 1м и 0,1м от грунта.



Как видно из рис. 3.5, в теплице с СПГ, в январе месяце, в ясный день при максимальной плотности интегральной солнечной радиации в  $362 \text{ Вт/м}^2$  температура воздуха внутри теплиц на высотах 2, 1м и 0,1м от грунта составляет 36, 34 и  $30^\circ\text{C}$  соответственно. Градиент температуры по высоте теплицы в среднем также составляет около  $3^\circ\text{C}$ . При этом максимальная температура воздуха равна  $8,5^\circ\text{C}$ .

В ночное время, при температуре около  $-10^\circ\text{C}$  температура внутри теплицы составляет в среднем около  $10^\circ\text{C}$ . Градиент температуры по высоте теплицы невысок и составляет в среднем  $1^\circ\text{C}$ .

В пасмурный же день или в дни с осадками (снегопадом), при максимальной плотности солнечной радиации в  $133 \text{ Вт/м}^2$  температура воздуха внутри теплиц на высотах 2, 1м и 0,1м от грунта составляет 21, 18 и  $15^\circ\text{C}$  соответственно (рис. 3.6). Градиент температуры по высоте теплицы в среднем составляет около  $3^\circ\text{C}$ . При этом наименьшая температура наружного воздуха, наблюдающаяся в ночное время составляет  $-6^\circ\text{C}$ , а максимальная- в дневное время –  $4^\circ\text{C}$ .

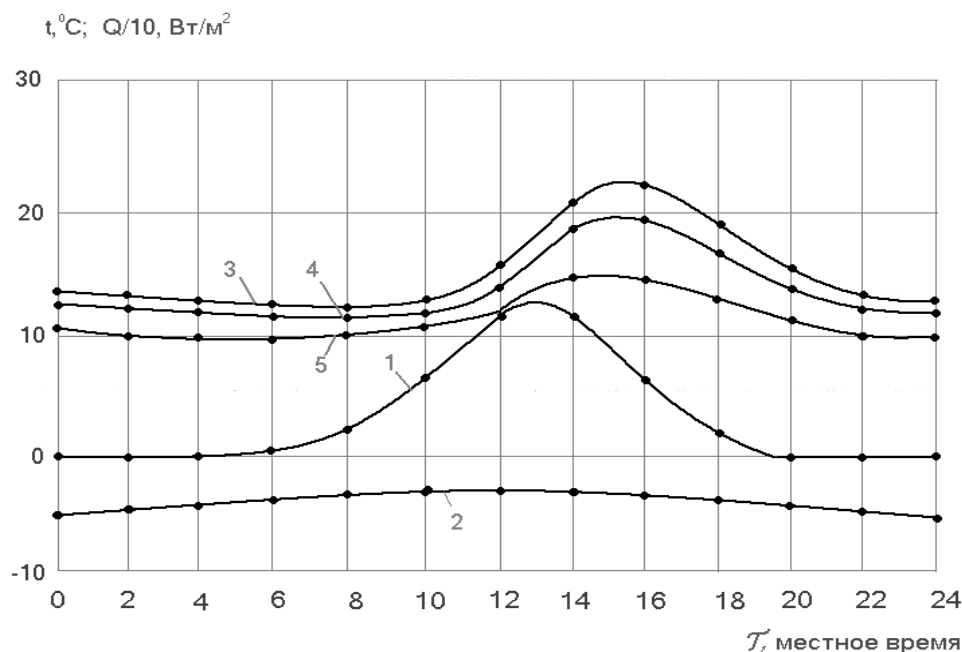


Рис. 3.6. Температура воздуха внутри теплицы на разных ее уровнях в пасмурный день в январе месяце. 1 – плотность интегральной солнечной радиации; 2 – температура наружного воздуха; 3, 4 и 5 – температура воздуха на высоте 2, 1м и 0,1м от грунта.



В конце февраля месяца, когда температура наружного воздуха несколько выше, чем в январе месяце, температура внутри теплицы, как и следовало ожидать, также возрастает (рис. 3.7 и 3.8).

Как видно из рис. 3.7, в феврале месяце, в ясный день, при максимальной плотности интегральной солнечной радиации в  $393 \text{ Вт/м}^2$  температура воздуха внутри теплиц на высотах 2, 1 м и 0,1 м от грунта составляет  $38, 36$  и  $33^\circ\text{C}$  соответственно.

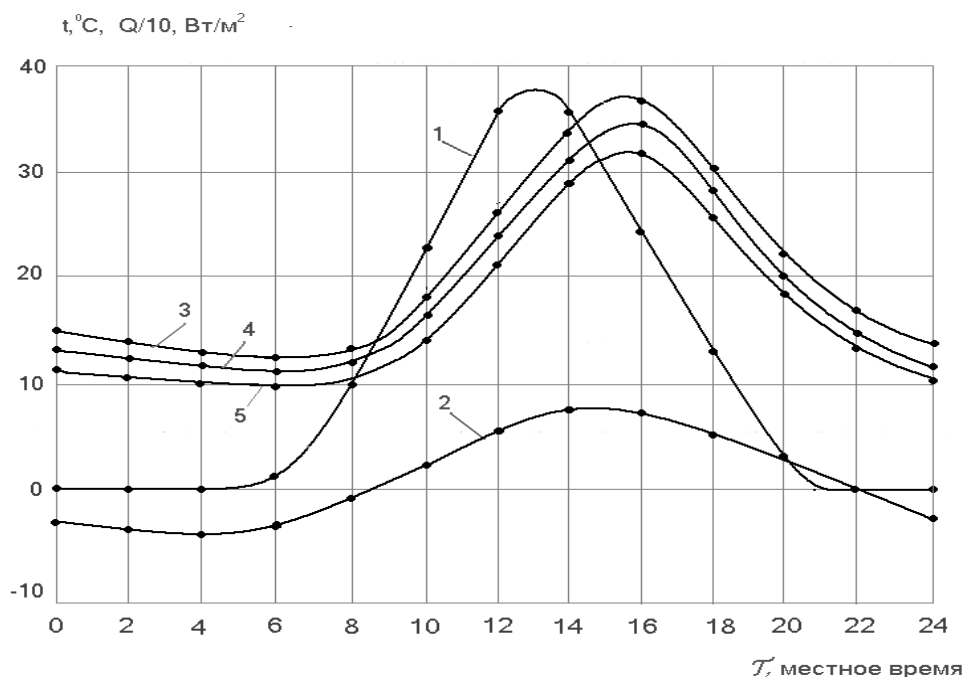


Рис. 3.7. Температура воздуха внутри теплицы на разных ее уровнях в ясный день в конце февраля месяца. 1 — плотность интегральной солнечной радиации; 2 — температура наружного воздуха; 3, 4 и 5 — температура воздуха на высоте 2, 1 м и 0,1 м от грунта.

Градиент температуры по высоте теплицы в среднем также составляет около  $2^\circ\text{C}$ . При этом максимальная температура воздуха равна  $8,4^\circ\text{C}$ .

В ночное время, при температуре около  $-4^\circ\text{C}$  температура внутри теплицы составляет в среднем около  $11^\circ\text{C}$ . Градиент температуры по высоте теплицы невысок и составляет в среднем  $1^\circ\text{C}$ .

В пасмурный же день или в дни с осадками (снегопадом), при максимальной плотности солнечной радиации в  $123 \text{ Вт/м}^2$  температура воздуха внутри теплиц на высотах 2, 1 и 0,1 м от грунта составляет  $26, 24$  и  $21^\circ\text{C}$  соответственно (рис. 3.8).

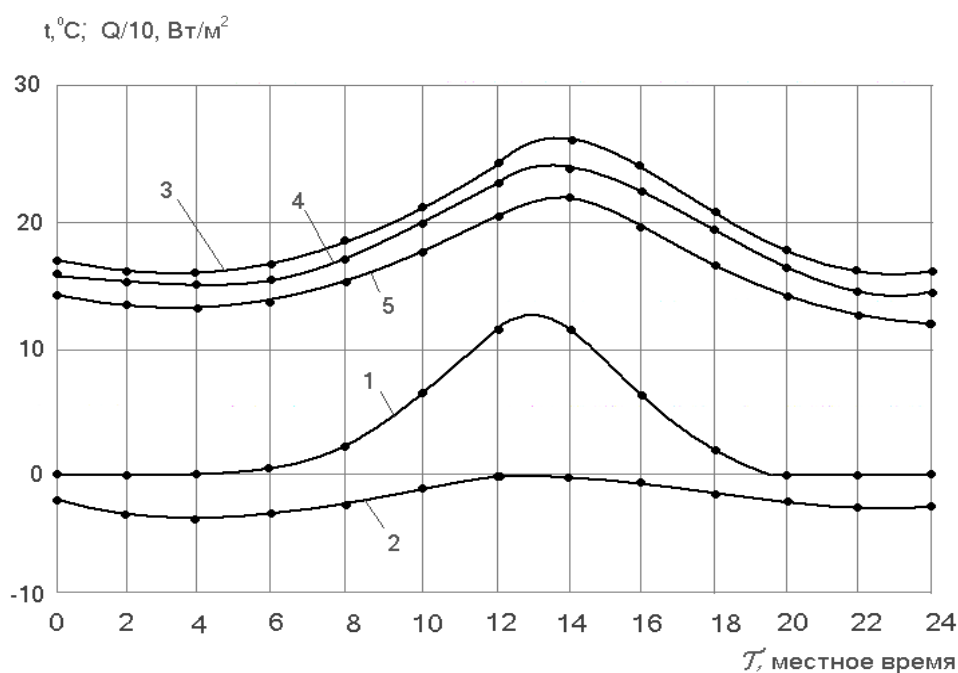


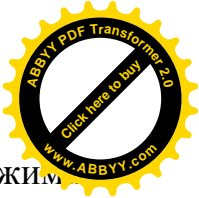
Рис. 3.8. Температура воздуха внутри теплицы на разных ее уровнях в пасмурный день в конце февраля месяца. 1 – плотность интегральной солнечной радиации; 2 – температура наружного воздуха; 3, 4 и 5 – температура воздуха на высоте 2, 1м и 0,1м от грунта.

Градиент температуры по высоте теплицы в среднем составляет около  $2,5^{\circ}\text{C}$ . При этом наименьшая температура наружного воздуха наблюдающаяся в ночное время составляет  $-3^{\circ}\text{C}$ , а максимальная в дневное время – около  $0^{\circ}\text{C}$ .

На рис. 3.9 и 3.10 показаны температура воздуха внутри теплицы на высоте 1м от грунта в случае различных типов ПП для января месяца, в ясный день.

Как видно из рисунков, наибольшая температура внутри теплицы ( $38,3^{\circ}\text{C}$ ) наблюдается в случае использования четырехслойного ПП: Ст+П+П+П. Наименьшая температура наблюдается в случае использования полиэтиленовой пленки.

Внедрение в практику предлагаемой конструкции гелиотеплицы, способной обеспечить нормальные микроклиматические условия для растений в суровых климатических условиях (низкие температуры, сильные ветры, обильные осадки) горных регионов Кыргызстана и других стран



позволяет обеспечить круглый год население этих регионов свежими овощами, столь необходимыми в горных условиях.

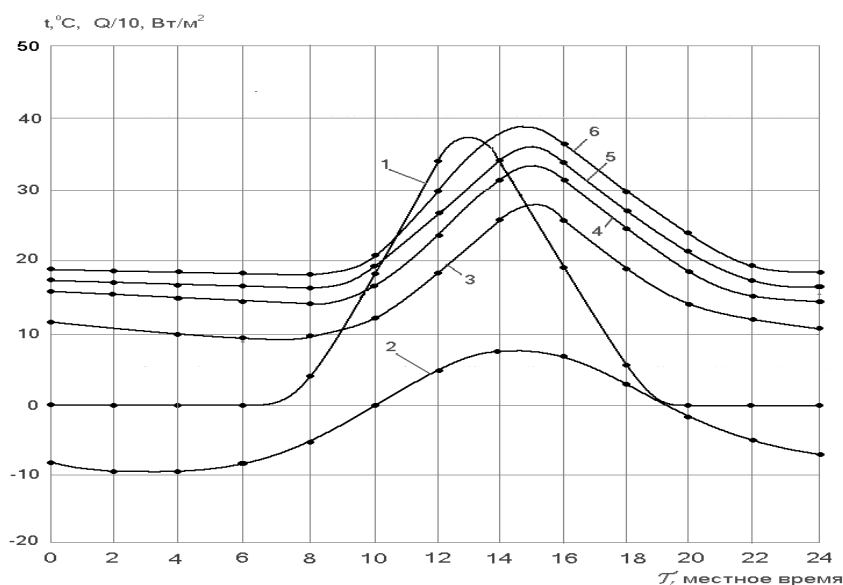


Рис. 3.9. Температура воздуха внутри теплицы на высоте 1м от грунта в случае различных типов ПП для января месяца, в ясный день. 1 – плотность интегрального солнечного излучения; 2 – температура наружного воздуха; 3 – стекло + полиэтилен; 4 – стекло + полиэтилен + полиэтилен; 5 – стекло + полиэтилен + полиэтилен + полиэтилен.

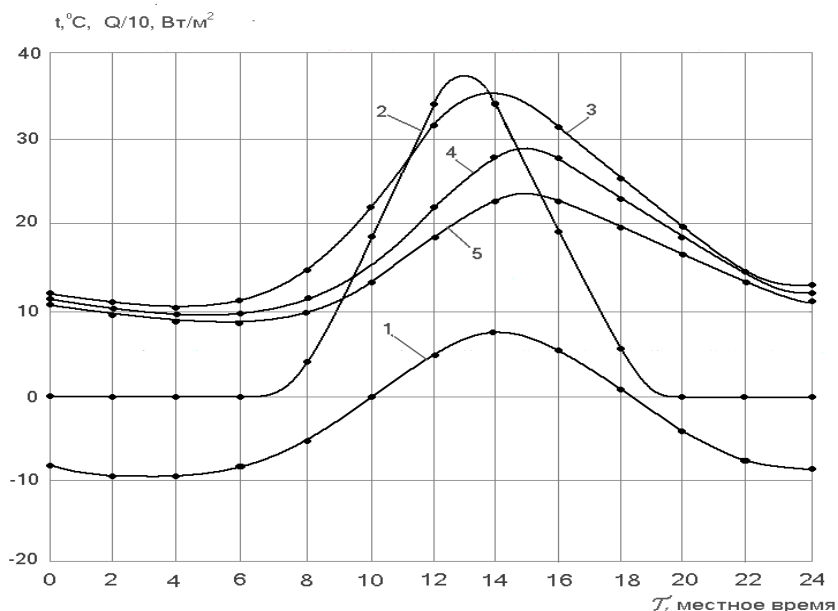


Рис. 3.10. Температура воздуха внутри теплицы на высоте 1м от грунта в случае различных типов ПП для января месяца, в ясный день. 1 – плотность интегрального солнечного излучения; 2 – температура наружного воздуха; 3 – стекло + полиэтилен гофрированный; 4 – стекло; 5 – полиэтилен.





### 3.4. Исследование краевого эффекта энергетической освещенности гелиотеплиц с различными прозрачными покрытиями

Исследованию энергетической освещенности (ЭО) площади теплиц посвящено достаточно много работ, в которых изложены результаты по изучению ЭО в зависимости от климатических условий, в том числе и географического месторасположения теплиц а также геометрической формы прозрачного покрытия /1-5/. Однако, ЭО определенного участка площади гелиотеплиц при экстремальных (больших) углах его падения на ПП достаточно не изучена.

В данном разделе работы приведены результаты экспериментальных исследований ЭО площади теплиц вблизи вертикальных стен со стеклянными и пленочными прозрачными покрытиями при различных углах падения СИ на поверхность ПП /103/.

Эксперименты проводились в теплице, имеющей размеры 8х3х2 метра, с высотой двухскатной крыши 0,92м (угол наклона сторон крыши составляет 30°) и с меридиональной ориентацией, показанной на рис. 3.

В качестве ПП брались стеклянное ПП толщиной 4,76мм, и двухслойный ПП, состоящий из наружного стеклянного и внутреннего полиэтиленового ПП толщиной 0,10мм. Расстояние между ними составлял 30мм.

Плотность интегрального солнечного излучения вне теплицы и внутри нее измерялась с помощью пиранометра Apogee MP-200 с погрешностью измерения  $\pm 3\%$ .

Угол падения прямого солнечного излучения на поверхность вертикальных боковых стенок теплицы рассчитывался с помощью известных формул /6/.

На рис. 3.11. приведена схема хода лучей прямого солнечного излучения при падении с внешней стороны вертикальной стены (до полудня) и с внутренней стороны, через крышу теплицы (после полудня).

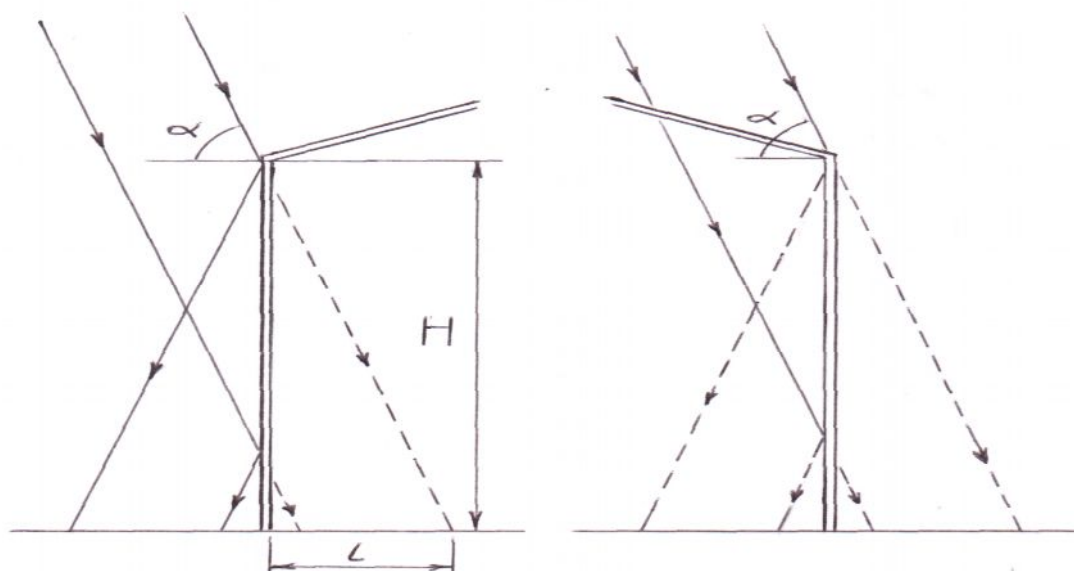


Рис. 3.11. Схема хода лучей прямого солнечного излучения при падении с внешней стороны вертикальной стены (до полудня) и с внутренней стороны, через крышу теплицы (после полудня).

На рисунках по оси абсцисс горизонтальное расстояние от внутренней стороны теплицы  $L$  выражено через высоту вертикальной стены теплицы  $H$ , так как длина горизонтального участка, на которой проявляется рассматриваемый эффект, зависит от высоты вертикальной стены.

На рис. 3.12 приведены результаты измерений плотности солнечного излучения (энергетической освещенности) внутри теплицы, в ее средней части на уровне земли в случае очищенной от пыли ПП и не очищенной в течение одного месяца.

Как видно из рисунка, при небольшой высоте Солнца, солнечное излучение в основном поступает во внутрь теплицы через мало запыленные боковые вертикальные стенки, и освещенность составляет 86-88% от освещенности снаружи теплицы в случае не запыленного стекла крыши и 82-83% при запыленной крыше теплицы.

При большой высоте Солнца, когда излучение проступает в основном через крышу теплицы, в случае не запыленного стекла освещенность внутри

теплицы составляет 86,4% в случае не запыленного стекла и 76,7% в случае запыленного стекла.

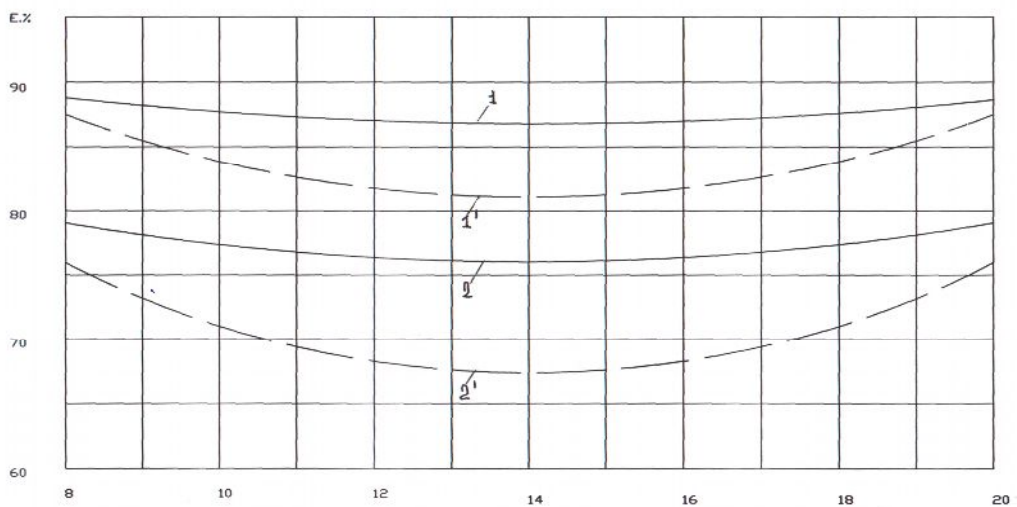


Рис. 3.12. Энергетическая освещенность поверхности в середине теплицы на высоте 30см от грунта с различными покрытиями в течение светового дня. Данные для 13<sup>00</sup> часов местного времени: 1 – не запыленное стекло; 2 – запыленное стекло; 1' – не запыленное стекло + полиэтилен; 2' – запыленное стекло + полиэтилен.

Освещенность теплицы в случае не запыленного покрытия стекло+полиэтилен освещенность внутри теплицы составляет 76,1% в полдень и 67,3% в случае запыленного стекла.

Во время экспериментов абсолютное значение плотности суммарной солнечной радиации в 8 часов утра составила 218 Вт/м<sup>2</sup>, в полдень 915 Вт/м<sup>2</sup>, а величина рассеянного солнечного излучения составляла 12,2 % в утренние и вечерние часы и 8,8 % в полдень.

На рис. 3.13. приведены результаты измерений плотности интегрального солнечного излучения внутри теплицы с не запыленным стеклянным покрытием, в том числе и вблизи вертикальных стен.

Как видно из рисунка, при больших углах падения солнечного излучения на поверхность стекла, освещенность внутри теплицы вблизи вертикальной стены составляет 24,4%.

При меньших углах освещенность из-за меньшего коэффициента отражения от поверхности вертикального стекла, увеличивается.

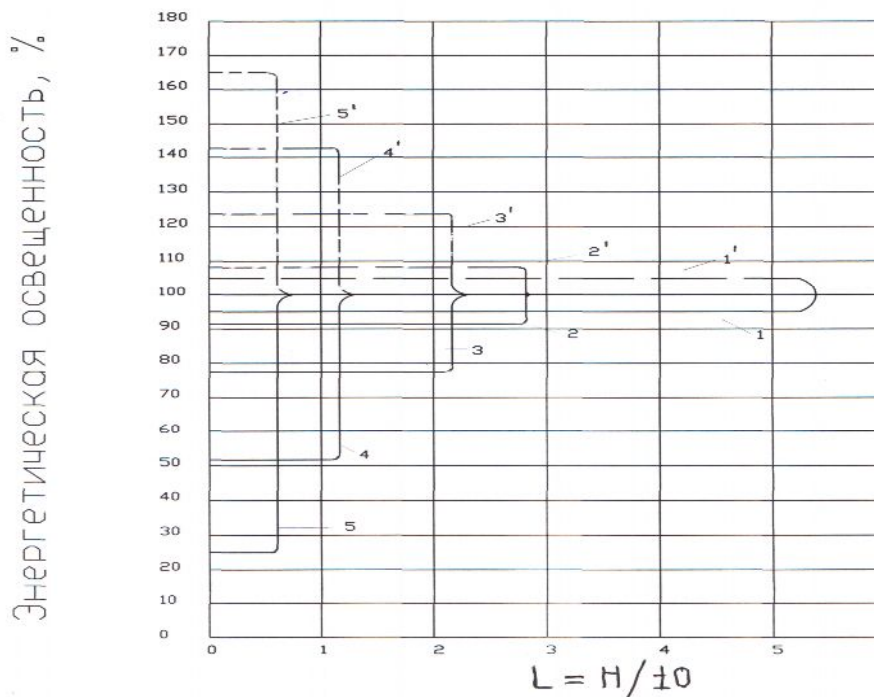


Рис. 3.13. Энергетическая освещенность площади гелиотеплицы со стеклянным покрытием вблизи вертикальной стены в течение светового дня (в зависимости от угла падения прямого солнечного излучения на поверхность вертикальной стены) до и после полудня (соответственно сплошные и пунктирные линии). 1 и 1' – при  $\alpha = 60^\circ$ ; 2 и 2' – при  $\alpha = 70^\circ$ ; 3 и 3' – при  $\alpha = 75^\circ$ ; 4 и 4' – при  $\alpha = 80^\circ$ ; 5 и 5' – при  $\alpha = 85^\circ$ .

Данный эффект является результатом оптического эффекта - возрастания отражения излучения от поверхности стеклянного покрытия при больших (свыше  $60^\circ$ ) углах его падения /104,105//.

На рис. 3.14. приведены результаты измерений плотности интегрального солнечного излучения внутри теплицы с двойным ПП – стеклянным и полиэтиленовым покрытием, также и вблизи вертикальных стен (здесь обозначения те же, что и на рис. 3.13).

Как видно из рисунка, из-за отражения солнечного излучения от внутренней поверхности стеклянного ПП, ЭО возрастает до 166,8%.

При проникновении прямого солнечного излучения через крышу теплицы и отражения от поверхности внутреннего полиэтиленового покрытия вышерассмотренный эффект не ярко выражено. Это происходит из-за небольшого коэффициента отражения излучения от поверхности полиэтиленовой пленки.

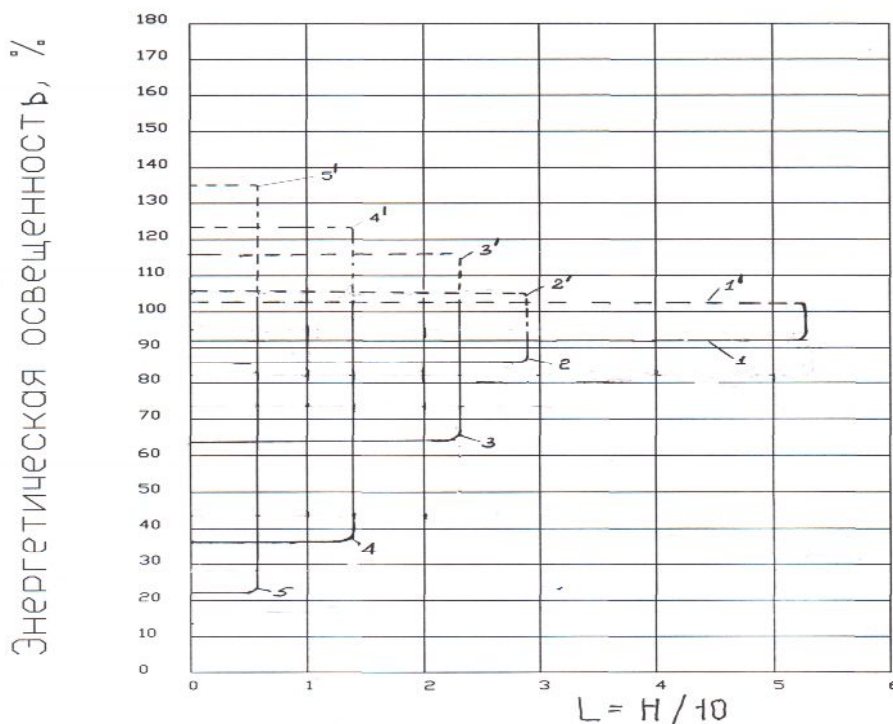


Рис. 3.14. Энергетическая освещенность площади гелиотеплицы с покрытием стекло+полиэтилен вблизи вертикальной стены в течение светового дня (в зависимости от угла падения прямого солнечного излучения на поверхность вертикальной стены) до и после полудня (соответственно сплошные и пунктирные линии). 1 и 1' – при  $\alpha = 60^\circ$ ; 2 и 2' – при  $\alpha = 70^\circ$ ; 3 и 3' – при  $\alpha = 75^\circ$ ; 4 и 4' – при  $\alpha = 80^\circ$ ; 5 и 5' – при  $\alpha = 85^\circ$ .

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что при экспериментах с растениями в теплицах необходимо учитывать разность энергетической освещенности площади вблизи вертикальных боковых стен теплиц.

### 3.5. Исследование влияния многослойных прозрачных покрытий гелиотеплиц на фотосинтетическую активность хлорофилла, вегетацию и урожайность растений

В данном разделе работы приведены результаты количественной и качественной оценки влияния МПП теплиц на рост шести видов растений: райхон зеленый и пурпурный, комнатные цветы Сенполия, саженцы цитрусовых плодовых деревьев – апельсина, мандарина и лимона, болгарского (сладкого) перца, клубники, 4 сортов томатов (Волгоградский,



Подарочный, ТМК, Черешня) и трех сортов огурцов (Голландский Конкурент, Арзу) /106-108/

Эксперименты проводились в теплице размерами 8х3х2 метра, имеющей однослойное стеклянное прозрачное покрытие толщиной 4,7мм. Общий вид теплицы и вид изнутри приведены на рис. 3.4 и 3.4 а.

Во время экспериментов половина объема теплицы закрывалось двухслойным полиэтиленовым покрытием (толщина каждого слоя – 0,1мм) с расстоянием между слоями около 40мм.

По краям закрытая полиэтиленом часть теплицы имела специальные шлюзовые проемы, обеспечивающие переход воздуха из одной части теплицы в другую и тем самым обеспечивался примерно одинаковый (с разницей за некоторое короткое время в 2-3°C) температурный режим в обеих половинах теплицы.

Теплица обогревалась с помощью водяных регистров, максимальная потребляемая мощность которых составляла 2,5 кВт.

Одинаковое количество испытуемых растений (по 5 саженцев райхона зеленого и пурпурного, по 6 саженцев комнатных цветов и по 4 саженца деревьев апельсина, мандарина и лимона, по 10 саженцев болгарского перца, по 12 саженцев клубники, по 6 саженцев каждого сорта томатов и огурцов) размещались в каждой из половин теплицы. Все растения выращивались в пластиковых горшках, выпускаемых промышленностью.

Режимы орошения растений и внесения удобрений в обоих случаях были одинаковыми.

Во время экспериментов производились визуальные наблюдения, а также еженедельно измерялся рост и флуоресценция хлорофилла листьев растений, количество цветов, количество ягод и плодов, содержание сахарозы в них а также масса созревших плодов и ягод.



### 3.5.1. Динамика роста растений.

На рис. 3.15-3.21 показаны динамика роста ( $h$ ) растений во время экспериментов (приведены средние арифметические для каждого вида растений).

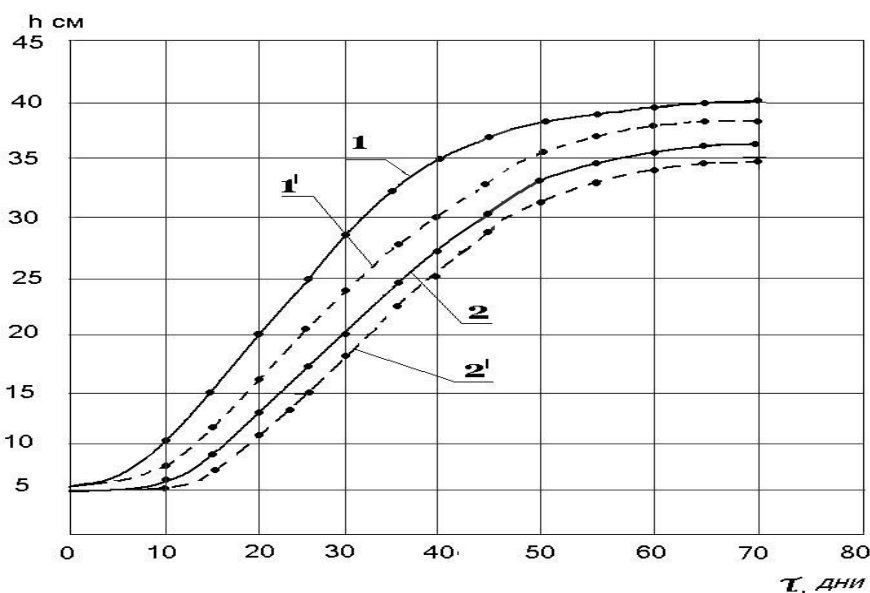


Рис. 3.15. Динамика роста райхон зеленый (1 и 1') и пурпурный (2 и 2') в теплицах со стеклянным покрытием (1 и 2) и многослойным покрытием (1' и 2').

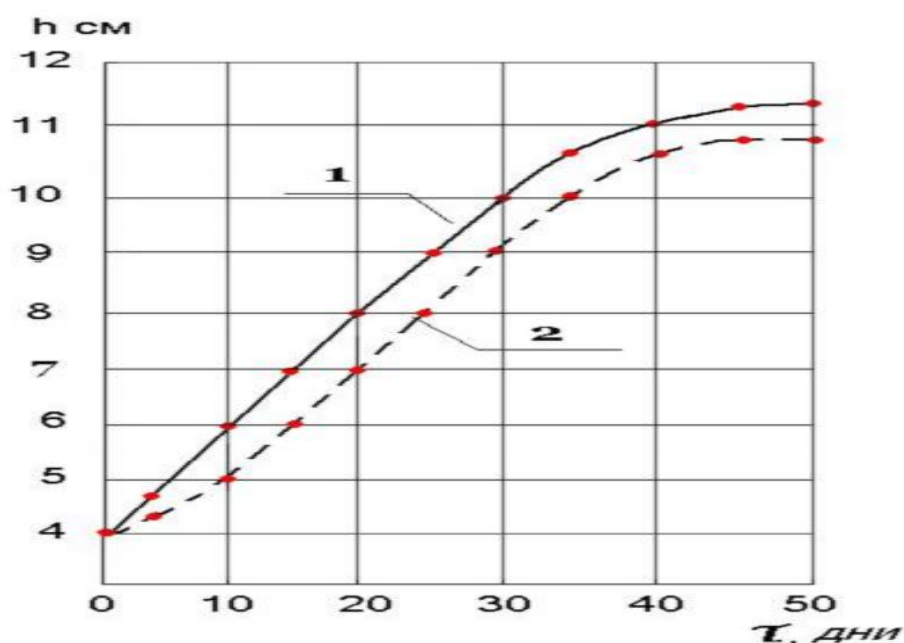


Рис. 3.16. Динамика роста комнатных цветов Сенполия в теплицах со стеклянным покрытием (1) и многослойным покрытием (2).



Саженцы зеленого райхона, растущие под МПП отстают в росте с райхона, под стеклянним покрытием на 6-7 дней на начальном этапе наблюдений и на 9-10 дней в конце наблюдений, а у пурпурного райхона отставание составляет от 5-6 до 10-12 дней соответственно.

Визуальные наблюдения показали, что на листьях обеих видов райхона, растущего в теплице с многослойным покрытием на 34-37 дни появляются серо-зеленые пятна. Видимо, это результат грибкового заболевания растений. Такие же пятна, но в меньшем количестве появляются и на листьях райхона обеих видов в теплице со стеклянним покрытием, но на 5-7 дней позже. Райхоны обеих видов, растущих в теплице с МПП расцветают на 4-5 дней позже, чем райхоны, растущие под стеклянним покрытием.

Комнатные цветы Сенполия в теплице с МПП растут и цветут несколько медленнее. Отставание в росте цветов, растущих под МПП составляет примерно 5 дней во всем периоде роста.

Цвета пурпурных и красно-бархатных цветков, росших под МПП несколько бледноватые, чем в теплице со стеклянним покрытием.

Все деревья цитрусовых в теплице с МПП также растут медленнее, чем в стеклянной теплице. Например, отставание в росте у апельсиновых саженцев достигает 9-10 дней в начале экспериментов и доходит до 17-20 дней через 130-150 дней (что составляет 13,0-13,3%).

У саженцев мандарина отставание составляет 10-12 дней в начале эксперимента и доходит до 18-20 дней через 130-150 дней (что составляет 13,3 – 13,8%).

У саженцев лимона такое отставание составляет 13-15 дней и 18-20 дней соответственно.

На ветках саженцев, растущих под стеклянним покрытием боковые ответвления появляются через каждые 2-2,5см, в то время на деревьях, растущих под МПП это расстояние равно 3-4см.



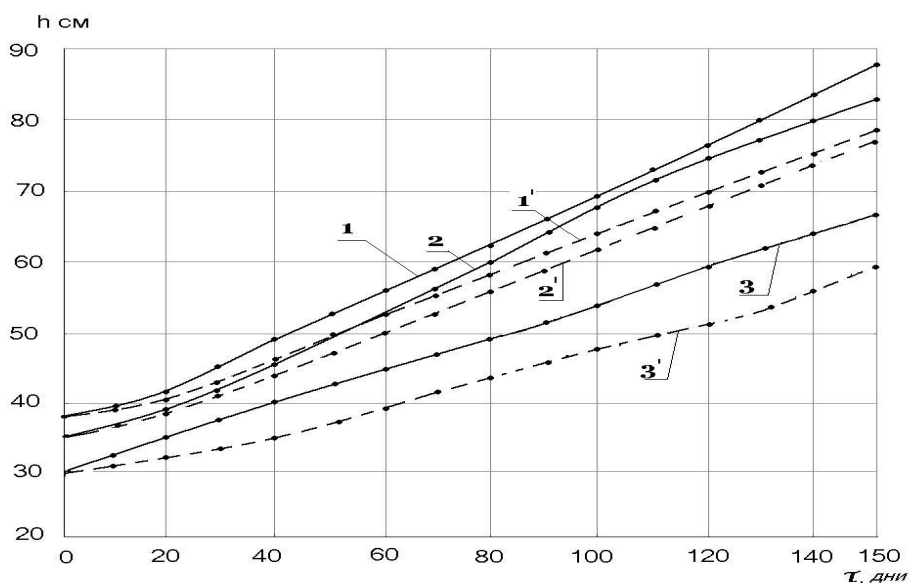


Рис. 3.17. Динамика роста саженцев цитрусовых деревьев в теплицах со стеклянным и многослойным покрытием: 1 и 1' – апельсин; 2 и 2' – мандарин; 3 и 3' – лимон; 1, 2 и 3 – под стеклянным покрытием; 1', 2' и 3' – под многослойным покрытием.

На рис. 3.18 приведены динамика роста болгарского перца.

Как видно из рис. 3.18, отставание в росте у болгарского перца, выращенного в теплице с МПП по сравнению с ростом в теплице со стеклянным покрытием составляет 5-6 дней в первый месяц роста и 13-15 дней в конце второго месяца.

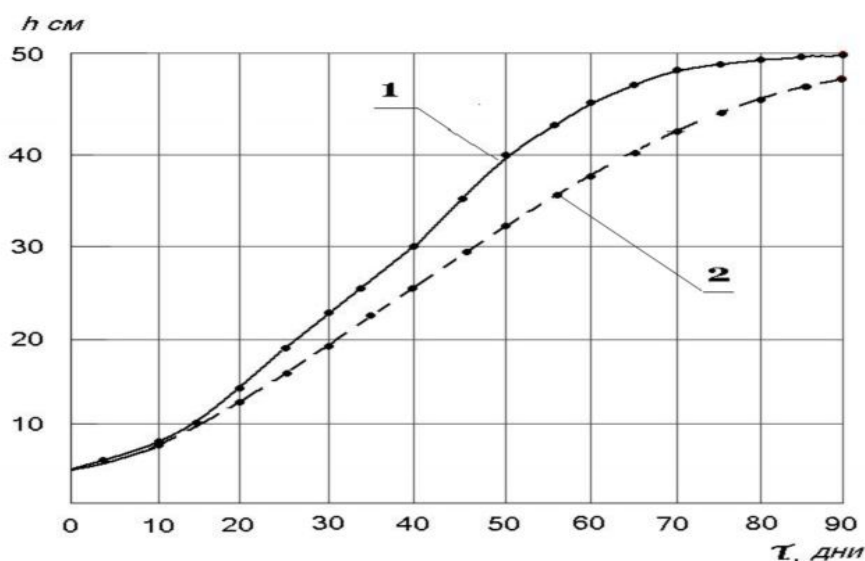


Рис. 3.18. Динамика роста болгарского перца в теплицах: 1 – в теплице со стеклянным покрытием; 2 – в теплице с многослойным покрытием.



У клубники такое отставание в росте составляет 7-8 дней в первом месяце и 10-11 дней во втором месяце роста.

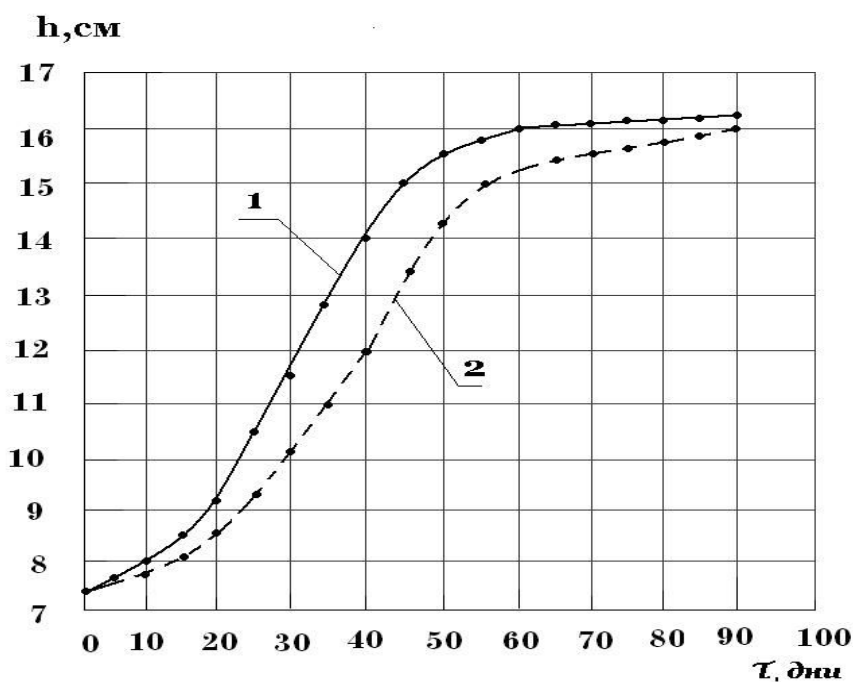


Рис. 3.19. Динамика роста клубники в теплицах: 1 – в теплице со стеклянным покрытием; 2 – в теплице с многослойным покрытием.

На рис. 3.20-3.21 приведена динамика роста испытанных сортов томатов и огурцов.

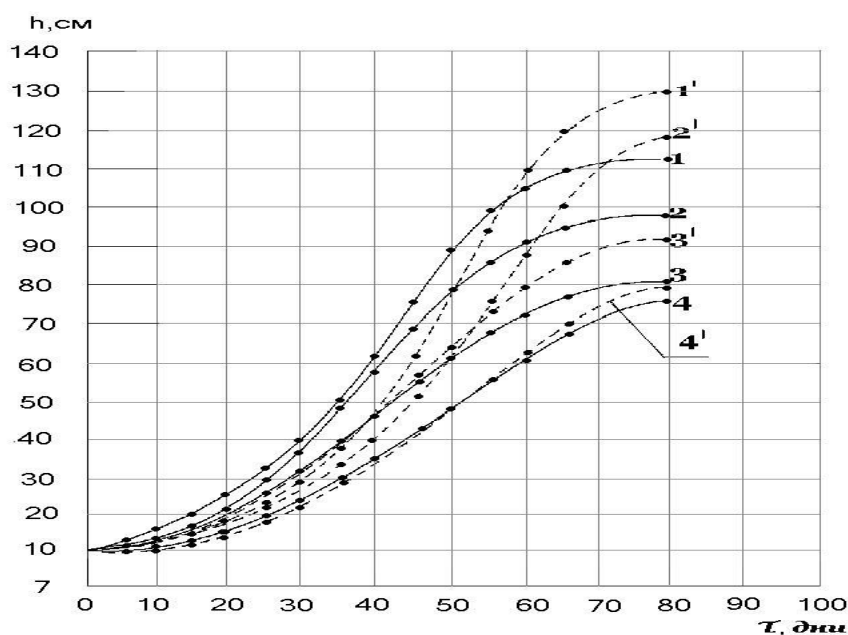


Рис. 3.20. Динамика роста томатов различных сортов в теплицах; 1,1' – Волгоградский; 2,2' – Подарочный; 3,3' – ТМК; 4,4' – Черешня; 1, 2, 3, 4 – в теплице со стеклянным покрытием, 1', 2', 3', 4' – в теплице с многослойным покрытием.

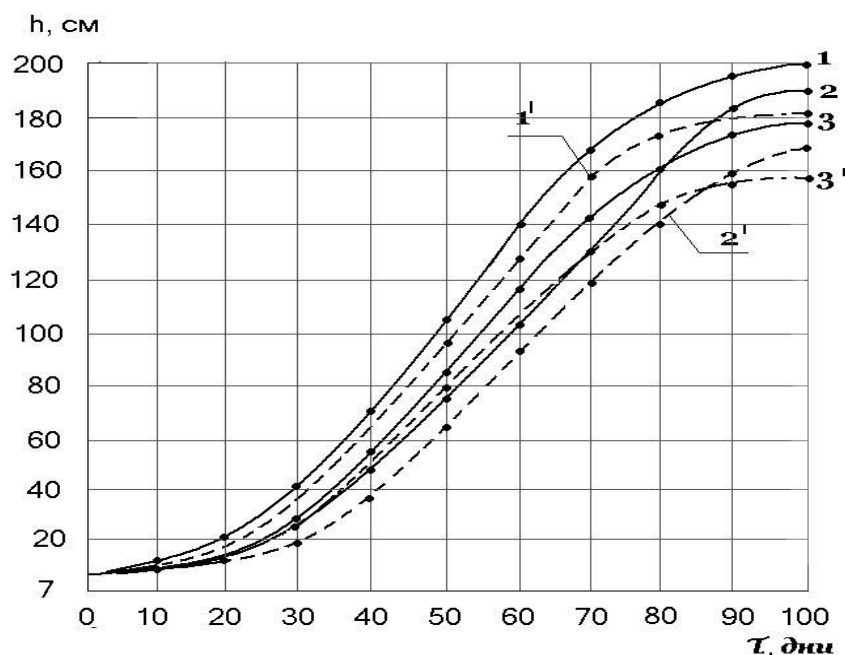


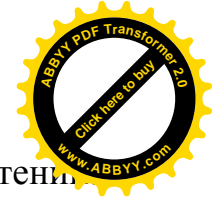
Рис. 3.21. Динамика роста огурцов в теплицах: 1, 2, 3 – в теплице со стеклянным покрытием; 1', 2', 3' – в теплице с многослойным покрытием; 1 и 1' – Голландские; 2 и 2' – Конкурент; 3 и 3' – Арзу.

Как видно из рис. 3.20 отставание в росте у томатов, выращенных в теплице с МПП по сравнению с ростом в теплице со стеклянным покрытием составляет 10-12 дней через полтора месяца роста (что составляет 22,2-26,6%). В конце испытаний наблюдается аномальный рост томатов, выращиваемых в теплице с МПП: они опережают в росте томаты, выращиваемые в теплице со стеклянным покрытием.

У огурцов такое отставание в росте составляет 4-5 дней в первом месяце и 10-12 дней в третьем месяце роста (что составляет 13,3-16,0%).

### 3.5.2. Исследование фотосинтетической активности хлорофилла растений

Фотосинтетическая активность хлорофилла растений исследовалась нами измерением флуоресценции листьев растений (хлорофилла). Последняя измерялась с помощью ручного флуорометра марки FluorPenFP-100 (Z990), SN-FP-039 в интервале длин волн 697-750 нм. Единица измерений – мкм моль/см<sup>2</sup>. Прибор фотон системы, т.е. измеряет количество фотонов



испускаемых за 1 сек, отнесенную на площадь в  $1\text{ м}^2$  листьев растений. Прибор имеет внутренний источник излучения (с максимумом плотности излучения при 550 нм), который провоцирует флуоресценцию хлорофилла листьев растений. Во время измерений измерительная головка прибора накладывается на лист растения. Измерительное окно прибора имеет диаметр 10мм.

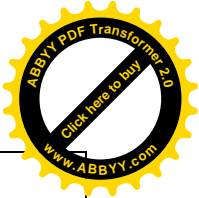
Как известно, по флуоресценции хлорофилла можно судить о состоянии растения и о его устойчивости к различным факторам, например, депрессирующим, каковым является недостаточная освещенность солнечной радиацией. Все факторы, влияющие на растения прямо или косвенно, отражаются на работе молекулярных систем фотосинтеза //101,109-111/.

С целью получения сопоставимых результатов, измерялись флуоресценции зрелых листьев растений на верхнем уровне стеблей, расположенных приблизительно одинаково на растениях в обоих типах теплиц.

В табл. 3.1 приведена флуоресценция листьев исследованных растений.

Таблица 3.1 – Флуоресценция листьев растений (квантовый выход)

Вид растения	Флуоресценция растений, мкм моль/с $\text{м}^2$		$(Q_c - Q_{\text{мпп}})/Q_c$ %
	В теплице со стеклянным покрытием ( $Q_c$ )	В теплице с многослойным покрытием ( $Q_{\text{мпп}}$ )	
1	2	3	4
Райхон зеленый	0,68	0,61	10,3
Райхон пурпурн.	0,67	0,58	13,5
Цветы комнатные	0,56	0,51	9,3
Саженьцы цитрусовых деревьев			
Апельсин	0,63	0,54	14,3
Мандарин	0,65	0,55	13,1
Лимон	0,61	0,52	14,8



1	2	3	4
Плодовые и ягодные культуры			
Болгарский перец	0,56	0,48	14,3
Клубника	0,53	0,46	13,2
В том числе томаты			
Волгоградский	0,61	0,52	14,7
Подарочный	0,59	0,51	13,5
ТМК	0,60	0,54	10,0
Черешня	0,65	0,57	12,3
В том числе огурцы			
Голландские	0,55	0,48	12,7
Конкурент	0,54	0,47	12,9
Арзу	0,55	0,49	10,9

Как видно из таблицы, флуоресценция листьев томатов в теплице с МПП уменьшается от 10 до 14,7%. по сравнению с флуоресценцией в теплице со стеклянным покрытием. Меньше всего флуоресценция уменьшается у томатов сорта ТМК – на 10%, а больше – у томатов сорта Волгоградский - на 14,7%. У огурцов такое уменьшение составляет от 10,9 до 12,9%

Как видно из таблицы, флуоресценция растений, т.е. фотосинтетическая активность растений в теплице с МПП уменьшается от 9 до 14,8% по сравнению с флуоресценцией в теплице со стеклянным покрытием. Меньше всего флуоресценция уменьшается у комнатных цветов- 9,3 %. Наиболее ощутимое уменьшение флуоресценции наблюдается у саженцев лимона – 14,8%.

Следовательно, как и ожидалось, меньшее поступление солнечной радиации в теплицах с МПП по сравнению с теплицами со стеклянным покрытием уменьшает фотосинтетическую активность хлорофилла растений, что обуславливает отставание растений в росте.



Следует отметить, что на практике в теплицах все слои МПП будут использованы в самые холодные дни. В зависимости от температуры воздуха внутри теплицы у МПП отдельные внутренние пленочные слои будут убираться и остается только стеклянное покрытие. Это уменьшает время отставания в росте растений в теплицах, где используются МПП.

Таким образом, исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- меньшее поступление солнечной радиации в теплицах с МПП по сравнению с теплицами со стеклянным покрытием уменьшает фотосинтетическую активность хлорофилла растений, что обуславливает некоторое замедление роста растений.

### **3.5.3. Исследование влияния многослойных покрытий теплиц на урожайность растений**

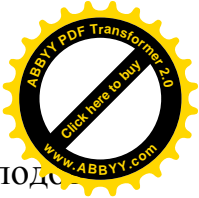
Исследование влияния многослойных покрытий теплиц на урожайность растений оценивалось нами по количеству цветов, плодов и величине их массы /107,108/.

На рис. 3.22-3.25. показаны динамика количества цветов и плодов (ягод) растений во время экспериментов.

У растений, выращенных в теплице с МПП количество цветов и плодов также меньше у аналогичных растений, выращенных в теплице со стеклянным покрытием.

Так, у болгарского перца, выращенного в теплице со стеклянным покрытием максимальное среднее количество цветов на одном кусте составляет 6,3, а на кусте, выращенном в теплице с МПП – 5,3, что на 15,8% меньше. Соответственно количество плодов составляет 5,7 и 5,0, что на 12,2% меньше.

У клубник, выращенных в теплице со стеклянным покрытием и с МПП максимальное количество цветов составляет соответственно 11,8 и 9,3 т.е. во



втором случае они на 12,7 % меньше. Соответственно количество плодов составляют 10,4 и 8,1, т.е. во втором случае они на 22,1% меньше.

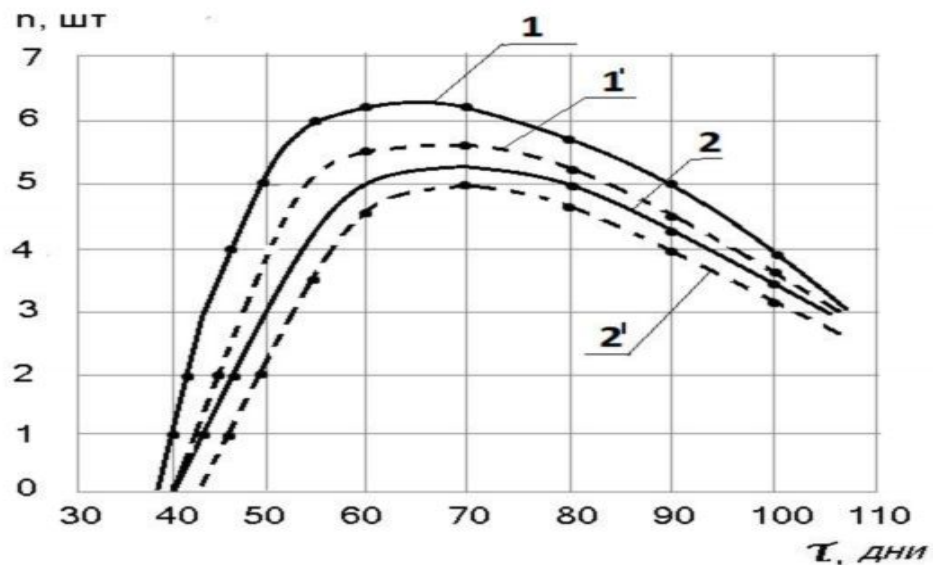


Рис. 3.22 Динамика количества цветов и плодов болгарского перца в теплицах: 1 и 1' – в теплице со стеклянным покрытием; 2 и 2' – в теплице с многослойным покрытием; 1 и 2 – количество цветов, 1' и 2' – количество плодов.

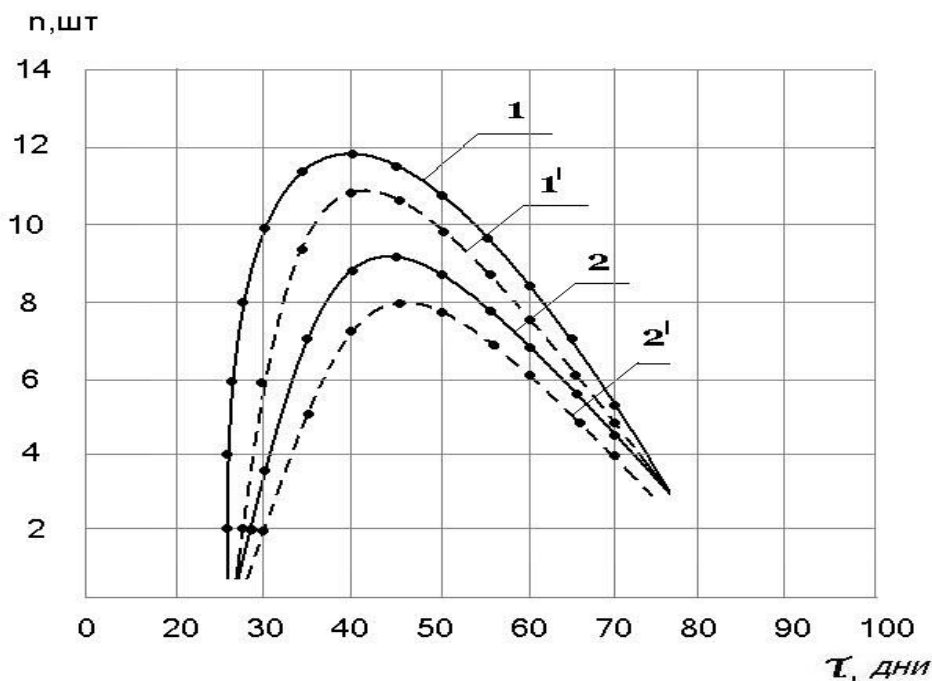


Рис. 3.23 Динамика количества цветов и плодов клубники в теплицах: 1 и 1' – в теплице со стеклянным покрытием; 2 и 2' – в теплице с многослойным покрытием; 1 и 2 – количество цветов; 1' и 2' – количество плодов.

У томатов и огурцов, выращенных в теплице с МПП количество цветков и плодов также меньше у аналогичных растений, выращенных в теплице со стеклянным покрытием на 15-20% (рис. 3.20,3.21).

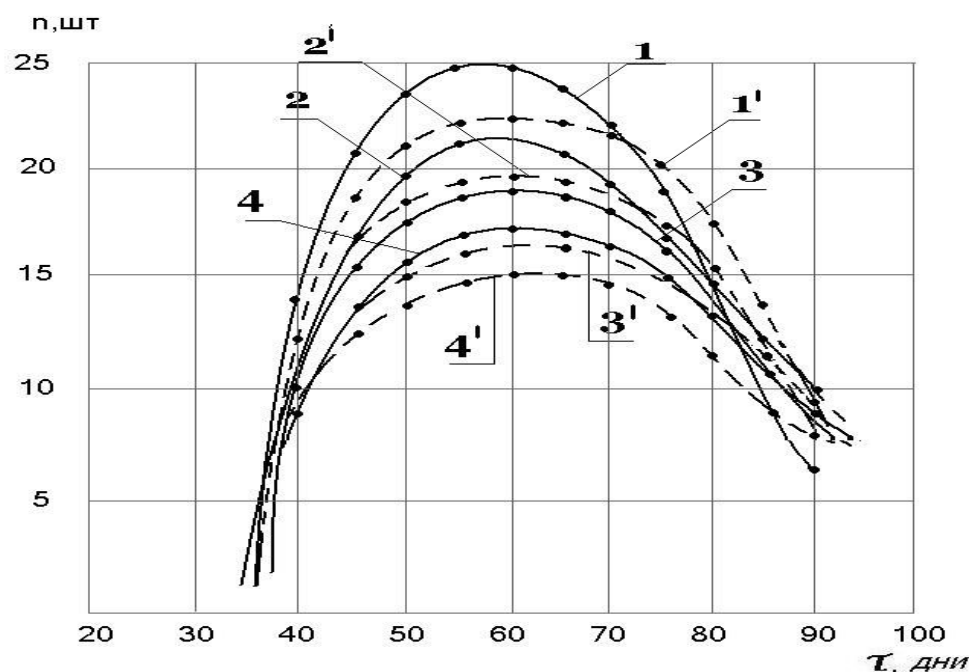


Рис. 3.24. Динамика количества цветов и плодов томатов в теплице со стеклянным покрытием: 1,1' – Черешня; 2,2' – Подарочный; 3,3' – ТМК; 4,4' – Волгоградский; 1, 2, 3, 4 – количество цветов; 1', 2', 3', 4' – количество плодов.

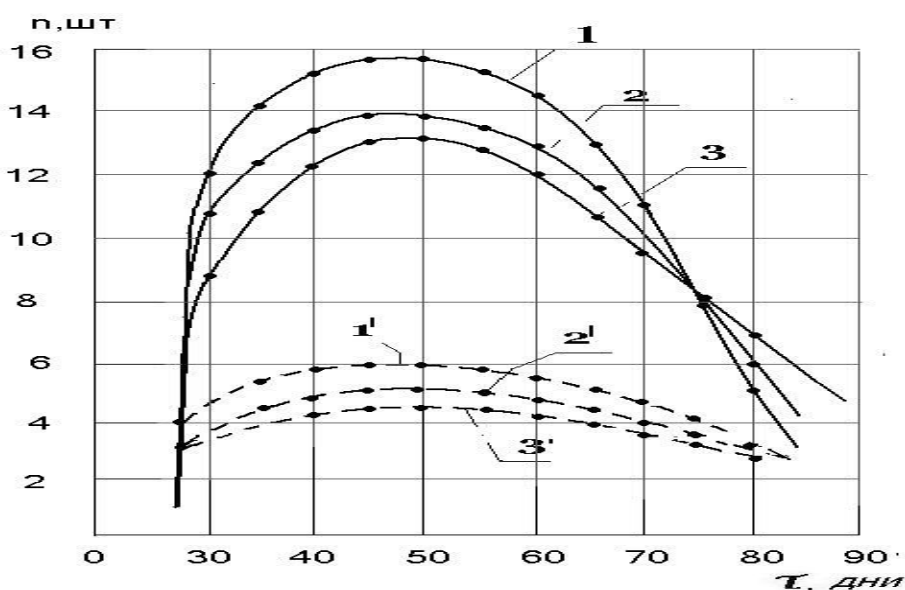


Рис. 3.25. Динамика количества цветов и плодов огурцов в теплице со стеклянным покрытием: 1, 2, 3 – количество цветов; 1', 2', 3' – количество плодов в теплице со стеклянным покрытием; 1,1' – Голландские; 2,2' – Конкурент; 3,3' – Арзу.





В таблице 3.3 приведены средние массы плодов и ягод испытанных культур.

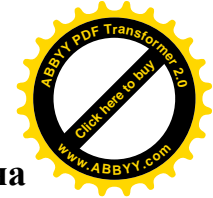
Таблица 3.3 - Средние массы плодов и ягод растений

Вид растения	Средняя масса плодов и ягод, грамм		(Мс– Ммпп)/ Мс, %
	В теплице со стеклянным покрытием (Мс)	В теплице с многослойным покрытием (Ммпп)	
Перец болгарский	71,6	68,3	4,6
Клубника	9,72	9,18	5,5
Томаты			
Волгоградский	86,3	81,6	5,4
Подарочный	74,5	71,2	4,4
ТМК	119,2	112,9	5,3
Черешня	14,1	13,5	4,2
Огурцы			
Голландские	339,5	317,4	6,5
Конкурент	227,3	216,9	4,6
Арзу	86,6	82,3	4,9

Как видно из таблицы, массы плодов всех культур выращенных в теплицах с разными прозрачными покрытиями также различаются.

Так, средний вес плодов болгарского перца, выращенного в теплице со стеклянным покрытием составляет 71,6 гр., а средний вес плодов, полученных в теплице с МПП составляет 68,3 гр., что на 4,6 % меньше.

Средний вес ягод клубники, выращенных в теплице со стеклянным покрытием и с МПП составляют соответственно 9,72 и 9,18 гр., т.е во втором случае средний вес ягод на 5,5 % меньше.



### 3.5.4. Исследование влияния многослойных покрытий теплиц на содержание сахарозы в плодах и ягодах культур

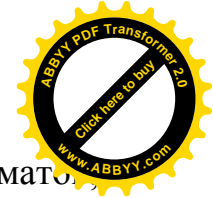
Содержание сахарозы в плодах и ягодах исследованных культур измерялся сахариметром – рефрактометром. Как известно, единицей измерения содержания сахарозы служит градус Брикс (Brix, °Вх) – мера массового отношения растворенной в воде (в нашем случае в жидкости, содержащейся в плодах и ягодах).

Содержание сахарозы в плодах и ягодах исследованных культур приведены в табл. 3.4.

Как видно из таблицы, содержание сахарозы в плодах болгарского перца, выращенного в теплице с МПП на 14,8% меньше, чем в плодах, полученных в теплице со стеклянным покрытием. У клубники такое уменьшение составляет 12,4%.

Таблица 3.4–Содержание сахарозы в плодах и ягодах растений

Вид растения	Содержание сахара, °Вх		°Вхс– °Вхмпп)/ °Вхс, %
	В теплице со стеклянным покрытием (°Вхс)	В теплице с многослойным покрытием (°Вхмпп)	
Перец болгарский	4,66	3,97	14,8
Клубника	9,52	8,34	12,4
Томаты			
Волгоградский	4,3	3,6	16,2
Подарочный	4,2	3,6	14,2
ТМК	4,1	3,6	12,2
Черешня	5,2	4,4	15,4
Огурцы			
Голландские	3,1	2,7	12,9
Конкурент	3,3	2,8	15,1
Арзу	3,2	2,7	15,6



Как видно из таблицы, содержание сахарозы в плодах томатов, выращенного в теплице с МПП от 12,2 до 16,2% меньше, чем в плодах, полученных в теплице со стеклянным покрытием. У огурцов такое уменьшение составляет 12,9 до 15,6%.

Массы плодов томатов и огурцов, выращенных в обоих типах теплиц приведены в табл. 3.

Результаты визуальных наблюдений за растениями в теплице со стеклянным покрытием и МПП приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5—Результаты визуальных наблюдений за растениями в теплицах

Растение	Показатели в теплице со стеклянным ПП	Показатели в теплице с многослойным покрытием
Томаты	Растут быстрее, больше цветков, ржавчиной болеют на две недели позже. Под обеими ПП лучше растет сорт Черри. Плоды краснеют на 4-5 дней раньше.	Растут медленнее, цветков меньше, к концу недели заболели ржавчиной, некоторые говлаган.
Огурцы	Растут и цветут лучше, сорт	Растут и цветут медленнее, листья сорта спецмастер стали засыхать,
Клубника	Растут, цветут и плодоносят примерно одинаково под обеими ПП.	Листья несколько бледно-зеленые,
Перец болгарский	Растет быстрее	Растет медленнее
Райхон	У пурпурного на листьях появились серо-зеленые пятна	Пятен намного меньше. Расцвели на 4-5 дней позже
Цветки	Растут и цветут лучше	Растут и цветут медленнее. Цвета пурпурных и красно-бархатных цветков несколько бледноватые.
Саженцы цитрусов	Боковые ответвления появляются через 1-1,5 см	Боковые ответвления появляются через 2-2,5 см



Следует отметить, что на практике в теплицах все слои МПП будут использованы в самые холодные дни. В зависимости от температуры воздуха внутри теплицы у МПП отдельные внутренние пленочные слои будут убираться и остается только стеклянное покрытие. Это уменьшает время отставания в росте растений в теплицах, где используются МПП.

### **Выводы по главе 3**

Таким образом, исходя из полученных в данной главе результатов можно сделать следующие выводы:

1. Энергетическая освещенность внутри теплиц вблизи вертикальных стен из-за возрастания отражения прямого солнечного излучения при больших углах падения отличается от ЭО в ее средней части, т.е. наблюдается так называемый краевой эффект;

2. Данный краевой эффект наблюдается на расстоянии менее  $H/10 \times 5$  и сильно выражено на расстоянии  $0,75-1 H/10$ , где  $H$  – высота боковой стенки теплицы;

3. Площадь теплицы вблизи вертикальной стенки, расположенная на восточной части получает больше количества солнечного излучения, чем площадь, расположенная вблизи западной стенки;

4. Данный эффект слабо выражен в случае ПП с внутренним полиэтиленовым покрытием из-за рассеивания солнечного излучения на пленке;

5. Наблюдающийся краевой эффект облученности площади теплиц вблизи вертикальных стен следует учитывать при научных экспериментах с растениями, проводимыми в теплицах, которые могут повлиять на результаты экспериментов;

6. Использование МПП, даже двухслойного ПП влечет за собой меньшую инсоляцию внутри теплицы по сравнению с однослойным покрытием. Это приводит к замедлению процессов фотосинтеза в растениях с вытекающими отсюда последствиями - уменьшение сахарозы в плодах и



ягодах, уменьшение количества (массы) урожая, несколько позднее созревание;

7. Скорости роста испытанных видов культур в теплице с ММП соответственно от 5% до 20% ниже, чем в теплице со стеклянным покрытием;

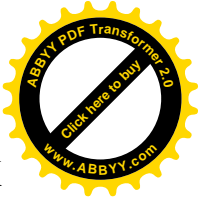
8. Флуоресценция хлорофилла листьев растений в теплице с МПП уменьшается на 13-14%, количество сахарозы в плодах и ягодах – на 12-14%, а средняя масса плодов и ягод – на 5-7% по сравнению с теми же показателями растений в теплице со стеклянным покрытием;

9. В многослойных теплицах необходимо принять меры по дополнительному освещению растений в фотосинтетически активной области спектра дополнительным источником излучения;

10. При периодическом использовании МПП во время холодных суток и при меньшем количестве рабочих слоев ПП следует ожидать меньшее отставание роста и урожайности растений;

11. При строгом определении экономического эффекта необходимо учитывать и несколько позднее созревание урожая в теплицах с многослойным ПП. Это может привести к потерям в цене продаваемого урожая;

12. Несмотря на некоторое отставание в росте и урожайности растений, использование ММП вполне себя оправдывает, так как обеспечивая необходимый температурный режим внутри теплицы позволяют в принципе выращивать растения в холодных и суровых условиях горных регионов Кыргызстана, тогда как осуществить это в теплицах с обычными ПП затруднительно, из-за больших затрат на обогрев теплицы.



## **Глава IV. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГЕЛИОТЕПЛИЦ**

Из 112 месторождений подземных источников только 17 являются термальными, т.е. их температура превышает 20°C /114-116/. Из них некоторые используются в медицинских целях (месторождения Джалал-Абад, Жети-Огуз, Жылы-Суу. Иссык-Ата) для излечения ряда болезней. Другие используются как источники минеральных столовых вод или вообще не используются.

Проведенный эксергетический анализ ГТИЭ Кыргызстана, позволит определить наиболее оптимальные пути их энергетического использования для теплоснабжения теплиц.

### **4.1. Анализ геотермальных ресурсов Кыргызстана и их теплоэнергетические характеристики**

Необходимо отметить, что ГТИЭ Кыргызстана относятся к категории энергетически низко потенциальных (с температурой до 70°C), что требует особого подхода при выборе технологии их использования.

Район Средней Азии в целом, в том числе Кыргызстан имеет индивидуальный тепловой режим, связанный с историей тектонического развития региона, возрастом и активностью геодинамических процессов.

В южном регионе Кыргызстана преобладают геотермальные районы с пластовыми напорными системами, образовавшиеся мощными осадочными комплексами мезозойско-казнозойского возраста /117-125/.

В горных регионах преобладают трещинные и пластово - трещинные водонапорные системы складчатых областей, испытавших интенсивное воздействие новейшего тектогенеза.

Полученные многими исследователями результаты показывают, что вклад мантийной и нижнекоровой составляющей в суммарный глубинный тепловой поток территории Кыргызстана в среднем не превышает 15-20 %.



Соответственно вклад верхнекоровой (существенно-радиогенной) составляющей достигает 80-85 % /1,3/.

Сопоставление карты сейсмического районирования Кыргызстана равномасштабной картой теплового потока, приведенного к глубине 1км от земной поверхности показывает соответствие зон повышенного потока и интенсивности землетрясений и наоборот /125/.

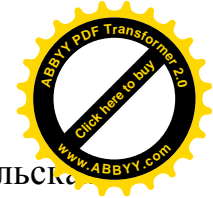
Результаты геолого-геофизических исследований литологического состава структуры осадочного слоя впадин, измерения температур и геотермических градиентов позволили выделить площади, перспективные для поисков месторождений пластовых геотермальных вод на глубинах до 2 км и благоприятные для использования петротермальной энергии нижней части осадочного слоя на глубинах до 5км /117, 122-124/.

Артезианские бассейны межгорных впадин Тянь-Шаня, Восточно-Чуйская, Иссыккульская, восточная часть Ферганской и ряд более мелких впадин, в пределах которых расположены населенные пункты и промышленные центры, являются значительными источниками геотермальной (гидротермальной и петротермальной) энергии, доступными для использования. Эти населенные пункты и промышленные центры являются потенциальными потребителями геотермальной энергии.

В Восточно-Чуйской впадине выделена обширная Предкыргызская-Бишкекская перспективная зона длиной до 150км и шириной 10-30км с прогнозируемыми глубинами залегания геотермальных вод  $H = 1,5-2$ км. Эти данные были подтверждены поисковым бурением на территории Бишкека.

В Иссык-Кульской впадине определены размеры Чолпон-Атинской площади месторождений горячих геотермальных вод с  $H=1$  км, протянувшейся по северному побережью озера Иссык-Куль на 60км при ширине 5-7км /122 /.

Выделены высокоперспективные Балыкчинская (20x30км) и Тоссорская (35x5км) площади с  $H=1$  км и более в неоген-четвертичных



осадках, Тюпская (70x10км), Петровская (40x15км) и Каракольская (30x15км) с  $H=1,4$ км //.

Вся восточная часть Ферганской впадины, ограниченная на западе по меридиану, а на юге по широте г. Ош, является перспективной для поисков месторождений пластовых геотермальных вод с  $H=1-1,5$ км. При этом наиболее перспективны территории Майли-Суйского и Карагундайского выступов, а в их пределах - площади нефтегазовых месторождений Кочкор-Ата, г. Джалал-Абад, где температуры более  $42^{\circ}\text{C}$  достигаются в неогеновых отложениях на глубинах менее 1км /122-124/.

В Нарынской и Джумгальской впадинах прогнозируемые глубины пластовых месторождений геотермальных вод составляют 1,3-1,5км и более.

Для использования петротермальной энергии перспективна центральная часть Предкыргызского прогиба Восточно-Чуйской впадины, мощность осадочного слоя которого достигает 5-6км. В ее западной Чалдоварско-Панфиловской подзоне температуры в осадках верхнего палеозоя, включающих горизонты с неплохими фильтрационными свойствами, по расчетам достигают  $120-150^{\circ}\text{C}$  /117, 121/.

Нижняя часть кайнозоя восточной Байтигской подзоны, залегающего прямо на кристаллическом фундаменте прогиба, характеризуется температурами до  $100^{\circ}\text{C}$  и более.

Температуры более  $100^{\circ}\text{C}$  в осадочном слое Иссык-Кульской впадины достигаются только в ее восточной части - Предтерской прогибе и Сухо-Хребтинско-Гасминском поднятии. Наибольший интерес представляет зона поднятия, где на глубинах 4-4,2км в нижней части кайнозойских осадков установлены температуры  $130-144^{\circ}\text{C}$ . На меловых осадках Майли-Суйского выступа на глубинах более 3км можно получить температуру более  $100^{\circ}\text{C}$ .

В настоящее время в Кыргызстане имеются 17 источников геотермальной энергии, представляющих интерес с точки зрения их энергетического использования, основные параметры которых приведены в





табл. 4.1 /114/. Как видно из таблицы, по температуре геотермальных источников Кыргызстана относятся к низко потенциальным.

По дебиту разведанные и прогнозные запасы геотермальных вод по Кыргызстану составляют соответственно 25,46 и 37,026 тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

Применительно к использованию тепловой энергии ГТИЭ можно сказать, что эксергия тепла источника определяется той долей тепловой энергии, которая может быть непосредственно использована при осуществлении того или иного технологического процесса.

Первым показателем, определяющим наибольшее теоретически возможное значение эксергии является термический к.п.д. при переходе теплоносителя от начального состояния до конечного после отработки.

В приложении 1 приведены характеристики наиболее перспективных геотермальных источников, расположенных на территории Кыргызстана (которые могут быть использованы в качестве дополнительного источника для теплоснабжений гелиотеплиц).

В табл. 4.1. приведены термические к.п.д. геотермальных источников, рассчитанные нами при различных температурах циркулируемого теплоносителя для гелиотеплиц.

Данная таблица показывает возможности использования в качестве дополнительного источника для теплоснабжения гелиотеплиц.

Как видно из таблицы, энергия большинства ГТИЭ эффективно может быть использована в целях отопления жилых домов, используя напольную систему, где можно использовать теплоноситель с температурой около 40°C, а также для теплоснабжения теплиц, где не требуется обеспечения постоянной температуры круглосуточно, как в жилых домах /126,127/.

Тепловую энергию ряда источников, например, источников Иссык-Кульской области (Жети-Огуз, Жыргалан, Чолпон-Ата, Бар-Булак) и Баткенской области (Жылы-Суу, Кызыл-Таш), также, можно использовать для получения электрической энергии.



Таблица 4.1 – Теплоэнергетические характеристики геотермальных источников

№ п.п.	Район, месторождение	Темпер. горячей воды, °С	Термический КПД ГТИЭ при температуре охладителя, %			
			T <sub>x</sub> = 20 °С	T <sub>x</sub> = 30°С	T <sub>x</sub> = 40°С	T <sub>x</sub> = 50°С
1	Жылы-Суу, Баткен	60	66,6	50,0	33,3	16,6
2	Иссык-Ата, Чуйск.дол.	55	63,6	45,4	27,2	9,0
3	Сары-Жаз, Иссык-Куль	50	60,0	40,0	20,0	
4	Кочкор-Ата, Дж-Абад	49	59,2	38,7	18,3	
5	Чаек, Нарын	48,5	58,7	38,1	17,5	
6	Чолпон-Ата, Иссык-Куль	48	58,3	37,5	16,6	
7	Жыргалан, Иссык-Куль	46	56,5	34,7	13,0	
8	Бар-Булак, Иссык-Куль	44	54,5	31,8	9,0	
9	Джалал-Абад	43,5	54,0	31,0	8,0	
10	Жоти-Огуз, Иссык-Куль	42	52,3	28,5	4,7	
11	Кызыл-Таш, Баткен	42	52,3	28,5	4,7	
12	Жуукучак, Иссык-Куль	34	41,1	11,7		
13	Жыды-Суу, Алай	30	30,3			
14	Боз-Учук, (Иссык-Куль)	30	30,3			
15	Аламедин, Бишкек	30	30,3			
16	Чангыр-Таш, Дж-Абад	30	30,3			
17	Майли-Сай, Дж-Абад	22	9,0			

По данным Южнокыргызской гидрогеологической экспедиции, для пробуривания скважины глубиной 1500м требуется 600 000 сом. Если учесть, что геотермальные скважины как правило, эксплуатируются как минимум 20 лет, а в среднем 30 лет, то эти расходы вполне себя оправдают.

Геотермальные воды с более высоким потенциалом месторождения как «Жылы -Суу Баткенского района, «Иссык-Ата» Чуйской долины и «Сары-



Жаз» Иссык-Кульской области могут быть использованы для осуществления последовательно нескольких технологических процессов по мере снижения теплового потенциала воды.

Как показывает практика основными факторами, препятствующими практическому использованию геотермальных источников Кыргызстана остаются либо отдаленность источника населенных пунктов, либо их небольшой дебит.

Что касается дебита источника, то бурением достаточного количество скважин можно добиться такого дебита, который обеспечивал бы намеченный технологический процесс.

#### **4.2. Исследование возможности использования энергии геотермальных источников для теплоснабжения теплиц**

Как видно из вышеприведенных таблиц, энергия большинства ГТИЭ может быть использована в целях теплоснабжения таких объектов, как теплицы, где не требуется обеспечение постоянной температуры круглосуточно.

В теплицах, предназначенных для выращивания некоторых овощных культур, в ночное время достаточно предохранение растений от промерзания, поддержание температуры на уровне не ниже  $8-10^{\circ}\text{C}$ .

В дневное же время за счет солнечной энергии, даже в условиях облачной погоды, как было показано в предыдущем разделе настоящей работы, температура в теплицах поднимается до  $30-36^{\circ}\text{C}$  и выше, достаточного для нормального протекания реакций фотосинтеза и развития растений.

При имеющемся тепловом потенциале ГТИЭ необходимо использовать такие виды теплиц, которые имеют наименьшие тепловые потери: теплицы траншейного типа и с многослойным прозрачным покрытием (стеклянной или пленочной). Как известно, в теплицах траншейного типа теплотери почти в два раза меньше, чем в обычных теплицах /43, 51/.



Как было показано в главе 1, теплотери от прозрачного покрытия составляет значительную часть общих теплотерь теплицы, поэтому необходимо стремиться уменьшить долю остекленной поверхности теплиц без ущерба (или с небольшим ущербом) освещенности растений. Для этого было бы целесообразно выбирать конструкции теплиц, северная сторона которой выполнена из кирпича (или другого строительного материала) и с одним скатом двойного прозрачного ограждения (стекло) с уклоном на южную сторону.

При достаточном дебите геотермального источника часть воды можно использовать и для обогрева грунта.

Удельные теплотери от двойных прозрачных ограждений таких теплиц, по нашим расчетам, составляют 0,95- 0,110 Вт/м<sup>2</sup> °С (конвективные потери и потери излучением).

Для отопления теплиц целесообразно применение регистров из гладких труб, коэффициент теплопередачи которых составляет 10,5 – 14,5 Вт/м<sup>2</sup> °С. Регистры устанавливаются по традиционной схеме – у фундамента теплицы.

Эффективность использования энергии ГТИЭ можно повысить использованием в системе тепловых насосов. Это позволит повысить КПД системы отопления в среднем в среднем в три раза /39, 129/.

В табл. 4.4. приведены расчетные площади теплиц с различными ПП для различных ГТИ Кыргызстана. Расчеты проведены на основе уравнений теплового баланса с учетом теплотерь различных типов ПП.

Таким образом, расчеты показывают, что энергия геотермальных источников могут быть использованы в теплоснабжении гелиотеплиц с относительно небольшой площадью (индивидуального или фермерского типов) для выращивания овощей.



Таблица 4.4 – Расчетные площади гелиотеплиц с различными прозрачными покрытиями на обогреве от геотермальных источников Кыргызстана

№ п.п.	Район, месторождение	Темпер. горячей воды, °С	Площадь теплицы, м <sup>2</sup> с прозрачным покрытием из:			
			Стекло	Полиэтилен	Ст+П+П+П	Ст+П ячеистый
1	Жылы-Суу, Баткен	60	26	23	42	38
2	Иссык-Ата, Чуйск.дол.	55	23	20	39	35
3	Сары-Жаз, Иссык-Куль	50	21	18	33	28
4	Кочкор-Ата, Дж-Абад	49	20	17	31	26
5	Чаек, Нарын	48,5	20	17	31	26
6	Чолпон-Ата, Иссык-Куль	48	20	17	31	26
7	Жыргалан, Иссык-Куль	46	19	16	30	25
8	Бар-Булак, Иссык-Куль	44	18	16	28	25
9	Джалал-Абад	43,5	18	16	28	24
10	Жоти-Огуз, Иссык-Куль	42	17	14	26	23
11	Кызыл-Таш, Баткен	42	17	14	26	23
12	Жуукучак, Иссык-Куль	34	15	12	23	20
13	Жыды-Суу, Алай	30	12	9	20	16
14	Боз-Учук, (Иссык-Куль)	30	12	9	20	16
15	Аламедин, Бишкек	30	12	9	20	16
16	Чангыр-Таш, Дж-Абад	30	12	9	20	16
17	Майли-Сай, Дж-Абад	22	-	-	-	-

#### 4.3. Разработка методики оценки экономической эффективности гелиотеплиц с различными прозрачными покрытиями

Как мы уже видели в главе 3 настоящей работы, эффективность теплиц во многом определяется теплоизоляционными и оптическими свойствами ее прозрачного покрытия (ПП).



Анализу энергетической эффективности и организации рационального использования топливно-энергетических ресурсов при обогреве теплиц посвящены ряд фундаментальных работ /130-137/.

Абсолютную экономическую эффективность (ЭЭ) теплиц можно оценить расчетом или экспериментально, учитывая затраты на их изготовление, сроки службы, амортизационные расходы, расходы на отопление, и т. д. Следовательно, абсолютную ЭЭ можно отнести к конкретной гелиотеплице.

ЭЭ теплиц с тем или иным видом ПП можно оценить как в абсолютных, так и в относительных показателях, т.е. по сравнению другой, идентичной по размерам теплице с традиционным прозрачным покрытием.

Абсолютную ЭЭ гелиотеплиц можно оценить с определенной точностью с помощью методик, предложенных в работах /138, 139/. Однако, при этом необходимо учитывать особенности гелиотеплиц как материальных объектов, дающих продукцию и особенности их работы в течение календарного года.

Как показали наши исследования, результаты которых приведены выше, при использовании того или иного ПП на одной и той же теплице меняется не только стоимость, амортизационные расходы, расходы на отопление, но и количество а также качество урожая, сроки их созревания и др. /8,9/.

Очевидно, что в первую очередь расходы на отопление гелиотеплиц определяются теплоизоляционными свойствами ПП. Чем больше разница в теплоизоляционных свойствах ПП, тем больше сравнительная экономическая эффективность последнего.

С другой стороны, использование многослойного, даже двухслойного ПП, как показано в предыдущей главе, приводит к уменьшению количества проникающей в теплицу солнечной радиации.



По сравнению теплицей со стеклянным покрытием, урожайность более 10 видов плодовых и ягодных культур (клубника, перец болгарский, 4 сорта томатов, 3 сорта огурцов), выращенных в теплице с многослойным покрытием снижается на 10-15%. Кроме этого, также на 6-10% снижается масса урожая.

Содержание сахарозы в продуктах также снижается на 5-12%. Снижение массы и сахарозы влечет за собой снижение сортности, следовательно, стоимости продуктов.

С этой точки зрения а также по аналогии с методикой оценки экономического эффекта от использования новой техники в области возобновляемой и нетрадиционной энергетики /16/ оценку годового ЭЭ гелиотеплицы от использования того или иного вида ПП можно оценить по формуле:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & (V_T C \tau_T - V_p C \tau_p) - \{[(Z_p + A_p L_p)/L_p] - (Z_T + A_T L_T)/L_T\} + \\ & + [(M_T C_T) - (M_p C_p)] \end{aligned} \quad (4.8)$$

где,  $V_T$  и  $V_p$  – соответственно объемы (масса, количество) потребляемого энергоносителя (или количество электроэнергии) за одни сутки в случае использования традиционного и разработанного (нового) прозрачного покрытия;  $C$  – стоимость единицы энергоносителя, используемого для обогрева теплицы;  $\tau_T$  и  $\tau_p$  – соответственно продолжительности потребления энергоносителя в теплице с традиционным и разработанным прозрачным покрытиями (сутки);  $Z_T$  и  $Z_p$  – соответственно затраты на изготовление и монтаж традиционного и разработанного прозрачного покрытий;  $A_T$  и  $A_p$  – соответственно амортизационные расходы на эксплуатацию традиционного и разработанного прозрачных покрытий;  $L_T$  и  $L_p$  – соответственно сроки службы традиционного и разработанного прозрачного покрытий.



$M_t$  и  $M_p$  – соответственно массы собираемого урожая продукта теплице с традиционным и разработанным покрытиями (кг) ;  $С_t$  и  $С_p$  – соответственно средние стоимости единицы массы продукта, выращенного в теплице с традиционным и разработанным прозрачным покрытием.

Из приведенного выше выражения видно, что при прочих равных условиях (климатические факторы, сорта растений, затраты на уход (удобрение, полив и др.) ЭЭ гелиотеплиц с традиционным или новым, например, многослойным видом ПП определяется как разница между прибылью, получаемой от использования нового ПП - экономии топливных ресурсов на отопление (обогрев) гелиотеплиц и убытками, обусловленными изготовлением и эксплуатацией многослойного покрытия – уменьшением массы и стоимости собранного урожая из этих теплиц.

В табл. 4.4. приведены стоимостные показатели и ожидаемые сроки службы разработанных нами ПП а также для сравнения - и традиционно использующихся ПП (стекло, полиэтилен).

Цены материалов и курс доллара США взяты как средние за сентябрь месяц 2013г.

Как видно из таблицы, наиболее приемлемыми стоимостными характеристиками и сроками службы наряду с хорошими теплоизоляционными свойствами обладают поликарбонат и разработанные нами прозрачные покрытия.

Благодаря лучшим теплоизоляционным свойствам экономический эффект, достигаемый за счет экономии топливно-энергетических ресурсов из-за использования разработанного ПП составляет 185,4 сом в национальной валюте Кыргызстана или \$3,8 на  $1\text{ м}^2$  площади ПП за отопительный период по сравнению с теплицей со стеклянным покрытием.

В то же время, потери за счет уменьшения урожайности, снижения сортности и позднего созревания плодов составляет сом 87,6 сом (\$1,8) с  $1\text{ м}^2$  площади теплицы.



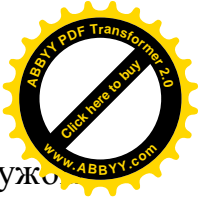


Таблица 4.4 – Стоимостные показатели и ожидаемые сроки службы прозрачных покрытий теплиц

№ пп	Вид прозрачного покрытия	Стоимость 1м <sup>2</sup> , сом/долл. США	Стоимость алюмин. переплета с уплотнен. сом/долл. США	Общая стоимость ПП в переплете сом/долл. США	Ожидаем. срок службы, год
1	Стекло $\delta = 4,76$ мм	390/7,96	120/2,4	510/10,3	10
2	Полиэтилен $\delta = 0,1$ мм	13,30/0,27	120/2,4	133/2,67	1
3	ПЭТФ $\delta = 0,050$ мм	22,0/0,44	120/2,4	142/2,84	2
4	Поликарбонат ячеистый $\delta = 8$ мм	1372,0/28,0	120/2,4	1492/30,4	6
5	Стекло + полиэтилен	403,30/8,23	240/4,8	643,3/13,03	6
6	\Стекло + полиэтилен + полиэтилен	416,60/360/7,3	360/7,3	776,6/15,8	6
7	Стекло + полиэтилен + полиэтилен + политэтилен	429,92/8,77	480/9,8	909,9/18,5	6
8	ПЦП-9,0	461,70/9,3	120/2,4	581,7/11,8	1
9	ПЦП-21,2	456,7/9,3	120/2,4	576,7/11,7	1
10	Стекло + полиэтилен гофрированный	410,4/8,37	120/2,4	530,4/10,7	6



Таким образом, использование в теплицах многослойных ПП несмотря на незначительные потери в качестве и сроках созревания урожая позволяет в суровых климатических условиях (например, в горных регионах Кыргызстана) выращивать в теплицах свежие овощи, ягоды и фрукты и тем самым в определенной степени решить проблему обеспечения населения этих регионов свежими овощами и плодами.

#### 4.4. Погрешности экспериментальных измерений

Нами оценены погрешности экспериментов по определению наиболее важных технических и эксплуатационных параметров разработанных ПП и гелитеплиц. К таким параметрам относятся:

- плотность интегрального солнечного излучения;
- коэффициенты светопропускания светопрозрачных покрытий;
- температуры воздуха и почвы;

Ниже приведены методика оценки и величины погрешности измерений указанных параметров, определенных прямым или косвенным способом.

При оценке значений ошибок измерений использовалась методика, изложенная в /139-143/.

**1. Определение погрешности измерений величины плотности интегрального солнечного излучения.** Измерение плотности интегрального солнечного излучения производилось с помощью пиранометра Apogee MP – 200 производства США, диаметр фотоприемника которого составлял 10мм. Погрешность измерений, согласно паспортным данным данного прибора составлял не более  $\pm 3\%$

Плотность интегрального солнечного излучения в фотосинтетически активной области солнечного спектра (ФАОС) измерялся с помощью пиранометра Fieldscout Quantum Light Meter модели 3415 FXSELightscout Spectrum TechnologiesInc ([www.specmeters.com](http://www.specmeters.com)). Диаметр фотоприемника



прибора составляет 12мм. Погрешностью измерения данного прибора согласно паспортным данным составляет не более  $\pm 3\%$ .

**2. Погрешности измерений при определении коэффициентов светопропускания прозрачных покрытий.** Во время экспериментов измерялись интегральные коэффициенты светопропускания однослойных и многослойных прозрачных покрытий. При этом использовались те же измерительные приборы, которые использовались для измерения плотности интегрального солнечного излучения. Следовательно, погрешности определения коэффициентов светопропускания прозрачных покрытий не превышала  $\pm 3\%$ .

**3. Погрешности при измерения температуры воздуха и почвы.** Измерения температуры воздуха в зависимости от характера экспериментов производились двумя приборами – термопарами и лабораторными ртутными термометрами.

В случае экспериментов по определению теплотехнических характеристик прозрачных покрытий нами использовался термопарный измерительный прибор типа ВК Precision 2706В с медно-копелевой термопарой (датчиком), с погрешностью измерения  $0,1^{\circ}\text{C}$ , производства США с датчиком (термопарой) и измерительным прибором (цифровым) в комплекте.

Таким образом, максимальная абсолютная погрешность измерения температуры воздуха при экспериментах составляет  $0,1\%$ .

Измерения температуры воздуха внутри теплицы, окружающего воздуха и грунта внутри теплицы производились с помощью ртутных лабораторных термометров класса точности 1,0 и спиртовыми термометрами диапазоном измерений  $0 \div 100^{\circ}\text{C}$  с точностью измерений  $1^{\circ}\text{C}$ .

Температура грунта измерялась с помощью грунтовых ртутных термометров также класса точности 1,0.

С учетом предельной погрешности показаний и ошибки при визуальном отсчете по шкале термометра по вышеизложенной методике максимальная



абсолютная погрешность измерения температуры рабочей воды в СВ составляет  $1,0^{\circ}\text{C}$  т.е. 1%.

Расчеты показали, что распределение дисперсии ошибок всех измерений подчиняется нормальному закону.

#### **Выводы по главе 4.**

Исходя из проведенного анализа возможности использования ГТИЭ Кыргызстана можно сделать следующие выводы:

1. Кыргызстан обладает достаточно большими ресурсами ГТИЭ, используя которых вполне можно решить ряд народнохозяйственных задач и экономить при этом весьма значительные традиционные энергоресурсы;

2. На сегодняшний день без особых затрат ряд ГТИЭ Кыргызстана можно использовать для обогрева гелиотеплиц небольшого размера, используемых на приусадебных участках;

3. Для более широкого и эффективного использования энергии геотермальных источников необходимо пробуривание скважин, создание подземных тепловых котлов взрывным методом или методом гидравлического разрыва пластов и существенно увеличить дебит и температуру источников;

4. Необходимо разработать и внести на рассмотрение соответствующих правительственных органов, местных администраций программ и проектов по широкому использованию ГТИЭ в народном хозяйстве Кыргызстана;

5. Необходимо вести широкую и научно-обоснованную пропаганду путей и методов использования геотермальных источников среди населения;

6. Однако, при всех своих, если можно так сказать, «недостатках» использование энергии геотермальных источников, например, в теплоснабжении сельскохозяйственных объектов, является целесообразным и экономически оправданным;



7. На экономические показатели гелиотеплиц с МПП оказывают влияние два противоборствующих фактора. Первый - это незначительные потери в качестве и сроках созревания урожая и второй - возможность в суровых климатических условиях (например, в горных регионах Кыргызстана) выращивать в теплицах свежие овощи, ягоды и фрукты и тем самым в определенной степени решить проблему обеспечения населения этих регионов свежими овощами и плодами.

Разработанная нами методика позволяет количественно и качественно учитывать оба эти фактора.

8. Погрешности измерений основных характеристик прозрачных покрытий и гелиотеплиц не превышает  $\pm 3\%$ , что можно считать вполне удовлетворительным. Распределение дисперсии ошибок всех измерений подчиняется нормальному закону.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные заключения по результатам исследований можно сформулировать следующим образом:

1. Разработано многослойное, с переменным количеством слоев и трансформируемое ПП для гелиотеплиц, обладающее высокими прочностными и теплоизоляционными свойствами, в несколько раз превышающими теплоизоляционные свойства традиционно используемых ПП и позволяющее поддерживать инвариантным температуру воздуха внутри теплицы. Получен патент Кыргызской Республики №1468 на гелиотеплицу с таким ПП;

2. Разработано двухслойное ПП с наружным стеклянным и внутренним гофрированным пленочным слоем, обладающее высокими теплоизоляционными свойствами благодаря горизонтальным замкнутым воздушным каналам небольшого сечения, образующихся между стеклом и пленкой;

3. Разработано многослойное пленочное ПП с цилиндрическими элементами, образующие замкнутые горизонтальные воздушные пространства между наружными пленочными покрытиями и имеющая высокие теплоизоляционные свойства, позволяющее покрывать им гелиотеплицы с криволинейными профильными элементами;

4. Использование в теплицах разработанных ПП позволит с одной стороны экономить топливные ресурсы, необходимые для отопления теплиц, а с другой – строить и эксплуатировать теплицы в более холодных горных регионах Кыргызстана с обильным снегом и сильными ветрами, где пока невозможно эксплуатировать теплицы с традиционными стеклянными или пленочными покрытиями;

5. Конвективный перенос теплоты в межслойном пространстве многослойных гелиотеплиц не существенен при ширине межслойного пространства в интервале 5-10 мм и сравним с величиной переноса теплоты



теплопроводностью воздуха. Величина конвективной составляющей переноса теплоты возрастает линейно в зависимости от величины температурного напора и величины межслойного пространства гелиотеплиц;

6. Энергетическая освещенность внутри теплиц вблизи вертикальных стен из-за возрастания отражения прямого солнечного излучения от ПП при больших углах падения отличается от энергетической освещенности в ее средней части, т.е. наблюдается так называемый краевой эффект. Данный эффект наблюдается на расстоянии менее  $H/10 \times 5$  и сильно выражено на расстоянии  $(0,75 \div 1)H/10$  ( $H$  – высота вертикальной стены теплиц). Площадь теплицы вблизи вертикальной стенки, расположенная на восточной части получает больше количества солнечного излучения, чем площадь, расположенная вблизи западной стенки. Данный эффект слабо выражен в случае ПП с внутренним полиэтиленовым покрытием из-за рассеивания солнечного излучения в пленке;

7. Меньшее поступление солнечной радиации в гелиотеплицы с МПП по сравнению с теплицами со стеклянным покрытием уменьшает фотосинтетическую активность хлорофилла растений на 13-14%, что обуславливает отставание растений в росте на  $5 \div 20\%$ , уменьшение количества цветов, соответственно количества и массы плодов на  $5 \div 7\%$ , а также количества сахарозы в них на  $12 \div 14\%$ . В многослойных теплицах необходимо принять меры по дополнительному освещению растений в фотосинтетически активной области спектра дополнительным источником излучения;

8. Несмотря на некоторое отставание в росте и урожайности растений, использование ММП вполне себя оправдывает, так как обеспечивая необходимый температурный режим внутри теплицы позволяют в принципе выращивать растения в холодных и суровых условиях горных регионов Кыргызстана, тогда как осуществить это в теплицах с обычными ПП затруднительно из-за больших затрат на обогрев теплицы;



9. Кыргызстан обладает достаточно большими ресурсами ГТИЭ, используя которых вполне можно решить ряд народнохозяйственных задач и в первую очередь - теплоснабжения сельскохозяйственных объектов и экономить при этом весьма значительные традиционные энергоресурсы.

На сегодняшний день без особых затрат ряд ГТИЭ Кыргызстана можно использовать для дополнительного обогрева гелиотеплиц небольшого размера, используемых на приусадебных участках. Рассчитаны площади гелиотеплиц, с различными ПП, которые можно отапливать с помощью 17 ГТИЭ Кыргызстана.

10. На экономические показатели гелиотеплиц с МПП оказывают влияние два противоборствующих фактора. Первый - отрицательный - это незначительные потери в качестве и сроках созревания урожая и второй - положительный - возможность в горных регионах Кыргызстана выращивать в теплицах свежие овощи, ягоды и фрукты и тем самым в определенной степени решить проблему обеспечения населения этих регионов свежими овощами и плодами.

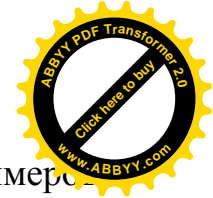
Разработана методика оценки экономической эффективности позволяющая учитывать оба эти фактора.



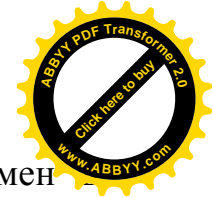


## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Даффи Дж.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. Пер. с англ. [Текст]: / Дж.А. Даффи, У.А. Бекман - Москва: Мир,1977. –С. 420.
2. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии [Текст]: / Дж. Твайделл , А.М. Уэйр - Энергоатомиздат,1990. –С. 391.
3. Бринкворт Дж. Солнечная энергия для человечества. Пер. с англ. [Текст]: / Дж. Бринкворт - Москва: Мир,1977. –С. 235.
4. Мак-Вейг Д. Применение солнечной энергии. Пер. с англ. [Текст]: / Д.М. Мак-Вейг – Энергоиздат,1981. –С. 193.
5. Хайритдинов Б.Э. Блочная теплица [Текст]: / Б.Э. Хайритдинов – Ташкент: Фан,1982. –С. 46.
6. Вардияшвили А.Б., Ким В.Д., Мурадов М.О. Солнечная теплица полуцилиндрического типа с пленочным покрытием [Текст]: / А.Б. Вардияшвили, В.Д. Ким, М.О. Мурадов - Гелиотехника,1982. -№ 1. –С. 50-52.
7. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки [Текст]: / Н.В. Харченко - Москва: Энергоатомиздат,1991. –С. 208.
8. Андерсон Б. Солнечная энергия (основы строительного проектирования) [Текст]: / Б.М. Андерсон - Стройиздат,1982. –С. 327.
9. Садыков Г.А., Вардияшвили А.Б. Гелиотеплицы и их тепловой расчет [Текст]: / Г.А. Садыков, А.Б. Вардияшвили – Ташкент: Фан,1977. –С. 79.
10. Исманжанов А.И. Возобновляемая и нетрадиционная энергетика. Учебн. пособие. [Текст]: / А.И. Исманжанов – Ош: КУУ, 2009. –С. 157.
11. Шуваев Ю.Н. Теплицы, парники, укрытия для садовых и приусадебных участков [Текст]: / Ю.Н. Шуваев - Москва: Феникс,1997. –С. 314.
12. Ганичкина Л.В., Курдюмов Б.А., Бекетт Ю.А. и др. Теплицы и парники [Текст]: / Л.В. Ганичкина, Б.А. Курдюмов, Ю.А. Бекетт - Москва: Оникс,2011. –С. 324.
13. Скрипник И.И., Алексеев Д.И., Бондарев О.Б. и др. Теплицы, парники, пленочные укрытия, оранжереи и другие укрывные сооружения [Текст]: / И.И. Скрипник, Д.И. Алексеев, О.Б. Бондарев - Москва: Мультимедиа,2012. –С. 288.
14. Роджер М. Урожайные теплицы и парники. Пер. с англ. [Текст]: / М. Роджер - Москва: «Клуб семейного досуга»,2011. –С. 224.
15. Бровцин В.Н. Исследование температуры субстрата в стеллажных теплицах [Текст]: / В.Н. Бровцин - Механизация и электрификация сельского хозяйства,1984. -№4. –С. 5-7.
16. Хессайон Д.Г. Все о теплицах и зимних садах. Пер. с англ. [Текст]: / Д.Г. Хессайон - Москва: Кладезь-Букс,2010. –С. 128.



17. Сперанская Т.А., Тарутина Л.И. Оптические свойства полимеров [Текст]: / Т.А. Сперанская, Л.И. Тарутина – Ленинград: Химия,1976. –С. 136.
18. Заседателев И.Б., Шифрин С.А. Изменение оптических характеристик светопрозрачных покрытий [Текст]: / И.Б. Заседателев, С.А. Шифрин – Ташкент: Гелиотехника,1987. -№ 4. -С. 37-40.
19. Поликарбонаты. Каталог. НПО «Пластмассы». Черкассы,1986, [www.prorastaika.ru](http://www.prorastaika.ru), [www.teplisanova.ua](http://www.teplisanova.ua), [www.teplisa66.ru](http://www.teplisa66.ru), [www.pleckiglas.com](http://www.pleckiglas.com)).
20. Поликарбонаты. Каталог. НПО «Пластмассы». [Текст]: / Черкассы, 1986. –С. 24.
21. Роза А., Да. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. Пер. с англ., под редакцией С.П. Малышенко и О.С. Попеля. [Текст]: / А. Роза,, Да - М: Изд.дом «Интеллект», изд.дом МЭИ,2010. -С. 702.
22. Афанасьева О.К. Гелиотеплица в архитектуре малоэтажных жилых домов [Текст]: / О.К. Афанасьева. Виртуальная научно-техническая библиотека <http://www.sciteclibrary.ru/> - Москва,2008. (Режим доступа <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9350.htm>)
23. Афанасьева О.К. Архитектура малоэтажных домов с использованием возобновляемых источников энергии. [Текст]: / О.К. Афанасьева – Москва: Учебное пособие,2007. –С. 139.
24. Афанасьева О.К. Гелиотеплицы в малоэтажном жилищном строительстве [Текст]: / О.К. Афанасьева - Стройматериалы,2007. -№11. – С.18-20.
26. Смирнов Н.А. Парники и теплицы в приусадебном хозяйстве [Текст]: / Н.А. Смирнов – Москва: Россельхозиздат,1981. -С54.
27. Egbal M., Khatny A.K. Wind – Induced Heat Transfer Coefficients from Greenhouses//Transaction of the ASAE.1977/ -pp. 157-160.
28. Марков И.Е., Бондаренко Н.П., Гаврищук В.И. Особенности радиационного режима рассадных теплиц с различными полимерными пленками [Текст]: / И.Е. Марков, Н.П. Бондаренко, В.И. Гаврищук – Ташкент: Гелиотехника,1987. -№4. -С. 40- 44.
29. Вардияшвили А.Б., Умаров Г.Я., Теймурханов А.Т. К вопросу эффективности термического сопротивления ограждающих конструкций гелиотеплиц. Использование солнечной энергии в народном хозяйстве [Текст]: / А.Б. Вардияшвили, Г.Я. Умаров, А.Т. Теймурханов - Ташкент: 1984. -С. 19-26.
30. O-Flaherty T. Double-clad polyethylene greenhouses for energy saving//Farm. Recherche, `1977, v.8. №1, p. 17-18.
31. Гусев Н.М., Гликман М.Т. Естественное освещение и инсоляция теплиц [Текст]: / Н.М. Гусев, М.Т.М. Гликман - Стройиздат,1972. –С. 102.
32. Вардияшвили А.А., Захидов Р.А., Узаков Г.Н. Поглощение и излучение лучистой энергии дымовыми газами в камере солнечной теплицы [Текст]: / А.А. Вардияшвили, Р.А. Захидов, Г.Н. Узаков – Гелиотехника, 2000. -№ 1. –С. 45-48.



33. Дроздов В.А., Савин В.А., Александров Ю.П. Теплообмен светопрозрачных ограждающих конструкциях [Текст]: / В.А. Дроздов, В.А. Савин, Ю.П.М. Александров. - Стройиздат, 1979. –С. 305.

34. Теймурханов А.Б., Вардияшвили А.Б. К вопросу определения теплоизолирующих характеристик пленочной прозрачной защиты гелиотеплиц [Текст]: / А.Б. Теймурханов, А.Б. Вардияшвили – Гелиотехника, 1982. -№ 5. –С. 53-58.

35. Вардияшвили А.Б., Теймурханов А.Т., Ким В.Д. К сравнению теплотехнических качеств пленочной прозрачной защиты гелиотеплицы [Текст]: / А.Б. Вардияшвили, А.Т. Теймурханов, В.Д. Ким – Гелиотехника, 1983. -№ 2. –С. 49-53.

36. Аvezов Р.Р., Абдуллаев А., Ниязов Ш.К. Тепловая оптимизация толщины герметичной воздушной прослойки пленочных светопрозрачных ограждений гелиотеплиц и парников полуцилиндрической формы [Текст]: / Р.Р. Аvezов, А. Абдуллаев, Ш.К. Ниязов – Гелиотехника, 2000. -№ 2. -С. 20-29.

37. Вардияшвили А.Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулярованием тепла [Текст]: / А.Б. Вардияшвили - Ташкент: Фан, 1990. –С. 196.

38. Ye Hong, Аvezов Р.Р., Сулайманов С.Х. Тепловая оптимизация ширины теплоотводящего канала вертикально расположенных солнечных воздухонагревателей, работающих в условиях естественной конвекции [Текст]: / Ye Hong, Р.Р. Аvezов, С.Х. Сулайманов - Гелиотехника, 2003. -№ 1. –С. 28-32.

39. Русланов Г.В., Розкин М.Я., Ямпольский Э.Л. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий. Проектирование. Справочник [Текст]: / Г.В. Русланов, М.Я. Розкин, Э.Л. Ямпольский – Киев: Будивельник, 1983. –С. 272.

40. Сканави А.И. Отопление. Учебн. пособие [Текст]: / А.И. Сканави – Москва: Стройиздат, 1988. –С. 416.

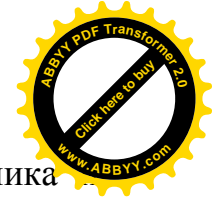
41. Илюхин М.С. Теплоснабжение отраслей АПК [Текст]: / М.С. Илюхин – Москва: Агропромиздат, 1990. –С. 175.

42. [www.kyayamaanddrothersinc.com](http://www.kyayamaanddrothersinc.com)

43. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве [Текст]: / Р.Б. Байрамов, Л.Е. Рыбакова – Ашхабад: Ылым, 1983. –С. 88.

44. Ануфриев А.Н., Кожин И.А., Позин Г.М. Теплофизические расчеты сельскохозяйственных зданий [Текст]: / А.Н. Ануфриев, И.А. Кожин, Г.М. Позин - Москва: Стройиздат, 1974. –С. 205.

45. Зеeman И.И. Климат теплиц и его регулирование [Текст]: / И.И. Зеeman – Москва:, 1961.-С.125.



46. Драганов Б.Х., Кузнецов А.В., Рудобашта С.П. Теплотехника применение теплоты в сельском хозяйстве [Текст]: / Б.Х. Драганов, А.В. Кузнецов, С.П. Рудобашта – Москва: Агропромиздат,1990. –С. 461.

47. Аvezов Р.Р., Абдуллаев А., Ниязов Ш.К. Тепловая оптимизация толщины герметичной воздушной прослойки пленочных светопрозрачных ограждений гелиотеплиц и парников полуцилиндрической формы [Текст]: / Р.Р. Аvezов, А. Абдуллаев, Ш.К. Ниязов – Гелиотехника,2000. -№ 2. -С. 20-29.

48. Куртнер Д.А., Усков И.Б. Климатические факторы и тепловой режим в открытом и защищенном грунте [Текст]: / Д.А. Куртнер, И.Б. Усков – Ленинград:,1982. –С. 280.

49. Лаврейчук И.И., Кретов И.А. Способ повышения теплоудерживающей способности пленочных укрытий из полимерных материалов для защиты растений. Авторское свидетельство СССР №522837, М.Кл<sup>2</sup> А 01G 13/02, А 01G 9/26. Бюлл. изобр., 1976, №28.

50. Ткаченко В.А., Ткачук А.Я., Потапов В.А., Досужий В.В. Теплица. Авторское свидетельство СССР № 1207433, М.Кл<sup>4</sup> А 01 G 13/02, А 01G 9/24. Бюлл. изобр., 1986, №4.

51. Пуют В.В., Минасян Р.Г. Теплица. Авторское свидетельство СССР №1020069, М.Кл<sup>3</sup> А 01G 9/24. Бюлл. изобр., 1983, №20.

52. Гарбуз В.М., Прянишникова Л.Н., Микаэлян Г.А., Расстригин В.Н., Сухарева Л.И., Багир-заде М.М. Теплица. Авторское свидетельство СССР № 927129, М.Кл<sup>3</sup> А 01G 13/02, Бюлл. изобр., 1982, №18.

53. Куртнер Д.А., Чудновский А.Ф. Расчет и регулирование теплового режима в открытом и защищенном грунте [Текст]: / Д.А. Куртнер, А.Ф. Чудновский – Ленинград: Гидрометеиздат,1969. –С. 215.

54. Лемешкина Е.М. Снижение перегрева воздуха в теплицах [Текст]: / Е.М. Лемешкина - Механизация и электрификация сельского хозяйства,1984. -№ 9. –С. 60-61.

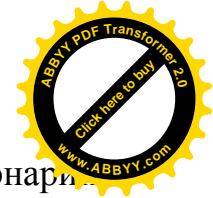
55. Пенджиев А.М. Экоэнергетические ресурсы и климатическое районирование гелиотеплицы в Туркменистане [Текст]: / А.М. Пенджиев - Гелиотехника,2001. -№ 1. –С. 36-43.

56. Байриев А.Ч., Пенджиев А.М. Регулирование микроклимата с применением теплонасосных систем в гелиотеплице по выращиванию тропических культур в Туркменистане [Текст]: / А.Ч. Байриев, А.М. Пенджиев – Гелиотехника,2004. -№ 8. –С. 30-35.

57. Александрян К.В., Потурян А.И. Использование солнечной энергии в теплицах [Текст]: / К.В. Александрян, А.И. Потурян - Механизация и электрификация сельского хозяйства,1986. -№ 1. –С. 7-9.

58. Клапвайк Д. Климат теплиц и управление ростом растений [Текст]: / Д.М. Клапвайк – Колос,1976. –С. 165.

59. Егiazаров А.Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов [Текст]: / А.Г.М. Егiazаров – Стройиздат, 1981. –С. 328.



60. Махамов Х.Т., Хайритдинов Б.Э., Ким В.Д. Гелиолимонари углубленного типа с аккумулятором тепла [Текст]: / Х.Т. Махамов, Б.Э. Хайритдинов, В.Д. Ким – Гелиотехника, 2001. -№ 1. –С. 33-37.

61. Вардияшвили А.Б., Хайридинов Б. Формирование микроклимата в теплице [Текст]: / А.Б. Вардияшвили, Б. Хайридинов – Гелитехника, 1979. - № 5. -С. 87-91.

62. Байрамов Р.Б. и др. Аккумуляторы тепла в солнечных теплицах [Текст]: / Р.Б. Байрамов – Гелиотехника, 1975. -№ 5. –С. 39-43.

63. Вардияшвили А.Б. и др. Исследование теплофизических и гидродинамических характеристик подпочвенного аккумулятора тепла регенеративной гелиотеплицы [Текст]: / А.Б. Вардияшвили - Ашхабад: Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Использование солнечной энергии». ч.1., 1977. –С. 92-94.

64. Вардияшвили А.Б., Ким В.Д. Гидравлический и теплотехнический расчет подпочвенной аккумулирующей системы гелиотеплиц [Текст]: / А.Б. Вардияшвили, В.Д. Ким – Гелиотехника, 1980. -№ 6. -С. 48-53.

65. Ким В.Д., Вардияшвили А.Б. Экспериментальное исследование процесса теплообмена в аккумулирующих каналах наклонного гелиопарника [Текст]: / В.Д. Ким, А.Б. Вардияшвили – Гелиотехника, 1980. -№ 4. -С. 84-87.

66. Ким В.Д., Вардияшвили А.Б., Теймурханов А.Т. К исследованию теплообменных и гидродинамических характеристик подпочвенного аккумулятора тепла в наклонном гелиопарнике [Текст]: / В.Д. Ким, А.Б. Вардияшвили, А.Т. Теймурханов – Гелиотехника, 1980. -№ 2. –С. 53-55.

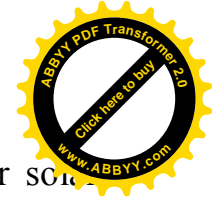
67. Ким В.Д., Вардияшвили А.Б. Экспериментальное исследование теплоаккумулирующих характеристик подпочвенного аккумулятора тепла с галечной насадкой [Текст]: / В.Д. Ким, А.Б. Вардияшвили – Гелиотехника, 1981. -№ 2. –С. 76-78.

68. Вардияшвили А.Б., Ким В.Д. Экспериментальное исследование теплоаккумулирующих характеристик подпочвенного аккумулятора тепла с принудительной циркуляцией воздуха [Текст]: / А.Б. Вардияшвили, В.Д. Ким – Гелиотехника, 1981. -№ 2. –С. 94-96.

69. Вардияшвили А.Б., Хайридинов Б. Результаты исследования тепло - и массообменных процессов в подпочвенном регенеративно-галечном аккумуляторе тепла блочной теплицы [Текст]: / А.Б. Вардияшвили, Б. Хайридинов – Гелиотехника, 1982. -№ 6. –С. 54-56.

70. Ким В.Д. Энергообеспеченность пленочных гелиотеплиц различных конструкций с подпочвенным аккумулятором тепла [Текст]: / В.Д. Ким – Ташкент: Исследования по использованию солнечной энергии в народном хозяйстве, 1983. –С. 21-25.

71. Novoplansky A., Sachs T, Cohen D., Bar R., Bodenheimer J., Reisfeld R. Increasing plant productivity by changing the solar spectrum [Текст]: / A. Novoplansky, T. Sachs, D. Cohen, R. Bar, J. Bodenheimer, R. Reisfeld - Solar Energy Materials, 1990. -№ 21. -pp. 17-23.



72. Weber W.H., Lambe J. Luminescent greenhouse collector for solar energy [Текст]: / W.H. Weber, J. Lambe - Appl. Optics,1976. –№ 15, -pp. 2299-2300.

73. [www.palram.com](http://www.palram.com)

74. [www.kurskhromteplica.ru/](http://www.kurskhromteplica.ru/)

75. [www.zavodteplic.ru/](http://www.zavodteplic.ru/)

76. [www.perchina.ru/](http://www.perchina.ru/) (компания Воля)

77. [www.grnhouse.ru/](http://www.grnhouse.ru/)

78. [www.gtconcept.com.ua/greenhousesets.html/](http://www.gtconcept.com.ua/greenhousesets.html/) (Украина)

79. [www.zakramashop.by/sadova - tehnica/kupit - teplicu - v –minsk/](http://www.zakramashop.by/sadova-tehnika/kupit-teplicu-v-minske/)

80. [www.vseteplichky.ru/](http://www.vseteplichky.ru/) (Москва и московская обл).

81. [www.greenhousesseeds.nl/](http://www.greenhousesseeds.nl/) (greenhouse FmsterdamDisclimer Entrance Page)/

82. [www.greenhouse.lotus.com/](http://www.greenhouse.lotus.com/) (IBM Greenhouse^ Home).

83. [www.greenhouseseasa.com/](http://www.greenhouseseasa.com/)

84. [www.greenhouse.perth.com/](http://www.greenhouse.perth.com/)

85. [https^//www.greenhousefabrics.com/](https://www.greenhousefabrics.com/)

86. [www.top.pro/](http://www.top.pro/)(Top Greenhouses).

87. [www.kg.all.biz/green-house-kyrgyzstan.-kompaniya-e1028/](http://www.kg.all.biz/green-house-kyrgyzstan.-kompaniya-e1028/)

88. [www.greenhouse.Bishkek-Product.ru/](http://www.greenhouse.Bishkek-Product.ru/)

89. [www.product.ru/vfullfirs.asp/D](http://www.product.ru/vfullfirs.asp/D)

90. [www.karierist.kg.greenhouse](http://www.karierist.kg.greenhouse). (ОсОО в Кыргызстане).

91. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып.32. Киргизская ССР [Текст]: / Л.: - Гидрометеиздат,1989, 374 с.

92. Рязанцевой З.А. Климат Киргизской ССР. Под общей ред. [Текст]: / З.А. Рязанцевой - Фрунзе: Илим,1965. –С.283.

93. Человеческое развитие в горных регионах Кыргызской Республики. Национальный отчет по человеческому развитию –2002. Программа развития ООН в Кыргызстане [Текст]: / Национальный центр развития горных регионов Кыргызской Республики. Бишкек, 2002, -С. 86.

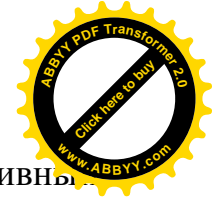
94. Мурзакулов Н.А. Исследование светопропускание многослойных покрытий гелиотеплиц [Текст]: / Н.А. Мурзакулов – Ош: Наука, образование, техника, ОшКУУ.,2011. -№ 1-2. -С. 89-91.

95. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи [Текст]: / М.А. Михеев, И.М. Михеева – Москва: Энергия,1973. –С. 319.

96. Исаченко В.П, Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача [Текст]: / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел – Москва: Энергия,1975. –С. 486с.

97. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление [Текст]: / С.С. Кутателадзе - Москва: Энергоатомиздат,1990. – С. 366.

98. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче [Текст]: / Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел - Москва-Ленинград: Госэнергоиздат,1963. –С. 224.



99. Мартыненко О.Г., Соковишин Ю.А. Свободно-конвективный теплообмен: справочник [Текст]: / О.Г. Мартыненко, Ю.А. Соковишин – Минск: Наука и техника,1982. –С. 367.

100. Бояринцев Д.И. Теплопередача через жидкостные и газовые прослойки [Текст]: / Д.И. Бояринцев ЖТФ,1950. Т.20. Вып.9. -С.1084-1094.

101. Исманжанов А.И. Исследование теплообмена в межслойном пространстве многослойных теплиц [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов, А.О. Азимжанов - Ташкент: Гелиотехника, АН РУз.,2012. -№ 2. -С. 63-65.

102. Исманжанов А.И. Исследование прозрачности покрытий теплиц в фотосинтетически активной области солнечного спектра [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов – Бишкек: Известия, НАН КР,2012. -№ 4. -С. 58-61.

103. Рощина В.В., Мельникова Е.В., Карнаухов В.Н. Флуоресцирующий мир растительных клеток [Текст]: / В.В. Рощина, Е.В. Мельникова, В.Н. Карнаухов - Наука в России,2000. -№ 6. –С. 53-56.

104. Исманжанов А.И. Исследование сравнительных теплоизоляционных свойств прозрачных покрытий теплиц [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов – Ош: Наука, образование, техника, ОшКУУ.,2012. -№ 3-4. -С. 40-43.

105. Исманжанов А.И. Гелиотеплица. [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов – Бишкек: Патент КР № 1468 МКИ А 01 G9/14, А01 G 13/02,Бюлл. изобр.,2012. -№ 8.

106. Мурзакулов Н.А.. О краевом эффекте облученности гелиотеплиц с различными прозрачными покрытиями [Текст]: / Н.А. Мурзакулов – Ош: Наука, образование, техника, ОшКУУ.,2012. -№ 3-4. -С. 38-40.

107. Ландсберг Г.В. Оптика. Учебн. для вузов [Текст]: / Г.В. Ландсберг - Москва: Высшая школа,1972. –С. 423.

108. Мальцев И.Д., Каракулина Г.А. Прикладная оптика и оптические измерения [Текст]: / И.Д. Мальцев, Г.А. Каракулина - Москва: Машиностроение,1968. –С. 471.

109. Исманжанов А.И., Мурзакулов Н.А. Исследование влияния многослойных покрытий теплиц на вегетацию растений [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов - Известия ВУЗов. –2013. - № 5.- С. 289-292.

110. Исманжанов А.И. Исследование влияния многослойных прозрачных покрытий теплиц на вегетацию и урожайность растений [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов, А.К. Исманжанова – Ош: Наука, образование, техника, ОшКУУ.,2013. -№ 3,4, -С. 124-128.

111. Исманжанов А.И., Мурзакулов Н.А., Исманжанова А.К. Исследование влияния многослойных прозрачных покрытий теплиц на вегетацию и урожайность томатов и огурцов [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов, А.К. Исманжанова - Бишкек: Известия, КТУ,2013. -№ , -С. 297-302.



112. Нестеренко Т.В., Тихомиров А.А., Шихов В.Н. Индукция флуоресценции хлорофилла и оценка устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям [Текст]: / Т.В. Нестеренко, А.А. Тихомиров, В.Н. Шихов - Журнал общей биологии, 2007, т.68. - № 6 –С. 444-458.

113. Яковлева О.В., Талипова Е.В., Кухарских Г.П., Кренделева Т.Б., Рубин А.Б. Изучение параметров флуоресценции хлорофилла в листьях травянистых растений, растущих в разных экологических условиях [Текст]: / О.В. Яковлева, Е.В. Талипова, Г.П. Кухарских, Т.Б. Кренделева, А.Б. Рубин - Биофизика, 2005, т.50. - № 6 –С. 1112-1119.

114. Замедленная флуоресценция растений. [www.diophys.msu.ru/general\\_courses/laboratory//b\\_new\\_oor.pdf](http://www.diophys.msu.ru/general_courses/laboratory//b_new_oor.pdf). 2013.

115. Обозов А.Дж., Ботпаев Р.М. Возобновляемые источники энергии: Учебн. пособие для вузов [Текст]: / А.Дж. Обозов, Р.М. Ботпаев – Бишкек: КГТУ им. И. Раззакова, 2010. –С. 270.

116. Тагайматова А.А. Альтернативные источники энергии. Учебн. пособие [Текст]: / А.А. Тагайматова - Бишкек: ИЦ «Техник», КГТУ им. И. Раззакова, 2012. –С. 280.

117. Матыченков В.Е., Иманкулов Б.И. Минеральные воды Киргизии [Текст]: / В.Е. Матыченков, Б.И. Иманкулов – Бишкек: Илим, 1987. –С. 250.

118. Белев А.В., Григоренко П.Г., Лагутин Е.И. Закономерности формирования термальных вод Киргизии, их ресурсы и перспективы практического использования ВкН.: Изучение и использование глубинного тепла Земли [Текст]: / А.В. Белев, П.Г. Григоренко, Е.И. Лагутин - Москва: Наука, 1973. –С. 294.

119. Шварцман Ю.Г. Геотермический режим, динамика литосферы и перспективы использования геотермальной энергии Тянь-Шаня. Геотермические исследования в Средней Азии и Казахстане. Под ред. Л.П. Щербакова и В.И. Дворова [Текст]: / Ю.Г. Шварцман – Москва: Наука, 1985. - С. 85-91.

120. Моисеенко У.И. Глубинные температуры и сейсмоактивность земной коры Средней Азии и юга Казахстана [Текст]: / У.И. Моисеенко - Там же, -С. 157- 165.

121. Кронштейн В.П., Калинина И.А. К специфике методов оценки запасов термальных вод [Текст]: / В.П. Кронштейн, И.А. Калинина - Там же, -С. 85-91.

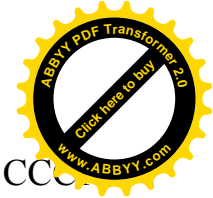
122. Моисеенко У.И., Смыслов А.А. Температура земных недр [Текст]: / У.И. Моисеенко, А.А. Смыслов – Ленинград: Недра, 1986. –С. 180.

123. Берман Э. Геотермальная энергия. Пер. с англ. [Текст]: / Э.М. Берман - Мир, 1978. –С. 373.

124. Любимова Е.А., Фирсов Ф.В. Определение теплового потока в некоторых районах Средней Азии. Проблемы глубинного теплового потока [Текст]: / Е.А. Любимова, Ф.В. Фирсов - Москва: Наука, 1978. -С. 88-105.

125. Таль-Вирский Б.Б. Геофизические поля и тектоника Средней Азии [Текст]: / Б.Б. Таль-Вирский - Москва: Недра, 1982. –С. 271.





126. Моисеенко У.И. Температурное поле земной коры СССР [Текст]: / У.И. Моисеенко - Доклады АН СССР,1983,т.270. -№ 6, -С. 1431 - 1434.

127. Крестников В.П., Нересов И.Л., Штанге Д.В. Четвертичная тектоника и глубинное строение Памира и Тянь-Шаня [Текст]: / В.П. Крестников, И.Л. Нересов, Д.В. Штанге - Советская геология,1980. -№ 2. -С. 78-96.

128. Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И., Кнауф В.И. и др. Сейсмическое районирование Киргизской ССР [Текст]: / К.Д. Джанузаков, Б.И. Ильясов, В.И. Кнауф – Фрунзе: Илим,1977. –С. 54.

129. Исманжанов А.И. К проблеме энергетического использования геотермальных источников энергии [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов – Ош: Известия ОшТУ,2002. -№ 2. -С. 82-85.

130. Исманжанов А.И. О перспективах использования гелиотеплиц в горных регионах Кыргызстана [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов - Бишкек: Сборник научных трудов, Институт машиноведения,2004. -№ 4. -С. 298-301.

131. Мурзакулов Н.А.. К проблеме использования гелиотеплиц в горных условиях [Текст]: / Н.А. Мурзакулов – Ош: Наука, образование, техника, ОшКУУ.,2012. -№1-2. -С. 96-98.

132. Исманжанов А.И. Эксергетический анализ ресурсов геотермальной энергии Кыргызстана [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов – Ош: Известия ОшТУ,2004. -№ 2. -С. 79-83.

133. Врагов А.В., Исманжанов А.И., Мурзакулов Н.А.. Использование возобновляемых источников энергии в аграрном секторе горных аридных территорий Кыргызстана и республики Алтай России: состояние, проблемы и перспективы [Текст]: / А.В. Врагов, А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов - Инновации в жизнь,2013. -№ 3 (5). -С. 116-124.

134. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Пер. с нем. Н.Л. Кораблевой Е.Ш., Фельдмана. Под ред. Б.К. Явнеля. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения [Текст]: / Г. Хайнрих, Х. Найорк, В. Нестлер - Москва: Стройиздат,1985. –С. 351.

135. Кирюшатов А.И. Теплофикация в сельскохозяйственном производстве [Текст]: / А.И. Кирюшатов - М: Агропромиздат,1986. –С. 278.

136. Уваров В.В., Жабо В.В., Роганков М.П. Сельскохозяйственная теплоэнергетика и окружающая среда [Текст]: / В.В. Уваров, В.В. Жабо, М.П. Роганков - Москва: Колос,1984. –С. 296.

137. Антоновский С.Б. и др. Экономика и организация тепличных совхозов [Текст]: / С.Б. Антоновский - Москва: Россельхозиздат,1984. –С. 228.

138. Нестругин Н.А. Снижение затрат на отопление теплиц при промышленном выращивании овощей [Текст]: / Н.А. Нестругин - Москва: ВНИИТЭИсельхоз ВАСХНИЛ,1980. –С. 58.



139. Агаркова А.М., Шишко Г.Г. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплиц [Текст]: / А.М. Агаркова, Г.Г. Шишко – Киев: Будивельник,1985. –С. 120.

140. Захаров А.А. Применение тепла в сельском хозяйстве [Текст]: / А.А. Захаров - Москва: Колос,1980. –С. 286.

141. Валов М.И., Казанджан Б.И. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения. [Текст]: / М.И. Валов, Б.И. Казанджан - Москва: МЭИ,1991. –С. 212.

142. Байрамов Р.Б., Гурбанов Н и др. Упрощенная методика теплового расчета гелиотеплицы с учетом нестационарности ее работы [Текст]: / Р.Б. Байрамов, Н. Гурбанов - Гелиотехника,1973. -№ 3. –С. 45-48.

143. Клычев Ш.И., Захидов Р.А., Нуриддинов Х. Методика технико-экономического анализа и оптимизации комбинированной солнечно-тепловой сушилки [Текст]: / Ш.И. Клычев, Р.А. Захидов, Х. Нуриддинов – Гелиотехника,1996. -№ 6. -С. 15-19.

144. Исманжанов А.И. Оценка технико-экономических показателей установок на нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии [Текст]: / А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов, Б.Б. Мирзахалилов – Ош: Известия ОшТУ,2003. -№ 1. -С. 142-145.

145. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта [Текст]: / Р.С. Гутер, Б.В. Овчинский - Москва: Наука,1970. –С. 432.

146. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин [Текст]: / А.Н. Зайдель - Ленинград: Наука,1974. –С. 108.

147. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений [Текст]: / О.Н. Кассандрова, В.В. Лебедев - Москва: Наука,1970. –С. 104.

148. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента [Текст]: / Л.З. Румшинский - Москва: Наука,1971. –С. 115.

