



РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ

Рахматов О.И.¹, Абдурахмонова Н.К.²

¹Каршинский инженерно-экономический институт, 180100, Карши, Узбекистан

²ООО «Шуртанский газо-химический комплекс»

Аннотация: В статье рассчитан тепловой баланс различных солнечных теплиц площадью 50 м² 100 м² 200 м² квадратных метров. Эти расчеты проводились в ноябре, декабре, январе, феврале, марте, апреле. Подсчитано количество природного газа, угля и дров, используемых для обогрева теплицы в дневное и вечернее время. Таблица этих реестров приведена ниже. Вместе с этим было создано уравнение теплового баланса. Определены тепло потери через стены теплицы.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, альтернативная энергетика, теплового баланса теплицы, энергосбережение и энергоэффективность, показатель энергетической эффективности, коэффициент полезного использования энергии, коэффициент полезного действия, тепловая мощность, потери тепла.

QUYOSH ISSIQXONASINING ISSIQLIK BALANSINI HIOBLASH

Raxmatov O.I.¹, Abduraxmonova N.K.²

¹Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, 180100, Qarshi, O'zbekiston

²“Sho‘rtan gaz kimyo majmuasi” MChJ

Annotatsiya: Maqolada 50 m² 100 m² 200 m² kvadrat metr maydonga ega turli xil quyosh issiqxonalarining issiqlik balansi hisoblab chiqiladi. Bu hisob-kitoblar noyabr, dekabr, yanvar, fevral, mart, aprel oylarida amalga oshirildi. Issiqxonani kunduzi va kechqurun isitish uchun sarflangan tabiiy gaz, ko‘mir, o‘tin miqdori hisoblab chiqildi. Ushbu registrlarning jadvali quyida keltirilgan. Shu bilan birga, issiqlik balansi tenglamasi yaratildi. Issiqxona devorlari orqali issiqlik yo‘qotilishi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: qayta tiklanadigan energiya manbalari, muqobil energiya, issiqxona issiqlik balansi, energiya tejash va energiya samaradorligi, energiya samaradorligi ko‘rsatkichi, energiya samaradorligi koeffitsiyenti, samaradorlik koeffitsiyenti, issiqlik quvvati, issiqlik yo‘qotilishi.

CALCULATION OF THE HEAT BALANCE OF THE SOLAR GREENHOUSE

Rakhmatov O.I.¹, Abdurakhmonova N.K.²

¹Karshi Engineering Economics Institute, 180100, Karshi, Uzbekistan

²Shurtan Gas Chemical Complex LLC

Abstract. The article calculates the heat balance of various solar greenhouses with an area of 50 m² 100 m² 200 m² square meters. These calculations were carried out in November, December, January, February, March, April. The amount of natural gas, coal and firewood used to heat the greenhouse during the day and evening was calculated. A table of these registries is given below. At the same time, a heat balance equation was created. Heat loss through the walls of the greenhouse was determined.

Key words: renewable energy sources, alternative energy, greenhouse heat balance, energy saving and energy efficiency, Energy efficiency indicator, Energy efficiency factor, Efficiency factor, thermal power, heat loss.





Введение. В современных условиях с каждым годом затраты на энергию и энергоресурсов при производстве промышленной и сельскохозяйственной продукции, бытовые нужды населения постоянно увеличиваются. Поэтому рациональное использование и экономия традиционных топливно-энергетических ресурсов является важной задачей. Запасы в природе традиционных природных ресурсов, таких как природный газ, нефть и каменный уголь являются ограниченными. Это обуславливает актуальность применение возобновляемых источников энергии при переходе к энергосберегающему производству и сокращению энергоемкости во всех отраслях экономики и социальной сфере. Постановлением Президента Республики Узбекистан от 5 мая 2015 года №ПП-2343 «О программе сокращению энергоемкости, внедрению энергосберегающих технологий в отраслях экономики и социальной сфере на 2015-2019 годы» поставлены задачи, по определению приоритетных направлений дальнейшего сокращения энергоемкости, внедрения энергосберегающих технологий и систем в отраслях экономики, ускоренное развитие использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Разработанные энергетические установки и технологии по использованию ВИЭ также должны быть направлены на повышение энергоэффективности и снижение энергоемкости при производстве продукции по современным требованиям. Для оценки эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) применяются два понятия, обозначаемые терминами «энергосбережение» и «энергоэффективность». Для расчета энергоэффективности установок, зданий, сооружений, технологий, и т.п. необходимым считаем дать конкретное определение энергоэффективности и энергосбережения [1-5].

Энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, и т.п [6-8].

Энергосбережение - реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) ТЭР и ВИЭ.

Материалы и методы. Для оценки эффективности использования энергетических ресурсов применяют несколько показателей, в состав которых входят величины энергопотребления на входе процесса и полученная (преобразованная) величина энергии на выходе процесса. К основным показателям относятся следующие [9-15]:

1). Показатель энергетической эффективности (ПЭЭ) – абсолютная, удельная или относительная величина потребления энергетических ресурсов для производство продукции любого назначения или технологического процесса.

2). Коэффициент полезного использования энергии (КПИ) - это отношение всей полезно используемой в энергоустановке (на установленном участке, агрегате, технологическом процессе, хозяйстве и т.п.) энергии к суммарному количеству израсходованной энергии в пересчете ее на первичную.

3). Коэффициент полезного действия (КПД) – величина, характеризующая совершенство процессов превращения, преобразования или передачи энергии, являющаяся отношение полезной энергии к подведенной к процессу, установке, агрегату и т.д. К показателям «энергосбережение» и «энергоэффективности» среди специалистов имеется большое разночтение. В работе авторами впервые предложено для оценки энергоэффективности использовать систему сбалансированных показателей энергоэффективности, например коэффициент энергоэффективности, в свою очередь зависеть от множества показателей. В работе к понятию энергоэффективности дано более четкое и конкретное определение.

Таким образом, из выше приведенных формулировок вытекает, что энергетическая эффективность – это отношение объема полезного производство продукции оборудованием или технологическим процессом к объему энергии, использованной этим оборудованием или технологическим процессом.

Способ расчета теплового баланса теплицы





При прямом сжигании альтернативных топлив можно получить теплоту, использование в системах отопления и горячего водоснабжения дает большие экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов.

Например, в прямом сжигании только полученного 1 м³ биогаза в газовых водогрейных отопительных котлах дает 5-7 кВт/ч или 18-25,2 МДж тепловой энергии. Эти цифры указывают на то, что мы имеем очень большие запасы тепловой энергии, которая просто выбрасывается и приносит огромный экологический вред в атмосферу [12-24]. Поэтому нами предлагается тепловую насос, полезно использовать в сельском хозяйстве в следующих направлениях:

- отопление сельских жилых домов и помещений, фермерских домов и полевых станов;
- горячее водоснабжение для бытовых нужд;
- отопление теплиц и хранилищ в зимой;
- сушка плодов и фруктов и т.п.

В целях сравнительного анализа нами исследованы потребление традиционного топлива (природного газа) в период отопления (ноябрь-март 2023 года) жилого дома с отопительной площадью 50 м², которая израсходована 650 м³ природного газа. Расход газа в месяц 650:5=130 м³, в среднем в сутки были сожжены 4,5-5 м³ природного газа. Таким образом, 1 м³ газ обеспечить теплом около 10 м² жилой площади в сутки (все измерения ежедневно измерялись электронным газовым счетчиком марки Novator).

Аналогичные измерения произвели для теплицы с полезной площадью 50 м² с пленочным покрытием в условиях города Карши. В отопление теплицы 50 м² зимой для создания требуемого внутреннего микроклимата были израсходованы в сутки до 25-30 м³ природного газа. То есть 1 м³ природным газом можно обеспечить теплом 1,66 м² площади теплицы. Или на 1 м² площади теплицы израсходуется около 0,5-0,6 м³ природного газа. Как видно, из проведенных исследований и расчетов сооружения защищенного грунта-теплицы являются биолого-теплотехническим устройствам, которые требуют огромное количество традиционного топлива для отопления. Сама теплица является пассивной солнечной отопительной системой, однако при любом регионе нашей Республики только днем 30-35% отопительную нагрузку можно покрыть за счет прямого использования солнечной энергии в зависимости от метеорологических условий конкретного года. Поэтому в настоящее время решение проблемы энергообеспеченности теплиц является актуальной. Один из вариантов решения этой проблемы является применение тепловых насосов. Предлагается использовать тепловых насосов в небольших фермерских хозяйствах в целях отопления жилых помещений и теплиц. Для этого необходимо знать потребности в тепловой энергии теплицы и произвести теплотехнические расчеты. Ниже приведены результаты теплотехнического расчета гелиотеплицы с полезной площадью 50 м².

К важным энергетическим характеристикам гелиотеплиц относятся коэффициенты ограждения $K_{огр}$ и аккумуляирования тепла энергии солнечного излучения K_a , приведенный коэффициент теплопередачи ограждения $K_{пр}$, тепловая мощность системы отопления, тепловые потери, приток солнечной радиации внутрь теплиц, расход топлива на отопление и т.д. Тепловую мощность системы отопления теплицы, следует определять в результате решения уравнений теплового баланса с учетом происходящего тепломассообмена на поверхности почвы, ограждений и растений. Тепловой режим теплицы рассматривается с участием находящейся в ней биомассы и влагообмена. Делается это для неблагоприятных ночных условий эксплуатации теплицы [13-15].

Практически мощность системы отопления теплицы можно определить по уравнению

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{гр} + Q_{инф} \quad (1)$$

где $Q_{огр}$ - теплопотери через наружные ограждения – стены и покрытие (скаты); $Q_{гр}$ - теплопотери через грунт, рассчитанные по известному способу с разделением его площади на





зоны (ориентировочно Q_{op} составляют около $0,2 Q_{opr}$); $Q_{инф}$ - теплотраты на нагревание инфильтрующегося воздуха.

Известно, что тепловые потери гелиотеплицы зависят от коэффициента ограждения, который вычисляли по соотношению

$$K_{opr} = F_{opr} / F_u \quad (2)$$

где F_{opr} - общая светопрозрачная поверхность ограждения; F_u - инвентарная (полезная) площадь гелиотеплицы.

Применив упрощенный способ расчета теплового баланса теплицы, пренебрегая влиянием тепловых потоков через защищенный грунт, можем определить тепловую мощность системы отопления.

$$Q_{om} = Q_{opr} + Q_s - Q_{np} = KF_u (t_s - t_n) K_{opr} K_{инф} - Q_{np}, \quad (3)$$

или

$$Q_{om} = Q_{m.n} - Q_{np}, \quad (4)$$

где Q_{om} - тепловая мощность системы отопления, Q_{opr} - потери тепла через ограждение, Q_s - потери тепла вследствие воздухообмена, Q_{np} - приток солнечной радиации внутрь теплиц за отопительный период, K - коэффициент теплопередачи ограждения, $K_{пр} = F_{огр} K / F_u$, $K_{пр}$ - приведенный коэффициент теплопередачи ограждения; t_s - расчетная температура воздуха внутри теплицы, $17,2$ °C; t_n - среднесуточная температура наружного воздуха за отапливаемый период (ноябрь - март), $4,6$ °C; $K_{инф}$ - коэффициент инфильтрации, равный $1,1 \dots 1,2$.

Приток солнечной радиации внутри теплиц за отопительный период:

$$Q_{np} = \bar{q}_{над} K_{прон} \alpha_n F \tau, \quad (5)$$

где, $\bar{q}_{над}$ - среднесуточное значение падающей за отопительный период суммарной солнечной радиации; α_n - коэффициент лучепоглощения поверхности листьев растений и почвы; $K_{прон}$ - коэффициент пропускания солнечной радиации светопрозрачного ограждения теплицы; F - площадь пола теплицы; τ - продолжительность отопительного периода.

Если $Q_{m.n} \leq Q_{np}$, тогда при ясной погоде не требуется дополнительный обогрев теплицы с применением традиционных систем отопления. Если $Q_{m.n} > Q_{np}$, тогда требуется дополнительный обогрев теплицы с использованием органического топлива в котельной [9,10,11].

В табл.1. приведены результаты расчетов по определению тепловых потерь и среднемесячных суточных показателей энергообеспеченности гелиотеплицы площадью 50 м^2 в условиях г. Карши, для отдельных периодов отопительного сезона. В нашем случае коэффициент ограждения $K_{opr} = 1,76$, среднее значение коэффициента теплопередачи светопрозрачного ограждения $K = 6,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; $K_{прон} = 0,62$, $\alpha_n = 0,8$.



Таблица 1.

Среднемесячные суточные показатели энергообеспеченности гелиотеплицы в условиях ясной погоды для г. Карши

Дата	$t_n, ^\circ C$	$Q_{m.n},$ кДж/(м ² ·день)	Q_{np} кДж/(м ² ·день)	Q_{om} кДж/(м ² ·день)
15/XI	10,6	2194,28	1724,89	469,4
15/XII	4,8	3914,12	1287,86	2626,26
15/I	3,6	4270	1265,54	3004,41
14/II	5,3	3765,86	1495,44	2270,42
15/III	10,1	2342,54	1982	360,5
15/IV	17,9	29,6525	2964	-

Мощность отопительной системы для тепличной части сооружения определяется по формуле:

$$Q_{om} = Q_{m.n} - Q_{вв} - Q_{св}, \quad (6)$$

где, $Q_{вв}$ - тепловой поток вентиляционных выбросов холодильной камеры; $Q_{св}$ - тепловая мощность горячей воды, полученная при утилизации тепла уходящих газов.

Сезонный расход топлива (природного газа) на отопление теплицы полезной площадью 50 м² определяли по формуле:

$$B = 1,15 Q_{om} \tau / Q_n^p \eta \quad (7)$$

где 1,15 – коэффициент, учитывающий потери тепла в трубопроводах; τ – продолжительность отопительного периода для г. Карши, равная 132 суток; Q_n^p – рабочая низшая теплота сгорания топлива (природной газ Шуртанского месторождения), равна 8626 Ккал/м³, η – коэффициент полезного действия котельной 0,8. В соответствии с формулой (7) расход газа в отопительный период при ночном режиме составил 3890,77 м³ следовательно, для поддержания нормальной температуры внутри теплицы нужно 30 м³/сутки. При суммарном поступлении солнечного тепла за ноябрь 6899,56 кДж/м²·день с учетом коэффициента светопропускания ограждения 0,62 и лучепоглощения листьями растений внутри теплицы 0,8 количество поступающего тепла на 50 м² полезной площади теплицы равно

$$Q_{рад}^{сум.м} = 6899,56 \text{ кДж} / \text{м}^2 \cdot \text{день} \cdot 50 \text{ м}^2 = 344978 \text{ кДж} / \text{день}.$$

Результаты: Результаты расчета расходов топлива на отопление гелиотеплицы приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Расход топлива на отопление гелиотеплицы с площадью 50 м² в условиях г. Карши

Месяцы	Расход топлива на отопление гелиотеплицы при ясной погоде (при дневной работе теплицы), м ³ /мес.	Расход топлива на отопление гелиотеплицы при ночном режиме, м ³ /мес.
XI	112,28	524,88
XII	628,21	936,28
I	718,67	1021,4
II	506,89	840,76
III	86,24	560,35
Всего за сезон	2052,3	3890,77





Потребность в тепловой энергии, природный газ и других природных органических топлив для отопления гелиотеплицы при дневном режиме в условиях г. Карши (с полезной площадью 50, 120 и 200 м²).

Таблица 3.

Показатели	Отапливаемая площадь гелиотеплицы, м ²		
	50	120	200
Тепловая энергия, МДж/год	75000-120000	195000-240000	360000-450000
Природный газ Шуртанского месторождения, в м ³ в период отопления: в сутки:	2083-3334 14-22,2	5416-6667 36-45	10000-12500 66,7-83
Уголь, в кг: в период отопления: в сутки:	2558-4094 17-27	6653-8188 44-54,6	12282-15353 82-102
Дрова, в кг: в период отопления: в сутки:	4687-7500 31-50	12187-15000 81-100	22500-28125 150-187

Заключение. В статье рассмотрена методика расчета теплового баланса теплицы. Для обогрева теплицы площадью 50 м² в зимние месяцы необходимо 25-30 м³ природного газа в сутки. На 1 м² площади теплицы израсходуется около 0,5-0,6 м³ природного газа. продолжительность отопительного периода для г. Карши, равная 132 суток. Расход топлива на отопление гелиотеплицы при ясной погоде за сезон 2052,3 м³/мес. Расход топлива на отопление гелиотеплицы при ночном режиме, составил за сезон 3890,77 м³/мес.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Toshmamatov, B., Davlonov, Kh., Rakhmatov, O., Toshboev, A., Rakhmatov, A. Modeling of thermal processes in a solar installation for thermal processing of municipal solid waste AIP Conference Proceedings 2612,050027 2023.
2. Toshmamatov, B., Davlonov, Kh., Rakhmatov, O., Toshboev, A. Recycling of municipal solid waste using solar energy. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1030(1),012165 2021.
3. Uzoqov G'.N., Davlonov X.A. Geliioisixxonalarining energiya tejankor isitish tizimlari. Monografiya, - T.: "Voriz", 2019 - 144 bet.
4. Uzoqov G'.N., Davlonov X.A., Uzakova Yu.G. Устройство для отопления и топливо снабжения теплиц. Патент Р. Уз., 2019 г.
5. Autonomous heat-cooling and power supply system based on renewable energy devices (trigeneration system) A.B.Safarov, O.I.Rakhmatov, and Yu.G.Uzakova BIO Web of Conferences, 02(2023) CIBTA-II-2023 71 030.
6. 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. 49с.
7. Кубис В.А. и др. Оценка эффективности системы воздушного отопления в теплице. //Градостроительство и архитектура, 2014 _ №2(15), с. 94-98.
8. Кубис В.А. Проектирование и опыт эксплуатации энергоэффективных теплиц (монография). Пенза. 2014. _128с.
9. 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.



10. Кожухов В.А., Семёнов А.Ф. Разработка системы аккумулирования тепловых насосов. //Вестник КрасГАУ. - 2008. _ №3., 293 - 296 с.
11. Кожухов В.А., Михеева Н.Б., Семёнов А.Ф. Повышение эффективности энергообеспечения теплицы. //Вестник КрасГАУ. _ 2009., №6. _ с. 127-132.
12. Брагуга Э.Г. и др. Теплонасосная система комплексного теплохладоснабжения автономного объекта. //Энергетические и теплотехнические процессы и оборудования. №6., 2018.с. 163 -172.
13. Rahmatov O.I Uzakova Yu.G. Анализ состояния использования дымовых газов, выделяющихся при горении. Hozirgi zamon fizikasining dolzarb muammolari. Xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik anjuman materiallari.(2022 йил 25-26 ноябрь), Бухоро– 2022, 313 - 316 бетлар.
14. Rahmatov O.I. Rekuperatorli issiqlik almashinish qurilmalarining issiqlik hisoblarini EXCEL daturida hisoblash. “Ishlab chiqarishning texnik, muhandislik va texnologik muammolarining innovatsion yechimlari” mavzusidagi xalqaro miqyosidagi ilmiy-texnik anjumani materiallari to‘plami. 2- Qism (2022 yil 28-29-oktabr). Jizzax 2022. 313 - 317 бетлар.
15. Rahmatov O.I. Paraboloid quyosh konsentratorining parametrlarini asoslash. “Ishlab chiqarishning texnik, muhandislik va texnologik muammolarining innovatsion yechimlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami. (2022 yil 24-26-noyabr). Buxoro 2022. 363 - 366 бетлар.
16. Rahmatov O.I Uzakova Yu.G‘. Possibilities of using waste heat for heating and hot water supply and equipment “Современные тенденции развития физики полупроводников: достижения, проблемы и перспективы” сборник материалов ii международной. научной конференции 27-28 декабрь Ташкент-2022
17. Узоқов Ғ.Н., Давлонов Х.А., Тошмаматов Б.М., Рахматов О.И. Инновацион технопарк яратиш асосида муқобил энергия манбаларидан фойдаланиш қурилмаларини тижоратлаштириш имкониятларини ошириш. Инновацион технологиялар журнали махсус сон №2 (41) 2020, 63-67 бетлар.
18. Амиркулов О.А., Тошмаматов Б.М., Рахматов О.И. Рахматов А.Р. Переработка отходов методом пиролиза universon: технические науки Выпуск: 5(86) Май 2021Часть 5 Москва 2021.
19. Узакон Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М., Камолов Б.И. Анализ гибридных систем отопления жилых зданий, использующих ВИЭ. Альтернативная энергетика. Научно-технический журнал. №1 (08) 2023. 31.03.2023 г. Стр. 9-16.
20. Uzakov G.N., Davlanov X.A., Kamolov B.I., Toshmamatov B.M. Qishloq hududlarida joylashgan obyektlarning integratsiyalashgan avtonom energiya ta‘minoti tizimlari. Muqobil energetika. Ilmiy-texnik jurnali. 03.07.2023 y. 9-14 b.
21. Toshmamatov B.M., Raxmatov O.I., Valiyev S.T., Nurmanov Sh.X. Geotermal energiya asosidagi gibrid issiqlik ta‘minoti tizimining issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash. Muqobil energetika. Ilmiy-texnik jurnali. 03.07.2023 y. 72-83 b.
22. Toshmamatov B.M. Solar energy application in municipal solid waste: experience, results and efficiency. Muqobil energetika ilmiy-texnik jurnali. №4 23.12.2022 y. 84-97 betlar.
23. Узакон Г. Н., Базаров О. Ш., Давланов Х. А., Тошмаматов Б. М. Научно-инновационные разработки каршинского инженерно-экономического института по использованию возобновляемых источников энергии. Беларусь-Узбекистан: Формирование рынка инновационной продукции. Сборник материалов научно-практической конференции (Минск, 14–15 марта 2023 г., стр. 353-356.
24. Toshmamatov B.M., Arziev B.R., Shomuratova S.M., Valiev S.T. Flat from the reflector returner the sun integrated reflection of radiation carry on coefficient count method. International journal of advanced research in science, engineering and technology. Vol. 10, Issue 5, May 2023. 20718-20722.

