

УДК 662.997

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБОГРЕВА СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛИЦ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ И ЭНЕРГИИ БИОМАССЫ**Фатиллоев Сухроб Зокир угли¹**- докторант (PhD)**Рахматов Обид Ибод угли²** –соискатель, e-mail: raxmatov_obid@mail.ru¹Бухарский инженерно-технологический институт, г. Бухара, Узбекистан²Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. В статье рассмотрены возможности применения тепловых труб для утилизации тепловой энергии биомассы и почвы теплицы с целью поддержания оптимального температурного режима.

Разработана расчётная схема теплового баланса солнечной теплицы с комбинированной системой обогрева на основе тепловых труб и энергии биомассы. Составлена математическая модель теплового баланса солнечной теплицы с тепловыми трубами и обоснованы основные теплотехнические параметры предложенной системы. Установлено, что применение тепловых труб в системах обогрева обеспечивает утилизацию теплоты из нагретого слоя биомассы и покрывает 20-25 % тепловой нагрузки теплицы с полезной площадью 100 м².

Ключевые слова: солнечная теплица, тепловая труба, экономия энергии, возобновляемые источники энергии, система отопления, энергия биомассы.

UO'K 662.997

QUYOSH ISSIQXONASINING ISSIQLIK QUVUR VA BIOMASSA ENERGIYASI ASOSIDAGI KOMBINATSIYALASHGAN ISITISH TIZIMI**Fatillayev Suxrob Zokir o'g'li¹**-tayanch doktorant**Raxmatov Obid Ibod o'g'li²**-tadqiqotchi, e-mail: raxmatov_obid@mail.ru¹Buxoro muhandislik-texnologiya instituti, Buxoro sh., O'zbekiston²Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O'zbekiston

Annotatsiya. Maqolada optimal harorat rejimini saqlash maqsadida biomassa va issiqxona tuprog'i issiqligini utilizatsiya qilish uchun issiqlik quvurlaridan foydalanish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Issiqlik quvurlari va biomassa energiyasiga asoslangan kombinatsiyalangan isitish tizimiga ega quyosh issiqxonasining issiqlik balansini hisoblash sxemasi ishlab chiqildi. Issiqlik quvurli quyosh issiqxonasining issiqlik balansining matematik modeli tuzilgan va taklif etilgan tizimning asosiy issiqlik - texnik parametrlari asoslangan.

Isitish tizimlarida issiqlik quvurlaridan foydalanish hamda biomassa qatlamidagi issiqlikni utilizatsiya qilish orqali foydali maydoni 100 m² bo'lgan issiqxona issiqlik yuklamasining 20-25 %i qoplanadi.

Kalit so'zlar: Quyosh issiqxonasi, issiqlik quvuri, energiya iqtisodi, qayta tiklanadigan energiya manbalari, isitish tizimi, biomassa energiyasi.

UDC 662.997

COMBINED HEATING SYSTEM FOR SOLAR GREENHOUSES BASED ON HEAT PIPES AND BIOMASS ENERGY**Fatilloev Suxhrob Zokir ugli**-doctoral student (PhD)**Rakhmatov Obid Ibod ugli**-Researcher, e-mail: raxmatov_obid@mail.ru¹Bukhara Engineering and Technology Institute, Bukhara city, Uzbekistan²Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *The article discusses the possibility of using heat pipes to utilize the thermal energy of biomass and greenhouse soil in order to maintain optimal temperature conditions. A calculation scheme for the heat balance of a solar greenhouse with a combined heating system based on heat pipes and biomass energy has been developed. A mathematical module of the thermal balance of a solar greenhouse has been compiled. With heat pipes, the main thermal parameters of the proposed system are justified. It has been established that the use of heat pipes in heating systems ensures the recovery of heat from the heated layer of biomass and covers 20-30% of the thermal load of a greenhouse with a useful area of 100 m².*

Key words: *solar greenhouse, heat pipe, energy saving, renewable energy sources, heating system, biomass energy.*

Введение

Солнечная теплица для выращивания сельхозпродуктов является энергоемким сооружением защищенного грунта, где для создания оптимального микроклимата требуются большие расходы тепловой и электрической энергии. Энергетический анализ традиционных систем обогрева теплиц показывает, что для обеспечения оптимального температурного режима в теплицах с отапливаемой площадью 100 м² расходуются 40-50 кубометров природного газа и 48-65 кг условного топлива в сутки. Энергетические расходы в себестоимости тепличной продукции составляет около 50 – 60 %. В связи с этим, обогрев внутреннего воздуха в теплицах с использованием возобновляемых источников энергии (энергии солнца, биомассы, геотермальной энергии) является актуальной [1, 2, 3].

Опыт эксплуатации солнечных теплиц в условиях юга Республики Узбекистан показывает, что пассивная солнечная система зимой обеспечивает тепловую нагрузку днем до 30 %, а применение активных солнечных систем отопления с солнечными коллекторами могут покрывать тепловую нагрузку до 60- 70 %. В ночном режиме и в зимние холодные сутки, когда температура наружного воздуха снижается до -10÷-20 °С требуются дополнительный источник энергии для систем теплоснабжения теплицы [4, 5].

В мире ведутся научно-исследовательские работы по созданию и внедрению энергоэффективных технологий в системах теплоснабжения тепличных комплексов с применением возобновляемых и альтернативных источников энергии. Исследователями в этой области науки разработаны эффективные системы обогрева грунта и воздуха теплиц с использованием тепловых насосов и тепловых труб [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Однако, комбинированные системы обогрева теплиц на основе параллельного или последовательного включения нескольких альтернативных источников энергии (АИЭ) с применением тепловых труб (ТТ) недостаточно исследованы и не разработаны рациональные схемы их использования.

В связи с этим, в данной работе рассматривается комбинированная система обогрева солнечной теплицы на основе применения тепловых труб и энергии биомассы. Предложена система утилизации тепловой энергии окислительного процесса брожения местной биомассы с использованием тепловых труб, которая обеспечивает существенную экономию традиционного природного топлива. Целью данной работы является теплотехнический анализ возможности использования тепловых труб и утилизации энергии биомассы для обогрева солнечной теплицы.

Материалы и методы

В работе рассмотрен способ обогрева теплицы с тепловыми трубами с утилизацией теплоты грунта и слой биомассы. Для этих целей на полигоне «Альтернативные источники энергии» Каршинского инженерно-экономического института создана опытная солнечная теплица с полезной площадью 100 м². Разработана расчетная схема энергетического баланса опытной солнечной теплицы, составлена математическая модель теплового баланса солнечной теплицы с тепловой трубой (рис.1). На основе расчетной схемы исследован тепловой баланс опытной теплицы с тепловой трубой. В теплице с полезной площадью 100 м²

в слоях почвы и биомассы вертикально установлены тепловые трубы. Испарительная часть ТТ расположена в слое биомассы с температурой выше внутреннего воздуха, а конденсаторная часть ТТ находится во внутреннем воздушном пространстве.

Слой биомассы в течение светового дня нагревается до температуры 50-52 °С и теплота аккумулируется в слоях биомассы и почвы теплицы. Испаритель ТТ отнимает теплоту из системы «почва-биомасса» и далее передает через конденсаторную часть к внутреннему воздуху теплицы. В результате термодинамических процессов в ТТ теплота из слоев почвы и биомассы утилизируется для обогрева теплицы. Для оценки эффективности предложенной системы разработана математическая модель солнечной теплицы с ТТ.

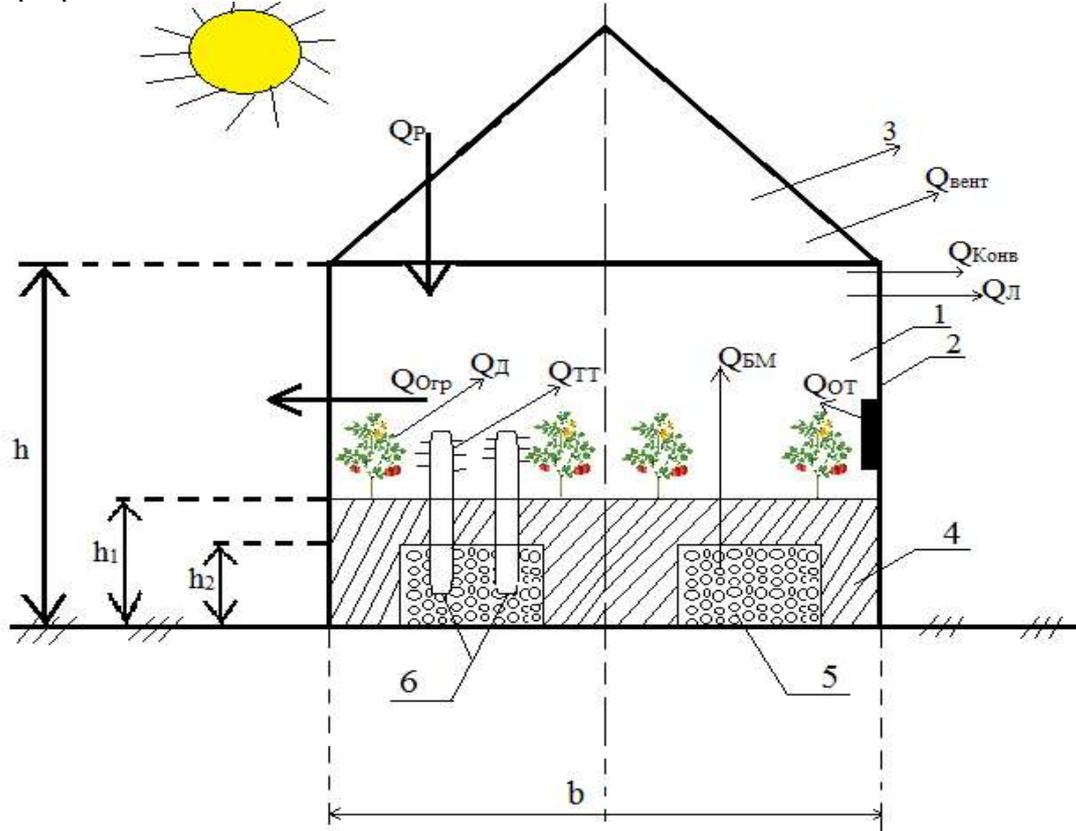


Рис.1. Схема теплового баланса солнечной теплицы с ТТ:
1-теплица; 2-ограждение теплицы; 3-перекрытия теплицы; 4-почва;
5-биомасса (экскремент К.Р.С.); 6-тепловая труба (ТТ).

Составим уравнение теплового баланса опытной теплицы с ТТ по внутреннему воздуху:

$$Q_{тт} + Q_p + Q_d + Q_{бм} + Q_{от} \pm Q_{конв} - Q_l - Q_{конд} - Q_{вент} = 0, \quad (1)$$

где $Q_{тт}$ – тепловой поток от источника тепла, передаваемый с ТТ к воздуху; Q_p – теплота солнечного излучения; Q_d – тепло дыхания тепличных растений; $Q_{бм}$ – теплота биомассы; $Q_{от}$ – тепловой поток от систем отопления; $Q_{конв}$ – теплопотери через конвекцией; Q_l – теплопотери лучистым теплообменом; $Q_{конд}$ – теплопотери через теплопроводностью стенки; $Q_{вент}$ - теплопотери от систем вентиляции.

Сумму теплопотерь через ограждений $Q_{конв}$, Q_l и $Q_{конд}$ можно выразить уравнением теплопередачи:

$$Q_{огр} = Q_{конд} + Q_{конв} + Q_l \quad (2)$$

тогда

$$Q_{огр} = K_{огр} \cdot F_{огр} \cdot (t_{вв} - t_{нв}), \quad (3)$$

где $K_{огр}$ – коэффициент теплопередачи ограждения теплицы, Вт/(м²·К); $F_{огр}$ – площадь ограждения теплицы, м²; $t_{нв}$ – температура наружного воздуха, °С; $t_{вв}$ – температура внутреннего воздуха теплицы, °С.

С учетом уравнения (3) можно записать следующее уравнение теплового баланса для рассматриваемой теплицы:

$$Q_{\text{ТТ}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{бМ}} + Q_{\text{от}} - Q_{\text{огр}} - Q_{\text{вент}} = 0, \quad (4)$$

$$Q_{\text{ТТ}} = K_{\text{ТТ}} \cdot n \cdot F_{\text{ТТ}} \cdot (t_{\text{кд}} - t_{\text{вв}}) \quad (5)$$

$$Q_{\text{р}} = q_{\text{р}} \cdot \alpha \cdot K_{\text{проп}} \cdot F_{\text{Т}} \quad (6)$$

$$Q_{\text{д}} = 0,2 \cdot F_{\text{Т}} \quad (7)$$

$$Q_{\text{бМ}} = \frac{\lambda_{\text{бМ}}}{\delta_{\text{бМ}}} \cdot (t_{\text{бМ}} - t_{\text{п}}) \cdot F_{\text{бМ}} + \frac{\lambda_{\text{поч}}}{\delta_{\text{поч}}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{вв}}) \cdot F_{\text{поч}} \quad (8)$$

$$Q_{\text{от}} = K_{\text{от}} \cdot F_{\text{от}} \cdot (t_{\text{о}} - t_{\text{вв}}) \quad (9)$$

$$Q_{\text{огр}} = K_{\text{огр}} \cdot F_{\text{огр}} \cdot (t_{\text{вв}} - t_{\text{нв}}) \quad (10)$$

$$Q_{\text{вент}} = G_{\text{вент}} \cdot c_{\text{р}} \cdot (t_{\text{вв}} - t_{\text{нв}}) \quad (11)$$

Тепловые трубы (ТТ), помещенные в биомассе передают тепловой поток к воздуху теплицы за счет теплообмена между поверхностью конденсатора тепловой трубы и воздухом. Рассмотрены следующие варианты:

1) Если в теплице работает традиционная система отопления, тогда тепловая нагрузка на отопление определяется по формуле из уравнения (4),

т.е. $Q_{\text{ТТ}} = 0$ (отсутствует ТТ)

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вент}} - Q_{\text{р}} - Q_{\text{д}} - Q_{\text{бМ}} \quad (12)$$

2) Если имеется система утилизации тепловой энергии БМ с ТТ, тогда

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вент}} - Q_{\text{ТТ}} - Q_{\text{д}} - Q_{\text{б}} - Q_{\text{р}} \quad (13)$$

Суммарные потери тепла из уравнения (12)

$$\Sigma Q_{\text{пот}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вент}} \quad (14)$$

Суммарные поступления тепла в теплицу из уравнения (12)

$$\Sigma Q_{\text{пост}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{бМ}} \quad (15)$$

Если $\Sigma Q_{\text{пот}} > \Sigma Q_{\text{пост}}$ – требуется включить отопление теплицы;

Если $\Sigma Q_{\text{пот}} \leq \Sigma Q_{\text{пост}}$ – требуется отключить систему отопления.

Разность $\Sigma Q_{\text{пот}} - \Sigma Q_{\text{пост}} = \Delta Q$ – является отопительной нагрузкой, которую необходимо компенсировать с помощью ТТ, уложенных в слое БМ, либо имеющимися традиционными системами отопления на основе котельных установок с применением природного топлива.

Из уравнения (13) можно найти долю покрываемого тепловую нагрузку с помощью ТТ:

$$\varphi = \frac{Q_{\text{ТТ}}}{Q_{\text{от}}} = \frac{Q_{\text{ТТ}}}{\Delta Q} \quad (16)$$

Тепловой поток, передаваемой по одной ТТ, определяется по формуле

$$Q_{\text{ТТ}} = K \cdot (t_{\text{о}}^{\text{кд}} - t_{\text{вв}}) \cdot F_{\text{ТТ}} \quad (17)$$

Число ТТ, устанавливаемых на единицу площади теплицы

$$n = \frac{\Sigma Q_{\text{пот}} - \Sigma Q_{\text{пост}}}{Q_{\text{ТТ}}} = \frac{\Delta Q}{Q_{\text{ТТ}}} \quad (18)$$

Результаты

Проведенные исследования показывают, что в пленочных солнечных теплицах удельная нагрузка на отопление в условиях г. Карши составляет в пределах 150...200 Вт/м², [1, 4].

Испаритель ТТ погруженной в слой БМ нагретый до 50...52 °С может воспринимать 20...25 Вт тепла на 1 м длины трубы. Таким образом, испаритель длиной 8...10 м, может обеспечить транспортировку к поверхности конденсатора ТТ теплового потока до 200...250 Вт.

Оценочные расчеты показывают, что применение ТТ в системах обогрева теплиц обеспечивает утилизацию теплоты из нагретого слоя БМ и поддерживают стабильный температурный режим теплицы. Проведенные исследования и результаты расчетов показывают, что отопительная нагрузка солнечной теплицы площадью 100 м² составляет 18-20 кВт. Тепловые трубы длиной 200 м могут обеспечить теплом мощностью 4,0-5,0 кВт. Доля тепловой энергии из ТТ в тепловой нагрузки солнечной теплице составила $f = 0,2-0,25$.

Определены сезонный расход тепловой энергии на отопление в климатических условиях г. Карши, который составляет около 72500-80000 кВт час.

Выводы

На основе проделанных расчетов и проведенных предварительных исследований можно сделать следующие выводы:

- разработана математическая модель теплового баланса солнечной теплицы с ТТ и утилизацией энергии биомассы при стационарном режиме;
- отопительная нагрузка солнечной теплицы с полезной площадью 100 м² в условиях г. Карши составляет в пределах 18-20 кВт;
- тепловые трубы длиной 200 м обеспечивают дополнительным теплом в объеме 4,0-5,0 кВт, что позволяет достичь 20-25 % экономии традиционного топлива;
- расчетом установлено, что доля покрываемой тепловой нагрузкой на отопление солнечной теплицы с ТТ составляет $f = 0,2-0,25$.

Литература

- [1] Uzoqov G'.N., Davlonov X.A. Geliolissiqxonalarning energiya tejankor isitish tizimlari. Monografiya, - T.: "Voriz", 2019 - 144 bet.
- [2] Узаков Г.Н., Давлонов Х.А., Узакова Ю.Г. Устройство для отопления и топливо снабжения теплиц. Патент Р. Уз., 2019 г.
- [3] Пенджиёв А.М. Термический режим в комбинированных культивационных сооружениях // Гелиотехника., 2018 №2. с.47-58.
- [4] Алиярова Л.А. Разработка гелионагревательной системы для тепловлажностной обработки воздуха в теплицах. Автореферат на соискание доктора философии (PHD) по техн наукам по спец. 05.05.06. - Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии, 2022. 49 с.
- [5] Кубис В.А. и др. Оценка эффективности системы воздушного отопления в теплице. // Градостроительство и архитектура, 2014. №2(15), с. 94-98.
- [6] Кубис В.А. Проектирование и опыт эксплуатации энергоэффективных теплиц (монография). Пенза. 2014. 128 с.
- [7] Демяненко Ю.Г., Гоголь Н.И. О целесообразности использования тепловых насосов для отопления теплиц. // INTERNATIONAL CONFERENCE "ENERGY OF MOLDOVA - 2016" 29.09.2016. Chisihau, Republic Moldova. 499 - 503 с.
- [8] Кожухов В.А., Семёнов А.Ф. Разработка системы аккумулирования тепловых насосов. // Вестник КрасГАУ. - 2008. №3., 293 - 296 с.
- [9] Кожухов В.А., Михеева Н.Б., Семёнов А.Ф. Повышение эффективности энергообеспечения теплицы // Вестник КрасГАУ. _ 2009., №6. _ с. 127-132.
- [10] Брагуга Э.Г. и др. Теплонасосная система комплексного теплохладоснабжения автономного объекта // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудовании. №6., 2018.с. 163 -172.