# DEVELOPMENT OF SCIENCE

ISNN 3030-3907

2026 AUGUST

ISSUE - 8
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

D E V O S

РАЗВИТИЕ НАУКИ

ILM-FAN TARAQQIYOTI

# Development of science

## Scientific journal
## Ilmiy jurnal
## Научный журнал

AUGUST 2026
Issue - 8, VOLUME - 1

ISSN 3030 -3907

*The scientific journal **«Development of Science»** was registered by the State on April 15, 2024 with certificate number №256445.*

***«Ilm fan tarqqiyoti»** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro'yxatidan o'tgan.*

*Научный журнал **«Развитие науки»** был зарегистрирован государством 15 апреля 2024 года под номером свидетельства № 256445.*

*The proceedings will be provided to the authors in electronic form (PDF format). The authors bear full responsibility for the content of the articles included in the proceedings, the accuracy and reliability of the statistical data and regulatory documents cited therein, as well as for any opinions and judgments expressed in their articles. Articles that do not meet the established requirements will not be included in the proceedings. The Organizing Committee reserves the right to shorten the text of an article, make minor editorial corrections, and assign submissions to the appropriate sections.*

*To'plam elektron ko'rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To'plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma'lumotlar va me'yoriy hujjatlarning to'g'riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o'zlari mas'ul hisoblanadilar.Talablarga javob bermaydigan maqolalar to'plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo'mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.*

*Сборник предоставляется авторам в электронном виде (в формате PDF). Авторы несут полную ответственность за содержание статей, включённых в сборник, достоверность приведённых в них статистических данных и нормативных документов, а также за изложенные мнения и суждения. Статьи, не соответствующие установленным требованиям, в сборник не включаются. Организационный комитет оставляет за собой право сокращать текст статьи, вносить отдельные редакционные исправления и распределять материалы по соответствующим секциям.*

**EDITOR-IN-CHIEF:**
*Temirov Alisher Hashim oglu - Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor.*
**CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:**
*Fozilov Sadriddin Fayzullayevich - Doctor of Technical Sciences, Professor*
**MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:**

**Faheem Uddin**
*Professor,Iqra university, Pakistan*
**Siddikova Sadokat Gafforovna**
*DSc, Rector of Bukhara State Technical University, Uzbekistan*
**Dr. Amit Rawal**
*Professor, Department of Textile and Fibre Engineering Indian Institute of Technology Delhi, India*
**Alexander Vitalievich Dudan**
*Associate Professor, Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus*
**Bozorov Gayrat Rashidovich**
*Professor Bukhara State Technical University, Uzbekistan*
**Vladimir Mikhailovich Kapustin**
*Professor,Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University),Russian Federation*
**Shaoliang Chen**
*Ph. D., Engineer,Cement Science and New Building Materials Research Institute, China*
**Tukhtayeva Zebo Sharifovna**
*Bukhara State Technical University, Professor.*
**Kodirov Abduakhad Abdurakhimovich**
*Karshi State University, Professor*
**Turemuratov Sharibay Naurizbaevich**
*General Scientific Secretary of the Karakalpakstan Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Professor*
**Tursunov Kakhor Shonazarovich**
*Karshi State University, Professor*
**Sharipov Muzaffar Samandarovich**
*Bukhara State University, Professor.*
**Alikulov Rustam Valiyevich**
*Termez State University, Professor*
**Makhmudov Mukhtar Jamolovich**
*Bukhara State Technical University, Professor.*
**Oral Kurganbekovich Beyseynbayev**
*Professor,M. Auezov South Kazakhstan University,Republic of Kazakhstan*
**Tropov Khamza Tursunovich**
*Samarkand State University, Professor*
**Nizamov Aslitdin Badreddinovich**
*Bukhara State Technical University, Professor.*
**Saidakhmedova Nodira Ilkhomovna**
*Tashkent State University of Economics, Professor*

**ORGANIZATIONAL STRUCTURE:**

**Safarov J.A.**-*editor*
**Panoyev N.Sh.** -*editor*
**Buranov N.G.** -*assistant editor*
**Shodiyev D.X.**- *layout editor*
**Izzatov D.X.** - *layout editor*
**Urinov J.B.** - *layout editor*
**Temirov A.T.** - *graphic designer*
**Temirov I.G.** – *layout designer*

*Changes to the composition of the Editorial Board, including the appointment of new members or the removal of existing members, shall be made by the Editor-in-Chief.*

www.devos.uz


ISSN 3030-3907

# YASSI VA VAKUUM QUYOSH KOLLEKTORLARI ASOSIDA TRANSFORMATOR MOYINI TOZALOVCHI MOBIL MINI PROTOTIP QURILMANI MODELLASHTIRISH

**Qo‘chqorov Akmaljon Axmadaliyevich**
*Farg‘ona davlat texnika universiteti, Energatika muhandisligi fakulteti dotsenti*
**Sarsenbaev Dauletbay Baktibaevich**
*O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi huzuridagi Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy ilmiy-tadqiqot instituti tayanch doktoranti*

**Annotatsiya.** Maqolada transformator moyini quyosh issiqligi yordamida qizdirish, ketma-ket mexanik, magnit va adsorbent filtrlardan o‘tkazish hamda vakuum ostida namlik va erigan gazlarni kamaytirishga mo‘ljallangan mobil mini prototip qurilma modeli taklif etilgan. Yassi va vakuum kollektorli variantlar bir xil boshlang‘ich sharoitlarda qiyoslandi. 1 litr moyni 25 °C dan 80 °C va 100 °C gacha qizdirish uchun nazariy energiya sarfi, kollektorlarning real foydali quvvati, qizdirish davomiyligi va sirkulyatsion nasos energiya sarfi hisoblandi. Model natijalariga ko‘ra, vakuum kollektorli variant 80 °C rejimida qizdirish vaqtini 39,2 minutdan 31,3 minutgacha, nasos sarfini esa 0,0327 kWh dan 0,0261 kWh gacha kamaytiradi. Natijalar vakuum kollektorli yechimning yuqori haroratli kichik hajmli moyni qayta ishlash jarayonlari uchun istiqbolli ekanini ko‘rsatadi. Biroq yakuniy samaradorlikni baholash uchun tajribaviy harorat, namlik va dielektrik mustahkamlik ko‘rsatkichlari bilan validatsiya talab etiladi.

**Kalit so‘zlar:** transformator moyi, quyosh kollektori, vakuum kollektor, yassi kollektor, moyni tozalash, vakuum degazatsiya, mobil prototip, energiya samaradorligi.

**Abstract.** A mobile mini-prototype for transformer-oil treatment is proposed by integrating solar thermal heating, mechanical, magnetic and adsorbent filtration, and vacuum dehydration. Flat-plate and evacuated-tube collector configurations were compared under identical boundary conditions. The theoretical heat demand for heating 1 L of oil from 25 °C to 80 °C and 100 °C, useful collector output, heating time and circulation-pump electricity consumption were calculated. The model predicts that the evacuated-tube option reduces the heating time at 80 °C from 39.2 min to 31.3 min and pump electricity from 0.0327 kWh to 0.0261 kWh. Experimental validation through temperature, moisture and dielectric-breakdown measurements remains necessary.

**Keywords:** transformer oil, solar thermal collector, evacuated tube, flat plate, oil purification, vacuum dehydration, mobile prototype.

**Аннотация.** В статье предложена модель мобильной мини-прототипной установки, предназначенной для нагрева трансформаторного масла с

использованием солнечной тепловой энергии, его последовательной очистки через механический, магнитный и адсорбционный фильтры, а также снижения содержания влаги и растворённых газов в условиях вакуума. Проведено сравнительное исследование вариантов с плоским и вакуумным солнечными коллекторами при одинаковых исходных условиях. Рассчитаны теоретические затраты энергии на нагрев 1 литра масла от 25 °C до 80 °C и 100 °C, определены реальная полезная мощность коллекторов, продолжительность процесса нагрева и энергопотребление циркуляционного насоса. Согласно результатам моделирования, применение вакуумного коллектора позволяет сократить время нагрева в режиме 80 °C с 39,2 до 31,3 минуты, а энергопотребление насоса — с 0,0327 до 0,0261 кВт·ч. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования вакуумного солнечного коллектора для процессов обработки небольших объёмов трансформаторного масла при повышенных температурах. Однако для окончательной оценки эффективности требуется экспериментальная валидация с использованием показателей температуры, влажности и диэлектрической прочности масла.
**Ключевые слова:** трансформаторное масло, солнечный коллектор, вакуумный коллектор, плоский коллектор, очистка масла, вакуумная дегазация, мобильный прототип, энергоэффективность.

## 1. KIRISH.

Kuch transformatorlarida mineral moy bir vaqtning o‘zida elektr izolyatsiyasi va issiqlik tashuvchi muhit vazifasini bajaradi. Ekspluatatsiya davomida moy tarkibida namlik, mexanik zarrachalar, oksidlanish mahsulotlari va erigan gazlarning ortishi uning dielektrik xossalari hamda issiqlik uzatish qobiliyatini yomonlashtiradi. Shu sababli moyni filtrlash, qizdirish, vakuum ostida quritish va degazatsiya qilish transformatorlarning ishonchli ishlashini ta’minlovchi muhim profilaktik jarayon hisoblanadi.

IEC 60422:2024 ekspluatatsiyadagi mineral izolyatsion moylarni nazorat qilish va xizmat ko‘rsatish bo‘yicha yo‘riqlarni belgilaydi, IEC 60296:2020 esa yangi hamda qayta ishlangan mineral izolyatsion moylarning spetsifikatsiyasi va sinov usullarini qamrab oladi. Moydagi suv miqdorini aniqlash uchun Karl Fischer kulonometrik usuli IEC 60814 talablarida bayon etilgan [1–3].

An’anaviy moy tozalash qurilmalari odatda elektr qizdirgichlar va tarmoq elektr energiyasiga tayanadi. Quyosh issiqlik kollektoridan foydalanish, ayniqsa quyosh radiatsiyasi yuqori hududlarda, moyni dastlabki va ishchi haroratgacha qizdirish uchun tashqi energiya talabini kamaytirishi mumkin. Mobil platforma esa


ISSN 3030-3907

xizmat ko‘rsatish punktidan uzoqdagi transformatorlarga qurilmani olib borish imkonini beradi.

Tadqiqotning maqsadi — yassi va vakuum quyosh kollektorli mobil mini prototipning issiqlik-energetik ko‘rsatkichlarini hisoblash, ularning qizdirish tezligi va yordamchi elektr sarfini qiyoslash hamda tajriba namunasi uchun konstruktiv yechimni asoslash.

## 2. TADQIQOT OBYEKTI VA METODLARI.

Tadqiqot obyekti sifatida 1 litr eskirgan transformator moyini yopiq sirkulyatsiya konturida qizdirish va bosqichma-bosqich tozalashga mo‘ljallangan mobil qurilma qabul qilindi. Qurilma eskirgan moy baki, 50 W quvvatli nasos, yassi yoki vakuum kollektor, mexanik filtr, magnit filtr, adsorbent filtr, vakuum kamera, tozalangan moy baki, fotoelektr panel, MPPT kontroller, akkumulyator va boshqaruv panelidan tashkil topadi.

**1-jadval.**

**Modellashtirish uchun boshlang‘ich parametrlar**

| Ko‘rsatkich | Qiymat |
|---|---|
| Moy hajmi | 1 L |
| Moy zichligi, ρ | 0,89 kg/L |
| Moy massasi, m | 0,89 kg |
| Solishtirma issiqlik sig‘imi, c | 1,9 kJ/(kg·K) |
| Boshlang‘ich harorat, $T_0$ | 25 °C |
| Ishchi haroratlar | 80 va 100 °C |
| Quyosh oqimi, G | 800 W/m² |
| Nasos quvvati | 50 W |

Moyni qizdirish uchun zarur nazariy issiqlik miqdori energiya balansi asosida aniqlandi:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \quad \Delta T = T_2 - T_1$$

Bu yerda Q — issiqlik miqdori, kJ; m — moy massasi, kg; c — moyning solishtirma issiqlik sig‘imi, kJ/(kg·K); ΔT — haroratlar farqi, K. Hisob bo‘yicha 25 °C dan 80 °C gacha $Q_{80}$ = 93,0 kJ = 0,0258 kWh, 25 °C dan 100 °C gacha esa $Q_{100}$ = 126,8 kJ = 0,0352 kWh.

Bak, quvur, filtrlar va atrof-muhitga issiqlik yo‘qotishlarini hisobga olish uchun loyihaviy energiya talabi yassi kollektor uchun mos ravishda 0,040 va 0,055 kWh, vakuum kollektor uchun 0,035 va 0,048 kWh deb qabul qilindi. Ushbu qiymatlar prototipni dastlabki o‘lchamlash uchun qabul qilingan model parametrlaridir; tajribada ular alohida issiqlik balansi orqali aniqlashtiriladi.

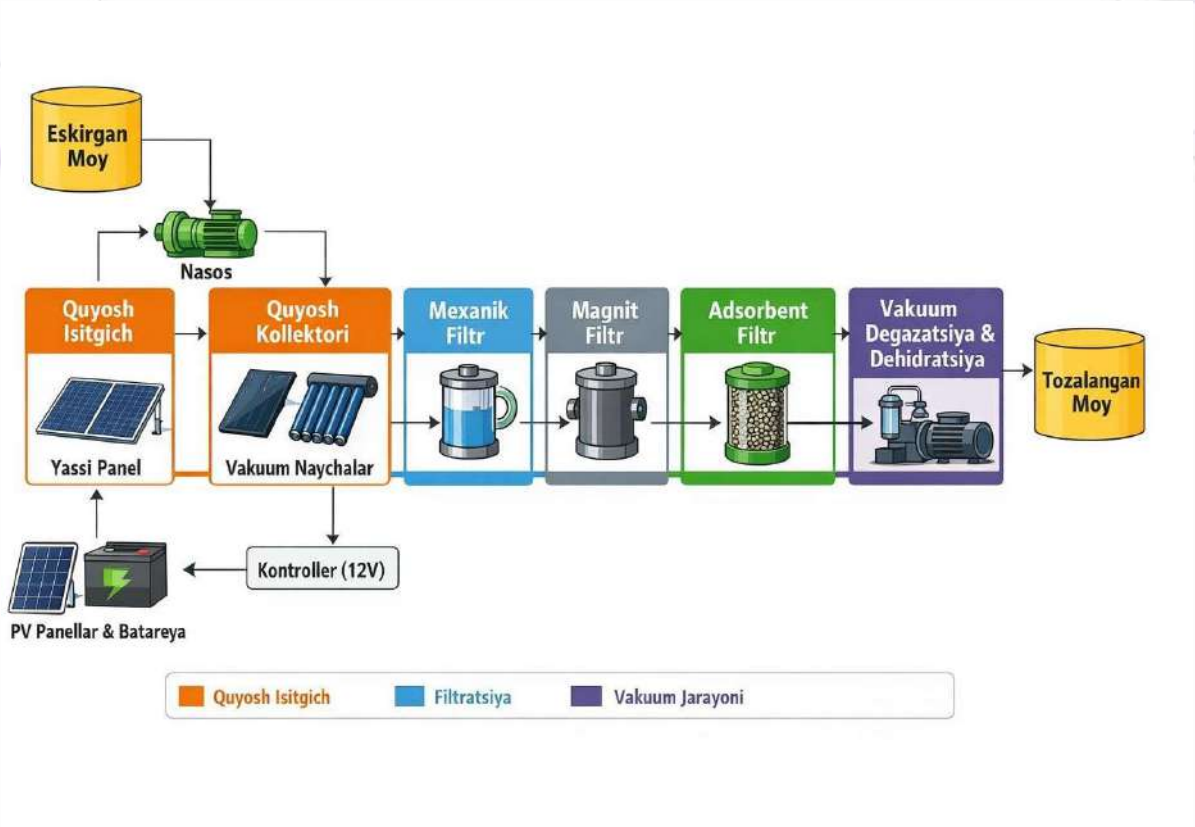
Kollektorning foydali issiqlik quvvati quyidagi ifoda bilan hisoblandi:

$$P_u = G \cdot A \cdot \eta \cdot k_l$$


ISSN 3030-3907

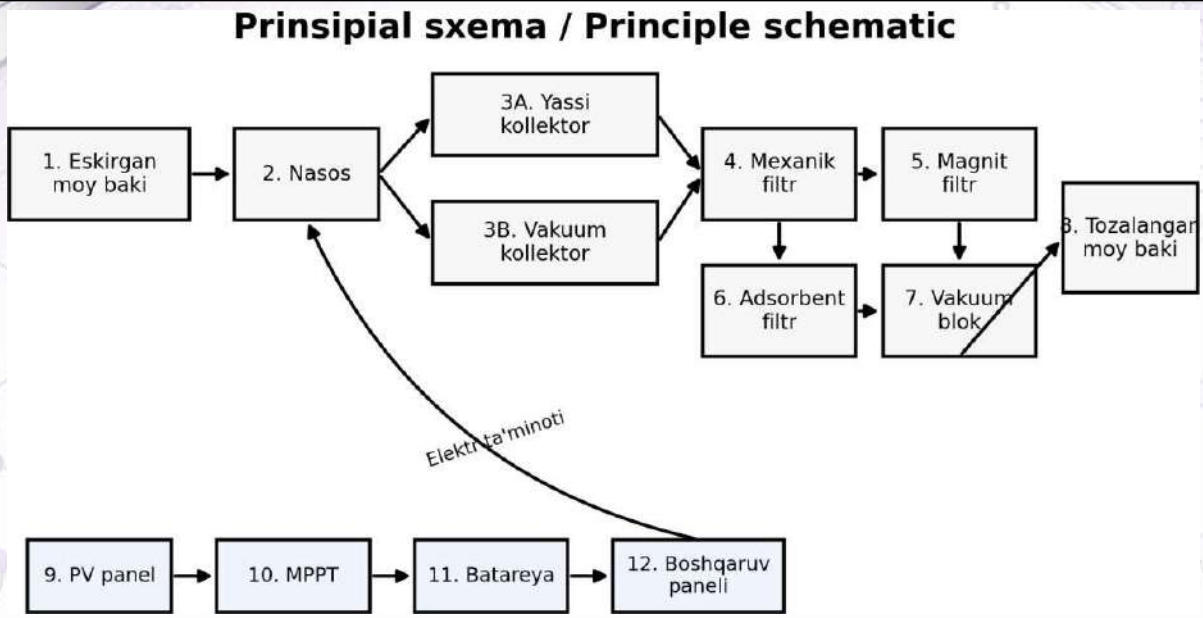
Bu yerda G — kollektor tekisligiga tushuvchi quyosh oqimi, W/m²; A — kollektor yuzasi, m²; η — optik-issiqlik samaradorligi; $k_l$ — tashqi ekspluatatsion yo‘qotishlarni hisobga oluvchi koeffitsient. Yassi kollektor uchun A = 0,20 m², η = 0,45 va $k_l$ = 0,85; vakuum kollektor uchun A = 0,15 m², η = 0,60 va $k_l$ = 0,93 qabul qilindi.

Qizdirish vaqti $t = Q/P_u$, nasos elektr sarfi esa $E_n = P_n \cdot t$ formulalari orqali aniqlandi. Kollektorlar bo‘yicha qiyoslash bir xil quyosh oqimi va boshlang‘ich harorat sharoitida bajarildi.




**1-rasm. Mobil mini prototipning texnologik oqim va energiya ta’minoti tuzilmasi**


ISSN 3030-3907




**2-rasm. Qurilmaning prinsipial sxemasi**

## 3. HISOBLASH NATIJALARI VA TAHLIL.

Hisoblash natijasida yassi kollektorning nazariy quvvati 72 W, ekspluatatsion yo‘qotishlardan keyingi real foydali quvvati 61,2 W bo‘ldi. Vakuum kollektorning nazariy quvvati ham 72 W bo‘lsa-da, issiqlik yo‘qotishlari kamroq qabul qilingani sababli real foydali quvvat 67,0 W ni tashkil etdi.

**2-jadval.**

**Yassi va vakuum kollektorli variantlarning qiyosiy ko‘rsatkichlari**

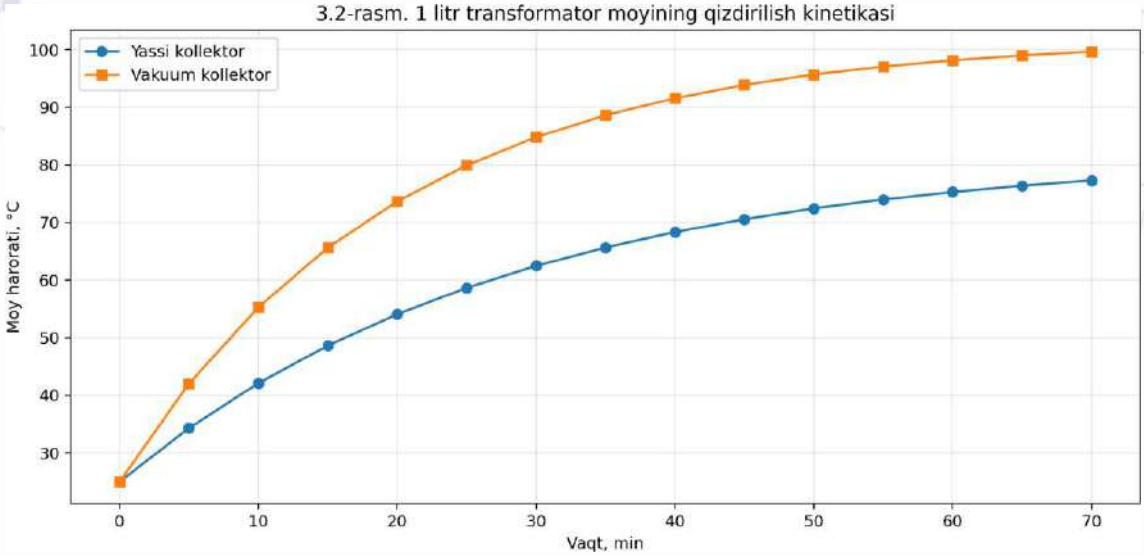
| Ko‘rsatkich | Yassi kollektor | Vakuum kollektor | Farq |
|---|---|---|---|
| Kollektor yuzasi, m² | 0,20 | 0,15 | −25,0 % |
| Qabul qilingan samaradorlik, η | 0,45 | 0,60 | +33,3 % |
| Real foydali quvvat, W | 61,2 | 67,0 | +9,5 % |
| 25→80 °C qizdirish vaqti, min | 39,2 | 31,3 | −20,2 % |
| 25→100 °C qizdirish vaqti, min | 53,9 | 43,0 | −20,2 % |
| 80 °C rejimda nasos sarfi, kWh | 0,0327 | 0,0261 | −20,2 % |
| 100 °C rejimda nasos sarfi, kWh | 0,0450 | 0,0358 | −20,4 % |

Vakuum kollektor yuzasi yassi kollektor yuzasidan 25 % kichik bo‘lishiga qaramay, hisobiy real quvvati 9,5 % yuqori chiqdi. Natijada 80 °C va 100 °C


ISSN 3030-3907

rejimlarida qizdirish davomiyligi qariyb 20,2 % ga qisqardi. Nasos ishlash vaqti qisqarishi yordamchi elektr sarfini ham 20 % atrofida kamaytirdi.

Vakuum kollektorning ustunligi absorber bilan tashqi muhit orasidagi konvektiv issiqlik almashinuvining vakuum qatlami orqali cheklanishi bilan izohlanadi. Adabiyotlarda ham vakuum quvurli kollektorlarning yuqoriroq ishchi haroratlarda va absorber maydoni birligiga nisbatan yassi kollektorlar bilan solishtirganda yuqori issiqlik unumdorligini ko‘rsatishi qayd etilgan [4–6].




**3-rasm. 1 litr moyning hisobiy qizish kinetikasi**

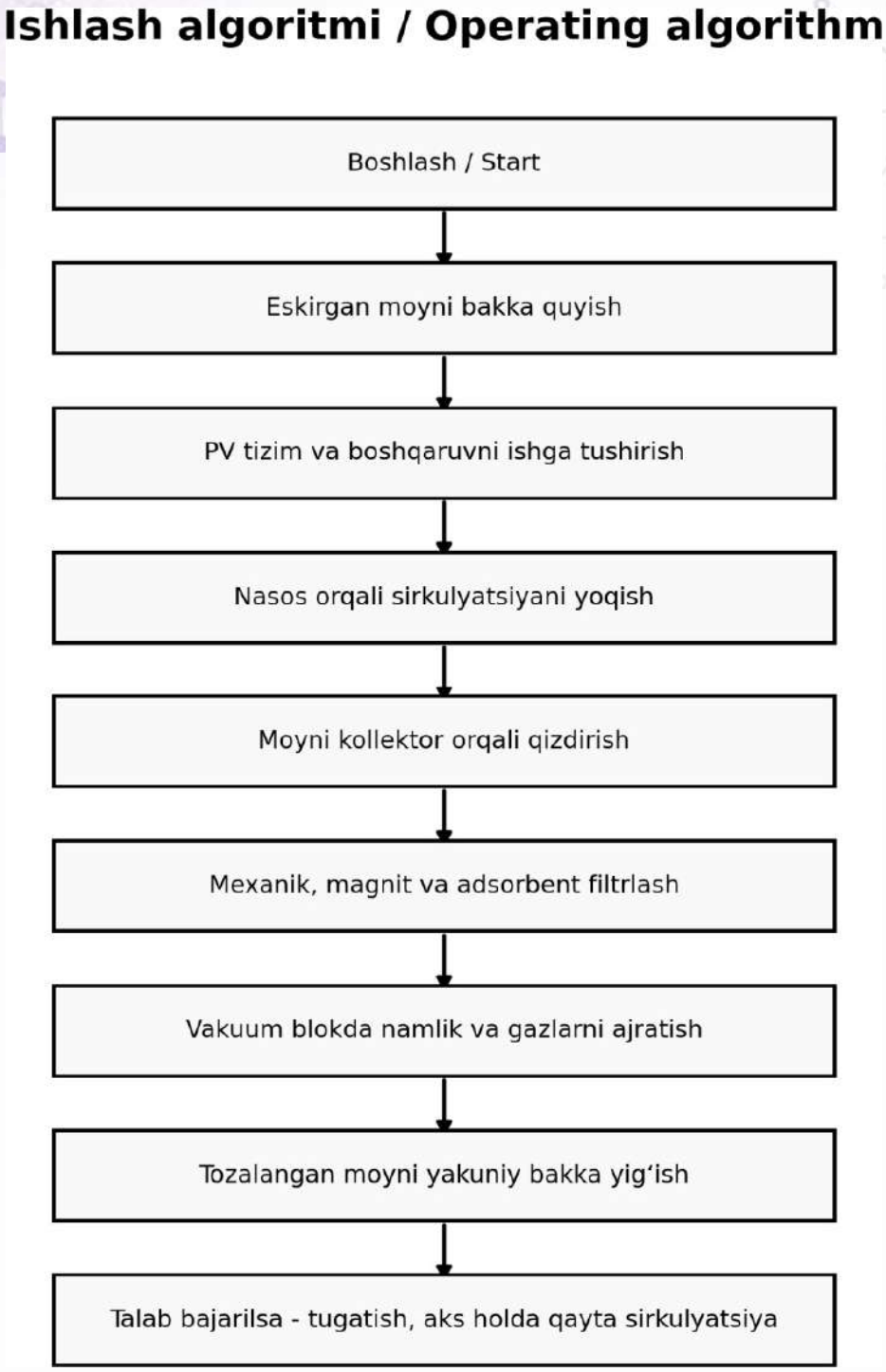
## 4. TOZALASH JARAYONINING TEXNOLOGIK ASOSLARI.

Taklif etilgan qurilmada moyni qayta ishlash bir necha fizik mexanizmning ketma-ket qo‘llanishiga asoslanadi. Mexanik filtr qattiq zarrachalarni ushlaydi, magnit filtr ferromagnit iflosliklarni ajratadi, adsorbent qatlam esa qutbli oksidlanish mahsulotlari va ayrim erigan aralashmalarni kamaytirishga xizmat qiladi. Qizdirilgan moyning vakuum kameraga uzatilishi suvning bug‘ bosimini oshiradi va past bosim sharoitida namlik hamda yengil erigan gazlarning ajralishini tezlashtiradi.

Qizdirish harorati haddan tashqari oshirilmasligi kerak, chunki uzoq muddatli yuqori harorat moyning oksidlanishini jadallashtirishi mumkin. Shu sababli prototipda harorat datchigi, maksimal harorat bo‘yicha himoya, bosim nazorati, oqim nazorati va favqulodda o‘chirish zanjiri ko‘zda tutilishi lozim. Ishchi diapazon moyning real holati, vakuum darajasi va ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga muvofiq tajribada aniqlanadi.

Moy sifatini baholash uchun kamida uchta ko‘rsatkich tavsiya etiladi: suv miqdori, dielektrik teshilish kuchlanishi va kislotalik soni. Qo‘shimcha ravishda dielektrik yo‘qotishlar tangensi, solishtirma qarshilik, rang, zarrachalar miqdori va erigan gazlar tarkibi aniqlanishi mumkin. Har bir tozalash siklidan oldin va keyin olingan namunalar bir xil laboratoriya metodikasi bilan tahlil qilinishi zarur.


ISSN 3030-3907



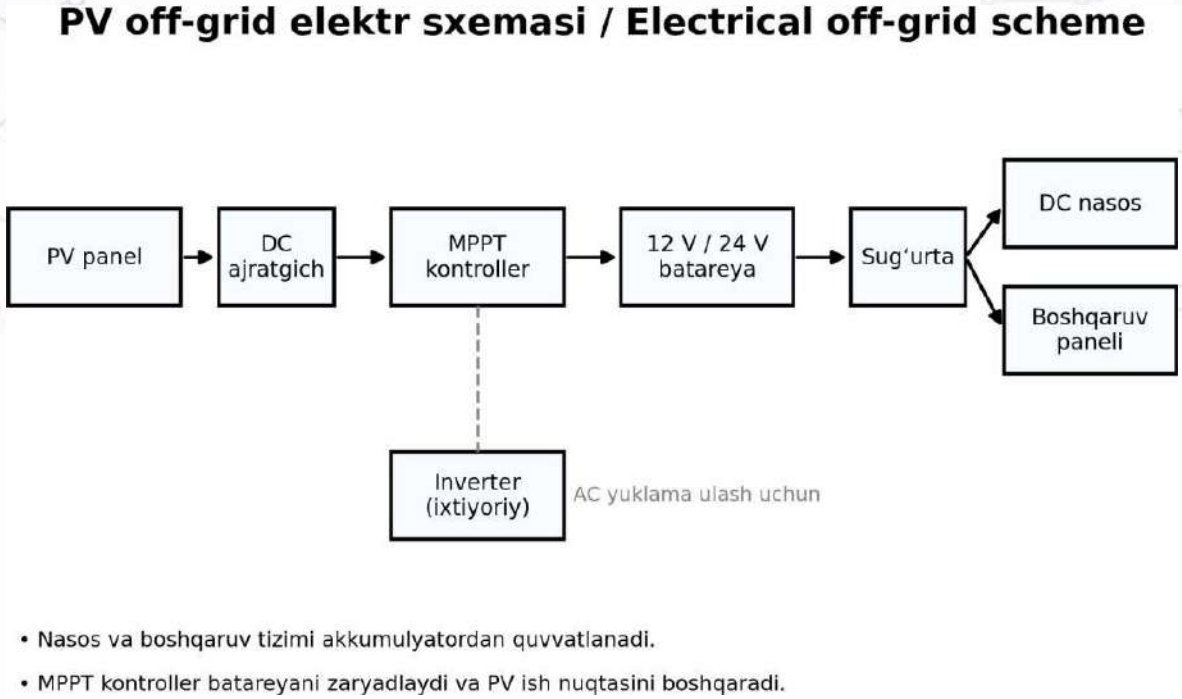

**4-rasm. Mobil prototipning ishlash algoritmi**

## 5. AVTONOM ELEKTR TA’MINOTI VA BOSHQARUV.

Sirkulyatsion nasos, vakuum blok va avtomatika elementlarini elektr bilan ta’minlash uchun PV panel–MPPT kontroller–akkumulyator–DC yuklama arxitekturasi taklif etilgan. Bunday konfiguratsiya qurilmaning elektr tarmog‘idan uzoqda ishlash imkoniyatini oshiradi. Akkumulyator sig‘imi nasos va vakuum blokining eng og‘ir ish sikli, invertor yo‘qotishlari, zaryadsizlanish chuqurligi va quyosh radiatsiyasining sutkalik o‘zgarishi asosida tanlanadi.


ISSN 3030-3907

Mazkur maqoladagi nasos energiya hisobi faqat 50 W sirkulyatsion nasosni qamrab oladi. Vakuum nasosi, klapanlar, boshqaruv paneli va boshqa yordamchi yuklamalar quvvati dastlabki ma’lumotlarda berilmagani sababli umumiy PV tizim quvvati yakuniy hisoblanmagan. Shu sababli keyingi loyihalash bosqichida barcha elektr qabul qilgichlarning quvvat-vaqt balansi tuzilishi shart.




**5-rasm. PV off-grid elektr ta’minoti sxemasi**

## 6. ILMIY YANGILIK VA TAJRIBAVIY VALIDATSIYA DASTURI

Taklif etilayotgan yechimning ilmiy-amaliy yangiligi transformator moyini qizdirish, ko‘p bosqichli filtrlash, vakuumda quritish va avtonom PV ta’minotini bitta mobil platformada birlashtirish hamda yassi va vakuum kollektorlarni bir xil issiqlik yuklamasida qiyoslashdan iborat.

Modelni tekshirish uchun tajriba stendida har 1–2 minutda kollektor kirish-chiqish harorati, moy baki harorati, quyosh oqimi, tashqi havo harorati, oqim sarfi, vakuum bosimi va elektr quvvat qayd etilishi lozim. Nazariy va tajribaviy harorat egri chiziqlari o‘rtasidagi moslik o‘rtacha kvadratik xatolik orqali baholanadi:

$$RMSE = \sqrt{[(1/n) \cdot \Sigma(T_exp,i - T_mod,i)^2]}$$

Dastlabki materialda RMSE ≈ 2–4 °C diapazoni keltirilgan, biroq tajriba nuqtalari mavjud bo‘lmagani uchun bu qiymat hozircha tasdiqlangan natija emas. Maqolada u maqsadli model aniqligi sifatida qabul qilinadi; haqiqiy RMSE tajriba ma’lumotlari olinib, regressiya va qoldiq tahlili bajarilgandan keyin aniqlanishi kerak.

## 7. CHEKLOVLAR.

Hisoblash modeli doimiy 800 W/m² quyosh oqimi, o‘zgarmas kollektor samaradorligi va moy xossalarining haroratga bog‘liq bo‘lmasligi farazlariga asoslangan. Amalda quyosh oqimi, shamol tezligi, kollektorning qiyalik burchagi,


ISSN 3030-3907

changlanish, moy viskozligi va oqim sarfi vaqt bo‘yicha o‘zgaradi. Bundan tashqari, qabul qilingan issiqlik yo‘qotish koeffitsientlari tajriba yo‘li bilan kalibrlanmagan. Shuning uchun natijalar prototipni dastlabki tanlash va variantlarni qiyoslash uchun xizmat qiladi, sanoat samaradorligi bo‘yicha yakuniy xulosa sifatida qaralmasligi lozim.

**8. XULOSA.**

1. 1 litr transformator moyini 25 °C dan 80 °C gacha qizdirish uchun nazariy issiqlik talabi 0,0258 kWh, 100 °C gacha qizdirish uchun 0,0352 kWh ni tashkil etdi.
2. Qabul qilingan parametrlar bo‘yicha yassi kollektorning real foydali quvvati 61,2 W, vakuum kollektorning real foydali quvvati 67,0 W bo‘ldi.
3. Vakuum kollektorli variant qizdirish vaqtini 80 °C rejimida 39,2 minutdan 31,3 minutgacha, 100 °C rejimida 53,9 minutdan 43,0 minutgacha qisqartirdi.
4. Nasos ish vaqti kamayishi sababli uning elektr sarfi qariyb 20 % ga kamaydi.
5. Quyosh issiqligi, ko‘p bosqichli filtrlash, vakuum quritish va PV ta’minotini mobil platformada birlashtirish dala sharoitida moyni qayta tiklash uchun istiqbolli yechimdir.
6. Keyingi bosqichda model natijalari harorat, namlik, dielektrik teshilish kuchlanishi va elektr sarfi bo‘yicha tajribaviy ma’lumotlar bilan tasdiqlanishi zarur.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. IEC 60422:2024. Mineral insulating oils in electrical equipment — Supervision and maintenance guide.
2. IEC 60296:2020. Fluids for electrotechnical applications — Mineral insulating oils for electrical equipment.
3. IEC 60814:1997. Insulating liquids — Oil-impregnated paper and pressboard — Determination of water by automatic coulometric Karl Fischer titration.
4. Greco A., Gundabattini E., Gnanaraj D.S., Masselli C. A Comparative Study on the Performances of Flat Plate and Evacuated Tube Collectors Deployable in Domestic Solar Water Heating Systems in Different Climate Areas. Climate, 2020, 8(6), 78.
5. Olczak P., Matuszewska D., Kryzia D. The Comparison of Solar Energy Gaining Effectiveness between Flat Plate Collectors and Evacuated Tube Collectors with Heat Pipe: Case Study. Energies, 2020, 13(7), 1829.
6. Said S.A.M. et al. An Experimental Comparison of the Performance of Evacuated-Tube Solar Collectors. Sustainability, 2023, 15(6), 5533.
7. Qian Y. et al. Diagnosis and remedial procedure of transformer insulation deterioration using hot-oil circulation and vacuum oil filtering. IEEE, 2018.


ISSN 3030-3907

8. Tiwari R. et al. Hazardous effects of waste transformer oil and its prevention. 2024.
9. Sarsenbaev D.B. Yassi va vakuum quyosh kollektorlari yordamida transformator moyini tozalash tizimining mobil mini prototip qurilmasini modellashtirish va loyihalash. Tadqiqot materiali, Toshkent, 2026.


ISSN 3030-3907