

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

№ 4 (2020)

---

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**

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**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*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *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

<https://doi.org/10.48081/QPSJ5278>

**А. Д. Мехтиев<sup>1</sup>, В. В. Югай<sup>2</sup>, А. Д. Алькина<sup>3</sup>,  
Н. Б. Калиаскаров<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан Республикасы,  
Қарағанды қ.;

<sup>4</sup>М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Университеті,  
Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.,

## **ҚАШЫҚТАҒЫ ТҰТЫНУШЫЛАР ҮШІН ЭНЕРГИЯ КӨЗІ РЕТІНДЕ ТӨМЕНГІ ТЕМПЕРАТУРАЛЫ СЫРТҚЫ ЖЫЛУ БЕРЕТІН ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ПАЙДАЛАНУ**

*Идея болып күн сәулесін электр энергиясына айналдыру үшін сыртқы жылу беретін қозғалтқышты пайдалану табылады, ал күн коллекторы жылу энергиясының көзі болып табылады. Зерттеудің мақсаты төмен температуралы Стирлинг қозғалтқышы негізінде алыстағы тұтынушылар үшін қыздырылған судың төмен потенциалдық жылуын механикалық энергияға түрлендіре алатын, кейіннен өнеркәсіптік жиіліктегі электр тогын тудыра алатын баламалы энергия көзін әзірлеу. Белгілі Стирлинг қозғалтқышының дәстүрлі құрылымнан айырмашылығы болып жұмыс поршенінің көлемінен 20 есе көп болатын ығыстырғыштың едәуір көлемі саналады, ол жылытқыш пен суытқыш арасындағы температуралардың аз ғана айырмашылығында жұмыс істеуге рұқсат етеді. Жылытқыштың жұмыс температурасы 90–100 °С, бұл көрсеткіш танымал Стирлинг қозғалтқышынан 7–9 есе аз. Стирлинг циклі бойынша жұмыс жасайтын сыртқы жылу беретін қозғалтқыштың негізінде күн сәулесін электрлік тоққа түрлендіретін механикалық түрлендіргіш құрастырылған. Мақалада Стирлинг циклі бойынша жұмыс істейтін сыртқы жылууды беретін төменгі температуралы қозғалтқыштың құрылымдық ерекшеліктерінің қысқаша сипаттамасы берілген және кейбір зерттеу мен компьютерлік модельдеу нәтижелері келтірілген. Компьютерлік модельдеудің барлық нәтижелері құрастырылып жатқан қозғалтқыштың жұмысына сай келеді және практикалық тұрғыдан дәлелденген.*

*Кілтті сөздер: Стирлинг қозғалтқышы, жылу энергиясы, баламалы энергия көзі, компьютерлік модельдеу.*

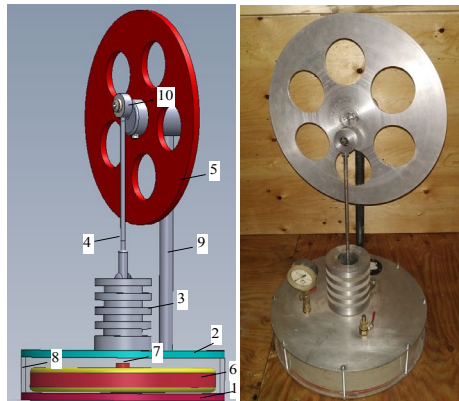
## **Кіріспе**

Стирлинг қозғалтқышы 200 жылдан астам уақыттан бері белгілі, бірақ әлі күнге дейін ғалымдар мен инженерлер оның құрылымын жақсарту үшін жұмыс істеуде. Шетелдік Philips, STM Inc, Daimier Benz, Solo, United Stirling фирмаларының қатысуымен Стирлинг циклі бойынша жұмыс істейтін сыртқы жылу беру қозғалтқыштарының көптеген модификациялары жасалды [1, 2]. Philips компаниясы ерекше жетістіктерге қол жеткізді, ол сыртқы жылу қозғалтқышы негізінде ықшам электр генераторларын шығарды, ол Стирлинг циклі бойынша шамамен 40 % жұмыс істейді, бұл қазіргі заманғы ДЖК үшін әлі қол жетімді емес [3, 4].

## **Зерттеудің мақсаты**

Төменгі температуралы Стирлинг қозғалтқышына негізделген алыс жерлердегі тұтынушылар үшін қыздырылған судың төменгі потенциалдық жылуын механикалық энергияға айналдырып, содан кейін өнеркәсіптік жиіліктегі электр тогын алу болып табылады. Күн радиациясын электр тогына айналдыру үшін Стирлинг қозғалтқышын пайдалану идеясы бұрын қарастырылған [5–8]. Сондай-ақ, Philips және Stirling Energy Systems фирмалары әзірлеген 30 %-дан жоғары ПӘК-і бар параболалық шағылыстырғышпен Стирлинг қозғалтқышына негізделген күн электр станцияларын құрудың оң тәжірибесі бар [8, 9].

Жұмыстың мақсатына жету үшін Стирлинг циклі бойынша жұмыс істейтін сыртқы жылу беретін қозғалтқыш негізінде күн сәулесінің механикалық түрлендіргіші жасалды. Белгілі құрылымдарды [4–7] зерттей отырып, белгілі Стирлинг қозғалтқышының (СК) өзіндік төменгі температуралы СЖБҚ құрылымдық шешімі және оның компьютерлік 3D моделі жасалды (1-сурет). 3D моделі құрылымның негізгі элементтерін құрастыруға және оны жасау үшін сызбалар дайындауға, сонымен қатар компьютерді қолдана отырып жобалауға қажетті кез-келген бөлімдер мен түрлерін орындауға мүмкіндік береді. Белгілі Стирлинг қозғалтқышының [4–7] дәстүрлі құрылымнан айырмашылығы болып, жұмыс поршенінің көлемінен 20 есе көп болатын ығыстырғыштың едәуір көлемі саналады, ол жылытқыш пен суытқыш арасындағы температуралардың аз ғана айырмашылығында жұмыс істеуге рұқсат етеді. Жылытқыштың жұмыс температурасы 90–100 °С, бұл көрсеткіш танымал Стирлинг қозғалтқышынан 7–9 есе аз [1]. Тәжірибелік үлгі «Жылу рекуперациясы бар когенерационды түрдегі микро жылу электрстанциясы» жоба (№ АР05131751) шеңберінде Қарағанды техникалық университетінде дайындалды және сыналды.



Сурет 1 – Төменгі температуралы СЖБҚ

Бұл СЖБҚ төменгі потенциалды жылуды механикалық энергияға айналдыру үшін жасалған, жоғарыда айтылғандай, оның айырмашылығы – сермермен механикалық байланыс үшін өзектің болмауы, бұл құрылымды едәуір жеңілдетеді және ығыстырушы өзектің тығыздағыштарындағы үйкеліс шығынын азайтады [4–7]. Шығару штогының сығылуын болдырмау СЖБҚ тығыздығын арттыруға мүмкіндік береді, жұмыс денесінің қысымының жоғарылауы қуатты едәуір арттырады, ал шток тығыздағыштарын алып тастау тұтастай алғанда СЖБҚ сенімділігі мәселесін ішінара шешеді. Шток тығыздағыштарының зақымдануы жұмыс денесінің ағып кетуіне және СЖБҚ қуатының төмендеуіне әкеледі. Атмосфералық қысымға арналған СЖБҚ жұмысы тиімсіз [4–7] және жылытқыштың диаметрі шамамен 400 мм болған кезде бірнеше ватт болады. Қозғалтқыштың осы түрінің бірлігіне айтарлықтай қуат көрсеткіштеріне 10-нан 20 МПа-ға дейінгі қысым кезінде қол жеткізіледі [4–7], сондай-ақ сутегі мен гелийді жұмыс денесі ретінде пайдалану, бірақ бұл жұмыс денесін СЖБҚ ішкі қуысында ұстауға байланысты бірқатар техникалық мәселелермен бірге жүреді. Сәйкесінше, сплитердің тығыздағыштарын алып тастау бұл мәселені ішінара шешуге мүмкіндік береді [9, 10]. СЖБҚ жылытқыштан (1) және салқындатқыштан (2) тұрады, олар жылу алмастырғыш болып табылатын дуралуминийден жасалған. Салқындатқышта тұрақты магниті бар жұмыс поршеньі қозғалатын жұмыс цилиндрі (3) бар. Жұмыс поршеньі графиттен жасалған, бұл поршеньнің жұмыс цилиндрінің қабырғасына үйкелуіне механикалық шығындарды азайтуға мүмкіндік берді. Поршень жұмыс цилиндрінің ішінде қозғалады және өзек (4) арқылы сермердің (5) айналуына әкеледі. Болашақта массивті сермерді серпімді элементпен ауыстыру және сызықты генераторды

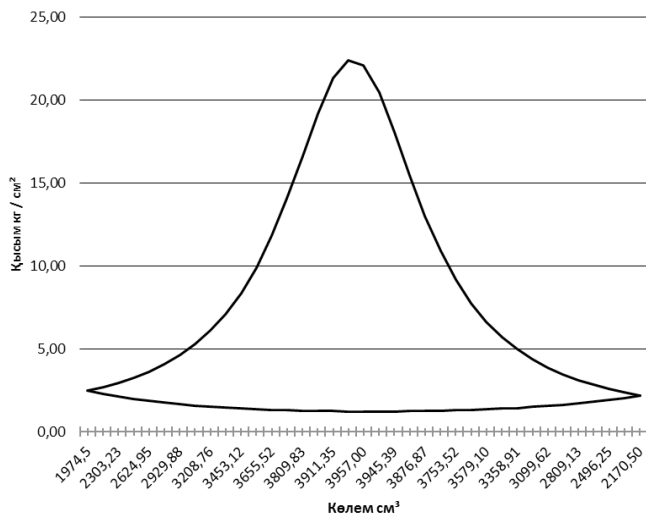
пайдалану идеясы бар, ол құрылымды едәуір жеңілдетеді және 1 кВА-ға дейін қуатта бұл мүмкіндік өте қолайлы болуы мүмкін. Жылытқыш (1) пен салқындатқыш (2) арасында полистирол көбігінен жасалған алмастырғыш (6) бар, неодим магниті (7) жоғарғы жағынан бекітіледі, жоғарыда айтылғандай, екінші магнит поршеньнің төменгі бөлігінде орналасқан.

Жылытқыш пен салқындатқыш шыны пластикті сақинасымен (8) бөлінген, сақинаның материалы жылытқыштың жоғары температурасы салқындатқышқа берілмеуі үшін төмен жылу өткізгіштікке ие болуы керек, бұл кейіннен СЖБҚ жұмысын болдырмау мүмкін. Поршень мен сплитердің жұмысын синхрондау үшін сермер (5) қолданылады, ол тірекпен (9) ұсталады, онда подшипниктері бар күпшек бар. Бекіту элементтері (10) шыбықтың осін бекіту үшін қолданылады.

Поршеньді тығыздау техникалық жағынан әлдеқайда оңай [4–7]. Белгілі СЖБҚ-дан [4–7] айырмашылығы поршеньде және ығыстырғышта орналасқан екі тұрақты магнитті қолдану болып табылады, олар жұмыс поршені цилиндрдің төменгі бөлігіне түскенде тартылады, осылайша ығыстырушы құралы жұмыс поршеніне тартылады. Поршень жұмыс цилиндрінің жоғарғы жағына көтерілгенде, магниттік байланыс үзіліп, ығыстырушы жылытқыштың [4–7] бетіне түседі. Ауа жұмыс денесі ретінде қолданылады. Жылытқыштың жұмыс диапазоны 50–150 °С аралығында, мысалы, геотермалдық сулардан немесе күн коллекторларына қыздырылған судан жұмыс істейді.

### **Зерттеу нысаны**

Төмен температуралы СЖБҚ зертханалық үлгісі (1-сурет), оның негізі – Стирлинг қозғалтқышы толықтай [4–7] сипатталған. Жылытқыштың температурасы 90 °С-тан аспады, ал салқындатқыш 23–25 °С деңгейінде болды. Зертханалық үлгідегі сынақтар жүргізілген үй-жайдағы ауа температурасы 24 °С. Көлемі: 3769 см<sup>3</sup> ығыстырғыш; 196 см<sup>3</sup> жұмыс поршені. Регенератор қолданылмады [4–7], өйткені құрылымдық бөліктері қатты жеңілдетілген. Шыбынның максималды жылдамдығы 500 айн/мин дейін. 30 см<sup>3</sup> шегінде салқындатқыштың пайдасыз көлемі. 90<sup>0</sup> ығыстырғышқа арналған фазалық бұрыштың айырмасы. Ауа жұмыс денесі ретінде пайдаланылды. Іске қосар алдындағы максималды ішкі қысым  $P_0=0,49$  МПа.



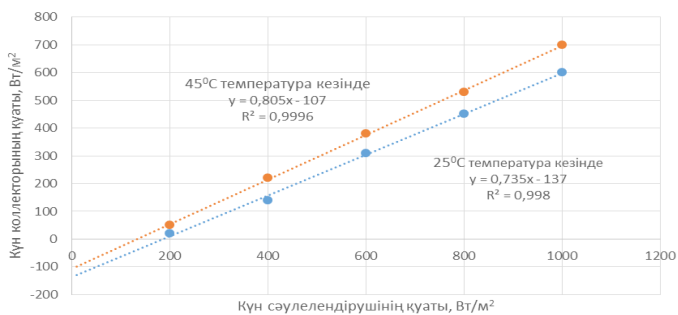
Сурет 2 – PV диаграмма

Көрсетілген параметрлері бар төмен температуралы СЖБҚ компьютерлік модельдеу нәтижелері 2-суретте келтірілген және жұмыс поршеньмен сығымдау кезінде жұмыс денесінің қысымы мен оның көлемінің өзгеруіне тәуелділік графигімен ұсынылған. Идеал жағдайларда СЖБҚ механикалық қуаттың максималды мәніне 200 Вт шегінде жұмыс денесінің максималды қысымы 2,2 МПа-ға жетуі мүмкін. Компьютерлік модельдеудің нәтижелерін қолдана отырып, жұмыс поршені мен ығыстырғыштың әртүрлі көлемімен ұсынылған дизайн қолайлы және классикалық Стирлинг қозғалтқышымен салыстырғанда жылытқыштың температурасында үлкен қуат бере алады деп айтуға болады [4–7], модельдеу нәтижесін талдағанда, жұмыс поршенінің көлемімен салыстырғанда ығыстырғыштың көлемін 40 есеге дейін арттыру СЖБҚ қуатын 1,6 есеге арттыратынын көрсетті.

Алынған PV диаграммасын талдай отырып және оны алдыңғы авторлардың [4–7] – де келтірілген белгілі зерттеу нәтижелерімен салыстыра отырып, ұсынылған DVPT дизайнында 20 %-ға дейін тиімділік болады деп айтуға болады, себебі оның интегралды ауданы Стирлинг циклінің PV диаграммасының идеалды ауданынан аз болады, сондай-ақ, нақты тиімділік жұмыс денесінің қысымының мөлшеріне, жылытқыш пен салқындатқыштың температурасының айырмашылығына және поршеньдік тығыздағыштардағы үйкеліс жоғалуына байланысты болады. Күн радиациясын электр тогына айналдыратын баламалы энергия көзі үшін ПӘК-і 10–20 % жеткілікті.

## Зерттеу әдістері мен нәтижесі

Зерттеудің мақсаты төмен температуралы Стирлинг қозғалтқышы негізінде алыстағы тұтынушылар үшін қыздырылған судың төмен потенциалдық жылуын механикалық энергияға айналдыруға қабілетті баламалы энергия көзін әзірлеу болып табылатындықтан, СЖБҚ құрастыруда осы саладағы [8–10] елеулі әлемдік тәжірибе ескерілді, бірақ бағытталған айналар жүйесі бар күн концентраторын пайдаланудан бас тартуға тура келді, өйткені оның бірқатар кемшіліктері бар және ең алдымен оның айтарлықтай құны, сондай-ақ айналмалы бақылау жүйесінің қажеттілігі және тағы басқалар, бұл күн электр станциясын жаппай тұтынушы үшін, әсіресе ауылдық жерлерде қол жетімсіз болады. Сыртқы жылу берілетін қозғалтқыш негізіндегі күн сәулесін электр тогына механикалық түрлендіргіш конструкциясы бойынша қарапайым, пайдалануға сенімді және шетелдік аналогтармен салыстырғанда құны төмен болуы тиіс. Жылу көзі ретінде вакуумдық коллектор қолданылады, ол бағытталған айналар жүйесі бар концентраторға қарағанда құрылымы әлдеқайда жеңіл және айналмалы бақылау жүйесін қажет етпейді, сонымен қатар құны едәуір төмен. Күн сәулесінің механикалық түрлендіргіші негізіндегі автономды электр станциясы күн сәулесімен күндіз ғана емес, кешке және түнде де электр энергиясын өндіре алады. Ол үшін ыстық су қорын қалыптастыру үшін термоаккумуляторды, оқшауланған конденсаторын пайдалану қажет. Сонын арқасында 150–200 литр сыйымдылығы бар бір немесе екі тұрмыстық электр су жылытқышын қолдануға болады, бұл кішігірім ауылдық үй үшін жеткілікті. Бұл жүйе тұрғын үй-жайларды ыстық сумен және жылумен қамтамасыз ете алады. Жылыту жүйесі аралас болуы мүмкін, мысалы, қатты отын немесе газ қазандығы мен күн коллекторы жұпта жұмыс істеген кезде. Сонымен қатар, күн коллекторы қосымша жылу көзі болып табылады және отынды үнемдеу үшін қажет, өйткені қыста күн энергиясы жеткіліксіз болады.



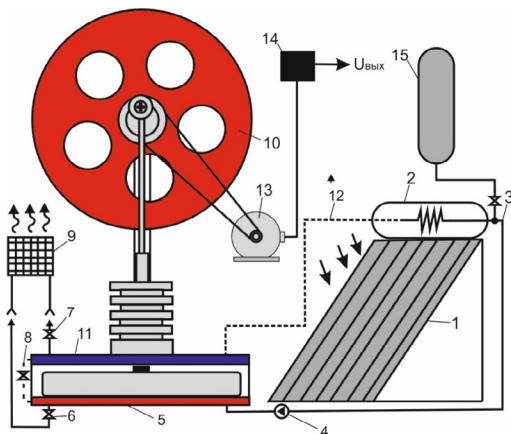
Сурет 3 – Күн сәулесінің әртүрлі қуатында, ауа температурасы 25 және 45 °C кезінде күн коллекторы дамытатын қуаттың тәуелділігі



ҚарТУ-да күн модульдері мен коллекторлардың Орталық Қазақстанда орналасқан, шұғыл континенталды қоңыржай климаты бар Қарағанды қаласының климаттық жағдайларына бейімделу деңгейі мен техникалық параметрлерін зерттеу бойынша алаң ұйымдастырылды, географиялық жағдайы:  $49^{\circ}48'$  с. е.  $73^{\circ}07'$  ш. б. Күн күнінің ұзақтығы жылына шамамен 2300 сағатты құрайды, ал Күн энергиясының сәулеленуі орташа есеппен жылына  $1200 \text{ кВт/м}^2$ , ал орташа қуаты  $120 \text{ Вт/м}^2$  құрайды. 15 вакуумдық түтіктерден тұратын, мыс жылу түтіктері бар (конденсатор диаметрі 14 мм), сіңіретін ауданы  $2,35 \text{ м}^2$  болатын күн коллекторына жүргізілген зерттеулер. Оның жұмысының ПӘК-і 70–80 % аралығында, күн белсенділігіне, ауа температурасына және жыл мезгіліне байланысты, сонымен қатар жоғары тиімділікті мәлімдейтін кейбір өндірушілерде айырмашылықтар бар. Зерттеу нәтижелері 3-суретте келтірілген, олар қазіргі заманғы күн коллекторлары орташа көрсеткіш кезінде күн сәулесінің қуаты  $1000 \text{ Вт/м}^2$ ,  $700 \text{ Вт/м}^2$ -ден астам күн коллекторының жылу қуатын өндіруге қабілетті екенін көрсетті, сәйкесінше егер СЖБҚ-да ПӘК 20 % тең болса, онда синхронды генератордың электр қуатын  $0,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  сағ шегінде алуға болады.

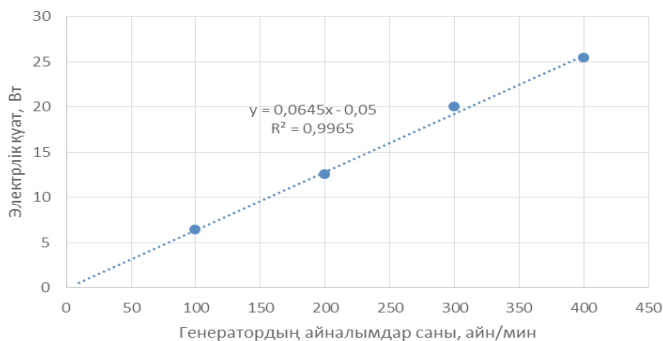
Сұраныс коэффициенті мен тұрмыстық электр аспаптарының шамалы қуатын ескере отырып, белгілі бір дәрежеде ауыл тұтынушысының болмашы қажеттіліктерін қамтамасыз етуге болады.

Барлық өндірілген энергия сыйымдылығы 100–300 а·сағ болатын автомобиль аккумуляторларынан тұратын жинақтағыш буферінде жинақталуы мүмкін, ал қыста қозғалтқышты тиімді іске қоса алмайтын дизельді жүк автомобильдерінің жарамсыз бастапқы батареяларын пайдалануға болады [8–10].



Сурет 4 – Төмен температуралы СЖБҚ негізінде қашықтағы тұтынушылар үшін баламалы энергия көзі

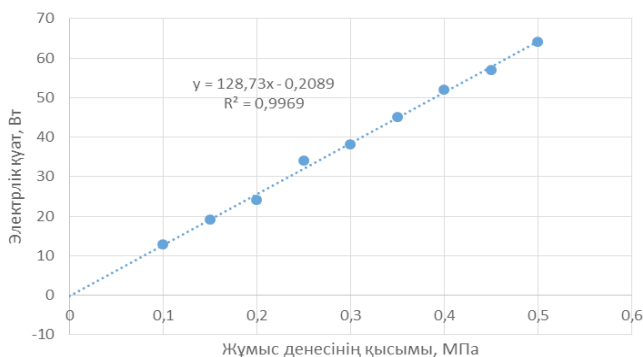
СЖБҚ электр генераторының жетегі ретінде, автономды тұтынушыларды энергиямен қамтамасыз ету үшін пайдаланылуы мүмкін. Құрастырылған СЖБҚ төмен потенциалды ыстық су энергиясын механикалық, содан кейін электр энергиясына айналдыра алады. Төменгі температуралы СЖБҚ негізінде алыс қашықтықта орналасқан тұтынушылар үшін баламалы энергия көзінің оңайлатылған құрылымдық схемасы 4-суретте көрсетілген. Жылу энергиясының көзі ретінде күн коллекторы (1) қолданылады жылу беретін құбыр (2) арқылы қыздырылған қатып қалмайтын жұмыс сұйықтығы жылытқыштың жылу алмастырғышына (4) түседі, онда ол төмен температуралы механикалық түрлендіргіш (3) немесе СЖБҚ жұмыс денесіне жылу береді. Жұмыс денесі кеңейіп, поршеньді жұмыс цилиндрінде қозғалуға мәжбүр етеді, иінді механизм арқылы аудармалы қозғалыс сермердің айналмалы қозғалысына айналады. СЖБҚ-ның барлық құрылымдық бөліктері төменде толық қарастырылған. Жұмыс сұйықтығы салқындату жүйесінің (5) жылу алмастырғышына түседі, ол жерден ыстық сумен жабдықтау және жылыту үшін жылу энергиясын алуға болады, салқындату жүйесінің тиімділігі электр энергиясын өндіру циклінің жалпы тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Салқындату жұмыс сұйықтығы салқындатқыштың (6) жылу алмастырғышына түседі, онда ол жұмыс денесін салқындатады. Әрі қарай, оны қыздыру үшін кері құбыр (7) арқылы күн коллекторының кірісіне түседі. Синхронды генератордың (9) роторын айналдыру үшін үйкеліс механикалық байланысы (10) бар. Сұйықтық айналымы сорғымен (8) қамтамасыз етіледі. Өндірілген электр энергиясы айнымалы және тұрақты ток тұтынушылары (11) қосыла алатын тарату құрылғысына түседі. Токтың түрі бойынша бөлу тұрақты ток кернеуі 12 В және айнымалы ток 220 В болатын гибриді электрмен жабдықтау жүйесін құруға мүмкіндік береді. Көрсеткілер  $Q_{\text{қос}}$  жылу аккумуляторы мен  $U_{\text{шығ}}$  электр жүктемесінің қосылу орындарын көрсетеді.



Сурет 5 – Генератордың өндірілетін қуатының ең аз қысымы 0,1 МПа болатын оның айналу санына тәуелділігінің графигі

Сондай-ақ, тұрақты ток электр генераторының шығыс қуатын өлшеу жүргізілді, 5 және 6-суретте генератор шығаратын қуаттың оның айналу санына және цилиндрдегі жұмыс денесінің қысымына тәуелділігінің графиктері келтірілген. Қыздырғыштың температурасы жоғарылаған кезде және салқындатқыштың температурасы төмендеген кезде генератор шығаратын қуаттың жоғарылауының тәуелділігін атап өтуге болады, сәйкесінше СЖБҚ жақсы салқындатуды және салқындату жүйесінде жылуды алуды қамтамасыз ету қажет. Есептеулер көрсеткендей, СЖБҚ үшін ішкі жану қозғалтқышымен бірдей қуатта салқындату радиаторы ауданы бойынша 4–5 есе үлкен болуы керек, өйткені жылытқыш пен салқындатқыш арасындағы температура айырмашылығы ПӘК-ке айтарлықтай әсер етеді. Өндірілген электр энергиясының бір ватт үшін СЖБҚ 5 ватт жылу бере алады.

СЖБҚ ПӘК-і [8–10] көрсетілген бірнеше маңызды параметрлерге байланысты, біз жылытқыш пен тоңазытқыштың температурасына сәйкес тиімділікті есептедік, бірақ оның жұмыс денесінің қысымына тәуелділігі байқалады. Жұмыс денесі ретінде ауа пайдаланылады, ол ең тиімсіз жұмыс денесі болып саналады [4–7]. СЖБҚ ПӘК-ін арттыру үшін одан әрі жұмыста гелий немесе қаныққан су буымен ауа қоспасын қолдану қажет, бұл құрғақ қаныққан будың келесі есептік көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді,  $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  кезінде жұмыс денесінің бастапқы қысымы  $P=0,5\text{ МПа}$  болады, сәйкесінше СЖБҚ қуаты бірнеше есе артады.



Сурет 6 – Генератордың өндірілетін қуатының жұмыс денесінің қысымына тәуелділік графигі

### Қорытынды

Күн радиациясын электр энергиясына айналдыру үшін сыртқы жылу беру қозғалтқышын болашақта пайдалану тиімділігі жоғары.

Ауаны жұмыс денесі ретінде пайдалану негізсіз, өйткені оны пайдалану кезінде өндірілген қуаттың бірлігіне арналған СЖБҚ мөлшері ішкі жану қозғалтқыштарына қарағанда үлкен болады.

Төменгі температуралы СЖБҚ үшін міндетті шарт-бұл ығыстырғыш пен жұмыс поршенінің көлеміндегі айырмашылық, жылытқыштың температурасы үшін 90 °С ішінде ығыстырғыш көлемі бойынша 20-дан 40 есе көп болуы керек.

ПӘК жылытқыш пен салқындатқыш пен жұмыс денесінің қысымы арасындағы температура айырмашылығына әсер етеді.

### Пайдаланған деректер тізімі

- 1 [Электронный ресурс]. – [www.Energysafe.ru](http://www.Energysafe.ru).
- 2 [Электронный ресурс]. – <http://chisty-gorod.ru>.
- 3 [Электронный ресурс]. – <http://www.kazenergy.com>.
- 4 [Электронный ресурс]. – <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
- 5 **Ридер, Г.** Двигатели Стирлинга (пер. с англ./Г.Т.Ридер, Ч.Хупер) – М.; Мир, 1986. – С. 464.
- 6 **Жаукешов, А. М.** К выбору компонентов солнечной электростанции с двигателем Стирлинга // Вестник КазНУ. Серия физическая. – Алматы : КазНУ, 2014. Т. 51. № 4. – С. 85–89.
- 7 **Langlois, Justin L. R.** Dynamic computer model of a Stirling space nuclear power system // dent Scholar project report no. 345. – Annapolis : US Naval Academy, 2006. – P. 348.
- 8 **Юрченко, А. В., Мехтиев, А. Д., Алькина, А. Д.** Пути повышения эффективности солнечных электростанций // Монография, Караганда: КарГТУ, 2017. – С. 181.
- 9 **Мехтиев, А. Д., Югай, В. В., Алькина, А. Д.** Многотопливные микротепловые электростанции для автономных систем энергосбережения // Монография, Караганда: КарГТУ, 2019. – С. 159.
- 10 **Wang, K., Sun, D., Zhang, J., et al.** An acoustically matched traveling-wave thermoacoustic generator achieving 750 W electric power // Energy. 2016, N103. – P. 313–321.

### References

- 1 [Electronic resource]. – [www.Energysafe.ru](http://www.Energysafe.ru).
- 2 [Electronic resource]. – <http://chisty-gorod.ru>.
- 3 [Electronic resource]. – <http://www.kazenergy.com>.
- 4 [Electronic resource]. – <https://ru.wikipedia.org/wiki>.

5 **Rider, G.** Dvigateli Stirlinga (per. s angl./G.T.Rider, Ch.Khuper). [Stirling Engines (translated from English / G. T. Reeder, C. Hooper)] – М.; Mir, 1986. – 464 p.

6 **Zhaukeshov, A. M.** K vyboru komponentov solnechnoy elektrostantsii s dvigatelem Stirlinga [To the selection of components for a solar power plant with a Stirling engine] // Vestnik KazNU. Physical series. – Almaty : KazNU, 2014. T. 51. №4. – P. 85–89.

7 **Langlois, Justin L. R.** Dynamic computer model of a Stirling space nuclear power system // dent Scholar project report no. 345.–Annapolis: US Naval Academy, 2006. – 348 p.

8 **Yurchenko, A. V., Mekhtiev, A. D. Al'kina, A. D.** Puti povysheniya effektivnosti solnechnykh elektrostantsiy [Ways to improve the efficiency of solar power plants] // Monograph, Karaganda: KarGTU, 2017. – 181 p.

9 **Mekhtiev, A. D., Yugay, V. V, Al'kina, A. D.** Mnogotoplivnye mikroteplovye elektrostantsii dlya avtonomnykh sistem energosberezheniya [Multi-fuel micro-thermal power plants for autonomous energy saving systems] // Monograph, Karaganda: KarGTU,, 2019. – 159 p.

10 **Wang, K., Sun, D., Zhang, J., et al.** An acoustically matched traveling-wave thermoacoustic generator achieving 750 W electric power // Energy. 2016, N103. – P. 313–321.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

*A. D. Mehtiev<sup>1</sup>, V. V. Yugay<sup>2</sup>, A. D. Al'kina<sup>3</sup>, N. B. Kaliaskarov<sup>4</sup>*

**Использование низкотемпературного двигателя с внешним подводом теплоты как источника энергии для удаленных потребителей**

<sup>1,2,3</sup>Карагандинский технический университет,  
Республика Казахстан, г. Караганда.

<sup>4</sup>Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева,  
Республика Казахстан, г. Петропавловск.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

*A. D. Mehtiev<sup>1</sup>, V. V. Yugay<sup>2</sup>, A. D. Al'kina<sup>3</sup>, N. B. Kaliaskarov<sup>4</sup>*

**Use of a low temperature engine with external heat supply as a source of energy for remote consumers**

<sup>1,2,3</sup>Karaganda Technical University,  
Republic of Kazakhstan, Karaganda;

<sup>4</sup>M. Kozybayev North Kazakhstan University,  
Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk;

Material received on 11.12.20.

*Идея заключается в использовании двигателя с внешним подводом теплоты для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию, при этом источником тепловой энергии служит солнечный коллектор. Целью исследований является разработка альтернативный источник энергии для удаленных потребителей на основе низкотемпературного двигателя Стирлинга способного преобразовывать низкопотенциальное тепло нагретой воды в механическую энергию с последующей генерации электрического тока промышленной частоты. Отличием от классической конструкции известного двигателя Стирлинга представленный ДВПТ имеет значительный объем вытеснителя, который более чем в 20 раз больше чем объем рабочего поршня, это позволяет ему работать на меньшей разнице температуры между нагревателем и охладителем. Рабочая температура нагревателя составляет 90–100 °С, что в 7–9 раз меньше по сравнению известным двигателем Стирлинга. Разработан механический преобразователь солнечной излучения в электрический ток на основе двигателя с внешним подводом теплоты работающего по циклу Стирлинга. В статье дано краткое описание конструктивных особенностей низкотемпературного двигателя с внешним подводом теплоты работающего по циклу Стирлинга, а также приведены некоторые результаты исследований и компьютерного моделирования.*

*Ключевые слова: двигатель Стирлинга, тепловая энергия, альтернативный источник энергии, компьютерное моделирование.*

*The idea is to use a motor with an external heat supply to convert solar radiation into electrical energy, while the source of heat energy is a solar collector. The aim of the research is to develop an alternative energy source for remote consumers based on a low-temperature Stirling engine capable of converting low-potential heat of heated water into mechanical energy with subsequent generation of an electric current of industrial frequency. Unlike the classic design of the famous Stirling engine, the presented DVPT has a significant displacement volume, which is more than 20 times greater than the volume of the working piston, this allows it to work at a smaller temperature difference between the heater and the cooler. The operating temperature of the heater is 90–100 °C, which is 7–9 times less than the Stirling engine. The article provides a brief description of the design features of a low-temperature engine with external heat supply running on the Stirling cycle, as well as some results of research and computer modeling.*

*Keywords: Stirling engine, thermal energy, alternative energy source, computer modeling.*

Теруге 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа  
3,99 Мб RAM

Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева  
Корректор: А. Р. Омарова  
Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.

Электронное издание  
3,99 Мб RAM

Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева  
Корректор: А. Р. Омарова  
Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы  
«Торайғыров университет»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
8 (7182) 67-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik.tou.edu.kz](http://www.vestnik.tou.edu.kz)