

Рис. 3. Погодинний графік відмінностей між фактичним та допустимим значенням перепаду тиску між початковою та кінцевою точками трубопроводу

У випадку перевищення лінією фактичного тиску лінії допустимого та відповідного розбалансу, враховуючи обсяг рідини в газових мішках, програма повинна видати звуковий сигнал.

**Висновки.**

Програма може опитувати суміжне програмне забезпечення або працювати безпосередньо із драйвером опитувача щохвилинно, вираховує середньозважені годинні параметри тиску, температури та густини за масою (об'ємом), на основі яких будує таблиці і графіки, відповідно, також погодинно. Після закінчення доби дані відправляються в архів з можливістю перегляду користувачем.

За основу візуалізації беруться таблиці, що розробляються диспетчерами для контролю розбалансів вхідної та вихідної суміші в конденсатопроводі. На основі даних таблиць будуються графіки. Рекомендовано контролювати розбаланс за об'ємними показниками.

Основне завдання програми – автоматизація роботи диспетчера оскільки, на даний момент, роботу щодо створення таблиць та графіків вручну виконує відповідальний виконавець.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. ВСН 51-3-85 Ведомственные строительные нормы. Проектирование промышленных стальных трубопроводов. - Мингазпром, 1985. - 40 с.
2. Инструкция по гидравлическому расчету промышленных трубопроводов для газожидкостных смесей. Москва: ВНИИГАЗ, 1980. - 22 с.
3. СОУ 11.2-30019775-086:2005 Газовий конденсат і нафта. Видобування, підготовка до транспортування, транспортування і переробка. Витрати та втрати. Методи нормування: наказ ДК «Укргазвидобування» № 703 від 30.12.2005р. – 44с.
4. Братах М.І., Скрильник К.Ю., Донський Д.Ф. і інші. Особливості розрахунку трубопроводів, що транспортують газорідинні суміші // Комунальне господарство міст: Наук.-техн. сб. Технічні науки та архітектура. 2013, Вип.110. – с.189-196.

УДК 697.7

**Болотских Н.Н.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

## ЗАРУБЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФРАКРАСНОГО ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ

**Введение.** Для обогрева теплиц, парников и оранжерей в зимнее время традиционно применяются системы водяного

или воздушного отопления. При водяном отоплении подача подогретой воды в трубы, проложенные под полом или

внутри теплицы, осуществляется от сети централизованного водоснабжения либо от специально установленных твердотопливных или газовых котлов, а при воздушном - подача теплого воздуха в теплицы осуществляется с помощью калориферов. Опыт их эксплуатации показал, что в большинстве случаев этим системам обогрева свойственны большие энергозатраты и высокая тепловая инерционность (медленное нагревание системы). Кроме того, в ряде случаев имеет место пересушивание воздуха в теплицах, что приводит к увяданию растений. Выбор оптимального варианта обогрева теплицы – это одна из серьезнейших задач, стоящих при проектировании и строительстве тепличных комплексов. При решении этой задачи всегда следует иметь в виду то, что принятая система обогрева должна [1]: 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 максимально продлить время «эффективного» использования тепла перед тем, как оно через стекло выйдет наружу; подавлять рост болезнетворных бактерий и вирусов, способных нарушить рост растений или уничтожить их; быть экономически выгодной как на стадии приобретения технических средств обогрева и их монтажа, так и в процессе эксплуатации; быть надежной в эксплуатации и не требовать дорогостоящего текущего ремонта; обеспечивать внутри теплицы автоматизированный контроль за поддержанием заданной температуры почвы и воздуха, а также влажности.

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

Накопленный опыт, преимущественно зарубежный, убедительно доказал, что наиболее эффективным способом обогрева теплиц в настоящее время является

инфракрасный [2]. При этом способе тепло с минимальными потерями лучистым путем передается от нагревателя в рабочую зону, где находится почва и растут растения. По сравнению с традиционными способами обогрева теплиц инфракрасный позволяет сокращать затраты энерго-ресурсов на 20-50% [1,3].

Ведущими мировыми компаниями и фирмами для обогрева теплиц освоен выпуск значительного количества различных типов, моделей и конструкций инфракрасных нагревателей. При этом накоплен богатый опыт их эксплуатации. Настоящая статья и посвящается описанию наиболее эффективных зарубежных технологий и технических средств инфракрасного обогрева теплиц.

**Цель и задачи.** Целью настоящего исследования является анализ и обобщение эффективных зарубежных технологий и соответствующих технических средств инфракрасного обогрева теплиц для последующего использования их в Украине для снижения расходов энерго-ресурсов в производстве сельскохозяйственной продукции.

**Результаты исследования.** Для инфракрасного обогрева теплиц в настоящее время применяются: нагревательные панели, трубчатые модульные и многорольные газовые нагреватели, а также карбоновые пленочные электронагреватели. Выпускаемых мировыми фирмами и компаниями инфракрасных нагревателей различных моделей и типоразмеров на сегодня достаточно для обогрева теплиц практически любых размеров и конструкций. Применение же того или иного вида нагревателя зависит от размеров и характеристик теплиц, режима их работы, специфических особенностей выращиваемых в них культур, финансовых возможностей эксплуатирующих теплицы организаций, а также от ряда других факторов. Ниже в кратком изложении приводятся основные сведения о технологиях и упомянутых выше технических средствах инфракрасного обогрева теплиц.

На рис. 1 показан способ инфракрасного обогрева теплиц с помощью нагревательных панелей [2].

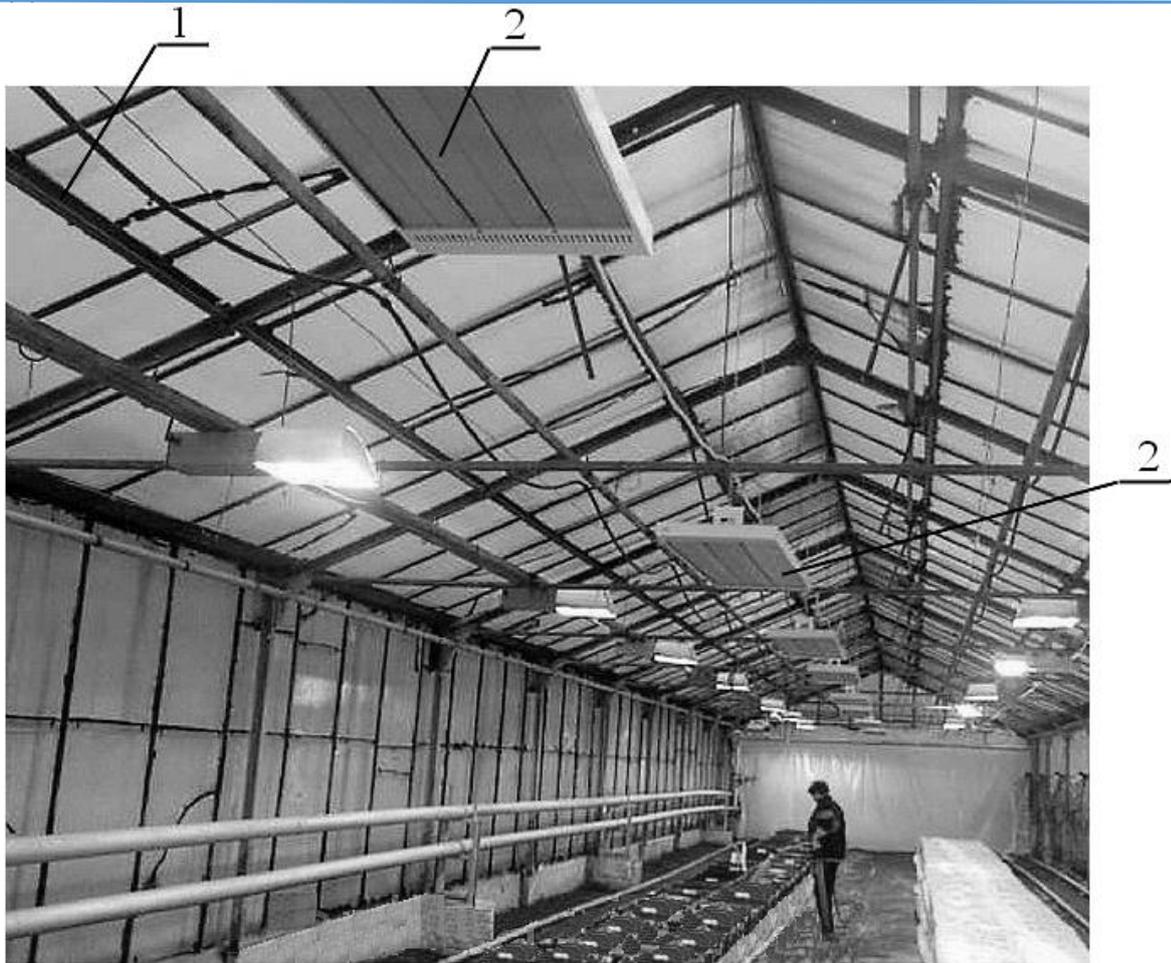


Рис. 1. Инфракрасный обогрев теплицы с помощью нагревательных панелей:  
1 – конструкция теплицы; 2 – нагревательные панели.

Нагревательные панели бывают: водяные, паровые и электрические. Они обычно подвешиваются вверху теплицы. Будучи обращенными вниз, они излучают тепло и с помощью электромагнитных волн передают его вниз, нагревая при этом пол, почву и находящиеся там различные предметы и людей.

Выпуском различных нагревательных панелей занимается ряд компаний Италии, Германии и других стран. Например, компанией CARLIEUKLIMA (Италия) освоено производство водяных и паровых инфракрасных нагревательных панелей (термопанелей) EUTERM [4]. Эти термопанели состоят из металлических корпусов, нагревательных труб и теплоизоляции. Компанией выпускается два модельных ряда термопанелей: AVH и AVL. В каждом модельном ряду содержится 12 типов термопанелей. По конструкции термопанели в обоих модельных рядах одинаковы. Их длина лежит в пределах от 2000 до 6000

мм, а ширина от 300 до 1200 мм. В модельном ряду EUTERM AVH количество нагревательных труб составляет 3, 6, 9 или 12 штук, а в EUTERM AVL – 2, 4, 6 или 8 штук. При включении в работу термопанели по этим трубам циркулирует подогретая вода, нагревая при этом металлический корпус, который затем передает тепло лучистым путем в рабочую зону теплицы. Длительный опыт эксплуатации инфракрасных водяных термопанелей EUTERM убедительно доказал их высокую экономичность и надежность.

Компания FRACCARO (Италия) выпускает водяные и паровые инфракрасные панели Waterstrip следующих моделей: Ws2-400, Ws2-600, Ws2-900, Ws3-600 и Ws3-900 [5]. Количество нагревательных труб диаметром 28 мм каждая в панелях находится в пределах от 4 до 8. Ширина панелей составляет 400, 600, 800 и 900 мм, а длина – 2000, 3000 и 6000 мм.

Для обогрева теплиц эффективно применяются также трубчатые модульные и многорелочные газовые инфракрасные нагреватели. Они выпускаются рядом мировых компаний и фирм. Например, компания SYSTEMA (Италия) для обогрева теплиц выпускает линейные однотрубные модульные нагреватели INFRA BAF M,

модульные U-образные газовые нагреватели INFRA B и INFRA PLUS, а также многорелочные модульные нагреватели INFRA MC [3].

На рис. 2 показана схема и основные узлы конструкции однотрубного модульного линейного нагревателя INFRA BAF M.

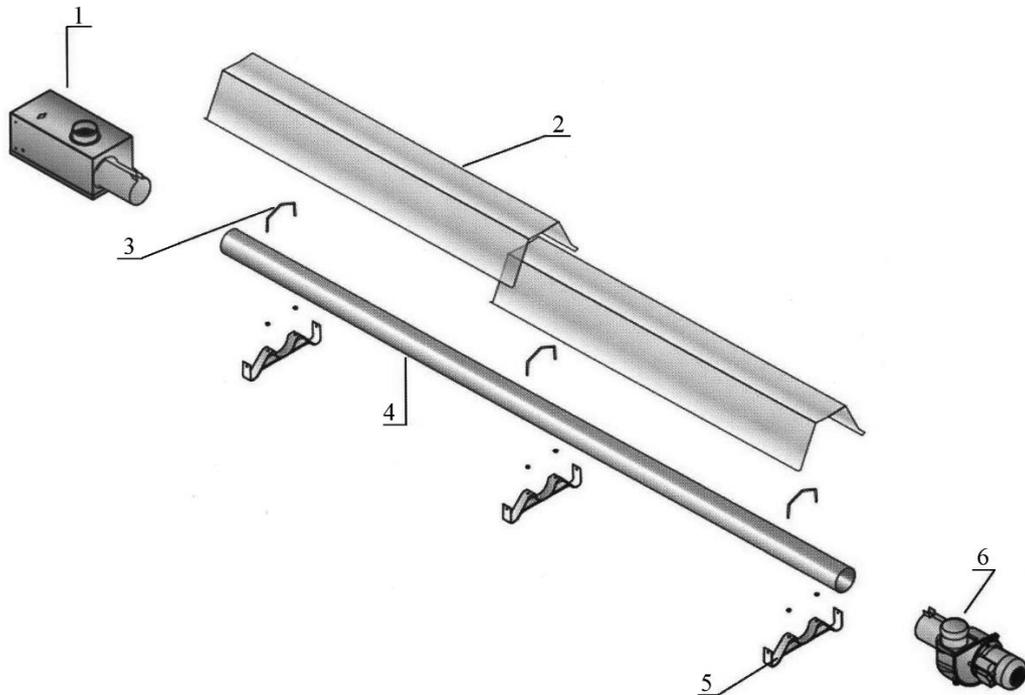


Рис. 2. Схема и основные узлы конструкции модульного однотрубного линейного нагревателя INFRA BAF M: 1 – горелочный блок; 2 – рефлектор; 3 – держатель излучающей трубы; 4 – излучающая труба Ø108x2; 5 – опорный кронштейн; 6 – вытяжной вентилятор.

Нагреватели типа INFRA BAF M имеют прямую излучающую трубу, изготовленную из нержавеющей стали, с базовой длиной 6,9,12,15 и 18 м. Горелочный блок оснащен атмосферной горелкой типа BAF M с герметичной камерой сгорания и частичной предварительной подготовкой газо-воздушной смеси. Подача вторичного воздуха горения в смесительную камеру форсунки и отвод продуктов сгорания во внешнюю среду обеспечивается за счет разряжения, создаваемого вытяжным вентилятором.

В горелочном блоке кроме горелки размещены приборы для электронного розжига пламени и автоматизации управления работой нагревателя. Горелки типа BAF обеспечивают КПД горения более 90%. Их тепловая мощность составляет 28 или 45 кВт. Зеркальный параболический рефлектор изготовлен из жаропрочной

нержавеющей стали AISI 430 с высоким коэффициентом отражения. По мере эксплуатации он не теряет своих отражающих свойств.

Нагреватели типа INFRA BAF M работают на природном и сжиженном газе, а также на дизельном топливе (специальное исполнение). Они имеют низкую тепловую инерцию, обеспечивают концентрацию тепла у пола теплиц. При их работе внутри теплицы отсутствуют: градиент температур по высоте, циркуляция воздуха, сквозняки и шум. Они позволяют обогревать не только всю площадь теплицы, но и отдельные ее зоны и участки.

Модульные U-образные газовые инфракрасные нагреватели выпускаются двух моделей: INFRA B и INFRA PLUS. Нагреватели модели INFRA B изготавливаются 3-х типов: INFRA 6B, INFRA 9B и INFRA

## БУДІВНИЦТВО

12В с тепловыми мощностями, соответственно, 28, 45 и 45 кВт и длиной 6, 9 и 12 м, а нагреватели модели INFRA PLUS – четырех типов: INFRA 3PLUS, INFRA 6PLUS, INFRA 9PLUS и INFRA 12PLUS R с тепловыми мощностями, соответственно, 15, 35, 53 и 60 кВт и длиной 3, 6, 9 и 12 м. Упомянутые модели U-образных модульных нагревателей отличаются прежде всего тепловыми мощностями. Кроме того, нагреватели модели INFRA PLUS оснащены системой рециркуляции дымовых газов, используемой для повышения эффективности сгорания топлива и увеличения общего КПД нагревателя. В нагревателях INFRA PLUS в

излучающей трубе перед вытяжным вентилятором установлены турбулизаторы для обеспечения большей равномерности распределения тепла.

U-образные модульные нагреватели обеих моделей оснащены атмосферными газовыми горелками типа VAF, теплоизлучающими трубами из алюминизированной стали, подвергнутой специальной термообработке (калоризации), и зеркальными параболическими рефлекторами из жаропрочной нержавеющей стали с высоким коэффициентом отражения.

На рис. 3, для примера, приведены схема и основные узлы нагревателя модели INFRA 12PLUS R.

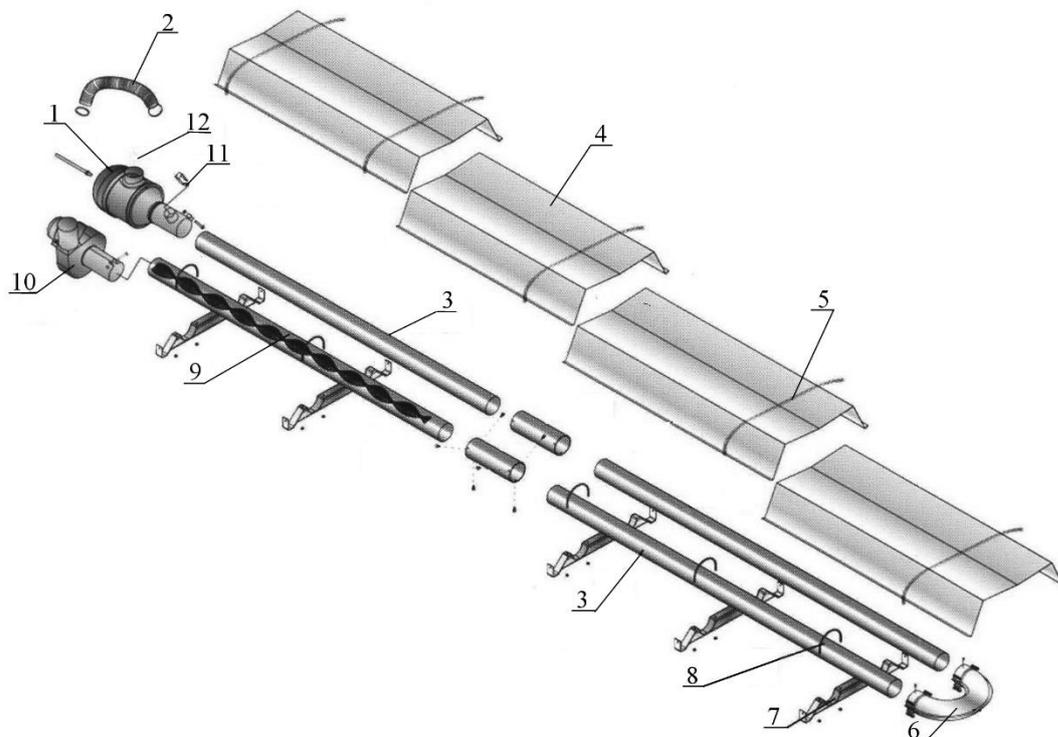


Рис. 3. Схема и основные узлы конструкции модульного U-образного газового инфракрасного нагревателя INFRA 12PLUS R:

1 – горелка атмосферная; 2 – гибкая труба одностенная  $\text{Ø}60$ ; 3 – труба излучающего контура  $\text{Ø}108 \times 2$ ; 4 – рефлектор; 5 – пружина с петлей для крепления рефлектора; 6 – отвод штампованный  $\text{Ø}108$ ; 7 – нижний кронштейн; 8 – верхний кронштейн; 9 – турбулизаторы; 10 – вытяжной вентилятор; 11 – диафрагма рециркуляции отходящих газов; 12 – диафрагма воздуха.

Компанией SYSTEMA для целей обогрева теплиц выпускаются также три типоразмера модульных U-образных газовых нагревателей, работающих на дизельном топливе модели INFRA G: INFRA 6G,

INFRA 9G и INFRA 12G с тепловыми мощностями 30-34 кВт и длиной, соответственно, 6, 9 и 12 м.

Модульный нагреватель INFRA G оснащен специальной дизельной горелкой LO 35G IDEA, в состав которой входят:

узел горелочной головки, воздушная заслонка, кожух, трансформатор, фоторезистор, стандартная форсунка, оборудование для контроля наличия пламени, топливный насос и фильтр. Расход дизельного

топлива при работе горелки составляет 2,21÷2,71 кг/ч.

На рис. 4 приведены схема и устройство нагревателя модели INFRA G.

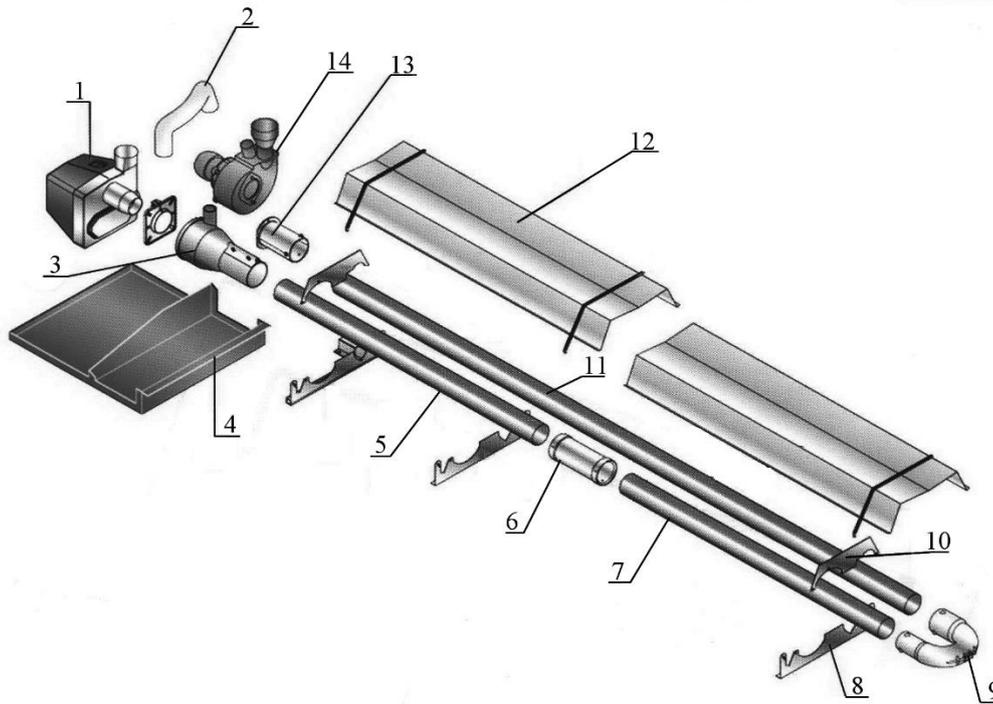


Рис. 4. Схема и основные узлы конструкции модульного U-образного инфракрасного нагревателя INFRA G:

1 – дизельная горелка; 2 – рециркуляционная труба; 3 – соединение горелки; 4 – поддон; 5 – подающая излучающая труба Ø108x2 длиной 2770 мм; 6 – чугунная гильза Ø108 для соединения труб; 7 – подающая излучающая труба Ø108x2 длиной 5800 мм; 8 – нижняя часть опорного кронштейна; 9 – соединительное колено Ø108 – 80мм; 10 – верхняя часть опорного кронштейна; 11 – возвратная излучающая труба Ø80x1,5; 12 – рефлектор; 13 – соединение Ø80; 14 – вытяжной вентилятор.

Описанные выше термopанели и различные трубчатые модульные нагреватели используются не только для обогрева теплиц, но и для отопления помещений различного назначения (производственные помещения, выставочные павильоны, спортивные сооружения, животноводческие фермы, складские помещения и др.).

Для обогрева теплиц, имеющих большие внутренние площади, эффективно используются многгорелочные инфракрасные нагреватели. Компания SYSTEMA для этих целей выпускает инфракрасные системы INFRA MC [3] 17 моделей с тепловыми мощностями 56-140 кВт и длиной 21-75 м. Количество горелок мощностью

28 кВт в одной модели находится в пределах от 2 до 5 штук. Горелки ВАФ мощностью 28 кВт размещены последовательно на расстояниях 9, 12 и 18 м. Подача воздуха для горения осуществляется снаружи теплицы, а продукты сгорания отводятся за ее пределы. Многорелочные инфракрасные нагреватели INFRA MC обеспечивают равномерное распределение тепла по поверхности пола. Обогрев теплицы осуществляется по заданным зонам в автоматическом режиме в зависимости от производственного цикла. Максимальная температура на поверхности излучающей трубы находится в пределах от 280 до 320°C, а на поверхности пола – от

20 до 25°C. Система обогрева с использованием многорелачных инфракрасных нагревателей INFRA MC может быть укомплектована электрическим подъемным механизмом (лебедкой) с возможностью регулирования поля излучения в теплице в зависимости от роста растений. Высота подвеса системы в теплице изменяется в пределах от 1,5 до 3 м. Многорелачные модульные нагреватели INFRA MC могут быть использованы не только для обогрева теплиц, но и птицефабрик и других различных животноводческих комплексов. В этих случаях нагревательная система обеспечивает температуру на поверхности пола в пределах от 30 до 40°C.

Для периодического обогрева или только для поддержания положительной температуры в маленьких, хорошо изолированных теплицах эффективное применение находят системы с использованием инфракрасных карбоновых пленок, разработанных и производимых в Южной Корее по запатентованной технологии [2]. При подключении этих пленок к электросети они нагреваются до температуры 20-50°C. Эта температура поддерживается специальным терморегулятором. Пленка при этом излучает 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 отдельных случаях для обеспечения равномерного распределения температуры воздуха внутри теплицы применяют специальные «тепличные» вентиляторы.

Инфракрасная система на базе карбоновых пленок излучает электромагнитные волны с длиной волны 5÷20 мкм. Такое излучение благоприятно влияет на здоровье человека, а также способствует росту и развитию растений. КПД этой инфракрасной системы составляет 95%. Это

означает, что затрачиваемая электрическая энергия практически без потерь переходит в тепловую. Пленка не требует сложного монтажа. Она без особого труда монтируется на любое основание, легко подключается и безопасно обогревает. Она может быть смонтирована вертикально или горизонтально непосредственно в грунте. Кроме того, при необходимости, она может быть смонтирована на специальных щитах, закрепляемых с внутренней стороны на боковых ограждающих конструкциях, либо на панелях, подвешиваемых вверху помещения теплицы.

Монтаж пленочных инфракрасных нагревателей любой конфигурации занимает всего лишь несколько часов в соответствии с инструкцией без привлечения специалистов высокой квалификации. Только подключение пленки к электросети должен выполнять квалифицированный электрик.

При работе пленочных инфракрасных нагревателей в теплице на поверхности почвы поддерживается температура на уровне 25°C. Это позволяет обеспечивать температуру почвы у корневой системы растений равной 17°C. Благодаря постоянному поддержанию такой температуры корневой системы происходит быстрое прорастание семян и рост рассады, что позволяет получать ранние урожаи сельскохозяйственной продукции. Невысокие равномерные температуры, которые поддерживаются пленочными инфракрасными электронагревателями в теплицах, предотвращают появление сухого воздуха и тем самым существенно снижают заболеваемость растений. Система обогрева проста в эксплуатации. За счет принятой системы автоматического управления полностью решается вопрос с поддержанием заданной температуры почвы, воздуха и влажности в теплицах.

На рис. 5, для примера, приведена схема обогрева теплицы с помощью панелей, оснащенных пленочными инфракрасными электронагревателями [2].

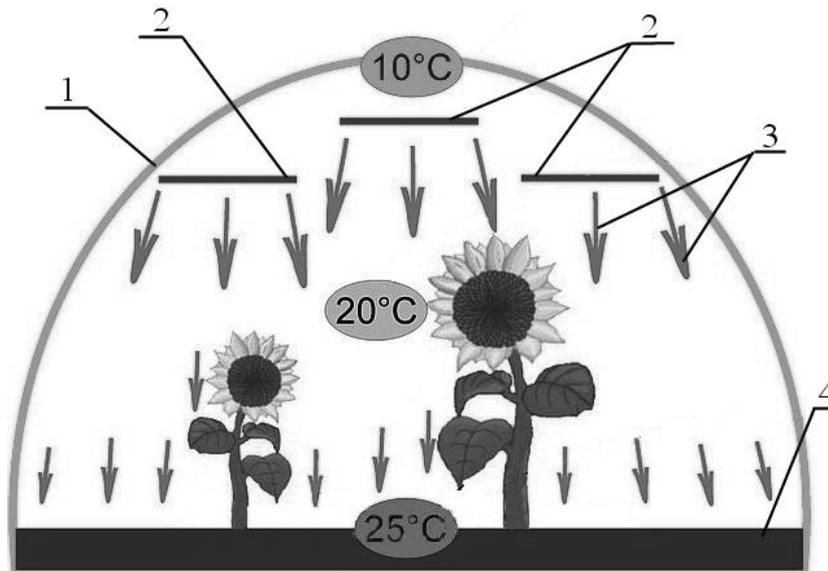


Рис. 5. Обогрев теплицы с помощью пленочных инфракрасных электронагревателей: 1 – ограждение теплицы; 2 – пленочные инфракрасные электронагреватели; 3 – инфракрасные лучи; 4 – почва.

Теплицы, оборудованные системами обогрева с использованием инфракрасной пленки, имеют низкое энергопотребление и высокую экономичность. Использование инфракрасной термопленки для обогрева теплиц дает существенную экономию энергоносителей. Эта экономия достигается за счет уникальной технологии, позволяющей термопленке перерабатывать в тепло почти 100% электроэнергии. За счет этого при использовании пленочных инфракрасных электронагревателей для обогрева теплиц достигается сокращение расходов энергоресурсов на 20-50% (по сравнению с традиционными технологиями) [1]. Срок службы инфракрасной пленки, используемой для обогрева теплиц, по данным ее разработчиков и производителей составляет порядка 30-ти лет. Расходы на приобретение такой пленки минимальны. Поэтому в большинстве случаев трудозатраты и финансовые вложения оправдываются достаточно быстро, иногда после первого урожая. В теплицах, оборудованных пленочными инфракрасными электронагревателями, выращивают не только овощи, но и тропические фрукты, имея при этом достаточную прибыльность.

**Выводы.** 1. Опыт эксплуатации различных способов обогрева теплиц убедительно

доказал, что наиболее эффективным в настоящее время является инфракрасный. По сравнению с традиционными способами (водяным, паровым или воздушным) он позволяет сокращать затраты энергоресурсов на 20-50%. Кроме того, при этом способе в теплицах не пересушивается воздух и тем самым существенно снижается заболеваемость растений, а поступающее в рабочую зону лучистым путем тепло благотворно влияет на их рост, а также на качество и количество собранного урожая.

2. Для инфракрасного обогрева средних и больших по площади теплиц наиболее эффективными являются термопанели, модульные трубчатые линейные, U-образные и многорелочные газовые нагреватели.

3. Для периодического обогрева или поддержания положительной температуры в маленьких, хорошо изолированных теплицах эффективными являются инфракрасные системы на базе карбоновых пленок. Эти системы обеспечивают в процессе их эксплуатации заданные температуры почвы, воздуха и влажности в теплицах. Они имеют низкое энергопотребление и высокую экологичность.

4. Применение современных зарубежных технологий и соответствующих

технических средств инфракрасного обогрева теплиц в Украине позволит существенно снизить расходы энергоресурсов и увеличить производство ранней овощной продукции.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Инфракрасное отопление теплиц. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fomaxfilm.narod.ru/PRODYKCIYA/teplica/teplica.htm>, 2015, – 3 с.
2. Обогрев теплицы зимой. [Электронный ресурс], [teplica.kiev.ua](http://teplica.kiev.ua). Режим доступа: <http://agrovektor.com/art/950-obogrev-teplicy-zimoy/print.html>, 2015, – 3 с.

3. Каталог инфракрасного отопления. Италия: СИСТЕМА. Официальный представитель в Украине – компания SUNSTOR, технологии энергосбережения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://systema-ukraine.com.ua>, 2014, – 56 с.
4. Болотских Н.Н. Инфракрасное отопление помещений больших размеров с использованием термopанелей. Ж. «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит», № 6, 2011, – с. 39–45.
5. Газовые инфракрасные излучатели FRACCARO. АО Саратов-Аналит, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://infravolga.ru/fraccaro.html>, 2011, – 4 с.

УДК 622.691.4

**Шейна З. В., Винник В. В., Хозан Алкучарі Х.А.**

*Український науково-дослідний інститут природних газів УкрНДІгаз  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

### ОЦІНКА ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ВУГЛЕВОДНЕВІДДАЧІ З РОДОВИЩ, ЩО ОРІЄНТОВАНІ НА СПОЖИВАЧА

В Україні майже всі родовища знаходяться на завершальній стадії розробки. Особливостями таких родовищ є падіння дебітів свердловин внаслідок зниження робочого тиску, їх обводнення, неповного завантаження системи, наявності солевих, глинистих твердих відкладів в обладнанні наземної та підземної частини родовищ, корозійного та ерозійного зношення трубопроводів, фізичної та моральної застарілості обладнання.

При зниженні робочих тисків родовищ під час їх розробки змінюються і технологічні показники роботи наземної частини: газопроводів, установок збору та підготовки газу тощо. Поступово зменшується і тиск в газозбірній системі, а отже, з одного боку, зростають втрати на тертя, а з іншого – зменшується запас газу в системі. Будь-які зміни у споживанні природного газу в таких умовах призводять до зміни робочого тиску свердловин родовищ, а отже і до змін обсягів видобування газу, причому, найчастіше, чим менше споживання

газу (або чим менший тиск в магістральних газопроводах, що приймають газ власного видобутку), тим більше різниця між плановими та фактичними показниками видобутку газу.

Одною з основних проблем, що супроводжує завершальну стадію експлуатації родовищ, є залежність режимів роботи, зокрема робочого тиску об'єктів та обсягів видобутку газу, від обсягів споживання природного газу власного видобутку. Такі родовища називають «орієнтованими на споживача» або родовищами-регуляторами. До їх переліку можна віднести усі родовища з низьким робочим тиском та безкомпресорною схемою збору газу: родовища Перещепинського цеху (Ульянівське, Новоселівське, Кременівське, Перещепинське), Северодонецького цеху (Лобачівське, Кондрашівське, Вільхівське), Яворівської ділянки Хідновицького цеху (Свидницьке) тощо [1].