

УДК 697.7

Болотских Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА), г. Харьков, Украина. Ул. Сумская, 40, г. Харьков, Украина, 61002

ИНФРАКРАСНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ТЕПЛИЦ С ПОМОЩЬЮ ПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ*Описаны эффективные технологии инфракрасного отопления теплиц с помощью пленочных электронагревателей.***Ключевые слова:** инфракрасное отопление, теплица, карбоновая пленка**Болотських Микола Миколайович**, канд. техн. наук, доцент

Харківський національний університет будівництва і архітектури (ХНУБА), м. Харків, Україна. Вул. Сумська, 40, м. Харків, Україна, 61002

*Описано ефективні технології інфрачервоного опалення теплиць за допомогою плівкових електронагрівачів.***Ключові слова:** інфрачервоне опалення, теплиця, карбонова плівка.**Bolotskykh Nikolay Nikolayevich**, Candidate of Science, P.A., Kharkiv National University of Construction and Architectures, Kharkov, Ukraine. Sumskaia st., 40, Kharkov, Ukraine, 61002**INFRARED HEATING OF GREENHOUSES BY MEANS OF FILM ELECTRIC HEATERS HEATERS***Effective technologies of infrared heating of greenhouses by means of film electric heaters are described.***Keywords:** infrared heating, greenhouse, carbonic film**Введение**

Традиционными системами отопления теплиц являются: водяная и воздушная. При водяной системе используется подогретая вода, текущая по трубам, проложенным под полом или внутри помещения теплицы. При этом для подогрева воды используются твердотопливные или газовые котлы. Такие системы отопления сложны и трудоемки в монтаже, требуют больших первоначальных финансовых вложений, а также ежегодных текущих ремонтов. Кроме того, следует иметь в виду и то, что система труб очень медленно нагревается. При использовании водяных систем отопления достаточно сложно обеспечивать автоматический контроль и поддержание требуемых температур почвы и воздуха, а также влажности воздуха в различных зонах теплицы. При воздушной системе отопления подача теплого воздуха в теплицы осуществляется с помощью электрических калориферов. При этом большая часть теплого воздуха, как правило, поступает в верхнюю часть помещения теплицы, а в нижней части скапливается менее нагретый воздух. Это обстоятельство приводит к значительным потерям тепла через стеклянную кровлю теплицы. При использовании для обогрева теплицы калориферов имеют место случаи пересушивания воздуха, что приводит к болезням, увяданию и повреждению части растений. Кроме того, при этом способе отопления главный параметр – температура почвы в различных зонах теплицы остается неконтролируемым. Обслуживающему персоналу приходится поддерживать климат в теплице в зависимости от температуры наружного воздуха. Эксплуатация описанных выше водяных и воздушных систем отопления теплиц требует больших энергозатрат, что существенно влияет на стоимость выращиваемой в них сельскохозяйственной продукции.

В последние годы для отопления теплиц все большее применение получает энергосберегающий инфракрасный способ, при котором тепло от нагревателя с минимальными потерями лучистым путем подается в рабочую зону, где находится почва и выращиваемые на ней растения. Этот способ отопления в сравнении с упомянутыми выше традиционными способами позволяет снижать расходы энергоресурсов при отоплении теплиц на 20–50 % [1, 2]. Достаточно перспективной является новая энергоэффективная

технология инфракрасного отопления теплиц с использованием карбоновой пленки, разработанной и производимой в Южной Корее по запатентованной технологии [2]. Настоящая статья и посвящается подробному описанию этой технологии отопления.

Цель исследования

Целью настоящего исследования является анализ и обобщение последних новых достижений в области разработки и практического освоения инфракрасного отопления теплиц с помощью пленочных электронагревателей, а также использование их в Украине для снижения расходов энергоресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции.

Основной материал

К системам отопления теплиц предъявляется ряд специфических требований [2]. Эти системы должны:

- обеспечивать равномерный обогрев теплицы по всей площади;
- не пересушивать воздух и способствовать поддержанию постоянного уровня влажности в теплице;
- отдавать тепло медленно и экономно по принципу "снизу в верх", чтобы рационально использовать затрачиваемую энергию;
- подавлять рост болезнетворных бактерий и вирусов, способных нарушать рост растений или уничтожать их;
- быть экономически выгодной как на стадии приобретения технических средств отопления и их монтажа, так и в процессе эксплуатации, а также иметь "разумные" пределы окупаемости;
- быть надежной в эксплуатации и не требовать дорогостоящего текущего ремонта;
- обеспечивать внутри теплицы автоматизированный контроль за поддержанием заданных температур почвы и воздуха, а также влажности;
- требовать минимум трудовых затрат на свое обслуживание;
- иметь низкое энергопотребление;
- иметь высокую экологичность.

Для того, чтобы выращивать овощи и другие различные тепличные культуры в необходимом количестве и иметь при этом высокоприбыльные урожаи необходимо применять энергоэффективные системы обогрева теплиц, отвечающие перечисленным выше требованиям.

Накопленный опыт, преимущественно зарубежный, убедительно доказывает, что наиболее эффективным и перспективным способом отопления теплиц в настоящее время является инфракрасный с использованием пленочных электронагревателей. Основными элементами таких электронагревателей являются инфракрасная карбоновая пленка, специальный терморегулятор и источник питания переменного тока напряжением 220 В.

Инфракрасная пленка представляет собой нагреватель поверхностей, заламинированный с двух сторон специальным полимером с повышенными электроизоляционными и противопожарными свойствами. Внутри такого нагревателя на несущей пленке предусмотрен контакт медной токопроводящей фольги с углеродными нагревательными элементами, склеенными специальным негорючим материалом и покрытыми активированным углеродом с нейтрализатором загрязняющих примесей и включений. Угольные нагревательные элементы, расположенные равномерно по всей поверхности пленки, с обеих сторон заламинированы в специальный электротехнический полиэфир, обеспечивающий полную водонепроницаемость пленки и высокую защиту от электрического пробоя. При изготовлении инфракрасной карбоновой пленки используется полимерная пленка (полиэфир) с высокими диэлектрическими показателями. Она хорошо проводит инфракрасное тепло и термоустойчива. Карбоновая (угольная) паста наносится на полиэфир с технологической точностью менее 1 микрона, а сам процесс нанесения карбона производится при температуре 140°C. Благодаря этому обеспечивается получение необходимых прочностных и других эксплуатационных показателей пленки. При

подключении к пленке электрического тока угольные нагревательные элементы излучают электромагнитные волны дальнего инфракрасного спектра с длиной волны 5–20 мкм. За счет этого пленка разогревается до температуры от 20 до 50 °С. Эта температура регулируется с помощью специального терморегулятора. Поступающие в теплицу от карбоновой пленки инфракрасные лучи благоприятно влияют на здоровье человека и способствуют росту растений. В практике отопления теплиц используются карбоновые инфракрасные пленки Rex Va и Heat Life. По надежности и долговечности пленка Heat Life наиболее предпочтительна. Ее срок службы составляет 30 лет. На рис. 1 представлен общий вид пленки Heat Life [3].



Монтаж пленочных электронагревателей любой конфигурации осуществляется в сжатые сроки в соответствии с инструкцией без привлечения специалистов высокой квалификации. Только подключение пленки к электросети должен выполнять квалифицированный электрик. Пленка монтируется горизонтально или вертикально как непосредственно в грунте,

Рис. 1. Инфракрасная карбоновая пленка Heat Life в рулоне

так и на панелях, подвешиваемых к потолку, либо на специальных щитах, закрепляемых на боковых ограждающих конструкциях теплицы. Пленка без особого труда монтируется на любое основание, легко подключается к сети и безопасно обогревает теплицу.

Для отопления теплиц, имеющих большие внутренние площади, наиболее эффективной является система отопления с подогревом почвы с помощью инфракрасной карбоновой пленки. Монтаж такой системы отопления осуществляется в следующей последовательности [3]:

- участок, где должна быть уложена пленка вычищается от грунта на глубину до 50 см;
- на дно котлована укладывается гидроизоляция из ПЭТ-пленки либо другого гидрофобного материала;
- для предотвращения теплопотерь вниз настилается слой теплоизоляции из пенополистирола либо пенополиэтилена с фольгированным покрытием;
- стелится непосредственно инфракрасная карбоновая пленка и электрик подсоединяет ее к кабелю сети электрического питания;
- сверху инфракрасной пленки для гидроизоляции стелится ПЭТ-пленка;
- насыпается слой плодородного грунта толщиной 30–35 см. При этом кабель подключения пленки к сети выводится на поверхность почвы;
- разравнивается почва и ведется подготовка к посеву либо к посадке растений;
- погружается датчик температуры в грунт на несколько сантиметров глубже границы произрастания корневища растения и подключается к сети управления.

В теплицах инфракрасная карбоновая пленка обычно укладывается в несколько параллельных рядов. При этом каждый ряд сооружается в соответствии с описанной выше последовательностью. После завершения этих работ производятся монтаж и наладка приборов автоматизации управления системой отопления. Автоматический контроль температуры достигается за счет процессорного контроллера климата "Виват" и датчика температуры почвы. С помощью многоаналоговых контроллеров обеспечивается установка

одновременно на нескольких грядках различных температурных режимов для выращивания разных видов культурных растений. Смонтированная таким образом система отопления после наладки сдается в эксплуатацию.

На рис. 2 приведен общий вид находящейся в эксплуатации теплицы с подогревом почвы с помощью инфракрасной карбоновой пленки.



Рис. 2. Теплица с подогревом почвы с помощью инфракрасной карбоновой пленки:

1 – грядки растений, выращиваемых на почве, подогреваемой снизу с помощью инфракрасной карбоновой пленки; 2 – кабели для подвода электроэнергии к карбоновой пленке, уложенной в различных зонах теплицы; 3 – ограждающие конструкции теплицы

При выращивании в теплице различных культур растений требуемая оптимальная температура почвы колеблется в пределах от 15 до 25 °С, а для торфяных горшочков и грядок с рассадой – около 30 °С. Для обеспечения таких температур почвы необходимо иметь достаточную мощность инфракрасной пленки. Номинальная мощность пленочного нагревателя зависит от климатической зоны и сроков посадки. Кроме того, она зависит от теплопотерь теплицы, т. е. от внешних погодных условий и теплопроводности кровельного материала. Заданная оптимальная температура почвы обеспечивается за счет поддержания соответствующей температуры на поверхности пленочного нагревателя. Например, при рекомендуемой оптимальной температуре почвы 17 °С поверхность пленки должна иметь температуру 25 °С и эта температура должна обеспечиваться автоматически. Основываясь на данных из практики эксплуатации систем отопления теплиц с подогревом почвы с помощью карбоновой пленки можно утверждать, что для того, чтобы почва получала достаточно тепла и стабильно поддерживались указанные выше оптимальные температуры при расчетах таких систем отопления необходимо предусматривать подачу не менее 75–100 Вт электроэнергии на один квадратный метр пленки. В этих случаях можно гарантировать эффективную работу теплицы. При этом благодаря автоматическому поддержанию заданной температуры почвы, а также равномерному распределению тепла по всей площади теплицы, будет происходить быстрое прорастание семян, рост рассады либо самих растений, что позволит получать хорошие ранние урожаи сельскохозяйственной продукции. КПД инфракрасной термопленки составляет 95 %. Это означает, что почти вся затрачиваемая электрическая энергия практически без потерь переходит в тепловую и обогревает почву, в которой выращиваются необходимые растения. Это обстоятельство позволяет существенно

экономить энергоносители. Таким образом, использование пленочных электронагревателей для подогрева почвы в теплицах позволяет: автоматически контролировать и поддерживать температуру воздуха и почвы, а также влажность воздуха; создавать для каждой культуры растений различные температурные зоны, а также обеспечивать индивидуальный температурный режим на разных этапах развития растений; создавать необходимый температурный режим для выращивания любых субтропических культур; не зависеть от капризов природы; эффективно использовать энергоресурсы; обеспечивать быстрый рост растений; подавлять рост вредных микроорганизмов; обходиться без дорогостоящих ремонтов и технического обслуживания; соорудить как стационарные, так и временные теплицы (при этом монтаж или демонтаж нагревательной пленки занимает всего несколько часов). Расходы на приобретение и монтаж инфракрасных пленочных электронагревателей, как правило, после сбора первых урожаев компенсируются, оправдываются также и трудозатраты. Приведенные выше достоинства убедительно подтверждают целесообразность расширения области применения нового энергоэффективного способа отопления теплиц с подогревом почвы с помощью инфракрасных карбоновых пленок.

Для периодического обогрева или только для поддержания положительной температуры в маленьких, хорошо изолированных теплицах эффективное применение находят системы с использованием пленочных инфракрасных электронагревателей, подвешиваемых в верхней части либо закрепляемых на стены теплиц [4]. Основой этих нагревателей является инфракрасная карбоновая пленка. На рис. 3 показан общий вид теплицы, отапливаемой с помощью подвесных инфракрасных карбоновых пленочных электронагревателей.



Рис. 3. Теплица, отапливаемая с помощью подвесных инфракрасных карбоновых пленочных электронагревателей: 1 – несущая конструкция покрытия теплицы арочного типа; 2 – поликарбонатное светопрозрачное покрытие теплицы; 3 – подвесные инфракрасные карбоновые пленочные электронагреватели; 4 – выращиваемые растения

В данном случае инфракрасная пленка подвешена в четыре ряда вдоль теплицы. При подключении этих пленок к электросети они нагреваются и излучают электромагнитные волны, благодаря которым рабочая зона получает тепло, которое нагревает почву и растущие на ней растения. В свою очередь нагреваемая почва и находящиеся на ней растения и

различные предметы конвективным путем передают часть тепла окружающему воздуху в теплице. Для обеспечения равномерного распределения температуры воздуха внутри теплицы используются безопасные и хорошо распределяющие тепло специальные небольшие "тепличные" вентиляторы. Низкие, равномерные температуры, которые обеспечиваются инфракрасной пленочной системой отопления, предотвращают появление в теплице сухого воздуха и тем самым существенно снижают заболеваемость растений. При использовании для обогрева теплицы инфракрасной пленки конвективные потери тепла весьма малы. На разогрев самой пленки расходуется также очень малое количество тепла. Поэтому использование подвесной инфракрасной термопленки для обогрева таких небольших по размерам теплиц дает существенную экономию энергоносителей. Таким образом, главными преимуществами таких систем отопления теплиц являются низкое энергопотребление, экологичность и возможность обеспечения контроля и управления влажностью и температурой.

Выводы

1. Опыт эксплуатации различных способов отопления теплиц убедительно доказал, что наиболее эффективным в настоящее время является инфракрасный с помощью электронагревателей, изготовленных на базе карбоновых пленок. Этот способ имеет низкое энергопотребление. По сравнению с традиционными водяными и воздушными способами при его использовании для отопления теплиц экономия энергоресурсов достигает до 50 %. В теплицах не пересушивается воздух и тем самым существенно снижается заболеваемость растений, а поступающее от инфракрасной карбоновой пленки тепло благотворно влияет на их рост, а также на качество и количество выращиваемого урожая. Инфракрасные системы отопления теплиц с использованием карбоновых пленочных электронагревателей имеют высокую экологичность.

2. Для отопления теплиц, имеющих большие и средние внутренние площади, наиболее эффективными являются системы отопления с подогревом почвы с помощью инфракрасной карбоновой пленки. Эти системы в процессе их эксплуатации в автоматическом режиме обеспечивают заданные температуры почвы, воздуха и влажности в теплицах. Они позволяют также создавать в теплице одновременно для каждой выращиваемой культуры растений различные температурные зоны.

3. Для периодического обогрева или поддержания положительной температуры в маленьких по площадям, хорошо изолированных теплицах эффективными являются системы с использованием пленочных инфракрасных электронагревателей, подвешиваемых в верхней части на несущих конструкциях покрытий помещений. При их эксплуатации благодаря электромагнитному излучению карбоновой пленки рабочие зоны теплиц получают необходимое тепло для подогрева почвы и обеспечения роста растений. Такие системы отопления удобны в эксплуатации.

Список использованной литературы:

1. Болотских Н. Н. Зарубежные технологии инфракрасного обогрева теплиц //Науковий вісник будівництва. Збірник наукових праць, вип. 1(79). Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – С. 150-158.
2. Инфракрасное отопление теплиц. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fomaxfilm.narod.ru>, 2015, – 3 с.
3. Отопление теплиц с подогревом почвы. Украина: "ТЕПЛОДАРЕЦЬ віддам тепло в добрі руки". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://teplodarets.com.ua>, 2015, – 7 с.
4. Системы инфракрасного обогрева на основе пленочных электронагревателей в растениеводстве. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.teplooms.ru>, 2015, – 2 с.

Referenses:

1. Bolotskih N. N. Zarubezhnye tehnologii infrakrasnogo obogreva teplic //Naukovij visnik budivnictva. Zbirnik naukovih prac, vyp. 1(79). Harkiv: HDTUBA, HOTV ABU, 2015. – P. 150-158.
2. Infrakrasnoe otoplenie teplic. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://fomaxfilm.narod.ru>, 2015, – 3 с.
3. Otoplenie teplic s podogrevom pochvy. Ukraina: "TEPLODAREC viddam teplo v dobri ruki". [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://teplodarets.com.ua>, 2015, – 7 p.
4. Sistemy infrakrasnogo obogreva na osnove plenocnyh jelektronagrevatelej v rastenievodstve. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.teplooms.ru>, 2015, – 2 p.

Поступила в редакцию 20.05 2015 г.