UO‘K 631.544.7:620.92 https://doi.org/10.70769/2181-2284.ME.3(24).2026.11

ISSIQXONANING TUPROQ OSTI ISSIQLIK AKKUMULYATORLI ISSIQLIK TA’MINOTI TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH

Yaxshiboyev Shuhrat Komilovich –PhD, dotsent,
https://orcid.org/0000-0002-2328-9586 e-mail: shuxratyaxshiboyev@rambler.ru
Abduraximov Jahongir Toxir o‘g‘li - doktorant
https://orcid.org/0009-0005-6702-1679 e-mail: jahongirabdurakhimov0506@gmail.com

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

Annotatsiya. Kirish. Issiqxonalarda yil davomida maqbul mikroiqlim sharoitlarini ta’minlash katta miqdorda issiqlik energiyasi sarfini talab qiladi. Ayniqsa, tashqi havo harorati pasayadigan davrlarda issiqxona konstruksiyasi orqali issiqlik yo‘qotishlarining ortishi issiqlik ta’minoti tizimining energiya sarfini oshiradi.

Usul va materiallar. Tadqiqot ishida 5×4 m o‘lchamdagi issiqxona uchun tuproq ostida joylashtiriladigan issiqlik almashinuv qurilmasining konstruktiv sxemasi ishlab chiqildi.

Natijalar. Taklif etilayotgan tizimda issiqxonaning yuqori qismida to‘planadigan ortiqcha issiqlikdan foydalanib, uni tuproq ostidagi issiqlik akkumulyatoriga uzatish imkoniyati yaratildi. Tizimning ikki rejimda - issiqlikni akkumulyatsiya qilish va akkumulyatsiyalangan issiqlikni issiqxonaga qaytarish rejimlarida ishlashi ko‘zda tutilgan.

Xulosa. Taklif etilgan issiqlik almashinuv qurilmasining konstruksiyasi issiqxona ichidagi ortiqcha issiq havoni tuproqqa uzatish va keyinchalik akkumulyatsiyalangan issiqlikni issiqxonaga qaytarishga mo‘ljallangan.

Kalit so‘zlar: issiqxonaning issiqlik ta’minoti tizimi, tuproq osti issiqlik akkumulyatori, issiqlik almashinuv qurilmasi, issiqlik akkumulyatsiyasi, past potensialli issiqlik, issiqlik almashinuvi, energiya samaradorligi, yer osti issiqlik saqlash tizimi.

Дата поступления: 12.08.2026. После обработки: 15.09.2026 Принято печать: 23.09.2026

For citation: *Yakhshiboev Sh.K., Abdurakhimov J.K. Improvement of the Heat Supply System of a Greenhouse with an Underground Thermal Energy Storage System. Muqobil energetika. 2026. 3(24). pp. 89-93.*

УДК 631.544.7:620.92

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛИЦЫ С ПОДЗЕМНЫМ ТЕПЛОВЫМ АККУМУЛЯТОРОМ

Яхшибоев Шухрат Комилович - PhD, доцент,
https://orcid.org/0000-0002-2328-9586 e-mail: shuxratyaxshiboyev@rambler.ru
Абдурахимов Джахонгир Тохир угли - докторант
https://orcid.org/0009-0005-6702-1679 e-mail: jahongirabdurakhimov0506@gmail.com

Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аннотация. Введение. *Обеспечение оптимальных микроклиматических условий в теплицах в течение всего года требует значительных затрат тепловой энергии. Особенно в периоды понижения температуры наружного воздуха увеличение тепловых потерь через ограждающие конструкции теплиц приводит к повышению энергопотребления системы теплоснабжения.*

Методы и материалы. *В рамках исследования разработана конструктивная схема теплообменного устройства, размещаемого под поверхностью грунта, для теплицы размером 5 × 4 м.*

Результаты. *Предложенная система предусматривает использование избыточной теплоты, накапливающейся в верхней части теплицы, с последующей передачей её в подземный грунтовый теплоаккумулятор. Предусмотрены два режима работы системы: аккумулирование тепловой энергии и возврат накопленной теплоты в теплицу.*

Заключение. *Разработанная конструкция теплообменного устройства предназначена для передачи избыточной теплоты воздуха из внутреннего пространства теплицы в грунтовый теплоаккумулятор с возможностью последующего возврата накопленной теплоты для теплоснабжения теплицы.*

Ключевые слова: *система теплоснабжения теплицы, подземный грунтовый теплоаккумулятор, теплообменное устройство, аккумулирование тепловой энергии, низкопотенциальная теплота, теплообмен, энергоэффективность, подземная система хранения тепловой энергии.*

UDC 631.544.7:620.92

IMPROVEMENT OF A GREENHOUSE HEAT SUPPLY SYSTEM WITH UNDERGROUND THERMAL ENERGY STORAGE

Yakhshiboev Shuhrat Komilovich - PhD, Associate Professor,
https://orcid.org/0000-0002-2328-9586 e-mail: shuxratyaxshiboyev@rambler.ru
Abdurakhimov Jahongir Toxir ugli - Doctoral Student
https://orcid.org/0009-0005-6702-1679 e-mail: jahongirabdurakhimov0506@gmail.com

Karshi State Technical University**,** Karshi, Uzbekistan

Abstract. Introduction. *Maintaining optimal microclimatic conditions in greenhouses throughout the year requires substantial thermal energy consumption. Particularly during periods of low outdoor temperatures, increased heat losses through the greenhouse envelope lead to higher energy demand for greenhouse heating systems.*

Materials and Methods. *This study developed a structural design for an underground heat exchange device intended for a greenhouse measuring 5 × 4 m.*

Results. *The proposed system is designed to recover excess heat accumulated in the upper section of the greenhouse and transfer it to an underground soil-based thermal energy storage unit. The system is intended to operate in two modes: thermal energy storage and the subsequent recovery of stored heat for greenhouse heating.*

Conclusions. *The proposed heat exchanger design enables excess thermal energy from the greenhouse air to be transferred to underground soil storage and subsequently recovered for greenhouse heating.*

Keywords: *greenhouse heating system, underground soil thermal energy storage, heat exchanger, thermal energy storage, low-grade heat, heat transfer, energy efficiency, underground thermal energy storage system.*

Kirish

Issiqxonalarda yil davomida maqbul mikroiqlim sharoitlarini ta’minlash katta miqdorda issiqlik energiyasi sarfini talab qiladi. Ayniqsa, tashqi havo harorati pasayadigan davrlarda issiqxona konstruksiyasi orqali issiqlik yo‘qotishlarining ortishi issiqlik ta’minoti tizimining energiya sarfini oshiradi. Shu sababli qayta tiklanuvchi va past potensialli issiqlik manbalaridan foydalanish, ortiqcha issiqlikni saqlash hamda talab yuzaga kelganda undan qayta foydalanish imkonini beruvchi issiqlik akkumulyatsiya texnologiyalarini qo‘llash muhim ilmiy-texnik masalalardan biri hisoblanadi [1-3].

Gauthier, Lacroix va Bernier tomonidan ishlab chiqilgan tuproq issiqlik almashinuv-akkumulyatsiya tizimida issiqxona havosi yer ostiga ko‘milgan quvurlar orqali aylantirilib, issiqlik tuproqqa uzatilishi va keyinchalik qayta olinishi o‘rganilgan [1]. Ushbu tadqiqotda quvur oralig‘i,

quvur uzunligi, havo tezligi, tuproq namligi va quvurlarning ko‘milish chuqurligi kabi parametrlarning tizim samaradorligiga ta’siri tahlil qilingan.

Xu va hammualliflar tomonidan Shanxay shahrida 2304 m^2 maydonga ega quyosh energiyasida ishlaydigan issiqxonada mavsumiy yer osti issiqlik akkumulyatori tadqiq qilingan. Tizimda 4970 m^3 yer osti tuprog‘i issiqlik saqlash muhiti sifatida ishlatilgan va issiqlik U-simon quvurli issiqlik almashinuvchilar orqali tuproqqa uzatilgan [2]. Tadqiqotda yer osti tuprog‘ining katta issiqlik sig‘imidan foydalanish issiqxonaning isitish davridagi issiqlik talabini qoplashga xizmat qilishi ko‘rsatilgan.

Zhang va hammualliflar issiqxonani isitish uchun arzon mavsumiy quyosh-tuproq issiqlik akkumulyatori tizimini ishlab chiqib, uning tajribaviy va modellashtirish natijalarini tadqiq qilgan. Tadqiqotda tuproq ostida saqlangan quyosh issiqligidan qishning sovuq va bulutli davrlarida foydalanish imkoniyatlari baholangan [3].

Vadiee va Martin issiqxonada ortiqcha sezilarli va yashirin issiqlikni mavsumiy yoki qisqa muddatli issiqlik akkumulyatorlarida saqlash konsepsiyasini tadqiq qilgan. Mualliflar issiqlikni saqlash tizimlarini issiqxona energiya balansiga integratsiyalash imkoniyatlarini tahlil qilgan [4].

Bouadila va hammualliflar issiqxonada kunduzgi ortiqcha issiqlikni saqlab, undan tungi vaqtda foydalanishga asoslangan quyosh havo isitish tizimini tadqiq qilgan [5]. Attar va hammualliflar esa issiqxonani isitishda ko‘milgan issiqlik almashinuvchiga ega quyosh tizimini parametrik va sonli usullar yordamida o‘rgangan [6,7]. Olib borilgan tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, issiqxona ichidagi ortiqcha issiqlikni tuproq ostida saqlash va keyinchalik qayta foydalanish issiqlik ta’minoti samaradorligini oshirishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri ekanligini ko‘rsatadi.

Usul va materiallar

Tadqiqot obyekti sifatida 5×4 m o‘lchamdagi issiqxona va uning ostki tuproq qatlamiga o‘rnatiladigan issiqlik almashinuv qurilmasi qabul qilindi. Qurilmaning konstruktiv tuzilishi va parametrlari 1-rasm hamda 1-jadvalda keltirilgan.

1-rasm. Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli issiqxona va issiqlik almashinuv qurilmasining konstruktiv tuzilishi.

1-jadval.

Tuproq osti issiqlik akkumulyatorli issiqxona va issiqlik almashinuv qurilmasining asosiy konstruktiv ko‘rsatkichlari

T/r	Ko‘rsatkich	Birligi	Qiymati
1	Issiqxona uzunligi	m	5
2	Issiqxona eni	m	4
3	Issiqxona maydoni	m^2	20
4	Issiqlik akkumulyatorining joylashish chuqurligi	m	≈1
5	Qisqa vertikal quvur uzunligi	m	1,5
6	Uzun vertikal quvur uzunligi	m	3
7	Ishlash rejimlari	–	2
8	Issiqlik tashuvchi muhit	–	havo
9	Issiqlik akkumulyatori	–	tuproq

Tadqiqot natijasida issiqxonaning issiqlik ta’minoti tizimiga tuproq osti issiqlik akkumulyatorini integratsiyalashga asoslangan konstruktiv yechim ishlab chiqildi. Taklif

etilayotgan tizimning issiqlik almashinuv qurilmasida ikkita vertikal quvur o‘rnatilgan bo‘lib, ulardan biri 1,5 m, ikkinchisi esa 3 m uzunlik joylashtirilgan. Qurilmaning asosiy qismi issiqxona hajmi bo‘ylab tuproq ostidagi taxminan 1 m chuqurlikdagi tuproq qatlamida joylashtiriladi. Issiqxonaning umumiy o‘lchamlari 5×4 m bo‘lib, pol yuzasi 20 m^2 ni tashkil qiladi.

Tuproqdagi issiqlik miqdorini umumiy holda quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{akk} = m_{tup} \cdot c_{tup} \cdot (T_{qiz.tup.har} - T_{bosh.tup.har}) \quad (1)$$

bu yerda: Q_{akk} - tuproqda akkumulyatsiyalangan issiqlik miqdori, J; m_{tup} - issiqlik almashinuvida ishtirok etuvchi tuproq massasi, kg; c_{tup} - tuproqning solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg·K). $T_{qiz.tup.har}$ - qizdirilgandan keyingi tuproq harorati,°C; $T_{bosh.tup.har}$ - boshlang‘ich tuproq harorati,°C.

Issiqxona o‘lchamlarini, $A = 5\ m, B = 4\ m, C = 2{,}5$ m deb olsak issiqxona maydoni:

$$S_{pol}=5\cdot4=20\ m^2$$

Issiqxona ichki hajmi quyidagicha aniqlanadi:

$$V_{iss} = abc = 5 \cdot 4 \cdot 2.5=50\ m^3$$

Issiqlik akkumlatori sifatida foydalaniladigan tuproq hajmini IAQ 1 metr chuqurlikda ko‘milgan holatida topiladi:

$$V_{tup}=5\cdot4\cdot1,\ V_{tup}=20\ m^3$$

Tuproq zichligini tahminan ρ_{tup}=1600 kg/m^3 deb qabil qilsak, shunda tuproq massasi:

$$m_{tup} = V_{tup} \cdot \rho_{tup} = 20 \cdot 1600 = 32\ 000\ kg$$

Endi tuproqdagi umumiy issiqlik miqdorini quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{akk} = m_{tup} \cdot c_{tup} \cdot (T_{qiz.tup.har} - T_{bosh.tup.har}) \quad (2)$$

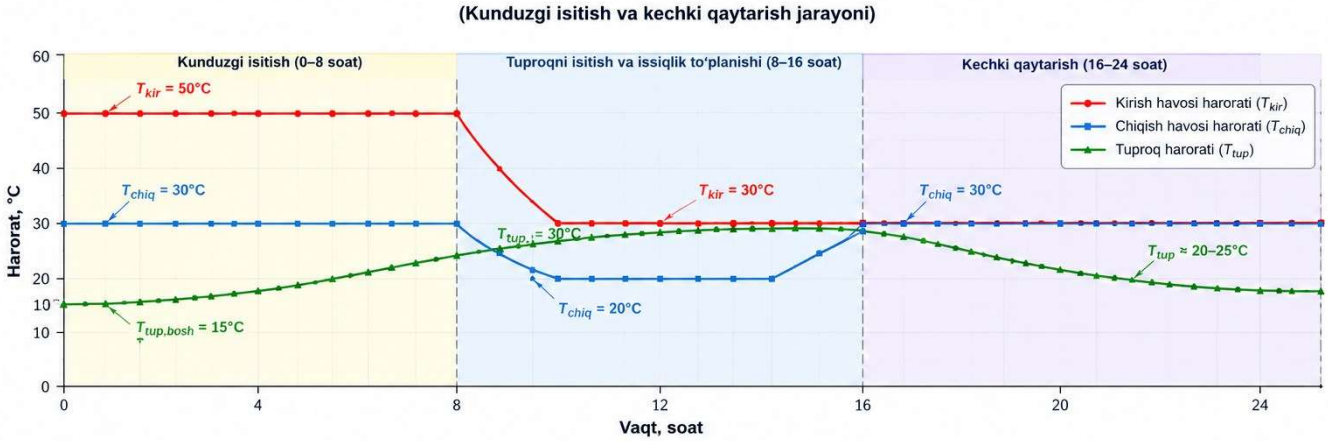
Issiq havo tomonidan berilgan issiqlik miqdori quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q_{havo} = m_{havo} \cdot c_{p,havo} \cdot (T_{kir} - T_{chiq}) \cdot \tau \quad (3)$$

bu yerda: m_{havo} - havo massaviy sarfi, kg/s; $c_{p,havo}$ - havoning o‘zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg·°C); T_{kir} - qurilmaga kirayotgan havo harorati, °C; T_{chiq} - qurilmadan chiqayotgan havo harorati, °C; τ - qurilmaning ishlash davomiyligi, sek.

Natijalar

Tuproq osti issiqlik akkumulyatorining ishlash jarayonini baholash maqsadida issiqxonaga kiruvchi va undan chiquvchi havo hamda tuproq haroratlarining sutkalik o‘zgarishi tahlil qilindi. Bunda tizimning kunduzgi issiqlikni akkumulyatsiya qilish va kechki davrda to‘plangan issiqlikni qaytarish rejimlari hisobga olindi. Haroratlarning 24 soat davomida o‘zgarishini ifodalovchi diagramma 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Issiqxona, tuproq va havo haroratining vaqtga bog‘liqlik diagrammasi.

Natijalar

2-rasmdan ko‘rinadiki, qabul qilingan hisobiy sharoitlarda dastlabki 8 soat davomida qurilmaga kiruvchi havo harorati 50°C, chiquvchi havo harorati esa 30°C ni tashkil qiladi. Ushbu davrda tuproq harorati 15°C dan taxminan 25°C gacha oshadi. Keyingi 8-16 soat oralig‘ida kiruvchi

havo harorati 30°C gacha pasayishi va tuproq haroratining taxminan 30°C gacha ko‘tarilishi kuzatilgan. Kechki davrda esa tuproqda akkumulyatsiyalangan issiqlikni qaytarish jarayoni hisobiga chiquvchi havo harorati 30°C atrofida saqlanishi tasvirlangan.

Xulosa

1. Issiqxonalarning issiqlik ta’minoti tizimlarida kunduzi hosil bo‘ladigan ortiqcha issiqlikdan samarali foydalanish va tungi davrda issiqlik tanqisligini kamaytirish maqsadida tuproq osti issiqlik akkumulyatoridan foydalanishga asoslangan konstruktiv yechim taklif qilindi.

2. Taklif etilayotgan tizim ikki asosiy rejimda: issiqlikni tuproqqa akkumulyatsiya qilish (zaryadka rejim) va akkumulyatsiyalangan issiqlikni issiqxonaga qaytarish rejimlarida (razryadka rejim) ishlaydi.

3. Taklif etilayotgan tizim issiqxona issiqlik ta’minotining energiya samaradorligini oshirish, ortiqcha issiqlikdan qayta foydalanish va qo‘shimcha issiqlik manbalariga bo‘lgan talabni kamaytirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1]. Gauthier C., Lacroix M., Bernier H. Numerical simulation of soil heat exchanger-storage systems for greenhouses // Solar Energy. - 1997. - Vol. 60, No. 6. - P. 333-346.

[2]. Xu J., Li Y., Wang R.Z., Liu W. Performance investigation of a solar heating system with underground seasonal energy storage for greenhouse application // Energy. - 2014. - Vol. 67. - P. 63-73.

[3]. Zhang L., Xu P., Mao J., Tang X., Li Z., Shi J. A low cost seasonal solar soil heat storage system for greenhouse heating: Design and pilot study // Applied Energy. - 2015. - Vol. 156. -P. 213-222.

[4]. Vadiee A., Martin V. Thermal energy storage strategies for effective closed greenhouse design // Applied Energy. -2013. - Vol. 109. - P. 337-343.

[5]. Bouadila S., Lazaar M., Skouri S., Kooli S., Farhat A. Assessment of the greenhouse climate with a new packed-bed solar air heater at night, in Tunisia // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2014. - Vol. 35. - P. 31-41.

[6]. Attar I., Naili N., Khalifa N., Hazami M., Farhat A. Parametric and numerical study of a solar system for heating a greenhouse equipped with a buried exchanger // Energy Conversion and Management. - 2013. - Vol. 70. - P. 163-173.

[7]. Harjunowibowo D. Experimental investigation of a ground-source heat pump system for greenhouse heating–cooling // International Journal of Low-Carbon Technologies. - 2021. - Vol. 16, No. 4. - P. 1529-1541.