

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2023)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год _____

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://10.48081/BNAS6555>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., профессор

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

***К. С. Олжабаева¹, А. С. Расмухаметова², С. Н. Нахан³,
А. Е. Карманов⁴, А. З. Абжекеева⁵**

^{1,2,3}Ф. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

^{4,5}Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

email: k.olzhabayeva@aes.kz

КҮН ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ КОЛЛЕКТОРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Күн көзінен шығатын энергия қазіргі тұтынушылардың қажеттіліктерін толығымен қанағаттандыра алады - ол баламалы (және арзан) энергия көзі ретінде пайдаланылады және де күн батареялары маңызды рөл атқаратын тұтынушылардың басқа қажеттіліктері де жоққа шығарылмайды. Бірақ бүгінгі күнге келгенде, күн энергиясымен жұмыс істейтін су жылыту жүйелері танымал бола бастады.

Мақала Алматының климаттық жағдайында жылу алу көзі ретінде күн көзі энергиясын пайдалану мүмкіндігіне арналған. Материал күн энергиясының коллекторын қарастырады және оның түрлері мен құрылымдарына сипаттама береді.

Параболоцилиндрлік концентраторы бар және күннің азимутальды қозғалысын автоматты түрде бақылауға арналған сағат жетегі бар күн энергиясы коллекторының сипаттамасы, сондай-ақ «Демитан» күн жылу коллекторының конструкциясы келтірілген. Концентратордың тиімді пайдалы әрекет коэффициенті есептелді, рельефтің 50 с.е. ендігі үшін есептеу нәтижелері бойынша график салынды. Жердің географиялық ендігіне байланысты коллектордың көкжиекке оңтайлы көлбеу бұрышы табылды. Күн энергетикалық коллекторының бетіне сәулеленудің орташа айлық тығыздығын қайта есептеу коэффициенті, мөлдір қабықшалардың мінсіз селективті жабыны жағдайында жылу жоғалту коэффициенті анықталды, коллектордың жылу және электр тиімділігінің аналитикалық көрінісі алынды.

Кілттік сөздер: күн энергиясының коллекторы, күн фотоэлектрлік панельдері, абсорбер, күн энергиясының концентрациясы, параболоцилиндік концентратор.

Кіріспе

Күн қондырғысының негізгі құрылымдық элементі күн энергиясының коллекторы (КЭК) болып табылады, онда күн энергиясы қабылданады және энергияның басқа түрлеріне түрленеді. Егер күн энергиясы коллекторда жылуға айналса, онда мұндай КЭК жылулық деп аталады, егер түрлендіру электр энергиясына болса, онда мұндай КЭК күн фотоэлектрлік панельдері деп аталады, егер күн энергиясының жылу және электр энергиясына айналуы болса, онда мұндай КЭК абсорберлер деп атауға болады.

Материалдар мен әдістер

Коллекторлардың екі негізгі түрі бар – тегіс және фокустау. Фокустау коллекторларда коллектордың абсорберіне түсетін күн энергиясының концентрациясы орын алады.

КЭК тиімділігі оның пайдалы әсер коэффициентімен анықталады η [1]:

$$\eta = \eta_0 - K(T_{\text{ex}} - T_{\text{n}}) / \kappa \gamma I \quad (1)$$

мұнда κ у I=I_к– КЭК бетіне түсетін күн радиациясының тығыздығы, γ – тиімді концентратор коэффициенті, η_0 – коллектордың оптикалық тиімділігі, сіңірілген күн энергиясы ағынының коллектор аймағына берілгенге қатынасына тең I_к, K – жылуды жоғалту коэффициенті, T_{вх}, T_н – коллектордың кірісіндегі салқындатқыш температурасы және сыртқы ауа температурасы, I – бұлтсыз аспанмен берілген аумақта горизонталь беттегі күн радиациясының орташа айлық немесе орташа жылдық тығыздығы, κ - нақты ағын коэффициенті.

Оптикалық КЭК мөлдір оқшауламасының сәуле өткізгіштігі коэффициентімен τ және оның жұту коэффициентінің α_3 көбейтіндісі ретінде анықталады. Тегіс коллектор үшін ол γ жылдың кезеңіне және коллектор бетінің көкжиекке еңкею бұрышына β байланысты [5].

Фотоэлектрлік панельдер үшін электр пайдалы әсер коэффициенті жылу жоғалтуға тәуелсіз және η_3 келесідей анықталады:

$$\eta_3 = \tau \cdot \alpha_3 \cdot I_{\text{к}}, \quad (2)$$

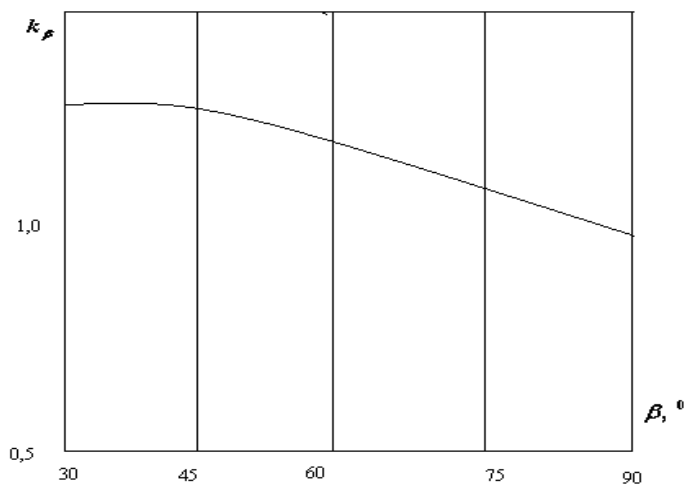
мұнда α_3 – панельдің түріне байланысты күн панелінің электрлік тиімділігі.

Нәтижелер және талқылау

Жұмыста [2] «Демитан» күн жылу коллекторының дизайны келтірілген, ол кіріс және шығыс құбырларымен байланысқан бірдей бөлімдердің қажетті санынан тұрады. Әрбір бөлім қаттылық шеттерімен бірқатар секторларға бөлінген сақина арнасын құрайтын күн сәулесі үшін мөлдір екі коаксиалды цилиндрлік қабықшадан тұрады. Бөлімнің мөлдір корпусы осьтік құбырлы жылу қабылдағышқа (абсорберге) қатысты бекітілген. Жылу қабылдағышқа параболоцилиндрлік концентратор бекітілген, ол жылу жетегі арқылы күнге қарай бұрылады.

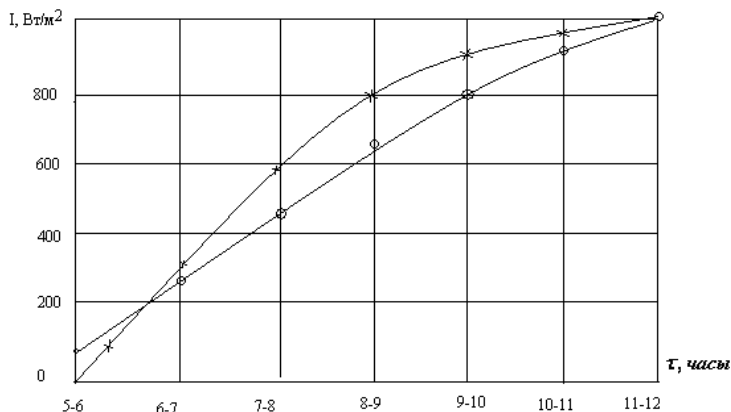
Аталған «Демитан» жылу коллекторының дизайны оны тек жылу ғана емес, сонымен қатар электр энергиясын өндіруге арналған энергия коллекторына айналдыруды жеңілдетеді. Ол үшін концентратордың ішкі беті фотоэлектрлік панель арқылы қамтамасыз етіледі, ал түскен сәуле $\alpha_3 I_K$ электр энергиясына айналады, қалғаны абсорберге әсер етеді. Коллектордың тиімділігін арттыру үшін жылу жетегін концентратордың күндізгі бағытына қатысты концентратордың бір сағаттық айналымы бар таймермен 15-ке ауыстыру және мөлдір қабықтарды селективті пленкамен жабу ұсынылады [9].

Біз концентратордың тиімді ПӘК-ін есептейміз. Ол [1,3] рельефтің географиялық ендігіне, сағаттық бұрышқа және күннің ауытқуына, абсорбер беттің көкжиекке бейімділік бұрышына, көлденең беттегі күн азимутына тәуелді.



Сурет 1 – Көлденең бетінен көлбеу бетке жалпы күн радиациясының

1-суретте көлбеу бұрышына β байланысты көлденең бетінен коллектор бетіне күн энергиясының жиынтық (тікелей + шашыраңқы) ағынын есептеудің орташа жылдық орташа айлық коэффициентінің өзгеруі келтірілген. График жұмыста келтірілген 50 с.е. үшін есептеу нәтижелері бойынша салынған [1].



Сурет 2 – Көлденең бетке жалпы күн радиациясы

Графиктен көріп отырғанымыздай, орташа жылдық қайта есептеу коэффициенті k_{β} максимум $\beta = 39^{\circ}$ болады, бұл оңтайлы қатынас мәніне сәйкес келеді $\beta / \varphi = 0,78$. Бұдан шығатыны, Алматы қаласы үшін орташа жылдық мәні $k_{\beta} = 1,3$ болғандағы көлбеу бетінің көкжиекке еңкеюінің оңтайлы бұрышы $33,8^{\circ}$ -ге тең. Жазғы кезең үшін (16 наурыздан 15 қыркүйекке дейін) ол – 1,2, қысқы кезең үшін (16 қыркүйектен 15 наурызға дейін) – 1,4.

Шілдеде 36 с.е. ендікте бұлтсыз аспан кезінде көлденең бетке жиынтық күн радиациясының орташа айлық тығыздығының тәуліктік өзгеруі 2-суретте келтірілген. График көлденең бет үшін күннің батуы (шығуы) сағаттық бұрыштары ω_3 шегінде жұмыс деректері [4] бойынша салынған

$$\omega_3 = \arccos(-\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta).$$

Графиктен көріп отырғанымыздай, жалпы күн радиациясының тәуліктік өзгеруі берілгендердің қатынасымен жақсы сипатталады

$$I_{\omega} = 0,921 I_0 \cos \omega \quad (3)$$

мұндағы I_0 – түстегі сәулелену тығыздығы, 0,921-эмпирикалық коэффициент, бұл $\cos \omega$ немесе $\cos \alpha$ заң бойынша КЭК ауданының қалыпты сәулеленуінің төмендеуімен байланысты.

Күннің шығуы (батыуы) сағаттық бұрыштары ω_3 шегінде күннің аспанда азимутальды қозғалысын автоматты түрде бақылайтын жүйелер үшін бұлтсыз аспандағы коллектор бетіне күн радиациясының орташа айлық тығыздығы I_a формула бойынша есептелуі керек [7]

$$I_a = \kappa_a \cdot I, \quad (4)$$

мұндағы $\kappa_a = 1,714$.

КЭК-ге түсетін бұлттылықтың нақты жағдайында орташа айлық күн радиациясының тығыздығы формула бойынша есептелуі мүмкін

$$I_k = \kappa \kappa_{\beta} \cdot \kappa_{\alpha} I = 2,228 \kappa I. \quad (5)$$

Мөлдір қабықтарды идеалды селективті жабу жағдайында жылу жоғалту коэффициентін есептейміз. Ішкі қабық пен абсорбер арасындағы кеңістікті цилиндрлік ауа қабаты ретінде қарастыруға болады. Анықтаушы критерий $G_r \cdot P_r = 2,5 \cdot 10^5$ [10]. Демек ауа қабатының жылу өткізгіштігінің эквивалентті коэффициенті $\lambda_{\text{экв}} = 2 \lambda$, мұндағы λ – ауаның жылу өткізгіштік коэффициенті [6]. Содан кейін K_{ℓ} формула бойынша анықталады:

$$K_{\ell} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n \cdot d_3} + \frac{1}{2\lambda_{\text{экв}}} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_3}{d_2}}, \quad (6)$$

мұндағы $\alpha_n = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$ -ге тең қабылданған КЭК-тің сыртқы бетіндегі жылу беру коэффициенті [8], d_1, d_2, d_3 – жылу қабылдағыш пен қабықшалардың диаметрлері. Есептеулер $0,053 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{°С}$ -ге тең «Демитан» энергетикалық коллекторының жылу шығынының сызықтық коэффициентінің мәнін береді. Содан кейін (1) қатынасы келесідей болады

$$\eta = \eta_0 - \frac{11,15 \ell}{\kappa I}, \quad (7)$$

мұндағы ℓ – аудан бірлігіне есептегенде коллектордың секцияларының ұзындығы.

Қорытындылар

Осылайша, күннің азимутальды қозғалысын автоматты түрде бақылайтын параболоцилиндрлік концентраторы бар көкжиекке оңтайлы көлбеу бұрышы бар күн энергиясының коллекторы түсетін Күн радиациясының коллекторының тығыздығын арттырады.

Күн фокустау коллекторы көкжиекке оңтайлы көлбеу бұрышы бар және параболоцилиндрлік концентраторы бар, күннің батуы (шығуы) сағаттық бұрыштары шегінде күннің аспан бойымен азимутальды қозғалысын автоматты түрде бақылайды, коллектор бетіне түсетін күн радиациясының тығыздығын 2,23 есе арттыруға мүмкіндік береді. Сақиналы ауа саңылауы бар және селективті пленкасы бар екі қабатты мөлдір коллекторлық окшаулаудың конструкциясы коллектордың жылу жоғалту коэффициентін едәуір төмендетеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Харченко, Н. В. Индивидуальные солнечные установки [Текст]. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

2 Пак, М. И., Пак, И. М., Ем, Т. М. Солнечный тепловой коллектор «Демитан», Патент KZ № 10952, кл. F24J 2/14, F24J2/54, 2001.

3 СНиП РК 2.04-01-2001 Строительная климатология [Текст]. – Астана, 2002.

4 Справочное пособие к СНиП Строительная климатология [Текст]. – М. : Стройиздат, 1990.

5 Исаченко, В. П., Осипова, В. А., Сукомел А. С. Индивидуальные солнечные установки [Текст]. – М. : Энергоатомиздат, 2015. – С. 126 – 128

6 Павлов, Н. Солнечная энергия – энергия будущего [Текст] // Электроника: наука, технология, бизнес. 2013. № 1(123). – С. 130–137.

7 Умаров, Г. Я., Ершов, А. А. Солнечная энергетика [Текст]. – М. : Знание, 1974. – 64 с.

8 СНиП РК 2.04-03-2002 Строительная теплотехника [Текст]. – Астана, 2002.

9 Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии [Текст] – Новосибирск : Изд-во НГТУ 2014. – 459 с.

10 Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики : учебник [Текст]. – М. : ИНФРА-М, 2007. – 278 с.

REFERENCES

1 **Kharchenko, N. V.** Individualny'e solnechny'e ustanovki [Individual solar installations] [Text] – Moscow.: Energoatomizdat, 1991. – 208 p.

2 **Pak, M. I., Pak, I. M., Em, T. M.** Solnechny'i teplovoi kollektor «Demitan» [Solar thermal collector «Demitan»] [Text] Patent KZ No. 10952, cl. F24J 2/14, F24J2/54, 2001.

3 SNiP RK 2.04-01–2001 Stroitel'na'ya klimatologi'ya [Construction climatology] [Text]. – Astana, 2002.

4 Spravochnoe posobie k SNiP Stroitel'na'ya klimatologi'ya [Reference guide to the SNiP Construction Climatology] [Text]. – Moscow : Sroyizdat, 1990.

5 **Isachenko, V. P., Osipova, V. A., Sukomel, A. S.** Individualny'e solnechny'e ustanovki [Individual solar installations] [Text] – Moscow : Energoatomizdat, 2015 –P. 126–128

6 **Pavlov, N.** Solnechnaya e'nergiya – e'nergiya budushego [Solar energy - the energy of the future] [Text]// In Electronics : science, technology, business.– 2013.–No. 1(123). – P. 130–137

7 **Umarov, G. Ya., Ershov, A. A.** Solnechnaya e'nergetika [Solar power engineering] [Text]. – Moscow : Znanie, 1974. – 64 p.

8 SNiP RK 2.04-03-2002 Stroitel'na'ya teplotekhnika [Construction heat engineering] [Text] – Astana, 2002.

9 **Udalov, S. N.** Vozobnovlyamy'e istochniki e'nergii [Renewable energy sources] [Text]. – Novosibirsk : Publishing House of NSTU 2014. – 459 p.

10 **Bystritsky, G. F.** Osnovy' e'nergetiki: uchebnik [Fundamentals of energy: textbook] [Text]. – Moscow : INFRA-M, 2007. – 278 p.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

**К. С. Олжабаева¹, А. С. Расмухаметова², С. Н. Нахан³,
А. Е. Карманов⁴, А. З. Абжекеева⁵*

^{1,2,3}АУЭС им Г.Даукеева, Республика Казахстан, г. Алматы;

^{4,5}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОЛЛЕКТОРА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Энергия, выделяемая Солнцем, полностью удовлетворяет потребности современных потребителей – она используется в качестве альтернативного (и более дешевого) источника энергии, не исключены и другие потребности потребителей, в которых солнечные батареи играют важную роль. Но в последнее время системы водяного отопления на солнечной энергии становятся все более популярными.

Статья посвящена возможности использования солнечной энергии как источника получения тепла в климатических условиях Алматы. В материале рассматривается солнечный энергетический коллектор и дается характеристика его типам и конструкциям.

Приведено описание солнечного энергетического коллектора с параболоцилиндрическим концентратором и с часовым приводом для автоматического слежения за азимутальным перемещением солнца, а также конструкция солнечного теплового коллектора «Демитан». Был рассчитан эффективный КПД концентратора, построен график по результатам расчета для широты местности 50°с. № Найден оптимальный угол наклона коллектора к горизонту в зависимости от географической широты местности. Определены коэффициент пересчета среднемесячной плотности излучения на поверхность солнечного энергетического коллектора, коэффициент теплопотерь при условии идеального селективного покрытия прозрачных оболочек, получено аналитическое выражение теплового и электрического КПД коллектора.

Ключевые слова: коллектор солнечной энергии, солнечные фотоэлектрические панели, абсорбер, концентрация солнечной энергии, параболоцилиндрический концентратор.

**K. S. Olzhabayeva¹, A. S. Rasmukhametova¹, S. N. Nahan¹,
A. E. Karmanov², A. Z. Abzhekeyeva²*

*^{1,2,3}Almaty university of power engineering and telecommunications named
after G. Daukeev, Republic of Kazakhstan, Almaty;*

^{4,5}Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar:

Material received on 13.03.23

SOLAR ENERGY COLLECTOR EFFICIENCY

The energy released by the Sun fully meets the needs of modern consumers – it is used as an alternative (and cheaper) energy source, and

other consumer needs in which solar panels play an important role are not excluded. But recently, solar-powered water heating systems have become increasingly popular.

The article is devoted to the possibility of using solar energy as a source of heat generation in the climatic conditions of Almaty. The material considers a solar energy collector and characterizes its types and structures.

The description of a solar energy collector with a parabolocylindrical concentrator and a clock drive for automatic tracking of the azimuthal movement of the sun, as well as the design of the solar thermal collector «Demitan» is given. The effective efficiency of the concentrator was calculated, a graph was constructed based on the calculation results for the latitude of the terrain lat 50° . The optimal angle of inclination of the collector to the horizon was found, depending on the geographical latitude of the terrain. The conversion coefficient of the average monthly radiation density on the surface of the solar energy collector, the heat loss coefficient under the condition of an ideal selective coating of transparent shells are determined, an analytical expression of the thermal and electrical efficiency of the collector is obtained.

Keywords: solar energy collector, solar photovoltaic panels, energy collectors, solar energy concentration, parabolocylindric concentrator.

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz