KONSTRUKSION MATERIALLARDAN FOYDALANIB, ISSIQLIK AKKUMULYATOR QURILMASINI ISHLAB CHIQISH HAMDA ULARNING TERMIK BARQARORLIGINI TAKOMILLASHTIRISH

Qushimov Baxtiyor Alishovich
Belarus-O'zbekiston qo'shma tarmoqlararo amaliy texnik kvalifikatsiyalar instituti, "Materialshunoslik va zamonaviy innovatsion texnologiyalar" kafedrasi professori, t.f.d
Pardayev Turamurod Urol o'g'li
Toshkent kimyo-texnologiya ingstituti Yangier filiali, Yangier
E-mail: turamurodpardayev@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada konstruksion materiallardan foydalanib issiqlik energiyasini yig'ish, saqlash va zarur vaqtda qayta uzatishga mo'ljallangan issiqlik akkumulyator qurilmasini ishlab chiqish hamda uning termik barqarorligini takomillashtirish masalasi ko'rib chiqilgan. Tadqiqotning ilmiy-metodik asosi sifatida issiqlik akkumulyatorli quritish qurilmasi bo'yicha natijalar olindi. Mazkur natijalar konstruksion materiallar asosidagi alohida issiqlik akkumulyatori konstruksiyasiga moslashtirilib, po'lat korpus, bazalt tolali izolyatsiya, mis quvurli issiqlik almashinish g'altagi va mineral-kompozit akkumulyator materialidan tashkil topgan silindrsimon qurilma uchun hisoblar bajarildi. Hisobiy natijada foydali hajm 0,491 m³, akkumulyator materialining massasi 884 kg, 20–120 °C oralig'ida nazariy issiqlik zaxirasi 79,56 MJ (22,10 kWh) deb aniqlandi. Termik barqarorlikni oshirish uchun bazalt izolyatsiyasini uzluksiz joylashtirish, yuqori haroratga chidamli mineral-kompozit materialdan foydalanish va termik kengayish uchun konstruktiv kompensatsiya bo'shliqlarini hisobga olish taklif etildi.

Kalit so'zlar: issiqlik akkumulyatori, konstruksion materiallar, mineral kompozit, bazalt tolasi, issiqlik izolyatsiyasi, mis g'altak, issiqlik sig'imi, issiqlik almashinuvi, termik barqarorlik, termik sikllash, issiqlik yo'qotilishi.

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы разработки теплоаккумулирующего устройства на основе конструкционных материалов, предназначенного для накопления, хранения и последующей передачи тепловой энергии в необходимый момент времени, а также повышения его термической устойчивости. В качестве научно-методической основы исследования использованы результаты, полученные при изучении сушильной установки с тепловым аккумулятором. Полученные результаты были адаптированы к конструкции отдельного теплового аккумулятора на основе конструкционных материалов, и выполнены расчёты цилиндрического устройства, состоящего из стального корпуса, теплоизоляции из базальтового волокна, медного трубчатого теплообменного змеевика и минерально-композитного

ISSN 3030-3907

теплоаккумулирующего материала. По результатам расчётов полезный объём устройства составил 0,491 м³, масса теплоаккумулирующего материала — 884 кг, а теоретический запас тепловой энергии в диапазоне температур 20–120 °C — 79,56 МДж (22,10 кВт·ч). Для повышения термической устойчивости предложено обеспечить непрерывное размещение базальтовой теплоизоляции, использовать термостойкий минерально-композитный материал, а также предусмотреть конструктивные компенсационные зазоры для учёта теплового расширения.

Ключевые слова: тепловой аккумулятор, конструкционные материалы, минеральный композит, базальтовое волокно, теплоизоляция, медный змеевик, теплоёмкость, теплообмен, термическая устойчивость, термическое циклирование, тепловые потери.

Abstract. This article considers the development of a thermal energy storage device based on construction materials, designed to collect, store, and transfer thermal energy when required, as well as methods for improving its thermal stability. The scientific and methodological basis of the study was the results obtained from a drying unit equipped with a thermal energy storage system. These results were adapted to the design of a separate thermal storage unit based on construction materials. Calculations were performed for a cylindrical device consisting of a steel корпус, basalt fiber insulation, a copper-tube heat-exchange coil, and a mineral-composite thermal storage material. According to the calculation results, the useful volume of the device was determined to be 0.491 m³, the mass of the thermal storage material was 884 kg, and the theoretical thermal energy storage capacity within the temperature range of 20–120 °C was 79.56 MJ (22.10 kWh). To improve thermal stability, continuous placement of basalt insulation, the use of a high-temperature-resistant mineral-composite material, and the incorporation of structural compensation gaps to accommodate thermal expansion are proposed.

Keywords: thermal energy storage, construction materials, mineral composite, basalt fiber, thermal insulation, copper coil, heat capacity, heat transfer, thermal stability, thermal cycling, heat loss.

KIRISH.

Energiya resurslaridan samarali foydalanish sharoitida issiqlikni ma’lum vaqt davomida to‘plash va keyinchalik talab etilgan vaqtda qayta uzatish imkonini beruvchi issiqlik akkumulyatorlarining ahamiyati ortib bormoqda. Ayniqsa, issiqlik ishlab chiqarish va iste’mol qilish vaqtining mos kelmasligi, texnologik

ISSN 3030-3907

jarayonlarda haroratning barqaror saqlanishi va energiya yo‘qotishlarini kamaytirish masalalari bunday qurilmalarni takomillashtirishni talab qiladi.

Yuqoridagi avtoreferatda o‘simlik urug‘lari, meva va sabzavotlarni quritish uchun issiqlik akkumulyatori qurilmasini ishlab chiqish, uning parametrlarini asoslash, issiqlik-massa almashinuvi jarayonlarini matematik modellashtirish va energiya tejamkor texnologik yechimlarni ishlab chiqish masalalari tadqiq etilgan. Quritish qurilmasining issiqlik akkumulyatori, predmeti sifatida esa quritishning issiqlik-energetik xususiyatlari, issiqlik-massa almashinuvi qonuniyatlari va qurilmaning konstruktiv-parametrik ko‘rsatkichlari olingan [1].

Mazkur tadqiqotda asoslangan issiqlik akkumulyatori g‘oyasi konstruksion materiallar nuqtayi nazaridan rivojlantirilib, qurilmaning korpusi, izolyatsiyasi, issiqlik almashinish elementi va akkumulyator muhitining funksional uyg‘unligi ko‘rib chiqiladi. Bunda asosiy e’tibor materiallarning issiqlik sig‘imi bilan bir qatorda ularning takroriy qizdirish-sovitish jarayonlaridagi barqarorligiga qaratiladi.

Tadqiqot maqsadi — konstruksion materiallardan foydalanib issiqlik akkumulyator qurilmasining namunaviy konstruksiyasini ishlab chiqish, uning asosiy issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash va termik barqarorligini takomillashtirish bo‘yicha konstruktiv yechimlarni asoslash.

1. Issiqlik akkumulyatori konstruksiyasining asosiy elementlarini tanlash;
2. Akkumulyatorning geometrik va foydali hajmini aniqlash;
3. Akkumulyator materialining massasini hisoblash;
4. 20–120 °C ishchi harorat oralig‘ida nazariy issiqlik zaxirasini aniqlash;
5. Issiqlik almashinish yuzasi va quvur uzunligini hisoblash;
6. Issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirishga qaratilgan izolyatsiya yechimini asoslash;
7. Takroriy qizdirish-sovitish sharoitida termik barqarorlikni baholash mezonlarini ishlab chiqish.

Tadqiqotning konstruktiv obyekti sifatida vertikal silindrsimon issiqlik akkumulyatori qabul qilindi. Qurilmaning asosiy elementlari po‘lat korpus, bazalt tolali issiqlik izolyatsiyasi, mis quvurli issiqlik almashinish g‘altagi va issiqlikni yig‘uvchi mineral-kompozit materialdan tashkil topadi. Bunday kombinatsiya mexanik mustahkamlik, issiqlikni saqlash va ekspluatatsion barqarorlikni birgalikda ta’minlashga qaratilgan.

Tadqiqotda qo‘llangan analitik va nazariy tadqiqotlar, matematik modellashtirish, matematik statistika, tajribaviy tadqiqotlar, tahliliy solishtirish va grafik-analitik usullar asosiy metodik yo‘nalish sifatida qabul qilindi [1]. Konstruksion materiallar bo‘yicha esa hisobiy baholashda zichlik, solishtirma

ISSN 3030-3907

issiqlik sig‘imi, haroratlar farqi, izolyatsiya qalinligi va issiqlik almashinish yuzasi kabi parametrlar ishlatildi.

QURILMANING KONSTRUKTIV SXEMASI.

Qurilma konstruksiyasida tashqi po‘lat korpus mexanik tayanch vazifasini bajaradi. Korpus ichki qismidagi bazalt tolali izolyatsiya issiqlikning tashqi muhitga chiqishini kamaytiradi. Mis quvurdan tayyorlangan g‘altak issiqlikni akkumulyator materialiga uzatish va undan qayta olish uchun xizmat qiladi. Akkumulyator qismi sifatida yuqori issiqlik sig‘imiga ega mineral-kompozit material qabul qilingan. Material va korpus o‘rtasida termik kengayish uchun kompensatsion bo‘shliq qoldirish konstruktiv barqarorlikni oshiradi.

1-jadval

Qurilma elementi	Tavsiya etilgan material	Asosiy vazifasi
Tashqi korpus	Uglerodli po‘lat	Mexanik himoya va tayanch
Issiqlik izolyatsiyasi	Bazalt tolasi	Issiqlik yo‘qotilishini kamaytirish
Issiqlik almashinish g‘altagi	Mis quvur	Issiqlikni uzatish va qayta olish
Akkumulyator muhiti	Mineral-kompozit material	Issiqlik energiyasini to‘plash va saqlash
Ichki tayanch/ekran	Zanglamaydigan po‘lat	Materialni ushlab turish va oqimni taqsimlash

Hisoblashlarda ichki diametr D = 0,70 m, balandlik H = 1,50 m, to‘ldirish koeffitsiyenti φ = 0,85, akkumulyator materialining o‘rtacha zichligi ρ = 1800 kg/m³, solishtirma issiqlik sig‘imi c = 0,90 kJ/(kg·K), ishchi haroratlar 20 va 120 °C deb qabul qilindi.

Silindrsimon ishchi hajm:

$$V = \pi D^2 H / 4 \qquad (1.1)$$

$$V = 3{,}14 \cdot 0{,}70^2 \cdot 1{,}50 / 4 = 0{,}577\ m^3 \qquad (1.2)$$

To‘ldirish koeffitsiyenti hisobga olingan foydali hajm:

$$V_a = \varphi V = 0{,}85 \cdot 0{,}577 = 0{,}491\ m^3 \qquad (1.3)$$

Akkumulyator materialining massasi:

$$m = \rho V_a = 1800 \cdot 0{,}491 = 883{,}8 \approx 884\ kg \qquad (1.4)$$

Sezgir issiqlikni saqlash uchun nazariy energiya zaxirasi:

$$Q = mc\Delta T \qquad (1.5)$$

$$Q = 884 \cdot 0{,}90 \cdot 100 = 79\,560\ kJ = 79{,}56\ MJ \qquad (1.6)$$

$$Q = 79\,560 / 3600 = 22{,}10\ kW{\cdot}h \qquad (1.7)$$

ISSN 3030-3907

Mazkur qiymat issiqlik yo‘qotishlari va issiqlik almashinish jarayonining to‘liq bo‘lmasligi hisobga olinmagan nazariy zaxiradir. Shu sababli amaliy foydali energiya bundan kichik bo‘lishi mumkin.

10 kW issiqlik uzatish quvvati, umumiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti K = 300 W/(m²·K) va o‘rtacha logarifmik haroratlar farqi ΔT_{lm} = 20 K deb olinganda zarur issiqlik almashinish yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \dot{Q} / (K\Delta T_{lm}) \qquad (1.8)$$

$$F = 10\,000 / (300 \cdot 20) = 1{,}67\ m^2$$

Tashqi diametri d = 25 mm bo‘lgan mis quvur uchun zarur uzunlik:

$$L = F / (\pi d) \qquad (1.9)$$

$$L = 1{,}67 / (3{,}14 \cdot 0{,}025) \approx 21{,}3\ m$$

Hisob natijasi 10 kW issiqlik uzatish rejimida taxminan 21,3 m uzunlikdagi 25 mm diametrli mis quvur zarurligini ko‘rsatadi. Real konstruksiyada bu qiymat oqim tezligi, haqiqiy issiqlik uzatish koeffitsiyenti va g‘altakning joylashuvi bo‘yicha tajribaviy sinovlar bilan aniqlashtiriladi.

Issiqlik akkumulyatorining uzoq muddatli ishlashida materialning faqat boshlang‘ich issiqlik sig‘imi emas, balki takroriy qizdirish-sovitishdan keyingi holati ham muhim. Haroratning qayta-qayta o‘zgarishi konstruksion elementlarda termik kengayish va ichki kuchlanishlarni yuzaga keltirishi mumkin. Shu sababli konstruksiya materiallarining o‘zaro termik mosligi asosiy talab sifatida qaraladi.

Termik barqarorlikni oshirish uchun uchta asosiy yechim taklif etiladi: birinchidan, akkumulyator materiali va korpus o‘rtasida uzluksiz bazalt tolali izolyatsiya qatlamini qo‘llash; ikkinchidan, yuqori haroratga chidamli mineral-kompozit akkumulyator materialidan foydalanish; uchinchidan, termik kengayishni kompensatsiyalash uchun konstruktiv bo‘shliqlarni hisobga olish. Ushbu yechimlar qizdirish-sovitish paytida materialda kuchlanishlarning ortiqcha yig‘ilishini kamaytirishga xizmat qiladi.

Termik sikllashni baholash uchun 20 °C dan 120 °C gacha qizdirish, 120 °C da ushlab turish va 20 °C gacha sovitish siklini takrorlash taklif etiladi. Har 100 sikldan keyin tashqi ko‘rinish, yoriqlar, massa, issiqlik sig‘imi va issiqlik o‘tkazuvchanligining o‘zgarishi nazorat qilinadi. Muhim jihat shundaki, quyidagi sikllash jadvali loyiha-hisobiy baholash namunasi bo‘lib, eksperimental natija sifatida talqin qilinmasligi kerak.

2-jadval

Sikl soni	Nisbiy issiqlik sig‘imi	Kuzatuv	Baholash
0	100 %	Yoriq yo‘q	Boshlang‘ich holat

ISSN 3030-3907

100	≈99,7 %	Sezilarli o‘zgarish yo‘q	Barqaror
300	≈99,3 %	Mayda deformatsiya kuzatilishi mumkin	Barqaror
500	≈98,8 %	Yoriqlar bo‘lmasa ishlash davom etadi	Qoniqarli
1000	≈97,8 %	Material holati qayta tekshiriladi	Qoniqarli

TADQIQOTDAGI TAJRIBA NATIJALARINING MAQOLA MAVZUSI BILAN BOG‘LANISHI.

Tadqiqotdagi asosiy tajriba natijalari issiqlik akkumulyatori konstruksiyasining energiya samaradorligi nuqtayi nazaridan muhim asos bo‘lib xizmat qiladi. Tajribalar natijasida mahsulot namligi 60–70 % dan 8–12 % gacha kamaygani, vibratsion-ekssentrik mexanizm qo‘llanganda quritish sikli 20–30 % ga qisqargani va energiya sarfi 13–15 % ga kamaygani ko‘rsatilgan. Yangi qurilma an’anaviy quritish tizimlariga nisbatan 18–25 % gacha energiya tejamkor deb baholangan [1].

Mazkur ko‘rsatkichlar bevosita ushbu maqoladagi mineral-kompozit konstruksiyaning termik sikllash natijalari sifatida emas, balki issiqlik akkumulyatorli quritish tizimining amaliy samaradorligi sifatida keltirilmoqda. Konstruksion materiallar asosidagi yangi qurilma uchun esa uzoq muddatli termik sikllash tajribalarini alohida o‘tkazish talab etiladi.

3-jadval

Ko‘rsatkich	Avtoreferatdagi natija	Maqola uchun ahamiyati
Boshlang‘ich namlik	60–70 %	Quritish jarayonining boshlang‘ich sharti
Yakuniy namlik	8–12 %	Quritish samaradorligi ko‘rsatkichi
Quritish sikli	20–30 % qisqargan	Issiqlik akkumulyatsiyasi va vibratsiyaning samarasi
Energiya sarfi	13–15 % kamaygan	Energiya tejash imkoniyati
Umumiy energiya samaradorligi	18–25 % yuqori	Qurilmaning amaliy samaradorligi
Bir sikldagi xomashyo	5–40 kg	Qurilmaning ishlash diapazoni
Quruq mahsulot	2–20 kg	Ishlab chiqarish natijasi
Sikl davomiyligi	0,2–3 soat	Texnologik ish rejimi

MUHOKAMA.

ISSN 3030-3907

Hisoblash natijalari konstruksion materiallarning funksional taqsimoti issiqlik akkumulyatorining samaradorligini oshirishda muhimligini ko‘rsatadi. Po‘lat korpus mexanik mustahkamlikni, bazalt tolali izolyatsiya issiqlikni saqlashni, mis g‘altak issiqlik uzatishni, mineral-kompozit material esa issiqlik zaxirasini shakllantirishni ta’minlaydi. Bunday ko‘p komponentli konstruksiya materiallarning har biridan o‘ziga xos funksional xususiyatiga ko‘ra foydalanish imkonini beradi.

Hisobiy 79,56 MJ issiqlik zaxirasi 20–120 °C oralig‘idagi sezgir issiqlik saqlashga tegishli. Ushbu ko‘rsatkichni amaliy qurilma samaradorligiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri tenglashtirish mumkin emas, chunki real tizimda issiqlik yo‘qotishlari, quvur orqali issiqlik uzatishning to‘liq bo‘lmasligi, korpus va tayanchlardagi issiqlik ko‘priklari mavjud bo‘ladi. Shuning uchun konstruksiyaning termik barqarorligini oshirish bilan birga izolyatsiya qatlamining uzluksizligi ham muhim.

Tadqiqotda issiqlik akkumulyatori bilan bog‘liq matematik modellar va hisoblash algoritmlari ishlab chiqilgani, statsionar va nostatsionar rejimlar o‘rganilgani hamda texnologik parametrlarni optimallashtirish imkoniyati yaratilgani qayd etilgan [1]. Bu yondashuv konstruksion materiallarning termik barqarorligini baholashda ham asos bo‘la oladi: harorat maydoni, issiqlik oqimi, materialning termik kengayishi va vaqt bo‘yicha issiqlik zaxirasining kamayishi birgalikda tahlil qilinishi lozim.

ILMIY YANGILIK VA AMALIY AHAMIYAT.

1. Maqolada asoslangan issiqlik akkumulyatori g‘oyasi konstruksion materiallarning funksional kombinatsiyasi bilan bog‘langan holda yangi namunaviy konstruksiya shaklida ifodalandi.

2. Po‘lat korpus, bazalt tolali izolyatsiya, mis quvurli issiqlik almashinish g‘altagi va mineral-kompozit akkumulyator materiali uchun asosiy geometrik va issiqlik-texnik parametrlar hisoblandi.

3. Termik barqarorlikni oshirish uchun uzluksiz izolyatsiya, yuqori haroratga chidamli mineral-kompozit material va termik kengayishni kompensatsiyalashga asoslangan konstruktiv yechim taklif etildi.

4. Maqolada olinadigan energiya tejamkorlik natijalari yangi konstruksiyaning amaliy qo‘llanish yo‘nalishini asoslash uchun metodik baza sifatida foydalanildi.

XULOSA.

1. Konstruksion materiallardan foydalanib vertikal silindrsimon issiqlik akkumulyatorining namunaviy konstruksiyasi ishlab chiqildi. Qurilma po‘lat korpus, bazalt tolali izolyatsiya, mis quvurli issiqlik almashinish g‘altagi va mineral-kompozit akkumulyator materialidan tashkil topadi.

ISSN 3030-3907

2. Hisoblash natijalariga ko‘ra, qurilmaning geometrik hajmi 0,577 m³, foydali akkumulyator hajmi 0,491 m³ va akkumulyator materialining massasi taxminan 884 kg ni tashkil etdi.

3. 20–120 °C harorat oralig‘ida nazariy saqlanadigan issiqlik miqdori 79,56 MJ yoki 22,10 kWh ga teng bo‘ldi.

4. 10 kW issiqlik uzatish quvvati uchun 1,67 m² issiqlik almashinish yuzasi va 25 mm diametrli mis quvur uchun taxminan 21,3 m uzunlik hisoblandi.

5. Termik barqarorlikni oshirish uchun bazalt izolyatsiyasini uzluksiz joylashtirish, yuqori haroratga chidamli mineral-kompozit materiallardan foydalanish va termik kengayish uchun konstruktiv kompensatsiya bo‘shliqlarini ko‘zda tutish taklif etildi.

6. Tadqiqotda keltirilgan tajriba natijalari issiqlik akkumulyatorli quritish tizimida namlikni 60–70 % dan 8–12 % gacha kamaytirish, quritish siklini 20–30 % qisqartirish va energiya sarfini 13–15 % kamaytirish imkonini ko‘rsatadi. Bu natijalar konstruktiv materiallar asosidagi issiqlik akkumulyatori uchun energiya samaradorligi yo‘nalishini asoslaydi.

7. Kelgusidagi tadqiqotlarda 20–120 °C oralig‘ida ko‘p martalik termik sikllashni real namunalar bilan bajarish, massa, issiqlik sig‘imi, issiqlik o‘tkazuvchanligi va strukturaviy holatning o‘zgarishini miqdoriy baholash maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mamadaliyev X.J. O‘simliklar urug‘larini, meva-sabzavotlarni quritishda issiqlik akkumulyatori qurilmasini ishlab chiqish va parametrlarini asoslash: texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati. Toshkent, 2026. UDK 621.01.839, 631.563.2.

2. Qushimov B.A., Karimov K.A., Mamadaliev Kh.J. Formulation and development of energy-saving technology for drying seeds of desert fodder plants // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. Article 032056. DOI: 10.1088/1755-1315/937/3/032056.

3. Qushimov B.A., Mamadaliyev X.J. Qishloq xo‘jaligi hamda meva-sabzavot mahsulotlarini quritish uchun energiya tejamkor qurilma va texnologiya // Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences. 2021. №9. B. 869–879.

4. Qushimov B.A., Karimov K.A., Akhmedov A.Kh., Mamadaliev Kh.J. Theoretical preconditions for the development of mathematical models of the technology of desert plant drying // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 462. Article 02201. DOI: 10.1051/e3sconf/202346202201.

ISSN 3030-3907

5. Кушимов Б.А., Мамадалиев Х.Ж., Пулатов Ш.Й., Ахмедов У.М., Кадыров О.Т. Результаты экспериментальных исследований сушки семян кормовых пустынных растений // Интернаука. 2020. №36 (165). С. 45–48.

ISSN 3030-3907