

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 (2022)

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://doi.org/10.48081/UJEG4973>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алкасы – 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., *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

***А. Д. Мехтиев¹, В. В. Югай², А. Д. Алькина³,
Е. Г. Нешина⁴, Д. К. Бражанова⁵**

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.,

^{2,3,4,5}Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.,

СЫРТТАН ЖЫЛУ БЕРІЛЕТІН ҚОЗГАЛТҚЫШТЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ЖЕТІЛДІРУ

Бұл мақалада қыздыру көзінің жылуын түрлендіру кезінде сыртқы жылу берілісі бар қозғалтқыштың тиімділігін арттыру жолы көрсетілген. Ол үшін сыртқы жылу берілісі бар қозғалтқыштың ығыстырушысы мен поршенің ең оңтайлы параметрлерін іздеуді зерттеудің кейбір нәтижелері келтірілген. Сырттан жылу берілетін қозғалтқыштарды дамыту саласындағы әлемдік жетістіктерге, сонымен қатар ғылыми әдебиеттерге талдау жұмыстары жүргізілді. Бүгінгі таңда өзекті мәселе болып отырған сенімділік және сырттан жылу берілетін қозғалтқыштың жұмыс ресурсын арттыру мәселелері қарастырылып, бұл сұрақтарға жауап ізделінді. Сырттан жылу берілетін қозғалтқыштың жұмыс ресурсы құрғақ үйкеліс режимінде ұзақ уақыт жұмыс істей алу мүмкіндігіне және тығыздағыштардың сенімділігімен тікелей байланысты. Ығыстырғыштың ұлғайтылған диаметрімен қозғалтқыштың жаңа конструкциясы жасалып, бұл өзгеріс тығыздағыштардағы жүктеменің азайтылып, ресурстың артатынын байқатты. Берілген поршень диаметріне қатысты ығыстырғыштың диаметрі жоғарылаған кезде PV диаграммасын талдау қозғалтқыштың тиімділігі мен қуатын арттыруда оң нәтиже көрсетті. Ығыстырғыштың диаметрінің ұлғайуы PV диаграммасының ауданын ұлғайтуға және оны идеалды Стирлинг жылу цикліне жақындатуға әкеледі. Ұсынылған сырттан жылу берілетін қозғалтқыш электрлік синхронды генератор жетегі үшін арналған.

Кілтті сөздер: Стирлинг қозғалтқышы, PV диаграммасы, жұмыс денесі, жылытқыш, салқындатқыш.

Кіріспе

Сырттан жылу берілетін қозғалтқышы немесе Стирлинг қозғалтқышы (СҚ) 1816 жылдан бері белгілі. Оны жасаушы Р. Стирлинг, 1817 жылы патент алды. Р. Стирлинг оны ойлап таппады, оны жетілдірді, ол ұсынған қозғалтқыштың габариттері үлкен және металды көп қажет етті, салмағы тоннадан асып, қуаты шамамен 1 кВт–қа жетті, оның нақты тиімділігі, яғни ПӘК–і шамамен 4 % болды, өйткені ол жеткілікті тұмшаланбаған.

СҚбу машинасына балама ретінде құрылды, оның негізгі артықшылықтары ретінде қарапайымдылық пен қауіпсіздікті айтуға болады. 1832 жылы ол жабық циклді қозғалтқышқа патент алды және термодинамикалық циклдің әртүрлі бөліктерінде жылу энергиясын жинақтап, жұмыс денесіне беретін регенераторды, яғни жылу аккумуляторды қолдануды ұсынды [1].

Модернизация барысында салмағын азайтуға және ПӘК–ке 10 % – ға қол жеткізуге мүмкіндік берді. Әдебиеттерді талдау барысында, ғалымдар мен инженерлердің СҚ–тың әртүрлі құрылымын және модификацияларын жасағанын көрсетті. Philips, STM Inc., Daimler Benz, Solo, United Stirling сияқты фирмалардың СҚ жасаудағы белгілі бір жетістіктерді атап өтуге болады [1,2].

Мысалы, Philips Стирлинг циклінде жұмыс істейтін сырттан жылу берілетін қозғалтқышы негізінде ықшамды электр генераторларын шығарды, ал күн радиациясын электр тогына түрлендіргіштер, пайдалы әсер коэффициенті шамамен 40% тең, бұл әлі күнге дейін күн модульдері үшін қол жетімді емес[1].

Өткен ғасырдың аяғынан бастап қазіргі уақытқа дейін Ecorpower, WhisperGen, Microgen, Lion–Powerblock, Honda, EcoGen сияқты өндірушілермен СҚ бар электр станциялары жаппай шығарылуда [1,2]. Ішкі жану қозғалтқышымен (ІЖК) салыстырғанда поршеньді СҚ кең таралуға мүмкіндік бермейтін бірқатар шешілмеген мәселелер бар [1,2]. СҚ ішкі жану қозғалтқышына қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие [1,2]. Қазіргі СҚ жаңа типтері жасалып дайындалып жатыр, оған Стирлингтің жылу циклі бойынша жұмыс істейтін еркін поршеньді және термоакустикалық сыртқы жылу беру қозғалтқышты жатқызуға болады. ДВП бұл түрлері ДВС және поршеньді ДВС [1–4] салыстырғанда тиімділік көрсеткіштері мен артықшылықтарына ие, мысалы, NASA әзірлемелерін атап өтуге болады [1].

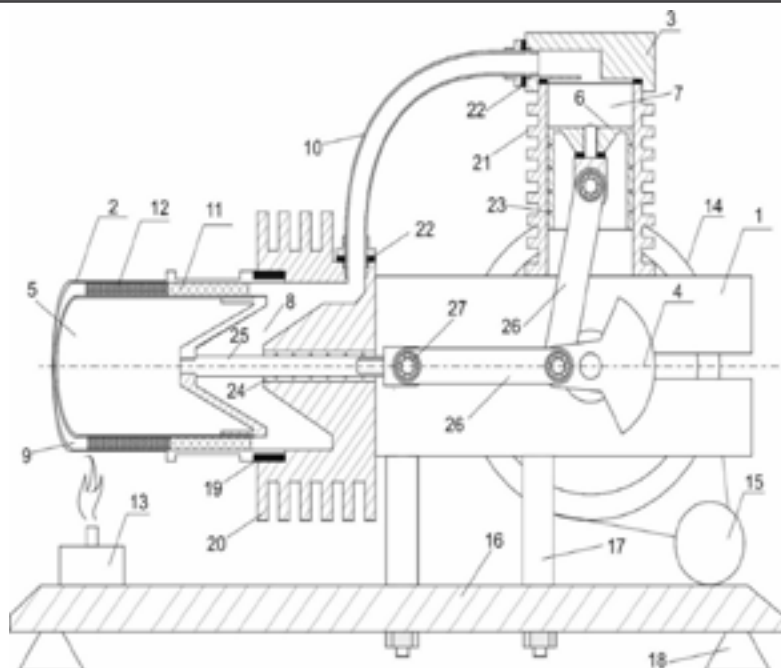
СҚ кез келген жануға қолданылатын қалдықтар немесе қол жетімді отында жұмыс істеуге қабілетті когенерациялық үлгідегі микро жылу электр станциялары үшін механикалық қуат көзі ретінде қолдану аса маңызды мәселе [5–11]. Басты міндет болып сырттан жылу берілетін қозғалтқыш конструкциясын, сонымен қатар бөлінген жылуды механикалық энергияға, содан кейін электр энергиясына түрлендіру тиімділігін жетілдіру. СҚ когенерация режимінде жұмыс істей алады, өйткені оған іштен жану

қозғалтқышына қарағанда қарқынды салқындату қажет және оның салқындату жүйесінің радиаторы ауданы бойынша 3 есе үлкен болуы тиіс [1,2].

Қойылған тапсырмалар мен міндеттер белгілі СҚ қарағанда құрылымдық айырмашылықтармен шешіледі, ең алдымен жұмыс цилиндрін салқындатудың қосымша радиаторы, сым регенераторы және жылу жинайтын шарлармен толтырылған жетілдірілген жылытқыштың болуы, сонымен қатар жылытқыш пен салқындатқышты жылу оқшаулағыш тығыздағышпен бөлу, соның арқасында қозғалтқыштың қуаты мен жылу тиімділігі артады. Цилиндрлердің қуыстарын байланыстыратын магистраль мыс түтікпен жасалған, бұл жұмыс денесінің салқындауын жақсартуға мүмкіндік береді. Пайдалы модельде арнайы әзірленген электрлік синхронды генератордың арқасында электр энергиясын өндіру жүйесі бар. Ыстық цилиндрдің ығыстырғышының жұмыс аймағын ұлғайту үшін ол соңында сфералық болады, бұл цилиндрдің диаметрін арттырмай қозғалтқыштың қуатын 10% – ға дейін арттырады. Ығыстырғыштың диаметрі поршень диаметрінен екі есе үлкен, бұл тиімділікті, сонымен қатар PV диаграммасының ауданын арттыруға және оны идеалды Стирлинг цикліне жақындатуға мүмкіндік береді. Келесі модельдерде поршеньге қарағанда диаметрі үш есе үлкен ығыстырғыш жасау жоспарлануда. Сырттан жылу берілетін қозғалтқыштың қуаты оның ішкі қуысындағы жұмыс денесінің қысымының жоғарылауымен бірнеше есе артады, бұл модельде ыстық цилиндрдің бір литр көлемінің 20–дан 30 мл–ге дейінгі қатынасында дисцилиндрленген су бу–ауа қоспасын қолдану арқылы қол жеткізіледі. Бұл гелий көрсеткіштерінен асып түсетін қысымның айтарлықтай артуына қол жеткізеді. Құрғақ қаныққан бу қысымының есептелген көрсеткіштері практикалық эксперименттердің нәтижелерімен сәйкес келді. Жұмыс денесі 1500С дейін қызған кезде оның қысымы 0,5 МПа, 2000С кезінде қысым 1,5 МПа, ал 3000С кезінде қысым $P=6$ МПа көтеріледі деп айтуға болады.

Материалдар және әдістер

Белгілі СҚ конструкциялары негізінде жасалған пайдалы модель [1,2], сырттан жылу берілетін қозғалтқыштың құрылымдық элементтерінің негізгі позицияларын көрсететін бойлық бөлім 1–суретте көрсетілген. Пайдалы модельде дюралюминий қорытпасынан жасалған екі пластинадан тұратын 1 тұғыр бар, пластиналар иінді біліктің осіне перпендикуляр орналасқан.



Сурет 1 – Сыртқы жылу берілісі бар қозғалтқыш конструкциясы элементтерінің негізгі позициялары көрсетілген бойлық қима

Жалпы алғанда, қозғалтқышта екі цилиндр бар, сәйкесінше біреуі шартты түрде «Ыстық» 2 және бір «Суық» 3, олар тұғыр 1 пластиналарының бүйір беттерінде бір-біріне қатысты 90° бұрышпен және сермері бар қосиінді-бұлғақты 4 механизммен ұшқышпен орнатылады. Пластиналардың бүйірінде орналасқан қыздыру көзі жағынан сфералық тұтқыры бар ыстық цилиндр 2, ал суық цилиндр 3 тұтқыр 1 пластиналарының бүйір жағында орналасқан. Ығыстырғыш 5 сфералы орындалған және ыстық цилиндрде 2 орналасқан, ал жұмыс поршені 6 жұмыс цилиндрде 3 орналасқан. Осы жерде жұмыс денесін ығыстыру үшін екі қуыс 7 және 8, сонымен қатар кеңейту үшін қуыс 9 пайда болады. Магистраль 10 ығыстыру екі қуыстарды 7 және 8 байланыстыру үшін қажет. Сым регенераторы 11 (диаметрі 1–2 мм ұяшықтары бар болат сымдардан жасалған) және 12 жылытқышы жылу жинайтын шарлармен толтырылған. Қыздыру көзі 13. Шығыры бар сермер 14 электрлі синхронды генераторды 15 жетек үшін. Тұғыр 1 негіз 16 орналасқан және төлкелер 17 арқылы бекітіледі, олардың саны 4, негіз аяқ 18 ұсталып тұр. Жылуоқшаулағыш төсем 19 суықтағыш 20 ыстық цилиндрден 2 оқшаулайды.

Суық цилиндрдың 3 қосымша салқындату радиаторы 21 бар. Магистральдан 10 жұмыс денесінің ағып кетуін болдырмау үшін икемді резеңке қабат 22 қолданылады. Сонымен қатар, фторопластты қабат 23 жұмыс поршенде 6 бар, дәл осындай қабат 24 ығыстыру қуысының 8 герметикалық жағдайын сақтап, ығыстырушының 25 үйкелісу күшін азайтады. Бұлғақ 26 домалақ мойынтірегі 27 бар. Сым регенераторы 11 қозғалтқыштың тиімділігін арттыруға арналған және келесідей жұмыс істейді, кеңейе отырып жұмыс денесі сым арқылы өтіп, ол жылу аккумуляторы сақтайтын жылудың бір бөлігін береді, бөлшектеп жылу берудің арқасында жұмыс денесі салқындатқышта 20 жақсы салқындатылады.

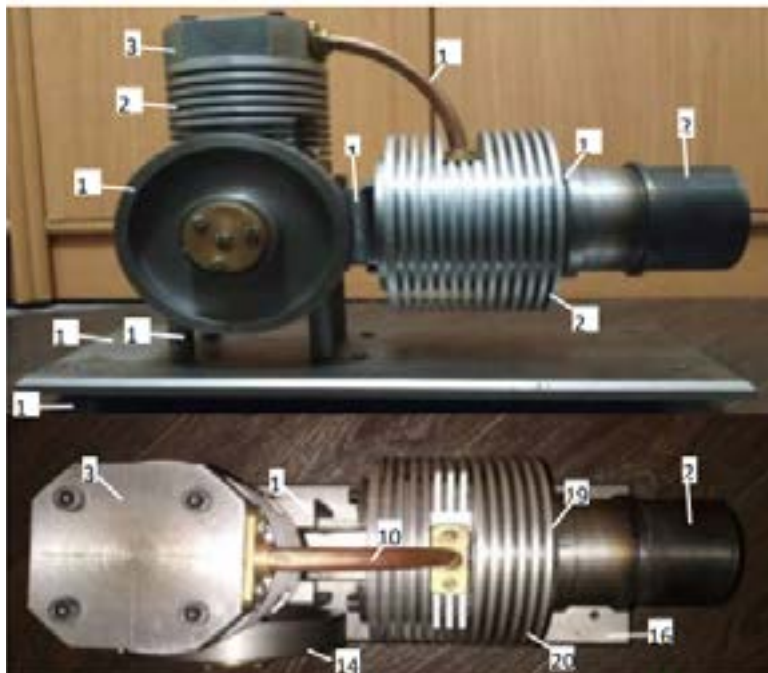
Сәйкесінше, жұмыс денесі 8 және 7 қуыстарынан 9 қуысқа оралған кезде, ол жиналған жылудың бір бөлігін 11 сым регенераторынан алады және алдын-ала қыздырылады. Тиісінше, қыздыру көзінде 13 отынның жануынан алынған жылу энергиясын үнемдеуге қол жеткізіледі. 9 кеңейту қуысы мен 8 қысу арасындағы жұмыс температурасының айырмашылығы неғұрлым жоғары болса, қозғалтқыштың қуаты мен тиімділігі соғұрлым жоғары болады.

2 суретте практикалық сынақтардан өткен және өзінің жұмыс қабілеттілігін дәлелдеген сыртқы жылу құбыры бар қозғалтқыш конструкциясы элементтерінің кейбір позициялары көрсетілген пайдалы модельдің сыртқы түрі көрсетілген. Бұл модельде табиғи ауаны салқындату бар, бірақ болашақта оны сорғымен және үрленетін радиатормен сұйықтықтың мәжбүрлі айналымы бар осындай автомобильдің сұйық салқындату жүйесімен жабдықтау жоспарлануда.

Бұл қозғалтқыштың қуатын және оның минутына айналу санын арттырады. Қозғалтқыш жылдамдығын өлшеу үшін Victor DM6234P (Қытайда шығарылған) лазерлік байланыссыз тахометр қолданылды. Қыздырғыштың температурасын өлшеу үшін C – 20.3 Пирометрі қолданылды (Ресейде шығарылған). Қысым компрессордың көмегімен суық цилиндрге орнатылған штуцер арқылы қысылды. Қысым параметрлері өлшеу диапазоны 0–ден 100 МПа–ға дейінгі электронды манометр көмегімен өлшенді.

Сырттан жылу берілетін қозғалтқыш моделінің негізгі техникалық сипаттамалары:

- 500 Вт–қа дейінгі механикалық қуат;
- айналу жиілігі 300–ден 1500 айн/мин;
- қолданыстағы жұмыс денесі–бу–ауа қоспасы;
- цилиндрдегі жұмыс денесінің максималды қысымы 8 МПа–дан аспайды;
- ауа салқындату жүйесі;
- жылытқыштың максималды температурасы 7000С дейін;
- бөлмедегі ауа температурасы 230С.



Сурет 2 – Сыртқы жылу беретін қозғалтқыш конструкциясы элементтерінің кейбір позициялары көрсетілген пайдалы модельдің сыртқы түрі

Нәтиже және талқылау

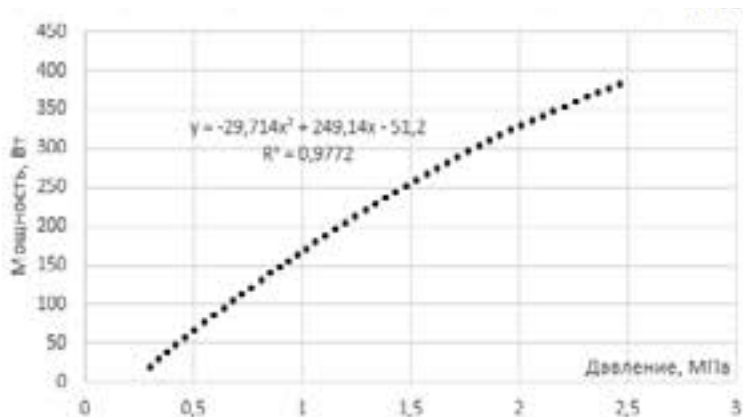
Сырттан жылу берілетін қозғалтқыштың сенімділігі және жұмыс ресурсын жоғарлату мәселелерін шешу тікелей тығыздау жұмыстарымен байланысты, олар ұзақ уақыт бойы құрғақ үйкеліс режимінде жұмыс істеуге қабілетті. Әр түрлі конструкцияларда поршеньді және ығыстырғыш штогын нығыздау мәселесі әртүрлі шешілді. Диафрагмалық немесе динамикалық жылжымалы тығыздағышты қолдануға болады, мысалы, Philips инженерлері «жиналмалы шұлық» түріндегі резеңке тығыздағыштарды ойлап тапты, Юнайтед Стирлинг өзінің конструкцияларында «жылжымалы тығыздағышты» қолданды [1,2]. Политетрафторэтиленнен жасалған Ленинградтық тығыздағыш бар, ол температураға сезімтал, ал тығыздағыш штокқа тартылғандықтан, қосылыста үйкеліс салдарынан көп мөлшерде жылу бөлінеді [1,2].

Қосиінді жетегі бар СҚ үшін диафрагмалық тығыздағыш ғана сәйкес келеді. Мысалы, «General Motors» өткен ғасырдың соңында әртүрлі тығыздағыштарды дамытуға 20 жылдан астам уақыт жұмсады, полиуретанды диафрагмалардың қызмет ету мерзімі 1400 сағатқа жетті, бірақ бірнеше рет өндеуден соң тығыздағыштар тұрақты беріктік, алмастыру және монтаждау қарапайымдылығының талаптарын қанағаттандыра алмады. Аналогты жұмыстарды «Форд» және Philips фирмалары жүргізді [1,2]. Олардың жұмысында жылжымалы тығыздағыштарды (майлы тығыздағыштар) дамытуға көп күш жұмсалады. Бірақ тұрақты оң нәтижелерге қол жеткізу мүмкін болған жоқ, зерттелетін модельдегі тығыздағыштардың қызмет ету мерзімі 120 сағаттан аспайды, компрессордың көмегімен жұмыс денесін үнемі сорып алу қажет. Бұл болашақта әлі шешілуге тиісті маңызды мәселе.

Жылжымалы тығыздағыштар жөндеу жұмыстарын жеңілдетеді, яғни қозғалтқыштың эксплуатациясын азайтады. Тығыздағыштардың ресурсын арттыру және жұмыс істейтін дененің ағып кетуін азайту үшін тығыздағыштармен жанасу аймағында шток, цилиндр қабырғалары мен поршеньді мұқият жылтырату қажет, тегіс емес жерлердің биіктігі 80–120 мкм–ден аспауы керек, ал олардың сопақтығы 10–12 мкм–ден аз болуы керек. Поршеньде 6 тығыздағыш, ал штокта 7 тығыздағыш бар, бұл 120 сағаттық жұмыс кезінде жеткілікті тығыздықты қамтамасыз етеді.

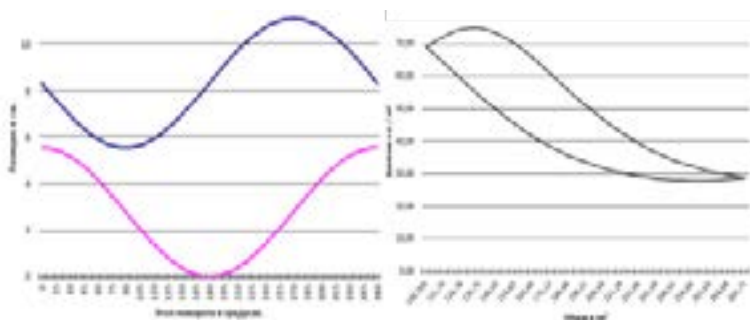
Тығыздау материалы ретінде: полиамид; термопластик; шыныталшық; графит қоспалары бар керамикалық талшық; графит қоспалары бар шыныталшық. Белгілі бір материалды түпкілікті таңдау бірқатар сынақтар мен зерттеулерден кейін жасалады.

Эксперименттердің кейбір нәтижелері 3–суретте алынған механикалық қуаттың жұмыс денесінің ішкі қысымына тәуелділігінің графигімен көрсетілген, графит қосылған шыны талшық тығыздағыш ретінде қолданылған.

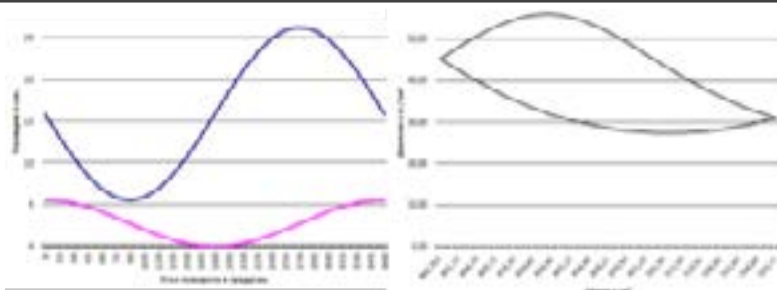


Сурет 3 – Механикалық қуаттың жұмысшы дененің ішкі қысымына тәуелділік графигі.

4 және 5–суреттерде 3500С температурасына дейін қызған кезде жұмыс дененің қысымы мен көлемінің өзгеруін зерттеу нәтижелерін көрсетеді. Поршень диаметріне қатысты ығыстырғыш диаметрінің ұлғаюы екі есе өседі, тиімділікті, сондай–ақ PV диаграммасының ауданын арттыруға және оны мінсіз Стирлинг цикліне жақындатуға мүмкіндік береді [1,2]. Ығыстырғыштың диаметрінің ұлғаюы сыртқы жылу беретін қозғалтқыштың жылу цикліндегі максималды жұмыс қысымын төмендетеді, яғни тығыздағыштарға жүктемені азайтады, бұл олардың ресурсын арттырады.



Сурет 4 – Ығыстырғыш пен поршеньнің бірдей диаметріндегі PV диаграммасы



Сурет 5 – Поршень диаметріне қатысты ығыстырғыштың диаметрі 2 есе үлкен PV диаграммасы

Сырттан жылу берілетін қозғалтқыштың құны өндіріс көлеміне және оның металл сыйымдылығына байланысты. Атмосфералық дизельге елеулі бәсекелестік жасау үшін меншікті салмағы 100 кВт–та 280–290 кг–ға қол жеткізгеніміз жөн, бірақ біздің модельдің көрсеткіштері шамамен 30 есе көп, оның металл сыйымдылығын төмендетумен ұзақ жұмыс істеу керек.

Қорытынды

Қозғалтқыштың металл сыйымдылығы мен тиімділігінің оңтайлы көрсеткіштеріне қол жеткізу үшін цилиндрлердегі жұмыс денесінің қысымы кемінде 10 МПа қажет, ол 1500 айн/мин айналу жиілігінде қозғалтқыш білігінде айналдырушы моменттің ең жоғары көрсеткіштерін береді, бұл жағдайда төмен жылдамдықты синхронды айнымалы ток генераторын қолдану қажет болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Уокер, Г.** Двигатели Стирлинга: пер. с англ. [Текст]. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.

2 **Ридер, Г.** Двигатели Стирлинга: пер. с англ. [Текст]. – 2-е изд. – М.: Мир, 1986. – 464 с.

3 **Ильин, Р. А.** Эффективность использования двигателей Стирлинга в составе газо–газовых теплоэнергетических установок [Текст] // Вестник АГТУ. – 2008. – №5 (46). – С. 136–139.

4 **Langlois, Justin L. R.** Dynamic computer model of a Stirling space nuclear power sys–tem. Trident Scholar project report no. 345 [Text]. – Annapolis: US Naval Academy, 2006. – 348 p.

5 **Мехтисев, А. Д., Югай, В. В., Алькина, А. Д.** Исследование свободнопоршневого теплового двигателя с внешним подводом теплоты

для привода электрического генератора [Текст] // Вестник КазАТК им. М.Тынышпаева. – 2018. – № 4. – С. 266–276.

6 **Мехтиев, А. Д., Югай, В. В., Калиаскаров, Н. Б., Есенжолов, У. С., Мехтиев, Р. А.** Перспектива использования тепловых электростанций сверхмалой мощности на основе двигателя с внешним подводом теплоты [Текст] // Механика и технологии. – 2019. – № 2 (64). – С. 166–173.

7 **Мехтиев, А. Д., Югай, В. В., Алькина, А. Д., Мехтиев, Р. А.** Повышение эффективности работы автономной тепловой электростанции на основе двигателя Стирлинга за счет изменения его конструкции [Текст] // Вестник КазННТУ. – 2019. – № 6 (136). – С. 100–105.

8 **Мехтиев, А. Д., Югай, В. В., Есенжолов, У. С., Калиаскаров, Н. Б.** Некоторые вопросы развития двигателя с внешним подводом теплоты, работающего по циклу стирлинга, и перспективы его использования [Текст] // Вестник Восточно–Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. – 2019. – № 4.

9 **Мехтиев, А. Д., Югай, В. В., Алькина, А. Д., Калиаскаров, Н. Б., Есенжолов, У. С.** Многопливная микротепловая электростанция мощностью 1–10 кВт для удаленных объектов сельской местности и фермерских хозяйств [Текст] // Вестник Южно–уральского государственного университета. Серия «Энергетика». – 2018. – № 2(18). – С. 62–71.

10 **Мехтиев, А. Д., Югай, В. В., Калиаскаров, Н. Б., Алькина, А. Д., Турдыбеков, Д. М.** Использование двигателя Стирлинга для когенерационной тепловой электростанции сверхмалой мощности с возможностью использования тепловых потерь металлургического производства [Текст] // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). – 2018. – № 3(98). – С. 186–195.

11 **Mekhtiev, A. D., Yurchenko, A. V., Yugay, V. V., Al'kina, A. D., Yessenzholov, U. S., Kaliaskarov, N. B.** Multi-fuel power station of ultra-low power with external combustion thermal engine, capable efficiently operate in the conditions of rural areas of Kazakhstan [Text] // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan, series of geology and technical sciences. – 2019. – № 435(3). – P. 136–143.

REFERENCES

1 **Uoker, G.** Dvigateli Stirlinga: per. s angl. [Stirling engines: translation from English] [Text]. – М.: Mashinostroenie, 1985. – 408 p.

2 **Rider, G.** Dvigateli Stirlinga: per. s angl. [Stirling engines: translation from English] [Text]. – 2-e izd. – М.: Mir, 1986. – 464 p.

3 **Пин, R. A.** E`ffektivnost` ispol`zovaniya dvigatelej Stirlinga v sostave gazo–gazovy`x teploe`nergeticheskix ustanovok [The efficiency of using Stirling engines as part of gas–gas thermal power plants] [Text] // Vestnik AGTU. – 2008. – № 5(46). – P.136–139.

4 **Langlois, Justin L. R.** Dynamic computer model of a Stirling space nuclear power sys–tem. Trident Scholar project report no. 345 [Text]. – Annapolis: US Naval Academy, 2006. – 348 p.

5 **Mekhtiev, A. D., Yugaj, V. V., Al`kina, A. D.** Issledovanie svobodnoporshnеvogo teplovogo dvigatelya s vneshnim podvodom teploty` dlya privoda e`lektricheskogo generatora [Study of a free–piston heat engine with external heat supply to drive an electric generator] [Text] // Vestnik KazATK im. M.Ty`ny`shpaeva. – 2018. – № 4. – P. 266–276.

6 **Mekhtiev, A. D., Yugaj, V. V., Kaliaskarov, N. B., Esenzholov, U. S., Mekhtiev, R. A.** Perspektiva ispol`zovaniya teplovy`x e`lektrostantsij sverxmaloj moshhnosti na osnove dvigatelya s vneshnim podvodom teploty` [The prospect of using ultra–low power thermal power plants based on an engine with external heat supply] [Text] // Mexanika i texnologii. – 2019. – № 2 (64). – P.166–173.

7 **Mekhtiev, A. D., Yugaj, V. V., Al`kina, A. D., Mekhtiev, R. A.** Povy`shenie e`ffektivnosti raboty` avtonomnoj teplovoj e`lektrostantsii na osnove dvigatelya Stirlinga za schet izmeneniya ego konstrukcii [Improving the efficiency of an autonomous thermal power plant based on the Stirling engine by changing its design] [Text] // Vestnik KazNITU. – 2019. – № 6 (136). – P. 100–105.

8 **Mekhtiev, A. D., Yugaj, V. V., Yessenzholov, U. S., Kaliaskarov, N. B.** Nekotory`e voprosy` razvitiya dvigatelya s vneshnim podvodom teploty`, rabotayushhego po ciklu stirlinga, i perspektivy` ego ispol`zovaniya [Some issues of the development of an engine with an external heat supply operating on the Stirling cycle, and the prospects for its use] [Text] // Vestnik Vostochno–Kazaxstanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta im. D. Serikbaeva. – 2019. – № 4.

9 **Mekhtiev, A. D., Yugaj, V. V., Al`kina, A. D., Kaliaskarov, N. B., Esenzholov, U. S.** Mnogotoplivnaya mikroteplovaya e`lektrostantsiya moshhnost`yu 1–10 kVt dlya udalenny`x ob`ektov sel`skoj mestnosti i fermerskix xozyajstv [Multi–fuel microthermal power plant with a capacity of 1–10 kW for remote rural areas and farms] [Text] // Vestnik Yuzhno–ural`skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «E`nergetika». – 2018. – №2(18). – P. 62–71.

10 **Mekhtiev, A. D., Yugaj, V. V., Kaliaskarov, N. B., Al`kina, A. D., Turdy`bekov, D. M.** Ispol`zovanie dvigatelya Stirlinga dlya kogeneracionnoj teplovoj e`lektrostantsii sverxmaloj moshhnosti s vozmozhnost`yu ispol`zovanie teplovy`x poter` metallurgicheskogo proizvodstva [The use of a Stirling engine for an ultra–low power cogeneration thermal power plant with the possibility of using heat losses from metallurgical production] [Text] // Vestnik nauki Kazaxskogo

agrotexnicheskogo universiteta im. S. Seifullina (mezhdisciplinarny`j). – 2018. – № 3(98). – P. 186–195.

11 **Mekhtiev, A. D., Yurchenko, A. V., Yugaj, V. V., Al'kina, A. D., Yessenholov, U. S., Kaliaskarov, N. B.** Multi-fuel power station of ultra-low power with external combustion thermal engine, capable efficiently operate in the conditions of rural areas of Kazakhstan [Text] // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan, series of geology and technical sciences. – 2019. – № 435(3). – P. 136–143.

Материал баспаға 15.12.22 түсті.

*А. Д. Мехтиев¹, В. В. Югай², А. Д. Алькина³,
Е. Г. Нешина⁴, Д. К. Бражанова⁵

¹ Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Астана,

^{2,3,4,5} Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,
Казахстан Республика, г. Караганда

Материал поступил в редакцию 15.12.22.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДВИГАТЕЛЯ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ

В статье приведены некоторые результаты исследования поиска наиболее оптимальных параметров вытеснителя и поршня двигателя с внешним подводом теплоты, для повышения его эффективности при преобразовании тепла источника нагрева. Проведен литературный анализ имеющихся мировых достижений в области развития двигателей с внешним подводом теплоты. Рассмотрены вопросы решения существующей проблемы надежности и повышения ресурса работы двигателя с внешним подводом теплоты напрямую связано надежностью работы уплотнений способных работать в режиме сухого трения длительное время. Разработана конструкция двигателя с увеличенным диаметром вытеснителя. Проведенный анализ PV диаграммы при увеличенном диаметре вытеснителя по отношению к диаметру поршня показал положительный результат в повышении КПД и мощности двигателя. Увеличение диаметра вытеснителя также ведет к увеличению площади PV диаграммы и приближению ее к идеальному тепловому циклу Стирлинга. Предложенный двигатель с внешним подводом теплоты предназначен для привода электрического синхронного генератора.

Ключевые слова: двигатель Стирлинга, PV диаграмма, рабочее тело, нагреватель, охладитель.

*A. D. Mekhtiev¹, V. V. Yugay², A. D. Alkina³,

Y. G. Neshina⁴, D. K. Brazhanova⁵

¹Kazakh agrarian university named after S. Seifullin,

Republic of Kazakhstan, Astana,

^{2,3,4,5}Abylkas Saginov Karaganda Technical University,

Republic of Kazakhstan, Karaganda

Material received on 15.12.22

IMPROVEMENT OF THE ENGINE DESIGN WITH EXTERNAL HEAT SUPPLY

The article presents some results of a study of the search for the most optimal parameters of the displacer and piston of an engine with an external heat supply, in order to increase its efficiency when converting heat from a heating source. A literary analysis of the available world achievements in the field of development of engines with external heat supply is carried out. The issues of solving the existing problem of reliability and increasing the service life of an engine with an external heat supply are directly related to the reliability of seals capable of operating in dry friction mode for a long time. The design of the engine with an increased displacement diameter has been developed. The analysis of the PV diagram with an increased diameter of the displacer relative to the diameter of the piston showed a positive result in increasing the efficiency and power of the engine. An increase in the diameter of the displacer also leads to an increase in the area of the PV diagram and its approximation to the ideal Stirling thermal cycle. The proposed engine with external heat supply

Keywords: Stirling engine, PV diagram, working fluid, heater, cooler.

Теруге 15.12.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2022 ж. қол 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 № 4019

Сдано в набор 15.12.2022 г. Подписано в печать 30.12.2022 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 № 4019

«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