

DOI: 10.12737/article_5c50621316e4b5.61522261

^{1,*}Карпов Д.Ф., ¹Синицын А.А.¹Вологодский государственный университет
Россия, 160000, Вологда, ул. Ленина, д. 15, каб. 111

*E-mail: karpov_denis_85@mail.ru

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ В ТЕПЛИЦАХ

Аннотация. Рассмотрен вопрос технико-экономической и энергетической эффективности применения лучистого отопления в агроклиматических системах закрытого типа на примере производственной теплицы. Выполнено сравнение системы лучистого отопления с традиционными системами обогрева помещений. Представлен технико-экономический расчет целесообразности перевода производственной теплицы с конвективного воздушно-водяного отопления на лучистое отопление для условий города Вологды. Технико-экономический расчет выполнен в три этапа: расчет капитальных затрат (по укрупненным показателям) для осуществления мероприятия по внедрению системы лучистого отопления; нахождение экономического эффекта от реализации предложенного мероприятия; определение срока окупаемости. Выполнена оценка потенциала энергосбережения предлагаемого мероприятия и определен годовой перерасход невозобновляемых топливных ресурсов при существующем способе теплофикации рассматриваемого объекта. Представленные расчеты базируются на действующих нормативных документах страны.

Ключевые слова: технико-экономическая оценка, лучистое отопление, инфракрасный излучатель, агроклиматическая система, теплица, капитальные затраты, экономический эффект.

Введение. Лучистое отопление представляет собой один из наиболее совершенных способов обогрева помещений зданий различного назначения. В последнее время этот вид отопления вновь привлек к себе пристальное внимание в связи с проблемой эффективного использования теплоты и экономии энергии. С новыми технологиями обогрева вносятся дополнения и поправки в существующие строительные нормы и правила [1] или создаются новые стандарты [2], регламентирующие проектирование и эксплуатацию лучистого отопления, ремонт и обслуживание сопутствующего ему оборудования.

Термин «лучистое отопление» относится к системам потолочного отопления, в которых теплоотдача происходит в большей мере путем излучения [3]. Лучистая передача энергии при прочих равных условиях более эффективна, чем конвективная, поскольку при инфракрасном обогреве энергия беспрепятственно переносится на большие расстояния в объеме помещения [4]. Поэтому отопительные приборы можно располагать под потолком, в конструкциях ограждений. Возникает возможность в широких пределах варьировать температуру поверхности нагревателей: от очень низкой 25–30 °С до очень высокой – 1000 °С и более. Кроме того, при лучистом отоплении [2]: создается возможность без ухудшения условий теплового комфорта снизить температуру воздуха по сравнению с нормируемой для традиционных систем отопления; обеспечивается равномерность распределения температуры воздуха в объеме обслуживаемого помещения; сокращается перенос пыли и вредных выделений

в помещении за счет более низкой подвижности воздуха.

Сравнение системы лучистого отопления с другими системами обогрева. Если сравнивать лучистое отопление с другими системами обогрева, то здесь можно выделить отдельно водяное, газовое и воздушное отопление. Рассмотрим и сопоставим их с точки зрения эффективности применения в агроклиматических системах закрытого типа на примере производственной теплицы (рис. 1).

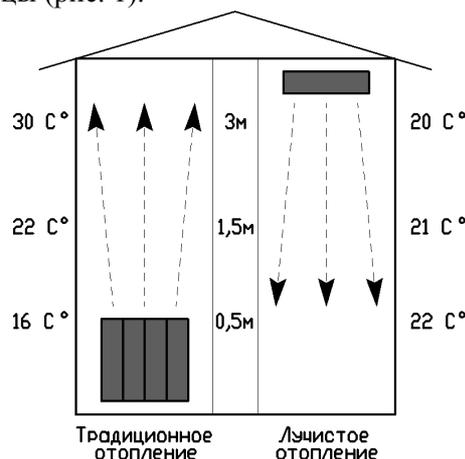


Рис. 1. Графическое представление тепловых режимов конвективного и лучистого отопления в закрытом помещении на примере производственной теплицы

Водяная отопительная система отопления включает в себя водогрейный котел с отводом продуктов сгорания в атмосферу. Теплоноситель циркулирует по трубам, отдавая теплоту отопи-

тельными приборам, которые в свою очередь отдают его теплице. Как правило, в такой системе используются несколько контуров: для нагрева воздуха; для нагрева бойлерной установки; для обогрева почвы. Недостатком такой системы является принцип работы, так как нагретый теплый воздух устремляется вверх, что приводит к охлаждению почвы. Это является неэффективным расходом средств как на посев растений, который может не дополучить теплоту, так и для использования самого котла, который будет не рационально потреблять топливные ресурсы. Систему газового отопления, включающую в себя воздухопроводы, регулирующую арматуру, автоматические контрольно-измерительные приборы безопасности пользования газом, использовать с точки зрения экологии небезопасно, так как в случае утечки газа может возникнуть аварийная ситуация или вся продукция пропадет вредоносным для человека веществом. Воздушное отопление вызывает сухость воздуха в помещении, что является губительным для некоторых видов растений.

Инфракрасные излучатели работают по принципу солнечного обогрева, т. е. посылают инфракрасные тепловые лучи, которые накапливаются окружающими предметами (в том числе почвой), а последние отдают накопленную (аккумулированную) теплоту в окружающую среду. Таким образом, теплоотдача происходит посредством излучения. По своей природе инфракрасные лучи имеют такую же природу, что и видимый солнечный свет. Они абсолютно безвредны для человека и растений и в естественной среде могут выделяться всеми нагретыми телами – как твердыми, так и жидкими. Лучи инфракрасного излучения свободно проходят через воздух (рассеивание в воздушной среде пренебрежимо мало). В результате теплота, производимая инфракрасным обогревателем, достигает расположенных в зоне его действия предметов и поглощается ими с последующим нагревом. Эти особенности делают инфракрасное (лучистое) отопление удобным и выгодным видом поддержания теплового режима. При работе инфракрасный излучатель тратит на обогрев воздуха не более 7–10 % от производимой энергии, в то время как у конвекторного прибора этот показатель может составлять 50–60 %. Нагрев помещений происходит гораздо быстрее, нежели при использовании иных видов отопительных приборов. Отдельно следует сказать и о том, что инфракрасные лучи способны благотворно воздействовать на растения. Поглощение растениями инфракрасных лучей и выделение их в пространство являются формой полезного теплового воздействия на растение, как на живой организм. Обогреватели

сами по себе не выжигают кислород и не сушат воздух, при использовании их в теплицах следует учитывать повышенную влажность, необходимую для нормального роста и развития растений. Инфракрасные обогреватели – это наиболее перспективный вид отопительных приборов, который является оптимальным выбором для отопления теплиц в холодный период года.

На основании выше изложенного перечислим преимущества применения инфракрасных излучателей в сельском хозяйстве:

1) перевод традиционной централизованной системы водяного отопления на местное газовое отопление, по мнению многих специалистов, дает снижение затрат на теплоснабжение в 2–4 раза;

2) в помещениях с высокими потолками при традиционных способах отопления нагретый воздух скапливается в верхней зоне, аккумулируя поступающую теплоту. При лучистом отоплении вся теплота с помощью отражателя передается в рабочую зону, т. е. туда, где оно непосредственно необходимо, прогревая почву, стены и оборудование. В свою очередь эти поверхности отдают полученную теплоту воздуху в помещении, при этом исключается образование воздушной «тепловой подушки» под потолком и перегрев кровли;

3) современные системы электрического отопления работают в автоматическом режиме, практически не требуют внимания со стороны эксплуатационного персонала. После установки и наладки системы в течение 15 лет можно ограничиться периодическими осмотрами – сервисным обслуживанием;

4) при работе в режиме автоматического управления, при очень малой инерционности управления, характерной для системы электрического отопления, можно точно выдерживать заданный температурный режим в отапливаемом помещении;

5) при отоплении инфракрасными излучателями используется существующий в природе принцип солнечного излучения. Инфракрасное излучение полностью соответствует тепловому излучению солнца, которое необходимо растениям;

6) обеспечивают возможность зонального отопления и отопления по сменам;

7) относительно высокий коэффициент полезного действия (до 94 %), надежность и безопасность.

Одним из способов лучистого отопления производственных и сельскохозяйственных объектов является применение газовых и электрических излучателей различной мощности и типоразмеров (рис. 2). К основным техническим ха-

рактическим характеристикам инфракрасных обогревателей относятся: мощность (Вт), напряжение (В) и сила тока (А). Как правило, в паспорте устройства

приводятся его габариты, максимальная и минимальная высота подвеса (м), отапливаемая площадь помещения при различных вариантах отопления (m^2).



Рис. 2. Газовые (слева) и электрические (справа) инфракрасные излучатели

Несмотря на преимущества лучистого отопления в сравнении с традиционными системами отопления, для каждого отдельного случая необходимо проводить оценку применения или перевода с того или иного вида обогрева по критериям экономической и энергосберегающей целесообразности.

Основная часть. В работе представлено технико-экономическое обоснование по укрупненным показателям перевода сельскохозяйственного объекта на примере производственной теплицы (рис. 3) с традиционного конвективного воздушно-водяного отопления на лучистое отопление для условий города Вологды.



Рис. 3. Фотографии теплицы в городе Вологде

Производственная теплица (объект теплопотребления) (рис. 3) подключена к системе централизованного теплоснабжения от районной отопительной котельной, которая является также собственностью организации (ОАО «Совхоз «Заречье»», г. Вологда). В качестве теплоносителя в системе используется вода из городского водопровода. Отопление теплиц осуществляется за счет системы теплоснабжения с дополнительным водообеспечением из баков тепличного комбината. Котельная установка подключена к магистральному газопроводу среднего давления. Водяная тепловая сеть двухтрубная, по типу прокладки

трубопроводов (теплопроводов) – подземная в непроходных каналах марки КЛ. Регулирование подачи теплоты в системе – качественное, водогрейные котлы работают по режимной карте. График работы котельной – 130/70 при температуре наружного воздуха $t_{н.о} = -32$ °С [5].

Общая площадь теплицы составляет $F = 980$ m^2 , суммарный строительный объем по наружному обмеру $V = 3200$ m^3 . Габариты $14 \times 70 \times 1,4$ (5 м – у конька теплицы) теплицы установлены с помощью инфракрасного дальномера Fluke 421D.

Технико-экономический расчет выполнен в три этапа: расчет капитальных затрат для осуществления технического решения (по укрупненным показателям); нахождение экономического эффекта от реализации предложенного проекта; определение срока окупаемости.

Капитальные затраты. В качестве источников инфракрасного излучения в теплицах, оранжереях, «зимних садах» большую популярность получили электрические обогреватели компании «Эколайн». Оптимальным вариантом для локального отопления агроклиматической системы (теплицы) служит промышленный обогреватель марки ЭЛ 30R с удельной отапливаемой площадью помещения $f = 30 \text{ м}^2$. Согласно прайс-листу компании (на IV квартал 2018 года), цена единицы продукции с учетом НДС составляет $\text{Ц}_{\text{об}} = 8480 \text{ руб.}$ Денежные затраты на приобретение оборудования можно оценить по формуле, руб:

$$\text{Ст}_{\text{об}} = \text{Ц}_{\text{об}} \frac{F}{f}. \quad (1)$$

Стоимость инфракрасных излучателей, согласно (1), составит $\text{Ст}_{\text{об}} = 8480 \cdot (980/30) = 277013 \text{ руб.}$ (количество приборов округлено до целого значения в большую сторону). Денежные затраты на транспортные перевозки минимальны (компания имеет филиал внутри города) и поэтому в расчете не учитываются.

Стоимость проектных работ $\text{Ст}_{\text{п.р}}$ – до 10 % от стоимости строительно-монтажных работ. Стоимость строительно-монтажных работ $\text{Ст}_{\text{с-м.р}}$ – 25–30 % от стоимости оборудования. Стоимость пуско-наладочных работ $\text{Ст}_{\text{п-н.р}}$ – 3–5 % от стоимости оборудования. В итоге суммарные капиталовложения (по максимальной стоимости видов работ) равны, руб:

$$K = \text{Ст}_{\text{об}} + \text{Ст}_{\text{п.р}} + \text{Ст}_{\text{с-м.р}} + \text{Ст}_{\text{п-н.р}} = 1,38 \text{ Ст}_{\text{об}}. \quad (2)$$

Тогда по (2) суммарные инвестиции на реализацию энергосберегающего мероприятия по внедрению источников инфракрасного излучения в теплицах составят $K = 1,38 \cdot 277013 = 382278 \text{ руб.}$

Экономический эффект. Экономический эффект от применения инфракрасных излучателей достигается за счет следующих факторов:

- 1) снижение потребления топлива благодаря локализации зоны отопления помещения теплицы;
- 2) уменьшение потребления топлива из-за равномерного распределения теплоты в воздушном объеме помещения теплицы;
- 3) устранение тепловых потерь по тепло-трассе;

4) сокращение потребления электрической энергии на циркуляцию теплоносителя в системе теплоснабжения.

Максимальный расчетный расход тепловой энергии на отопление строительного объекта (здания) по укрупненным показателям Q_o , Гкал/ч, определяется по формуле [6]:

$$Q_o = (1 + \beta) a_i q_o V (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о}}) \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

где β – коэффициент, учитывающий затраты теплоты на инфильтрацию в производственные здания, ориентировочно принимается 0,1–0,3; a_i – поправочный коэффициент к отопительной характеристике, зависит от температуры наружного воздуха; q_o – удельная отопительная характеристика здания, ккал/($\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$); V – объем теплицы по наружному обмеру, 3200 м^3 ; $t_{\text{вн}}$ – средняя температура воздуха в отапливаемом помещении, °C ; $t_{\text{н.о}}$ – расчетная температура наружного воздуха, °C .

Поправочный коэффициент a_i дает поправку на отопительную нагрузку здания с учетом расчетной наружной температуры региона. По данным [5], расчетная температура наиболее холодной пятидневки для условий города Вологды, составляет $t_{\text{н.о}} = -32 \text{ °C}$. Тогда, согласно [7], поправочный коэффициент для города Вологды, будет равен $a_i = 0,94$.

Температура воздуха, поддерживаемая внутри теплицы для выращивания растений, в среднем за отопительный период имеет величину $t_{\text{вн}} = 23 \text{ °C}$ с целью обеспечения температуры почвы 21 °C .

Фактическая удельная тепловая характеристика здания любого назначения определяется по формуле Н. С. Ермолаева [8], ккал/($\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$):

$$q_o = \frac{1,163p}{A} \left[k_{\text{ст}} + \eta(k_{\text{ок}} - k_{\text{ст}}) + \frac{1}{H}(0,9k_{\text{пт}} + 0,6k_{\text{пл}}) \right], \quad (4)$$

где p – периметр здания, равный 168 м ; A – площадь поверхности здания, равная $2367,4 \text{ м}^2$; η – коэффициент, учитывающий остекление объекта (отношение площади остекления к площади ограждения), по расчетам составил $4,9$; $k_{\text{ст}}$, $k_{\text{ок}}$, $k_{\text{пт}}$, $k_{\text{пл}}$ – коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций в виде стен, окон, потолка, пола соответственно, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$); H – высота здания (среднее значение по ширине), равная $3,2 \text{ м}$.

Коэффициенты теплопередачи k_i , Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$), ограждающих конструкций теплицы для (4) по данным [9] представлены в табл. 1.

Тогда с учетом табл. 1 фактическая удельная отопительная характеристика теплицы по формуле (4) равна $q_o = 1,81 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C})$. Максимальная расчетная тепловая нагрузка на здание, согласно формулы (3) составит $Q_o = 0,360 \text{ Гкал}/\text{ч}$.

Таблица 1
Значения коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций теплицы

Тип ограждающей конструкции теплицы	k_i , Вт/(м ² ·°С)
1. Наружная стена	2,92
2. Оконные светопрозрачные ограждения	6,40
3. Кровля	6,40
4. Пол	0,50

Для определения годовых затрат теплоты на отопление производственного объекта [10] можно воспользоваться формулой, Гкал:

$$\Delta Q_o^r = Q_o \frac{t_{вн} - t_{о.п}}{t_{вн} - t_{н.о}} z_{о.п}, \quad (5)$$

где $t_{о.п}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, по данным [5] для города Вологды $-4,1$ °С; $z_{о.п}$ – продолжительность отопительного периода, для города Вологды 5540 ч.

Годовые затраты энергии на нужды отопления теплицы по формуле (5) равны $\Delta Q_o^r = 982,7$ Гкал.

Среднегодовое количество теплоты, Гкал, теряемое в тепловой сети при транспортировке теплоносителя от источника теплоснабжения до теплицы при существующей системе отопления, определим по выражению:

$$\Delta Q_{т.с}^r = (q_{т.с}^n + q_{т.с}^o) l_{уч} z_{о.п} \cdot 10^{-6}, \quad (6)$$

где $q_{т.с}^n$ и $q_{т.с}^o$ – плотность теплового потока через подающий и обратный теплопроводы, ккал/(м·ч); $l_{уч}$ – общая протяженность теплопровода от котельной установки до теплицы, м.

Теплица подключена к отдельной распределительной магистрали тепловой сети, которая имеет один участок между котельной и теплицей. Диаметр теплопровода $d_y = 100$ мм, длина участка теплопровода $l_{уч} = 58$ м. Теплопроводы проложены в непроходных каналах марки КЛ, снаружи теплоизолированы пенополиуретаном. Согласно [11], линейные тепловые потери через подающий и обратный теплопроводы будут равны $q_{т.с}^n = 55,8$ ккал/(м·ч) и $q_{т.с}^o = 17,5$ ккал/(м·ч).

Тогда годовые тепловые потери от теплопроводов в окружающую среду, согласно формуле (6), равны $\Delta Q_{т.с}^r = 23,55$ Гкал.

В котельной работают четыре сетевых насоса марки НК 90/85 и 1Д200/90. Основной функцией сетевых насосов является бесперебойная циркуляция теплоносителя в системе. Давление на выходе из котельной 6 кгс/см², на входе – 2 кгс/см² (избыточное давление в сети $\Delta p = 392,4$ кПа). Объемный расход теплоносителя на нужды

отопления теплицы составляет $V = 65,3$ м³/ч. Коэффициент полезного действия сетевых насосов $\eta_n = 80$ %. Тогда годовые затраты электрической энергии на циркуляцию теплоносителя рассчитываются по формуле, кВт·ч:

$$\Delta Q_n^r = \frac{0,278 \Delta p V}{\eta_n} z_{о.п} \cdot 10^{-3}. \quad (7)$$

По уравнению (7) получаем затраты электроэнергии $\Delta Q_n^r = 49330$ кВт·ч.

Годовые денежные затраты при существующей отопительной системе определим по формуле, руб./год:

$$З_1 = \left(\frac{\Delta Q_o^r + \Delta Q_{т.с}^r}{Q_p^h \eta_{ка}} \right) T_r + \Delta Q_n^r T_3, \quad (8)$$

где Q_p^h – низшая теплота сгорания природного газа, $7,2 \cdot 10^3$ Гкал/м³; $\eta_{ка}$ – коэффициент полезного действия, 91 % для КВГ-4.65-150; T_r – тариф на природный газ, руб./м³; T_3 – тариф на электрическую энергию, руб./(кВт·ч).

Для города Вологды на IV квартал 2018 года тариф на природный газ составляет 5422 руб. за 1000 м³, на электрическую энергию – 4,44 руб./(кВт·ч). Таким образом, годовые денежные затраты на отопление теплицы при существующей системе отопления по (8) будут равны $З_1 = 1051731$ руб./год.

Годовые денежные затраты при реализации лучистой системы отопления, работающей на полную мощность, можно вычислить по формуле, руб./год:

$$З_2 = N_n \cdot n \cdot z_{о.п} \cdot T_3, \quad (9)$$

где N_n – потребляемая электрическая мощность одним инфракрасным прибором, 3 кВт; n – количество установленных единиц, по результатам расчета 33.

Годовые денежные затраты на лучистый обогрев теплицы по (9) составят $З_2 = 1199871$ руб./год.

Экономический эффект от внедрения энергоэффективных технологий в виде системы лучистого отопления в теплице находится через выражение, руб./год:

$$\mathcal{E} = З_1 - З_2. \quad (10)$$

Срок окупаемости. Согласно (10) мероприятие по внедрению электрических инфракрасных излучателей является нецелесообразным, так как дополнительные денежные затраты на их обслуживание составят 148140 руб./год. Это связано с доминированием стоимости единицы теплоты, производимой электрическим обогревателем 5170 руб./Гкал, над денежными затратами при использовании газообразного вида топлива

985 руб./Гкал с учетом снижения расхода условного топлива до $\Delta B = 132,9$ т.у.т/год (88,7 % от первоначального значения). Как следствие, электрическое лучистое отопление при производстве 1 Гкал обойдется дороже конвективного воздушно-водяного более чем в 5 раз. Поэтому сейчас локальное лучистое отопление, как правило, используют в качестве дополнительного обогрева при пиковых отопительных нагрузках [12].

Выводы. По результатам расчетов применение инфракрасных излучателей для отопления агроклиматических систем закрытого типа (теплиц, оранжерей, «зимних садов») может приносить доход при определенных количественно-качественных условиях [13]. Экономического эффекта можно добиться либо путем снижения потребляемой мощности инфракрасного излучателя (это возможно реализовать при установке регулятора температуры, например, излучателя марки Эколайн ЭЛТР16) с 3 кВт до 1 кВт, либо благодаря сокращению количества инфракрасных излучателей с 33 до 10 единиц. Первая альтернатива номинальной работы излучателей является предпочтительней. Кроме того, возможен комбинированный вариант. Однако, в любом случае лучистое отопление с указанными выше параметрами функционирования невозможно в качестве единственного источника теплоты, так как это негативно отразится на тепловом режиме сельскохозяйственного объекта и на эффективности его работы.

Подводя итог, отметим, что лучистое отопление с использованием газовых инфракрасных излучателей является максимально выгодным с экономической точки зрения способом обогрева теплицы. Годовые удельные денежные затраты на энергообеспечение теплицы в 4 раза меньше, чем при традиционном (воздушно-водяном) отоплении. Электрическое инфракрасное отопление теплицы инфракрасными излучателями является максимально дорогостоящим вариантом обогрева теплицы (дороже газового более чем в 6 раз, и дороже традиционного в 1,4 раза).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 60.13330.2016. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: актуализированная редакция СНиП 41-01-2003: утв. Министерством строительства и жилищно-

коммунального хозяйства Российской Федерации от 16.12.2016 № 968/пр. Введ. 17.06.2017. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2016. 104 с.

2. 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. М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. 12 с.

3. Миссенар Ф.А. Лучистое отопление и охлаждение: пер. с франц. М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. 320 с.

4. Мачкаши А., Банхиди Л. Лучистое отопление: пер. с венг. М.: Стройиздат, 1985. 464 с.

5. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология: актуализированная редакция СНиП 23-02-99*: утв. Минрегионом России от 30.06.2012 № 275. Введ. 01.01.2013. М.: ФАУ «ФЦС», 2015. 120 с.

6. Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хиж Э.Б., Манюк А.И., Ильин В.К. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник. 4-е изд. М.: Либроком, 2009. 432 с.

7. Тихомиров А.К. Теплоснабжение района города: учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного ун-та, 2006. 135 с.

8. Еремкин А.И., Королева Т.И. Тепловой режим зданий: учеб. пособие для вузов. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 363 с.

9. Свиштунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: учебник для вузов. СПб.: Политехника, 2008. 428 с.

10. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление: учеб. для вузов. М.: АСВ, 2002. 576 с.

11. Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения / сост. А.А. Тищенко, А.П. Щербаков; под ред. В.Г. Семенова. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. 34 с.

12. Taylor T.M. Secrets to a successful greenhouse business // Mother Earth News. 1992. No. 135. Pp. 38–45.

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

Информация об авторах

Карпов Денис Федорович, старший преподаватель кафедры теплогоснабжение и вентиляция. E-mail: karpov_denis_85@mail.ru. Вологодский государственный университет. Россия, 160000, Вологда, ул. Ленина, д. 15, каб. 111.

Синицын Антон Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляция. E-mail: nee-energo@yandex.ru. Вологодский государственный университет. Россия, 160000, Вологда, ул. Ленина, д. 15, каб. 111.

Поступила в декабре 2018 г.

© Карпов Д.Ф., Синицын А.А., 2019

^{1,*}**Karpov D.F., ¹Sinitsyn A.A.**

¹Vologda State University

Russia, 160000, Vologda, Lenin St., 15, office 111

*E-mail: karpov_denis_85@mail.ru

TECHNO-ECONOMIC ASSESMENT OF RADIANT HEATING EFFECTIVENESS IN GREENHOUSES

Abstract. *The problem of techno-economic and energy efficiency of radiant heating in closed agro-climatic systems is considered on the example of industrial greenhouse. The radiant heating and conventional heating systems for premises are compared. The techno-economic calculation of expediency to transfer the industrial greenhouse from convective air-water heating to radiant heating for the city of Vologda is presented. The techno-economic calculation is performed in three stages: calculation of general costs (by enlarged indicators) for the introduction of radiant heating systems and finding its economic impact; determination of pay-back period. An assessment of the energy saving potential is made. The annual overrun of non-renewable fuel resources with the existing method of heating is determined. The presented calculations are based on the country's current regulatory documents.*

Keywords: *techno-economic assessment, radiant heating, infrared emitter, agro-climatic system, greenhouse, general costs, economic impact.*

REFERENCES

1. . SR 60.13330.2016. Set of rules. Heating, ventilation and air conditioning: the updated edition of SNiP 41-01-2003: approved by the Ministry of construction and housing utilities of the Russian Federation dated 16.12.2016 No. 968/Ave Entered 17.06.2017. M.: Federal state unitary enterprise "STANDARTINFORM", 2016, 104 p.
2. SO NPP AVOK 4.1.5-2006. Standard of organization. Heating and heating systems with gas infrared emitters: approved by the order of the President non-profit partnership "AVOK". Introduced 30.11.2006. M.: AVOK-PRESS, 2007, 12 p.
3. Misener F.A. Radiant heating and cooling: translated from the French. M.: State publishing house of literature on construction, architecture and building materials, 1961, 320 p.
4. Machkashi A., Banhidi L. Radiant heating: translation from Hungarian M.: Stroyizdat. 1985, 464 p.
5. SR 131.13330.2012. Set of rules. Construction climatology: updated version of BC 23-02-99*: approved by the Ministry of regional development of Russia from 30.06.2012 No 275. Introduced 01.01.2013. M.: FAI "FCRSTCAC". 2015, 120 p.
6. Manyuk V.I., Kaplinsky I.Y., Hizh E.B., Manyuk A.I., Ilyin V.K. Commissioning and operation of the water heating systems: handbook. 4 edition. M.: Librokom, 2009, 432 p.
7. Tikhomirov A.K. Heat supply of the city district: textbook. Khabarovsk: Publishing house of Pacific state University. 2006, 135 p.
8. Eremkin A.I., Koroleva T.I. Thermal regime of buildings: textbook for universities. Rostov-on-Don: Phoenix, 2008, 363 p.
9. Svistunov V.M., Pushnyakov N.K. Heating, ventilation and air conditioning of objects of agro-industrial complex and housing and communal services: textbook for universities. SPb.: Polytechnic. 2008, 428 p.
10. Skanavi A.N., Mahov L.M. Heating: textbook for universities. M.: ACU, 2002, 576 p.
11. Method of determination of actual losses of thermal energy through thermal insulation of pipelines of water heating networks of district heating systems. The composition of the A.A. Tishchenko, A.P. Shcherbakov; under the editorship of V.G. Semenov. M.: Publishing house of Scientific Center of ENAS, 2004, 34 p.
12. Taylor T.M. Secrets to a successful greenhouse business. Mother Earth News, 1992, no. 135, Pp. 38–45.
13. Kavga A., Konstas I., Panidis T. Assessment of infrared heating benefits in a production greenhouse. Applied Engineering in Agriculture, 2015, vol. 31 (1), pp. 143–151.

Information about the authors

Karpov, Denis F. Senior lecturer of the department heat and gas supply and ventilation.
E-mail: karpov_denis_85@mail.ru. Vologda State University. Russia, 160000, Vologda, Lenin St., 15, office 111.

Sinitsyn, Anton A. PhD, Assistant professor, Assistant professor of the department heat and gas supply and ventilation.
E-mail: nee-energo@yandex.ru. Vologda State University. Russia, 160000, Vologda, Lenin St., 15, office 111.

Received in December 2018

Для цитирования:

Карпов Д.Ф., Синицын А.А. Техничко-экономическая оценка эффективности применения лучистого отопления в теплицах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №1. С. 73–80.
DOI: 10.12737/article_5c50621316e4b5.61522261

For citation:

Karpov D.F., Sinitsyn A.A. Techno-economic assesment of radiant heating effectiveness in greenhouses.
Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 1, pp. 73–80.
DOI: 10.12737/article_5c50621316e4b5.61522261