



ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КУЛЬТИВАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Выбор системы отопления здания в первую очередь основан на рациональном использовании топливно-энергетических ресурсов. Оптимальным вариантом обогрева помещения является случай, при котором требуемый тепловой (или тепловлажностный) режим достигается при наименьших энергетических затратах. В статье на основе проведенных исследований рассмотрены преимущества системы лучистого отопления, предназначенной для обогрева сельскохозяйственного здания на примере зимней теплицы. Установлено, что по ряду характерных особенностей, как, например, получение естественной (солнечной) теплоты в виде инфракрасного излучения, направленного непосредственно к поверхности почвы и растений, возможность использования углекислого газа (CO_2), образованного при сгорании газообразного топлива для подкормки растений и др., лучистое отопление культивационных сооружений может конкурировать с традиционными (конвективными) системами обогрева.

Энергосбережение, энергетическая эффективность, лучистое отопление, теплица.

В настоящее время, несмотря на конструктивные разновидности систем отопления, устройство и принцип их работы, особенности теплообмена с окружающей средой и т.п., основной задачей в области теплоснабжения зданий и сооружений остается сокращение энергетических затрат на их эксплуатацию [2, с. 11]. Это касается не только объектов жилищно-гражданского строительства, но и культивационных сооружений с защищенным грунтом, к которым в первую очередь относятся теплицы. Данная задача, прежде всего в помещениях промышленных предприятий и сельскохозяйственных зданий, может быть успешно решена путем использования в них систем лучистого отопления, работающих от электричества или на газообразном топливе [9, с. 22].

Отдельно следует отметить, что при лучистом отоплении [10, с. 2]:

1. Создается возможность без ухудшения условий теплового комфорта снизить температуру воздуха по сравнению с нормируемой для традиционных систем отопления (водяных, паровых, воздушных и др.), что позволяет существенно уменьшить расход теплоты на обогрев помещения.

2. Обеспечивается равномерность распределения температуры воздуха в объеме обслуживаемого помещения.

3. Сокращается перенос пыли и вредных выделений в помещении за счет более низкой подвижности воздуха.

К примеру, при лучистом отоплении производственного помещения с размерами 40×60 м и высотой 16 м тепловые потери при расчетных условиях составили 137 кВт (для сравнения, при водяном отоплении – 150 кВт) [11, с. 57]. Сравнение инфракрасной системы обогрева теплицы с традиционными системами отопления установило, что перепады температуры воздуха оказались в обоих случаях в пределах допус-

тимого диапазона значений. Однако при этом потребление теплоты при лучистом отоплении примерно на 12% ниже, чем при обогреве теплицы воздушными тепловыми трубами, и на 6% – по сравнению с системой водяного отопления в сочетании с воздушными трубами [15]. Преимущества лучистого отопления также подтверждены в теплице для производства овощных саженцев, нагреваемых газовыми инфракрасными излучателями (ГИИ). Собранные в течение 62-дневного периода данные по распределению температуры в теплице в зимний период года показали, что рассаду можно поддерживать в оптимальных тепловых условиях при температуре внутреннего воздуха ниже на $2 \div 3^\circ\text{C}$, чем при обычном отоплении, что свидетельствует о значительном сокращении потребностей в тепловой энергии [13]. В эксперименте, проведенном в специально построенной оранжерее (центральная часть Греции), сопоставлены два вида систем отопления: лучистое (инфракрасное) и воздушное. Натурные измерения и результаты численного решения подтвердили, что при инфракрасном обогреве теплицы в ночное время суток температура воздуха внутри помещения на несколько градусов ниже, чем при воздушном отоплении. Разработанная авторами математическая модель, состоящая из алгебраических уравнений, дала возможность оценить экономию энергии в размере от 45 до 50% при лучистом отоплении с использованием инфракрасных излучателей в сравнении с традиционным обогревом теплицы предварительно нагретым воздухом [14].

В целом же лучистое отопление позволяет уменьшить до 40% общий расход тепловой энергии, затрачиваемой на обогрев помещения [1, с. 178].

Дополнительный экономический эффект от лучистого отопления может быть достигнут за счет локального обогрева помещения, при котором инфракрасные излучатели используются только там, где они

действительно необходимы для человека или технологических условий производства [3, с. 636; 7, с. 48–49]. Срок окупаемости мероприятия по переводу централизованного отопления производственного здания с размерами 51,25×32,69 м и высотой 5,49 м в Ивановской области на зональный лучистый обогрев с газовыми инфракрасными излучателями (ГИИ) оказался меньше трех месяцев (укрупненный расчет), что свидетельствуют о целесообразности его реализации [5, с. 273].

К преимуществам лучистого отопления также можно отнести следующее [4, с. 41; 8, с. 55]: бесшумность работы и экологичность отопительной системы (почва и растения получают круглосуточно естественную (солнечную) теплоту в виде инфракрасного излучения, при этом прямые и косвенные выбросы вредных веществ в окружающую среду минимальны); незамерзаемость и отсутствие утечек теплоносителя через неплотности трубопроводных соединений, а также снижение издержек на его подготовку и перекачивание по трубопроводам; отсутствие необходимости в котельной и техническом обслуживании тепловых сетей; малая инерционность; возможность полной автоматизации и гибкость управления; сокращение сроков монтажных работ и др.

Важным достоинством газового лучистого отопления, ориентированного на тепличное хозяйство, является то, что тепловая энергия продуктов сгорания газообразного топлива может быть использована для нагрева воздуха в помещении. Тепловая «подушка», образованная под кровлей теплицы, позволит уменьшить снеговую нагрузку на строительную конструкцию в зимнее время года, создав при этом подобие теплоизоляционного слоя [6, с. 73].

Экспериментальные результаты показали, что можно нагревать растения инфракрасными волнами без видимых повреждений. При лучистом отоплении листья растений всегда будут иметь более высокую температуру, чем внутренний воздух. Следовательно, можно ожидать, что риск возникновения заболеваний, вызванных влажностью (например, кладоспориоз томатов или склеротиния), будет заметно снижен [12]. Выращенные многообразные многолетние растения, цветы (тропические гибискусы) в подвесных корзинах, кустарники и травы в натуральных условиях на одном акре земли (территория площадью более 4000 м²) в поселке Махве штата Нью-Джерси (США) при работе системы лучистого отопления также подтверждают целесообразность данного способа обогрева [16].

Представим итоговые результаты технико-экономического расчета различных видов систем отопления, которые могут быть использованы для обогрева культивационных сооружений на примере промышленных теплиц: традиционное (конвективное) и лучистое отопление с применением газовых (ГИИ) и электрических (ЭИИ) инфракрасных излучателей.

Годовые удельные денежные затраты на обогрев теплицы и полив почвы могут быть рассчитаны для всех случаев по уравнению:

$$Z = \Delta q_{\text{год}} T + \Delta g_{\text{год}} T_{\text{в}}, \text{ руб./м}^2,$$

где $\Delta q_{\text{год}}$ и $\Delta g_{\text{год}}$ – годовые удельные затраты теплоты на обогрев теплицы, кВт·ч/м², и воды на полив поч-

вы, кг/м², которые определяются на основании решения системы взаимосвязанных уравнений теплового и материального балансов теплицы, ее ограждения и поверхности почвы; T – тариф на используемый вид энергии (или энергоноситель); $T_{\text{в}}$ – тариф на холодную воду, руб./кг.

В таблице приведены результаты технико-экономического расчета по формуле различных видов систем отопления для климатических условий города Вологды (методика расчета будет подробно рассмотрена в следующих научных публикациях).

Таблица

Годовые удельные денежные затраты

Удельный показатель	Вид системы отопления		
	ЭИИ	ГИИ	традиционная
З, руб./м ²	5402	875	3899

Согласно таблице, годовые удельные денежные затраты на энергообеспечение промышленной теплицы при использовании газовых инфракрасных излучателей (ГИИ) оказались более чем в четыре раза меньше, чем при традиционном (конвективном) отоплении. Электрическое инфракрасное отопление теплицы (ЭИИ) является самым дорогостоящим вариантом обогрева (дороже газового (ГИИ) более чем в шесть раз).

Таким образом, при лучистом отоплении культивационных сооружений почва и растения круглосуточно получают направленный поток инфракрасного излучения, который по своей природе абсолютно идентичен солнечной радиации, а в случае применения газовых инфракрасных излучателей (ГИИ) – и углекислому газу (СО₂), жизненно необходимому растениям для реакции фотосинтеза (процесса образования углеводов). При этом режим работы излучателей является регулируемым, система отопления практически не занимает полезной площади помещения и не нуждается в источнике теплоснабжения (например, в котельной или ТЭЦ), тепловые потери минимальны, так как температура воздуха в теплице ниже, чем при традиционном (конвективном) отоплении. Результаты технико-экономического расчета (табл.) также подтверждают целесообразность применения лучистого отопления в культивационных сооружениях на примере промышленных теплиц.

Литература

1. Бодров, В. И. Теплофизические требования к конструкциям телового контура зданий при лучистом отоплении / В. И. Бодров, А. А. Смыков // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2014. – № 17. – С. 177–180.
2. Дыскин, Л. М. Локальный обогрев лучистым отоплением / Л. М. Дыскин, В. В. Шиванов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. – № 5–6. – С. 11–14.
3. Максимов, В. И. Влияние размещения газовых инфракрасных излучателей на энергоэффективность их применения в системах отопления / В. И. Максимов, Т. А. Нагорнова // Перспективы развития фунда-

ментальных наук: сборник науч. трудов XI междунар. конф. студентов и молодых ученых. – Томск, 2014. – С. 636–638.

4. Павлов, М. В. Исследование тепловлажностного режима почвы при лучистом отоплении модульной теплицы / М. В. Павлов, С. В. Лукин, А. А. Кочкин // Приволжский научный журнал. – 2017. – № 1 (41). – С. 41–45.

5. Плетникова, Ю. С. Оценка экономической эффективности замены централизованного отопления системой лучистого отопления / Ю. С. Плетникова, В. В. Бухмиров // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XIX Бенардосовские чтения): материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 175-летию со дня рождения Н. Н. Бенардоса. Т. 2. – Иваново, 2017. – С. 271–274.

6. Повышение коэффициента полезного действия лучистой системы отопления с применением в качестве отопительных приборов «светлых» газовых инфракрасных излучателей / Н. И. Куриленко, М. Н. Чекардовский, Л. Ю. Михайлова, А. Н. Ермолаев // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 4 (38), Т. 38. – С. 73.

7. Пуринг, С. М. Особенности применения газовых инфракрасных излучателей / С. М. Пуринг, Н. П. Тюрин, Д. Н. Ватузов // Градостроительство и архитектура. – 2017. – № 1 (26), Т. 7. – С. 47–51.

8. Системы отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2016. – № 5. – С. 54–57.

9. СП 60.13330.2016. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: актуализированная ред. СНиП 41-01-2003: утв. Министерст-

вом строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16.12.2016 № 968/пр. – Введ. 17.06.2017. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 104 с.

10. СТО НП АВОК 4.1.5-2006. Стандарт организации. Системы отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями: утв. приказом Президента НП «АВОК». – Введ. 30.11.2006. – Москва: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 12 с.

11. Шумилов, Р. Н. Системы лучистого газового отопления / Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. А. Поммер // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2010. – № 11 (107). – С. 54–57.

12. Development of a microwave system for greenhouse heating / M. Teitel, A. Shklyar, Y. Elad [etc.] // International Conference and British-Israeli Workshop on Greenhouse Techniques towards the 3rd Millennium. – 2000. – №. 43, Vol. 1. – P. 189–195.

13. Kavga, A. Assessment of infrared heating benefits in a production greenhouse / A. Kavga, I. Konstas, T. Panidis // Applied Engineering in Agriculture. – 2015. – Vol. 31 (1). – P. 143–151.

14. Kavga, A. Infrared heating of greenhouses revisited: an experimental and modeling study / A. Kavga, T. Panidis, V. Bontozoglou, S. Pantelakis // American Society of Agricultural and Biological Engineers. – 2009. – Vol. 52 (6). – P. 2055–2065.

15. Knies, P. Infrared heating in greenhouses / P. Knies, N. J. van de Braak, J. J. G. Breuer // Acta Horticulturae. – 1984. – №. 148. – P. 73–80.

16. NJ greenhouses bloom with radiant heating // Engineered Systems. – Laguna Hills (CA), USA: Business news publishing company, 1999. – Vol. 16, №. 1. – P. 32–33.

M. V. Pavlov, K. A. Duginova
Vologda State University

ADVANTAGES OF RADIANT HEATING SYSTEMS USING THE EXAMPLE OF CULTIVATION FACILITIES

The choice of the heating system, first of all, is based on the rational use of fuel and energy resources. The best heating option is the one which allows to get the required thermal (or hygrothermal) mode at the lowest energy costs. The article considers the advantages of radiant heating system designed for heating an agricultural building using the example of a winter greenhouse based on the research conducted. It is established that in a number of characteristic features, such as obtaining natural (solar) heat in the form of infrared radiation directed to the surface of soil and plants, the possibility of using carbon dioxide (CO₂) formed during the combustion of gaseous fuel for plant nutrition, etc., radiant heating of cultivation facilities can compete with traditional (convective) heating systems.

Energy saving, energy efficiency, radiant heating; greenhouse.