

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 (2024)

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/FYZZ1289>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

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/XNLC6185>

**С. А. Орынбаев^{1,*}, Н. Ш. Абдлахатова², Т. С. Жүсіп³,
А. О. Жанпейісова⁴, А. С. Тлешева⁵**

^{1,2,3,4,5}М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,

Қазақстан Республикасы, Тараз қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5077-7219>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1285-2684>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8131-2994>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5040-428X>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4594-5265>

*e-mail: abdlakhatova@list.ru

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ГЕОТЕРМАЛДЫ РЕСУРСТАРЫ ҮШІН РЕНКИН ОРГАНИКАЛЫҚ ЦИКЛЫН ПАЙДАЛАНУ

Мақалада Қазақстанның геотермалды ресурстары бойынша жалпы ақпарат келтірілген. Алматы облысы, (Оңтүстік Қазақстан) Жаркент елді мекенінде орналасқан геотермалды су кен орындарына ерекше назар аударылып, қарастырылды. Зерттеу аясында QGIS 3.32.0 бағдарламасы көмегімен еліміздегі геотермалды ресурстардың орналасуын көрсететін аумақтық карта жасаңартылып, цифрландырылды.

Мақаланың мақсаты орташа және төмен температуралы геотермалды су кен орнын пайдалана отырып, Ренкин органикалық циклының (РОЦ) энергетикалық сипаттамасына талдау жасалынды. Әртүрлі органикалық сұйықтықтарды (R134a(фреон), изобутан, R-245fa, изопентан және R245ca) қолдана отырып, Ренкиннің органикалық цикл жүйесіне параметрлік зерттеулер жүргізіліп, термодинамикалық модель қарастырылды. Зерттеу барысында булану температурасы мен ішкі регенератордың ең жоғары температурасы Ренкин органикалық цикл жүйесінің өнімділігі мен жұмысына оң әсерін көрсетті. Графиктер Matlab Simulink бағдарламасының көмегімен тұрғызылды.

Жаркент қаласындағы (Жарқұнақ кенті) №5539 геотермалды су кен орнынан Ренкиннің органикалық циклын пайдаланудың ықтимал

нұсқасы талданып, шағын көлемде электр энергиясын өндірудің қызықты нұсқасы ретінде көрсетілді. Жергілікті геотермалды энергияны пайдалана отырып, Алматы облысы өзінің сыртқы энергия көздеріне тәуелділігін айтарлықтай төмендетіп, болашақта сол арқылы қоршаған ортаға әсерін азайтуға ықпал ете алады.

Кілтті сөздер: Геотермалды ресурстар, Ренкин органикалық циклы (РОЦ), R134a(фреон), изобутан, R-245fa, изопентан, R245ca

Кіріспе

Қазақстанда геотермалдық сулар үлкен Артезиан бассейндерінің арқасында кең етек алды. 1980 жылдары Оңтүстік Қазақстан облыстарында геотермалды ресурстарға кешенді зерттеулер жүргізілді. Бұл зерттеулер 1982-1991 жылдар аралығында Түркістан мен Арыс, сондай-ақ Алматы облысындағы үй-жайларды жылыту және ыстық сумен қамтамасыз етуде қолданылғанын көрсетті.

Республика бойынша жалпы геотермалды көздердің орналасу орнын анықтау үшін (1-сурет) Ө.М. Ахметсафин атындағы гидрогеология және геология институтының (Алматы) деректері бойынша QGIS 3.32.0 бағдарламасы арқылы есептелініп, өңделіп <https://www.qgis.org/ru/site/> цифрландырылды.



Сурет 1 – Қазақстан аумағында геотермалды жерасты суларының орналасу картасы.

1 суреттен көріп отырғанымыздай, картада жасыл түспен белгіленген аймақтағы температурасы 20-40 °C геотермалды көздер Солтүстік Қазақстан, Павлодар, Шығыс Қазақстан, Жамбыл, Қызылорда және Батыс Қазақстан облыстарында орналасқан. Республикадағы жалпы ауданы 14 % км² құрайды.

Сары түспен температурасы 40-75 °С геотермалды көздер Павлодар, Жамбыл, Қызылорда, Маңғыстау (Каспий теңізі маңындағы артезиан бассейні) және Батыс Қазақстан облыстарында таралған, олардың жалпы ауданы Республикада 18 % км² құрайды. Температурасы 75-100°С қоңыр түспен белгіленген геотермалды көздер Маңғыстау, Атырау және Түркістан облыстарында кең таралған және Республикада жалпы ауданы 5 % км² құрайды. Температурасы 100 °С-тан жоғары, қызғылт түспен белгіленген геотермалды көздер Алматы (Жаркент) және Маңғыстау облыстарында тіркелген және Республикада жалпы ауданы 2 % км² құрайды (температуралық аймақ бойынша ауданы QGIS 3.32.0 бағдарламасымен есептелінген).

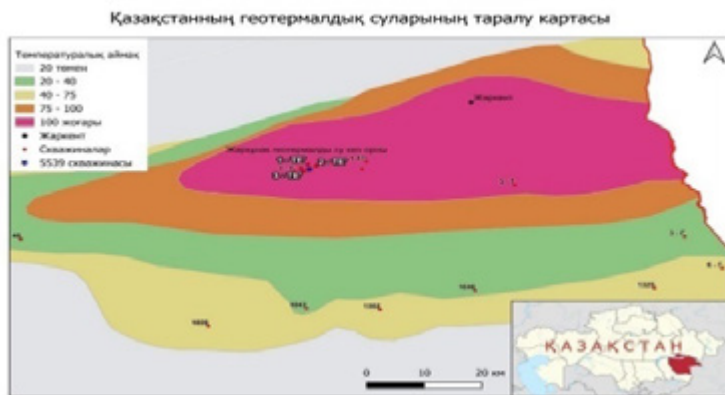
Қазіргі уақытта барлық осы аймақтардағы геотермалды сулар ауыл шаруашылығы, жылыжай, ыстық сумен жабдықтау, үйлерді жылыту және т.б. үшін қолданылады, оларды басқа қызмет салаларында пайдалану перспективалары қарастырылмаған және ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілмеген.

Осы мақсатпен Жаркент қаласында (Жарқұнақ кенті) орналасқан геотермалдық ұңғымалардан Ренкин органикалық циклын пайдалану мүмкіндігі қарастырылған.

Материалдар мен әдістері

Жаркент су қоймасындағы геотермалды судың температурасы Қазақстан тарихындағы тіркелген ең жоғары температура болып табылады. Есептеулер бойынша скважинаның тереңдігіндегі температура 165 °С-қа жетеді [1, 115-6].

«Жаркент бассейнінде геотермалды сулар тау бөктерінде 250-400 м және 4000-4500 м тереңдікте шығарылады, скважиналардың дебиті тәулігіне 120-дан 12000 м³-ке дейін, судың минералдануы 1 000 – 15 000 мг/л аралығында өзгереді». [2, 12-18 бб].



Сурет 2 – Алматы облысы, Жаркент (Жарқұнак) бассейнінің құрылымдық картасы

№ 5539, 1РТ геотермалды су кен орнын, сондай-ақ үш шартты ұңғыманы (№1-ТЭ, 2-ТЭ, 3 – ТЭ) қамтитын Жаркент кентінің орталық бөлігі. Бұрғылау жылы-2016, тереңдігі-2850 м, судың температурасы-103оС, дебиті – 50 л/с [3, 137-144 бб].

Жаркент кентіндегі геотермалды скважиналардың спутниктік көрінісі google Earth бағдарламасымен жасалынды, оны төмендегі сілтеме арқылы көруге болады.

https://earth.google.com/earth/d/1OqEs_vBBNHusNKVt2VREzxIPMbHUGWRo?usp=sharing

Кесте 1 – 2-суретте көрсетілген Жаркент бассейніндегі геотермалды скважиналар тізімі

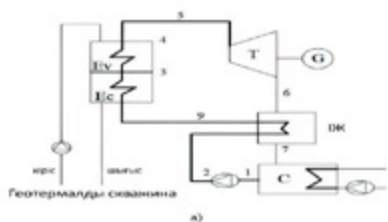
Скважинаның атауы немесе нөмірі	Тереңдігі, (м)	Температурасы (°C)	Д е б и т і (л/с)	С у д ы ң минералдануы (мг/л)
1046		42,4	5,4	800
48		46,0	65,5	
3-Т	3200м	65,3	30,0	412
5539	2850м	103,0	50,5	1000
1-РТ	2885м	98,0	24,2	975-1323
2-ТП	2953м	87,2	21,9	587

1-кестеден көріп отырғанымыздай, № 5539 скважинадағы судың температурасы РОЦ арқылы электр энергиясын өндіруге қолайлы екенін көруге болады.

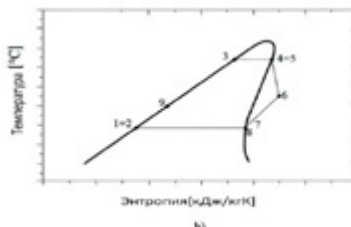
Қазіргі таңда Ренкин органикалық циклы төмен температуралы геотермалды скважиналарды эксплуатациялауда және аз көлемде электр энергиясын өндіруге қызықты технология болып табылады.

Ренкиннің қалыпты және органикалық циклдары арасындағы негізгі айырмашылығы органикалық сұйықтықты пайдалану болып табылады, ал жұмыс сұйықтығын дұрыс таңдау жүйе жұмысының өнімділігі үшін өте маңызды. Біздің жағдайда R134a(фреон), изобутан, R-245fa, изопентан және R245ca органикалық сұйықтықтары қайнау температурасы төмен және бу қысымы жоғары термодинамикалық қасиеттері негізінде таңдалды. [4]

Ренкин органикалық циклының негізгі компоненттері: сорғы, буландырғыш, турбина/кеңейткіш және конденсатор (сурет 3а). Органикалық жұмыс сұйықтығы буландырғышқа сорғы арқылы беріледі (1-2 процесс), онда сұйықтық алдын ала қыздырылады (2-3), содан кейін буланады (3-4). Сұйықтық турбинаға түсіп, конденсация қысымына дейін кеңейеді (5-6) және қаныққан сұйықтыққа дейін конденсацияланады (6-1). Ішкі жылу алмастырғыш кеңейткіштен (6-7) шыққан кезде жылу энергиясын қалпына келтіру және жүйенің тиімділігін арттыру үшін сығылған сұйықтықты алдын ала қыздыру үшін (2-9) пайдалана алады. 3 б суретте T-s диаграммасындағы цикл көрсетілген. [5, 143-154 бб]



(а)



(б)

Сурет – 3 Орналасу (а) және (б) T-s диаграммасы. С- Конденсатор, Ес- Экономайзер, Ev- Буландырғыш, Т- Турбина/кеңейткіш, G- Электр генераторы, ІЖ- ішкі жылу алмастырғыш.

Жылу П.Ә.К. η_{th} келесі өрнекпен анықталады:

$$\eta_{th} = \frac{P_u}{Q_i} \quad (1)$$

Мұндағы: P_u – шығыс қуаты;

Q_i – Жұмыс сұйықтығына берілетін жылу қуаты.

Атап айтқанда, таза шығыс қуаты кеңейткіш P_i қуаты мен сорғысы талап ететін қуат арасындағы айырмашылықты білдіреді.

$$P_u = P_t - P_p \quad (2)$$

Жұмыс сұйықтығына берілетін жылу қуаты келесі өрнекпен бағаланады:

$$\eta_{th} = \frac{P_u}{Q_i} \quad (3)$$

Органикалық сұйықтыққа q_i берілетін жылу

$$q_i = h_5 - h_2 \quad (4)$$

Егер ішкі жылу алмастырғыш болмаса

$$q_i = h_5 - h_9 \quad (5)$$

Ішкі регенераторды пайдалану кезінде [6, 76–88 бб] әдебиетке сәйкес ішкі жылу алмастырғыштың тиімділігі анықталады.

$$\eta_{BT} = \frac{h_9 - h_2}{h_6 - h_7} \quad (6)$$

Геотермалды жүйелердің РОЦ сипаттамалары электр энергиясы мен тиімділігі тұрғысынан сипатталды. Зерттеу №5539 скважинаға бағытталды. (1 кесте)

P –Электр қуаты РОЦ үшін

$$P = \eta \cdot P_u \quad (7)$$

Мұндағы, P , P_u механикалық және электрлік шығындарды ескереді, электрлік тиімділігі келесі өрнекпен бағаланады.

$$\eta = \frac{P}{Q_{th}} \quad (8)$$

Атап айтқанда, Q_{th} геотермалды қуаты келесі өрнекпен есептелді.

$$Q_{th} = m(h_{\text{кіріс}} - h_{\text{шығыс}}) \quad (9)$$

«Мұндағы: m – геотермалды судың массалық шығыны;
 $h_{\text{кіріс,шығыс}}$ – жылу алмастырғыштан кіріс және шығыс геотермалды судың энтальпиясы.

«Жылу энергиясы геотермалды судан жылу алмастырғыштың ішіндегі органикалық сұйықтыққа ауысады деп болжанған, оның тиімділігі η тең»⁶

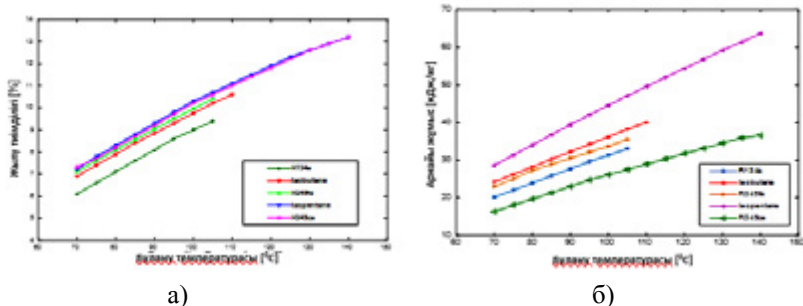
$$Q_i = \eta \cdot Q_{th} \quad (10)$$

Кесте 2 – РОЦ пайдалану параметрлері мен шарттары.

Шарттары	R134a	Изобутан	R-245fa	Изопентан	R245ca
Температурасы[°C]	101.5	134.66	154.1	187.2	174.42
Қысым [Па]	40,56	36.29	36.51	33.78	39.25
Конденсациялау температурасы[°C]	30	30	30	30	30
Конденсациялау қысымы [Па]	1.7	4.05	14.9	1.09	1.22
Булану температурасы[°C]	70-140	70 - 140	70- 140	70 – 140	70-140

Нәтижелер және талқылау

«4-суретте жылу тиімділігі (а) және таза меншікті жұмыс (б) сипаттамалары көрсетілген. Графикте (сурет. 4а) [7] әдебиетке сәйкес изобутан, R245fa, изопентан мен R245ca үшін алынған булану температурасы жылу тиімділігінің артуымен біртіндеп жоғарылауын көрсетеді және барлық булану температурасындағы циклдың R134a және R-245fa үшін тиімділігін көрсетті 70 °C температурада цикл тиімділігі R134a, изобутан 5.9 %, R-245fa 7.1% , изопентан үшін шамамен 12.3 % құрады. Максималды мәнге ($\eta_{th} = 13.1$ %) изопентан және R245ca 130-140°C температура аралығында жақсы көрсеткіш көрсетті. »⁷

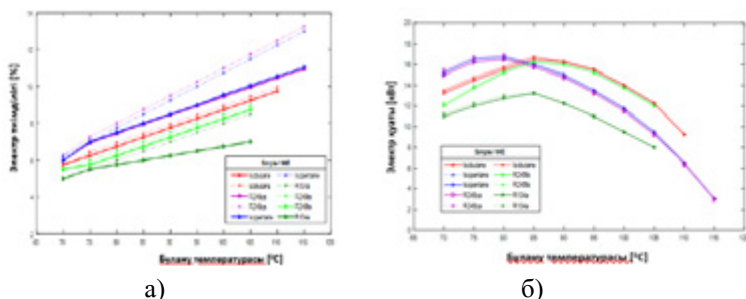


Сурет – 4. Ренкин органикалық циклының жылу тиімділігінің булану температурасына (а) және меншікті жұмысына (б) әсері.

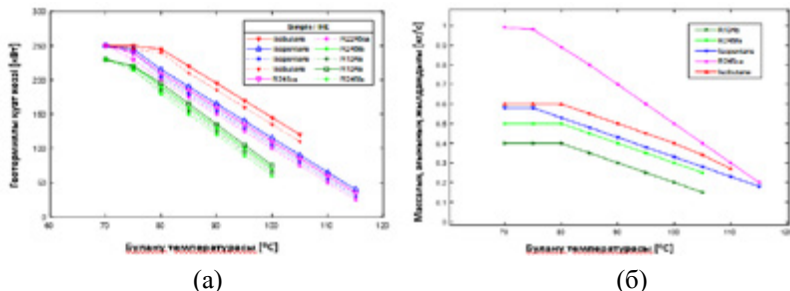
4 (б) суретте меншікті жұмыстың булану температурасына әсері көрсетілген. РОЦ үшін өнімділікті жоғарылату үшін жылу деңгейі неғұрлым жоғарылату тиіс. Мәселен, температура 70°C болған жағдайда изопентан және R245ca үшін 27,8 кДж/кг шамасында болады, ал R245fa, R134a, және изобутан үшін 24,9-дан 15,8 кДж/кг-ға көрсеткішке дейін төмендегенін байқауға болады. R245ca үшін меншікті жұмыс 100°C температурада 32,3 кДж/кг, изопентан 62,8 кДж/кг шамасы аралығында болады [8, 99–124 бб].

5 (а) суретте РОЦ үшін электрлік тиімділік көрсетілген. Графиктен булану температурасының жоғарылауы мен жылу деңгейінің шамасын байқауға болады [9,11-15 бб, 10, 168–186 бб].

Қарастырылып отырған РОЦ үшін (5(б), сурет) булану температурасы орташа ($70\text{--}800^{\circ}\text{C}$) аралығында ($P \approx 16,7$ кВт) астам электр қуаты байқалады. Мәселен, электр энергиясы 80°C температурада изобутанда, ал R245ca мен изопентан үшін максималды булану температурасы 75°C аралығында байқалады. 105°C температурада 10,5 кВт (5 (а), сурет), ал 115°C температурада электр қуаты 3,1 кВт дейін (6 (б)сурет) төмендейді.



Сурет – 5 Электр тиімділігі (а) және қуаты (б)



Сурет – 6 Булану температурасының геотермалды қуатқа (а) және органикалық сұйықтықтың массалық ағынына (б) әсері.

Неғұрлым булану температурасы жоғарыласа, соғұрлым электр энергиясының төмендегені байқалады. Демек, температура (75-80 °C) аралығында электр қуаты артып, ал керісінше температура жоғарылаған сайын төмендегені байқалады (6(а) сурет). Сондай ақ температураның жоғарылауы Ренкин органикалық цикл үшін жұмыс сұйықтығының массалық ағыны мен энергияның төмендеуіне әкеледі (6(б) сурет). Атап айтсақ 0,57 кг/с (изопентан), 0,99 кг/с (R245ca), 70 °C температурада, ал 0,19-дан 0,25-ке дейін 115 °C температурада төмендейді.

Қорытынды

Ренкин органикалық цикл жүйесінің жұмысына булану температурасының әсері бағаланды. Атап айтқанда, геотермалды судың жылдамдығы мен температурасы 1 кг/с және 105 °C-та тіркелген кезде, барлық зерттелген органикалық сұйықтықтар үшін 16,7 кВт астам таза электр қуаты анықталды. Циклдің ең жоғары тиімділігі мен өнімділігі (13,1% 5(а) сурет) изопентан мен R245ca-да (140°C температурада), ал ұқсас көрсеткіштер R134a, изобутан және R245fa-да байқалады. Сондықтан изопентан мен R245ca жұмыс сұйықтығы ретінде біздің жағдайда Ренкин органикалық цикл үшін ең қолайлы болып табылады және электр қуатын арттыру үшін булану температурасы (75-80 °C) аралығында орнату тиімдірек болады. Бұл зерттеуде тек Ренкин органикалық цикл жүйесінің жұмыс істеу жүйесі мен қайнау температурасы төмен жұмыс сұйықтығын таңдап, болашақта еліміздегі геотермалды көздерден электр энергиясын өндіру перспективасы қарастырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Абсаметов, М. К. Подземные воды стратегический ресурс устойчивого развития Казахстана / М. К Абсаметов, Д. А Касымбеков, Е. Ж Муртазин

// Вестник Казахстанской Национальной Академии естественных наук. – 2013. – № 3. – С. 115.

2 **Байкадамова, А. М., Sagin J.** Обследование скважины Жаркентского месторождения термальных подземных вод / А.М Байкадамова, J. Sagin // ҚазҰТЗУ. - Алматы, 2021. – 12–18 с.

3 **Муртазин, Е. Мирошниченко, О.; Трущел, Л** Описание информационной системы ресурсов и запасов подземных вод Казахстана / Е Муртазин /19-я Международная междисциплинарная научная геоконференция // 2019, 137–144 с.

4 **Liu, Q., Chen, R., Yang, X., Xiao, X.** Thermodynamic Analyses of Sub and Supercritical ORCs Using R1234yf, R236ea and Their Mixtures as Working Fluids for Geothermal Power Generation. Energies 2023, 16, 5676. <https://doi.org/10.3390/en16155676>

5 **Minea, V.** Power generation with ORC machines using low-grade waste heat or renewable energy / V. Minea // Applied Thermal Engineering 2014, 69, 143–154 <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.04.054>

6 **Овсянник, А. В.** Выбор, расчет и термодинамический анализ турбоустановок на органическом цикле Ренкина / А. В. Овсянник, В. П. Ключинский // Энергетика 2022 – Т65, № 1. – 76–88с. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2022-65-1-76-88>

7 **Ennio, M., Marco A.** Organic Rankine Cycle (ORC) Power Systems: Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, 2016

8 **Белов, Г. В., Дорохова М. А.** Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике / Г. В Белов, М. А Дорохова // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – № 2. – С. 99–124.

9 **Клименко, А. В.** Особенности комбинированного производства электроэнергии, тепла и холода на базе парогазовой установки / А. В. Клименко [и др.] // Теплоэнергетика. 2015.–11–15 с. <https://doi.org/10.1134/S0040363615030042>.

10 **Quoilin, S.** Techno-Economic Survey of Organic Rankine Cycle (ORC) Systems / S. Quoilin [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. Vol. 22. P. 168–186. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.028>

REFERENCES

1 **Absametov M. K., Kasymbekov D. A., Murtazin E. Zh.** Podzemnyye vody strategicheskiiy resurs ustoychivogo razvitiya Kazakhstana[Groundw ater is a strategic resource for sustainable development of Kazakhstan]/ М.К. Absametov // Vestnik Kazakhstanskoy Natsional'noy Akademii yestestvennykh nauk[Bulletin

of the Kazakhstan National Academy of Natural Sciences]. – 2013. – No. 3. – P. 115. [in Russian]

2 **Байкадамова, А. М., Sagin J.** Obsledovanie skvazhiny Zharkentskogo mestorozhdeniya termal'nykh podzemnykh vod [Inspection of the well of the Zharkentskoye field of thermal groundwater] / А.М Байкадамова, J. Sagin // KazNRTU Vestnic – Almaty, 2021. – 12–18 p.[In Russian]

3 **Murtazin, E. Miroshnichenko, O. Trushel, L.** Opisanie informatsionnoy sistemy resursov i zapasov podzemnykh vod Kazaxstana [Description of the informational system of groundwater resources and reserves of Kazakhstan] / E Murtazin / 19ya Mejdunarodnaya mejdistsiplinarnaya nauchnaya geokonferentsiya [19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference] //2019, 137–144 p. [In Russian]

4 **Liu, Q.; Chen, R.; Yang, X.; Xiao, X.** Thermodynamic Analyses of Sub- and Supercritical ORCs Using R1234yf, R236ea and Their Mixtures as Working Fluids for Geothermal Power Generation. *Energies* 2023, 16, 5676. <https://doi.org/10.3390/en16155676>

5 **Minea, V.** Power generation with ORC machines using low-grade waste heat or renewable energy / V. Minea // *Applied Thermal Engineering* 2014, 69, 143–154 <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.04.054>

6 **Ovsyannik, A. V.** Vybor, raschet i termodinamicheskij analiz turboustanovok na organicheskom cikle Renkina [Selection, calculation and thermodynamic analysis of turbine installations on the organic Rankine cycle] / A.V. Ovsyannik // *Energetika* 2022 – T. 65, № 1.– P. 76–88. [in Russian]

7 **Ennio, M., Marco, A.** Organic Rankine Cycle (ORC) Power Systems: Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, 2016

8 **Belov, G.V., Dorohova M. A.** Organicheskiy cikl Renkina i ego primenenie v al'ternativnoj energetike [The organic Rankine cycle and its application in alternative energy]/ G.V Belov // *Science and Education: scientific publication of the Bauman Moscow State Technical University* – 2014. – № 2. – P. 99–124 [in Russian]

9 **Klimenko, A. V.** Osobennosti kombinirovannogo proizvodstva elektroenergii, tepla i holoda na baze parogazovoj ustanovki [Features of combined power generation, heat and cold on the basis of a combined cycle gas plant] 2015-11–15 p. <https://doi.org/10.1134/S0040363615030042>.

10 **Quoilin S.** Techno-Economic Survey of Organic Rankine Cycle (ORC) Systems / S. Quoilin [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 22. P. 168–186. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.028>

21.09.24 ж. баспаға түсті.

08.11.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

*С. А. Орынбаев¹, *Н. Ш. Абдлахатова², Т. С. Жусип³,**А. О. Жанпейісова⁴, А. С. Тлеимова⁵*^{1,2,3,4,5}Таразский университет им.М. Х. Дулати,

Республика Казахстан, г. Тараз

Поступило в редакцию 21.09.24

Поступило с исправлениями 08.11.24

Принято в печать 04.12.24

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА ДЛЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

В статье представлена общая информация о геотермальных ресурсах Казахстана. Особое внимание было уделено геотермальным скважинам, расположенным в Жаркентском регионе Алматинской области (Южный Казахстан). В рамках исследования с помощью программы QGIS 3.32.0 обновлена и оцифрована территориальная карта, показывающая расположение геотермальных ресурсов в стране

Целью статьи является анализ энергетических характеристик органических циклов Ренкина (ОЦР) с использованием низкотемпературных геотермальных источников. Проведены параметрические исследования с использованием различных органических жидкостей (R134a(фреон), изобутан, R-245fa, изопентан и R245ca) и построена термодинамическая модель. В модели было рассмотрено влияние внутреннего регенератора на работу системы. Исследование показало положительное влияние температуры испарения максимальной температуры внутреннего регенератора на производительность и работу системы ОЦР. Графики были построены с помощью программы Matlab Simulink. Проанализирован возможный вариант применения ОЦР в геотермальной скважине №5539 г. Жаркент (Жаркунакское месторождение) и интересный вариант для производства электроэнергии в малых объемах. Казахстан может повысить свою энергетическую независимость и безопасность, используя местные геотермальные ресурсы, которые еще не разведаны для производства электроэнергии.

Ключевые слова: геотермальные ресурсы, органический цикл Ренкина (ОЦР), R134a (фреон), изобутан, R-245fa, изопентан, R245ca.

S. A. Orynbayev¹, *N. S. Abdlahatova², T. S Zhussip³, A. O. Zhanpeisova⁴,
A. S. Tleshova⁵

^{1,2,3,4,5}M. Kh. Dulaty Taraz University, Republic of Kazakhstan, Taraz

Received 21.09.24

Received in revised form 08.11.24

Accepted for publication 04.12.24

USING THE RANKINE ORGANIC CYCLE FOR GEOTHERMAL RESOURCES OF SOUTHERN KAZAKHSTAN

Abstract: The article presents general information about geothermal resources of Kazakhstan. Particular attention was paid to geothermal wells located in the Zharkent region of the Almaty region (Southern Kazakhstan). As part of the study, using the QGIS 3.32.0 program, a territorial map was created showing the location of geothermal resources in the country. The aim of the article is to analyze the energy characteristics of organic Rankine cycles (ORCs) using low-temperature geothermal sources. Parametric studies were conducted using various organic liquids (R134a (freon), isobutane, R-245fa, isopentane and R245ca) and a thermodynamic model was built. The model considered the influence of the internal regenerator on the operation of the system. The study showed a positive effect of the evaporation temperature of the maximum temperature of the internal regenerator on the performance and operation of the ORC system. The graphs were built using the Matlab Simulink program.

A possible application of the ORC in the geothermal well No. 5539 of Zharkent (Zharkunakskoye field) and an interesting option for the production of electricity in small volumes are analyzed. Kazakhstan can enhance its energy independence and security by using local geothermal resources that have not yet been explored for electricity production.

Keywords: geothermal resources, organic Rankine cycle (ORC), R134a (freon), isobutane, R-245fa, isopentane, R245ca.

Теруге 04.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4317

Сдано в набор 04.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4317

«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