

УДК 697.7

**Болотских Николай Николаевич**, канд. техн. наук, доцент  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА), г. Харьков, Украина, ул. Сумская, 40, Харьков, Украина, 61002, тел. 706-19-01

### ИНФРАКРАСНЫЙ ОБОГРЕВ ТЕПЛИЦ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДЛИННОВОЛНОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ

*Описаны технология и технические средства инфракрасного обогрева теплиц с использованием электрических длинноволновых нагревательных панелей.*

**Ключевые слова:** инфракрасный обогрев, теплица, электрический нагреватель.

**Болотських Микола Миколайович**, канд. техн. наук, доцент  
Харківський національний університет будівництва та архітектури (ХНУБА), м. Харків, Україна, вул. Сумська, 40, Харків, Україна, 61002, тел. 706-19-01

### ІНФРАЧЕРВОНИЙ ОБІГРІВ ТЕПЛИЦЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДОВГОХВИЛЬОВИХ НАГРІВАЮЧИХ ПАНЕЛЕЙ

*Описані технологія і технічні засоби інфрачервоного обігріву теплиць із використанням електричних довгохвильових нагрівачів панелей.*

**Ключові слова:** інфрачервоний обігрів, теплиця, електричний нагрівач.

**Bolotskykh Nikolay Nikolaevich**, Cand. (Eng.) Sc., P.A.  
Kharkov national University of Civil engineering and Architecture (KHNUA), Kharkov, Ukraine, Sumskaia st., 40, Kharkov, Ukraine, 61002, tel. 706-19-01

### INFRARED HEATING OF HOTHOUSES BY MEANS OF ELECTRIC LONG-WAVE HEATER PANELS

*Technology and technical equipments of the infrared heating of hothouses are described with the use of electric long-wave heater panels.*

**Keywords:** infra-red heating, hothouse, electric heater.

#### Введение

Для обогрева теплиц, оранжерей, зимних садов и парников в настоящее время используются различные способы и технические средства. Наибольшее распространение в нашей стране получили традиционные конвективные способы: водяной и воздушный [1]. Такие способы имеют ряд весьма существенных недостатков:

- большие энергозатраты на единицу выращенной сельскохозяйственной продукции;
- высокие первоначальные финансовые затраты на приобретение необходимого оборудования и материалов;
- сложность и трудоемкость монтажа системы обогрева;
- наличие тепловой инерционности систем обогрева (медленное нагревание);
- сложность в регулировке и эксплуатации систем обогрева;
- пересушивание воздуха (при использовании калориферов), отрицательно влияющее на рост растений.

Альтернативой таким способам обогрева теплиц являются системы с использованием инфракрасных нагревателей.

В настоящее время в Украине и за рубежом создано и применяется на практике для отопления различных помещений большое количество инфракрасных нагревателей. В ХНУСА проведен их глубокий анализ и составлена классификация, приведенная на рис. 1.

Из всего приведенного в этой классификации многообразия инфракрасных нагревательных приборов для обогрева теплиц, оранжерей, зимних садов и парников находят применение: электрические (панельные и пленочные), газовые (закрытые модульные короткие и блочные мультигорелочные) и водяные (термопанели).

Учитывая дефицит и дороговизну энергоресурсов (особенно природного газа) в настоящее время в нашей стране отдается предпочтение прежде всего наиболее

энергоэффективным способам инфракрасного обогрева теплиц, в частности, способу с использованием электрических длинноволновых панельных нагревателей [1, 2]. Настоящая статья и посвящается подробному описанию этого способа обогрева теплиц.



Рис. 1. Классификация инфракрасных нагревателей

### Цель исследования

Целью настоящего исследования является анализ и обобщение эффективной технологии и технических средств инфракрасного обогрева теплиц с помощью электрических длинноволновых нагревательных панелей для расширения их использования в Украине и снижения расходов энергоресурсов на производство ранних урожаев сельскохозяйственной продукции.

### Основной материал

Электрические нагревательные панели, используемые для инфракрасного обогрева теплиц, представляют собой плоские (панельные) длинноволновые электронагреватели различных конструкций и размеров, подвешиваемые отдельно либо группами под потолком обогреваемого помещения (рис. 2).



Рис. 2. Инфракрасное отопление теплицы с использованием электрических длинноволновых трехпанельных нагревателей: 1 – конструкция теплицы; 2 – электрические длинноволновые нагреватели

Энергосберегающая технология отопления различных помещений с помощью длинноволновых панельных электрических нагревателей в зарубежной практике применяется давно, около 50 лет. На постсоветском пространстве она используется около 20 лет. В настоящее время выпуск таких нагревателей занимается ряд зарубежных и отечественных фирм и компаний. В частности, компания "БИЛЮКС Украина" выпускает усовершенствованные панельные электрические нагреватели под торговой маркой БИЛЮКС в г. Харькове. Специалисты этой компании, используя накопленный зарубежный опыт, внесли соответствующие новые, более совершенные, изменения в конструкцию и технологию производства теплоизлучающих панелей, что повысило их безопасность и теплоотдачу. Эти усовершенствованные нагреватели ничем не уступают, а скорее превосходят западные аналоги, потому что они разработаны под украинские стандарты электросетей, имеют наилучшие температурные параметры, в них используются низкотемпературные ТЭНы из нержавеющей стали, которые более надежны в работе в сравнении со спиральными, применяемыми в конструкциях зарубежных аналогов.

Компания "БИЛЮКС Украина" в настоящее время выпускает семь стандартных моделей инфракрасных панельных электрических нагревателей, отличающихся друг от друга по мощности (от 500 до 4000 Вт) и внешнему исполнению. Они предназначены для обогрева помещений различного назначения с высотой потолков от 2 до 15 м. Для обогрева теплиц, оранжерей и зимних садов этой компанией выпускается три модели бытовых панельных инфракрасных электронагревателей: БИЛЮКС Б600, БИЛЮКС Б1000 и БИЛЮКС Б1350 [2].

На рис. 3 показано устройство инфракрасного панельного электрического нагревателя БИЛЮКС [3].

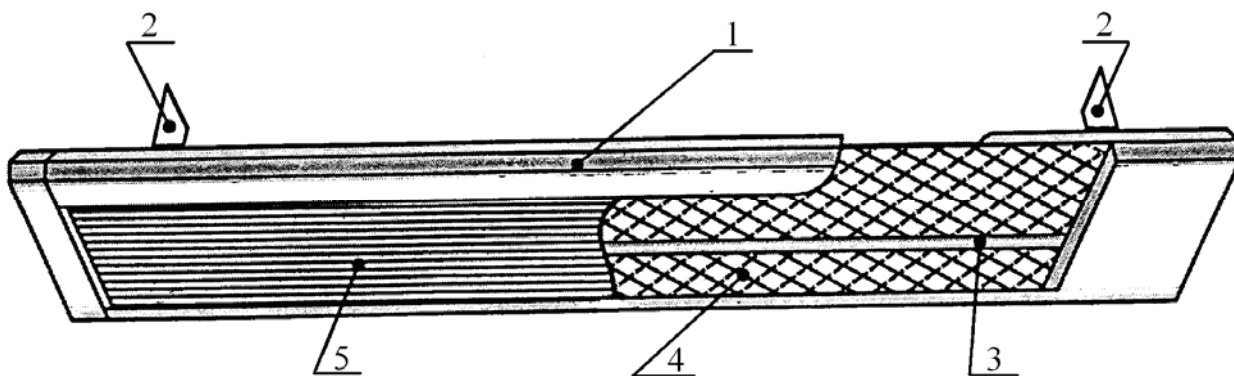
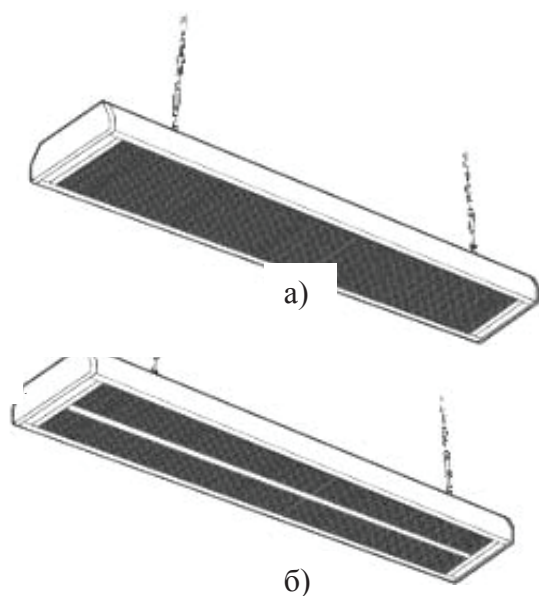


Рис. 3. Общий вид инфракрасного панельного электрического нагревателя БИЛЮКС: 1 – корпус; 2 – кронштейны для крепления нагревателя к потолку; 3 – низкотемпературный ТЭН; 4 – теплоизоляция; 5 – теплоизлучающая пластина

Нагреватель состоит из прямоугольного стального корпуса, покрытого жаростойкой порошковой краской, низкотемпературного трубчатого нагревателя (ТЭН), вмонтированного в теплоизлучающую пластину из высокоточного анодированного алюминиевого профиля, и высококачественного теплоизолятора. Особая геометрия излучающей поверхности панели обеспечивает наилучшее распределение тепла внутри обогреваемого помещения. Корпус нагревателя выполнен в форме трапеции. По всему его периметру продольно расположены ребра, которые служат для статического усиления жесткости нагревателя, что позволяет располагать оси подвеса на расстоянии 1,2 м друг от друга. Нижняя двойная отбортовка корпуса также увеличивает статическую жесткость панели. Она кроме того служит для закрепления высококачественного углеродосодержащего теплоизолятора под отражающим слоем алюминиевого экрана, уложенного над излучающей пластиной.

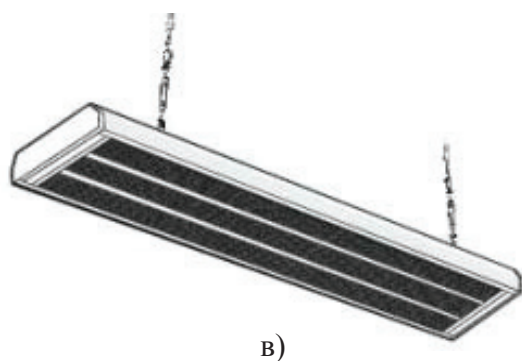
В конструкциях панелей нагревателей БИЛЮКС предусмотрена возможность подключения их друг с другом с помощью кабеля ПВС в ряд необходимой длины. При этом кабель укладывается в короб-канал или гофротрубу, придающим панелям надлежащий внешний вид. Общая длина такой ленты нагревателей неограничена.

Нагреватели БИЛЮКС выпускаются одно-, двух- и трехпанельными (рис. 4).



Автоматическая работа системы обогрева теплицы с помощью нагревателей БИЛЮКС обеспечивается за счет установки специальных терморегуляторов, которые отслеживают перепады температуры и регулируют работу инфракрасных нагревателей. Использование терморегуляторов позволяет обеспечивать в теплице заданную температуру воздуха и поддерживать работу инфракрасных нагревателей в максимально экономичном режиме. С их помощью существенно снижается потребляемая мощность: у нагревателей БИЛЮКС Б600 до 200 Вт, БИЛЮКС Б1000 до 300 Вт и БИЛЮКС Б1350 до 400 Вт.

Основные параметры нагревателей БИЛЮКС, используемых для обогрева теплиц, приведены ниже в таблице.



в)

Рис. 4. Виды нагревателей БИЛЮКС:  
а) однопанельный; б) двухпанельный;  
в) трехпанельный.

Таблица

Технические данные инфракрасных электронагревателей БИЛЮКС

Наименование параметра	Модель		
	БИЛЮКС Б600	БИЛЮКС Б1000	БИЛЮКС Б1350
Номинальная мощность, Вт	600	1000	1350
Напряжение питающей электрической сети, В	220	220	220
Температура на поверхности излучающей пластины, °С	220÷240	240÷270	270÷300
Габаритные размеры: мм			
длина	1000	1500	1500
ширина	160	160	160
высота	40	40	40
Масса, кг	4	4	6
Высота подвеса (не менее), м	2,4	2,7	2,8
Площадь обогрева одним нагревателем, м <sup>2</sup>	6	10	13

ТЭНы в конструкциях упомянутых нагревателей подобраны таким образом, чтобы при их включении обеспечивалась требуемая температура нагрева поверхности теплоизлучающей пластины, обращенной к полу теплицы, в пределах от 220 до 300 °С. При таких температурах около 90 % электрической энергии преобразуется в инфракрасное излучение (поток тепловых лучей) [3], а 10 % уходит на прямой нагрев воздуха, соприкасающегося с излучающей пластиной и корпусом нагревателя, и представляют собой конвективные потери тепла. Тепловые лучи беспрепятственно проходят сквозь воздух, не нагревая его, и достигая пола нагревают почву и предметы, находящиеся на полу. В свою очередь почва, пол и нагретые предметы конвективным путем передают тепло находящемуся в рабочей зоне воздуху. Подогретый воздух, поднимаясь вверх к потолку, немного остывает. При этом на уровне головы стоящего человека температура воздуха оказывается на 1–2 °С ниже, чем у пола.

При работе электронагревателя БИЛЮКС тепловое излучение (инфракрасное излучение) находится в длинноволновом диапазоне. Такое излучение, аналогичное солнечному, при соблюдении правил выбора и эксплуатации нагревателей безопасно для человека и весьма полезно для выращиваемых растений в теплице.

Описанные инфракрасные нагреватели БИЛЮКС имеют ряд весьма важных достоинств. Прежде всего они отличаются достаточно высокой экономичностью. Экономия энергоресурсов при их эксплуатации составляет до 40 % по сравнению с традиционными конвективными системами отопления. Затраты на техническое обслуживание при их

эксплуатации практически отсутствуют. Нагреватели обеспечивают быстрый обогрев теплицы. При их работе не создается дополнительного движения воздуха, отсутствуют сквозняки, поддерживается минимальный температурный градиент, не происходит пересушивания воздуха в теплице. Срок службы таких нагревателей составляет не менее 20 лет.

Компания "ТЕПЛО ДАРЕЦЬ. Віддам тепло в добрі руки" предлагает для целей инфракрасного обогрева теплиц специальный электрический нагреватель модели "УКРОП. Тепличный. 1500", выпускаемый в Украине под торговой маркой "УКРОП" (Українські Обігрівальні Панелі) [4]. Этот нагреватель представляет собой высокотехнологичный прибор. Его принципиальная конструктивная схема аналогична выше описанной. Корпус и рефлектор нагревателя изготовлены из нержавеющей стали. В этом корпусе в защитной термостойкой оболочке расположен низкотемпературный нагревательный элемент (ТЭН) с излучающей пластиной. Нагреватель снабжен системой защиты и контуром заземления.

Нагреватель характеризуется следующими параметрами: номинальная мощность – 1,5 кВт; напряжение питания – 220 В; габаритные размеры (длина×ширина×высота) – 1500×100×50 мм; масса – 3 кг; минимальная высота подвеса – 2 м; срок службы – до 25 лет.

Нагреватель легко и быстро подвешивается под потолком к аркам или иным несущим конструкциям теплицы. Продолговатая форма нагревателя и угол теплового рассеивания равный 90 градусов обеспечивают равномерное распространение тепла в теплице при различной высоте его подвеса. В теплицах шириной 3-5 м для обогрева достаточно одного ряда нагревателей, подвешенных вдоль теплицы. В широких теплицах количество рядов увеличивается пропорционально.

При использовании нагревателя для обогрева арочных теплиц с поликарбонатным покрытием площадь обогрева составляет 12–15 м<sup>2</sup> (в весенне-осенний период при легких заморозках) и 6–8 м<sup>2</sup> (в зимний период).

Благодаря лучистой составляющей инфракрасный нагреватель "УКРОП. Тепличный. 1500" обеспечивает экономное и рациональное использование электроэнергии при обогреве теплиц различных конструкций. За счет этого в теплицах экономится до 30 % тепловой энергии. Использование таких нагревателей для обогрева теплиц кроме того позволяет уменьшать количество конденсата на несущих металлических каркасах, а также помогает бороться с плесенью и намерзанием на фундаменте в зимние периоды.

Стоимость оборудования теплиц с использованием нагревателей "УКРОП. Тепличный. 1500" в 4–6 раз меньше, чем при оборудовании традиционной конвективной системой отопления. Для подключения нагревательных панелей не требуется прокладка специальных внутренних электрических сетей, так как потребляемая мощность панелей не высока. Это обстоятельство существенно снижает стоимость общестроительных работ. Инфракрасный нагреватель "УКРОП. Тепличный. 1500" может использоваться как для основного, так и зонального обогрева или в сочетании с другими системами отопления в теплицах.

Описанные выше инфракрасные панельные длинноволновые электронагреватели марок "БИЛЮКС" и "УКРОП" при оптимальном их расположении в теплице позволяют обеспечивать наиболее равномерное распределение инфракрасного излучения по всей внутренней площади помещения. Оптимальное размещение нагревателей в теплице достигается путем выполнения подробных расчетов и вариантного проектирования системы инфракрасного обогрева с учетом типа теплицы, ее размеров, назначения, режима работы, суммарных теплопотерь и др. факторов.

Компания "БИЛЮКС Украина" разработала методику расчета и проектирования систем инфракрасного отопления различных помещений с помощью инфракрасных панельных электрических нагревателей БИЛЮКС [3]. Согласно этой методике вначале производится расчет необходимой мощности оборудования. При этом принимается условие, что суммарная мощность обогревательного оборудования в помещении должна быть не меньше величины чистых тепловых потерь.

Общие теплопотери слагаются из потерь путем теплопроводности через стены, полы,

окна, двери и крышу и вентиляционных потерь.

Потери путем теплопроводности определяются по выражению

$$P_T = F \cdot k \cdot (t_n - t_{\min}), \quad (1)$$

где  $F$  – площадь ограждающей поверхности,  $m^2$ ;

$k$  – коэффициент теплопроводности,  $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$ ;

$t_n$  – температура в помещении,  $^\circ C$ ;

$t_{\min}$  – минимальная расчетная наружная температура в данной местности,  $^\circ C$ .

Вентиляционные потери тепла определяются по формуле

$$P_V = Q \cdot (1 - \alpha) \cdot (t_k - t_{\min}) \cdot 0,33, \quad (2)$$

где  $Q = n \cdot V_3$  – объем вентилируемого воздуха,  $m^3/ч$ ;

$n$  – число оборотов воздуха в час;

$V_3$  – объем здания (помещения),  $m^3$ ;

$\alpha$  – коэффициент эффективности утилизации тепла ( $0 \div 1$ ).

Утилизация тепла обычно используется для уменьшения потерь путем смешивания части теплого, удаляемого из помещения, воздуха с приточным.

Общие тепловые потери рассчитываются по формуле

$$P_{\text{общ.}} = P_T + P_V. \quad (3)$$

При наличии в помещении внутреннего источника тепловыделения величина чистых тепловых потерь определяется по выражению

$$P = P_{\text{общ.}} - Q_{\text{внутр.}}, \quad (4)$$

где  $Q_{\text{внутр.}}$  – мощность внутреннего источника тепловыделения.

После определения величины чистых потерь тепла или, иначе говоря, потребной суммарной мощности обогревательного оборудования приступают к решению вопросов, связанных с определением мощности и количества нагревательных приборов и их оптимальным размещением в помещении. Первоначальный выбор варианта размещения электронагревателей обычно осуществляется с учетом возможных максимальных площадей обогрева, указываемых изготовителем для каждой модели нагревательного прибора. Например, для нагревателя модели БИЛЮКС Б600 в его технической характеристике указана возможная максимальная отапливаемая площадь в  $6 m^2$  при использовании его для основного обогрева помещения, а для нагревателя модели БИЛЮКС Б1000 этот параметр составляет  $10 m^2$ . Кроме того, при разработке оптимальной схемы размещения инфракрасных длинноволновых электрических нагревательных панелей БИЛЮКС в помещении следует учитывать рекомендации, сформулированные компанией "БИЛЮКС Украина" [3]. После расчета нескольких возможных вариантов размещения обогревателей в отапливаемом помещении выбирают для практической реализации менее энергозатратный, наиболее экономичный и удобный в эксплуатации вариант обогрева.

Описанная методика может быть использована и при расчетах систем инфракрасного обогрева теплиц с помощью электрических панельных длинноволновых нагревателей. Однако, считаем целесообразным ее дополнить. Необходимо учитывать, что система отопления теплицы должна быть не только энергоэффективной, экономичной и удобной в эксплуатации. Она должна также иметь достаточные возможности для постоянного обеспечения оптимальной температуры почвы в теплице, которая для различных культур растений колеблется в пределах от  $15$  до  $25^\circ C$ , а для торфяных горшочков и грядок с рассадой – около  $30^\circ C$  [5]. Для получения хороших урожаев ранней овощной и другой продукции в теплице должно постоянно соблюдаться условие:

$$t_{\text{факт.}}^{\text{почвы}} = t_{\text{opt}}^{\text{почвы}}, \quad (5)$$

где  $t_{\text{факт.}}^{\text{почвы}}$  – фактическая температура почвы в теплице, °С;

$t_{\text{opt}}^{\text{почвы}}$  – оптимальная температура почвы в теплице, °С.

Кроме того, всегда следует иметь ввиду и то, что в большинстве теплиц длительное время находятся работающие в них люди. Поэтому при проектировании системы обогрева теплицы необходимо соблюдать все предписания, приведенные в ГОСТе 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" [6]. В этом ГОСТе предусмотрено требование о том, чтобы температура воздуха в обогреваемом помещении должна быть оптимальной. Кроме того, в ст. 1.8 этого ГОСТа приведены соответствующие допустимые значения интенсивности теплового облучения работающих в зависимости от величины облучаемой поверхности их тела (не более 25 %, от 25 до 50 %, 50 % и более). В связи с этим при проектировании систем инфракрасного отопления теплиц с использованием электрических длинноволновых нагревательных панелей необходимо производить проверку выполнения упомянутых выше санитарно-гигиенических требований.

Следует иметь ввиду то, что при инфракрасном обогреве температура воздуха находящемуся в рабочей зоне теплицы человеку из-за присутствия теплового излучения всегда кажется выше, чем если бы это полезное тепло к нему передавалось обычным конвективным путем. Температуру, которая людям при инфракрасном обогреве кажется выше, принято называть температурой ощущения или эффективной температурой ( $t_{\text{эф.}}$ ), а температуру, измеренную традиционным способом с помощью термометра, называют температурой воздуха ( $t_{\text{в}}$ ). Разность значений этих температур и определяет увеличение ощущения тепла за счет излучающего теплообмена.

Эффективная температура может быть подсчитана по формуле [7]

$$t_{\text{эф.}} = t_{\text{в}} + 0,0716 \cdot q, \quad (6)$$

где  $q$  – интенсивность облучения (поверхностная плотность лучистого теплового потока) в конкретной тестируемой точке обогреваемой теплицы, Вт/м<sup>2</sup>;

0,0716 – переводной множитель, °С·м<sup>2</sup>/Вт.

Ввиду того, что интенсивность облучения в различных точках рабочей зоны теплицы неодинакова целесообразно при расчетах эффективной температуры принимать ее максимальные значения. Поскольку для обогрева всего помещения теплицы используется, как правило, несколько инфракрасных нагревателей при расчетах эффективной температуры следует принимать величину максимальной суммарной интенсивности облучения в рабочей зоне ( $q_{\text{сум}}^{\text{max}}$ ). С учетом этого зависимость (6) может быть записана в виде

$$t_{\text{эф.}} = t_{\text{в}} + 0,0716 \cdot q_{\text{сум}}^{\text{max}}. \quad (7)$$

Для выполнения требований ГОСТа 12.1.005-88 при обогреве теплицы инфракрасным способом необходимо соблюдение прежде всего двух условий

$$t_{\text{эф.}} = [t_{\text{в}}^{\text{opt}}] \quad (8)$$

и

$$q_{\text{сум}}^{\text{max}} \leq [q], \quad (9)$$

где  $[t_{\text{в}}^{\text{opt}}]$  – рекомендуемое ГОСТом оптимальное значение температуры воздуха в рабочей зоне теплицы, °С;

$[q]$  – рекомендуемое ГОСТом допустимое значение интенсивности облучения в рабочей зоне теплицы, Вт/м<sup>2</sup>.



Формулу для определения значений расчетной температуры воздуха ( $t_b$ ) в рабочей зоне теплицы, отвечающих условиям (8) и (9), получаем путем несложных преобразований. Подставляя (7) в (8), получаем

$$t_b + 0,0716 \cdot q_{\text{сум}}^{\text{max}} = [t_b^{\text{opt}}], \quad (10)$$

а из уравнения (10) получаем

$$t_b = [t_b^{\text{opt}}] - 0,0716 \cdot q_{\text{сум}}^{\text{max}}, \quad (11)$$

Вычисленную по формуле (11) величину температуры воздуха в рабочей зоне и следует принимать для дальнейших расчетов температуры в обогреваемой теплице и, соответственно, для определения тепловой нагрузки.

При обогреве теплиц инфракрасными длинноволновыми электрическими нагревательными панелями расчет интенсивности облучения головы человека, находящегося в рабочей зоне теплицы, можно выполнять с использованием зависимости [8]

$$q = \frac{1,8\Delta x^2 F_1}{R^4} \left[ \left( \frac{t_1 + 273}{100} \right)^4 - 92 \right], \quad (12)$$

где  $\Delta x$  – продольное расстояние от головы человека до середины излучающей поверхности нагревателя, м;

$F_1$  – площадь поверхности излучения нагревателя,  $\text{м}^2$ ;

$t_1$  – температура излучающей поверхности нагревателя,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$R$  – расстояние между центрами излучающей поверхности и головы человека, м.

С использованием формулы (12) можно решать следующие задачи:

- по заданной температуре и размерам нагревателя определять интенсивность облучения;
- по заданной интенсивности облучения определять допустимую температуру поверхности излучения;
- по заданной интенсивности облучения и по характеристикам нагревателя найти высоту его размещения.

При наличии в системе отопления нескольких инфракрасных нагревателей интенсивность облучения головы человека, находящегося в рабочей зоне, рассчитывается по формуле (12) отдельно от каждого нагревателя, а затем с использованием метода суперпозиции эти полученные значения суммируются. Именно это максимальное суммарное значение интенсивности облучения и не должно превышать допустимое ГОСТом 12.1.005-88.

Выполнение требований (8) и (9) ГОСТа 12.1.005-88 должно осуществляться только при условии обеспечения минимальных энергозатрат на обогрев теплицы. Вследствие необходимости реализации этого требования расчеты систем инфракрасного обогрева теплиц с помощью электрических длинноволновых панельных нагревателей часто являются многовариантными.

### Выводы

1. Инфракрасные системы обогрева на базе электрических длинноволновых нагревательных панелей позволяют создавать необходимый оптимальный микроклимат в теплицах, комфортный для работающих в них людей и весьма полезный для выращиваемых растений. Эти системы в сравнении с конвективными позволяют существенно экономить энергоресурсы (до 40 %).

2. Расширение применения в Украине инфракрасных электрических нагревательных панелей для обогрева теплиц будет способствовать ускорению решения проблемы энергосбережения, а также повышению урожайности и снижению стоимости выращиваемой ранней овощной и другой сельскохозяйственной продукции.

3. При использовании для целей обогрева теплиц инфракрасных электрических нагревательных панелей целесообразно выполнять не только рекомендации их изготовителей, но и очень тщательно контролировать выполнение всех санитарно-

гигиенических и других требований, содержащихся в действующих национальных нормативных документах, касающихся применения инфракрасных систем отопления.

#### Список использованной литературы:

1. Болотских Н. Н. Зарубежные технологии инфракрасного обогрева теплиц / Н.Н. Болотских// Науковий вісник будівництва. Збірник наукових праць, вип. 1(79). Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – С. 150–158.
2. Обогрев теплицы зимой. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agrovektor.com/art/950>, 2015, – 3 с.
3. Система потолочного отопления на базе электрических длинноволновых обогревателей. Техническая документация. БИЛЮКС – Отопление суперэкономичное. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bilux.ua>, 2015, – 67 с.
4. ІЧ-обігрівач "УКРОП. Тепличний. 1500". "ТЕПЛО ДАРЕЦЬ, віддам тепло в добрі руки". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://teplodarets.com.ua>, 2015, – 1 с.
5. Отопление теплиц с подогревом почвы. Украина: "ТЕПЛО ДАРЕЦЬ, віддам тепло в добрі руки". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://teplodarets.com.ua>, 2015, – 7 с.
6. ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны". Система стандартов безопасности труда. Государственный стандарт СССР, 1988.
7. Болотских Н. Н. Совершенствование методики расчета систем отопления газовыми трубчатými инфракрасными нагревателями /Н.Н.Болотских// Науковий вісник будівництва. Збірник наукових праць, вип. 54. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – С. 76–91.
8. Шумилов Р.Н. Совершенствование методики расчета лучистого отопления/ Р.Н. Шумилов, Ю.И. Толстова, А.А. Поммер// Сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. "Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции". Москва: Изд-во МГСУ, 2005. – С. 107112.

#### Referenses:

1. Bolotskih N. N. Zarubezhnye tehnologii infrakrasnogo obogreva teplic / N.N. Bolotskih// Naukovij visnik budivnictva. Zbirnik naukovih prac', vip. 1(79). Harkiv: HNUBA, HOTV ABU, 2015. – P. 150–158.
2. Obogrev teplic zimoj. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://agrovektor.com/art/950>, 2015, – 3 с.
3. Sistema potolocnogo otoplenija na baze jelektricheskikh dlinnovolnovykh obogrevatelej. Tehnicheskaja dokumentacija. BILJUKS – Otoplenie superjekonomichnoe. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://bilux.ua>, 2015, – 67 p.
4. ICH-obigrivach "UKROP. Teplichnyj. 1500". "TEPLO DAREC", viddam teplo v dobri ruki". [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://teplodarets.com.ua>, 2015, – 1 p.
5. Otoplenie teplic s podogrevom pochvy. Ukraina: "TEPLO DAREC", viddam teplo v dobri ruki". [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://teplodarets.com.ua>, 2015, – 7 p.
6. GOST 12.1.005-88 "Obshhie sanitarno-gigienicheskie trebovanija k vozduhu rabochej zony". Sistema standartov bezopasnosti truda. Gosudarstvennyj standart SSSR, 1988.
7. Bolotskih N. N. Sovershenstvovanie metodiki rascheta sistem otoplenija gazovymi trybchatymi infrakrasnymi nagrevateljami /N. N.Bolotskih// Naukovij visnik budivnictva. Zbirnik naukovih prac', vip. 54. Harkiv: HNUBA, HOTV ABU, 2009. – P. 76–91.
8. Shumilov R. N. Sovershenstvovanie metodiki rascheta luchistogo otoplenija/ R. N. Shumilov, JU.I. Tolstova, A. A. Pommer// Sb. dokl. mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzhenija i ventiljacji". Moskva: Izd-vo MGSU, 2005. – P. 107–112.

Поступила в редакцию 21.06 2015 г.