

Ж.Ә. Бақыт^{1*}, Ш.Қ. Исағалиева², А.Б. Касымов¹

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинка көшесі, 20 А

²Томск политехникалық ұлттық зерттеу университеті,
634050, Ресей, Томск, Томск облысы, Ленин даңғылы, 30

*e-mail: bakytzhanel@gmail.com

ОРГАНИКАЛЫҚ РЕНКИН ЦИКЛІНІҢ ЖҰМЫС ДЕНЕСІН ТАҢДАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Мақалада органикалық Ренкин циклінің қолданылуы қарастырылады, сондай-ақ оны жүзеге асыратын қондырғылардың жұмыс денесін дұрыс таңдауға назар аударылады.

Жалпылама қойылған міндеттерді шешу үшін жұмыс денесін таңдау органикалық Ренкин циклінің іске асыру тиімділігінің айқындаушы негізгі шарты болып табылады. Сонымен қатар, мақалада циклде қолданылатын жұмыс денелері және жұмыс денелеріне қойылатын талаптар тұжырымдалды. Органикалық Ренкин циклінде қолданылатын жұмыс денелерінің қасиеттері зерттеліп, циклдің тиімді жұмыс істеуіне әсер ететін негізгі факторлар атап өтілді. Жұмыс сұйықтықтарының негізгі қасиеттері және оларды сумен салыстыру келтірілді. Сондай-ақ, жұмыс денесін оңтайлы таңдау кезінде органикалық Ренкин циклін қолданудың тиімділігі мен оның ерекшеліктері зерттеліп, жалпы циклге SWOT – талдау жүргізілді.

Мақалада зерттеу нәтижелері және жылу энергетикасындағы Ренкиннің органикалық циклі үшін жұмыс денесін таңдау бойынша ұсыныстар көрсетілді. Зерттеулер көрсеткендей, жұмыс денесін таңдау температура жағдайлары, қажетті тиімділік деңгейі, қоршаған орта әсер етуі, қол жетімдік, қауіпсіздік және тағы да басқа бірқатар факторларға байланысты. Қарастырылған мәлімет белгілі бір қондырғы үшін оңтайлы шешімді таңдағанда жылу энергетикасы саласындағы мамандар үшін пайдалы болуы мүмкін.

Түйін сөздер: органикалық Ренкин циклі, жұмыс денесі, геотермалдық көздер, төмен потенциалды энергия, изоэнтропиялық сұйықтықтар, салқындатқыштар, цикл тиімділігі, SWOT – талдау.

Кіріспе

Әлемде энергияны тұтыну жыл сайын артып келеді, оның едәуір бөлігі көмірсутек отындарын жағу арқылы және ядролық реакциялардың нәтижесінде алынған жылу энергиясы болып табылады. Сонымен қатар, басқа төмен потенциалды жылу энергиясының көздері бар. Өкінішке орай, жылу энергиясының едәуір бөлігі өте тиімсіз пайдаланылады, көбінесе қоршаған ортаға таралады. Соңғы уақытта жану өнімдерімен және салқындатқышпен бірге қоршаған ортаға көп мөлшерде шығарылатын төмен потенциалды энергияны қандай да бір жолмен пайдалану үшін көп күш жұмсалды. Төмен потенциалды энергияны пайдаға жарату үшін баламалы жұмыс денелері бар Ренкин циклі қолданылады, мұнда әдетте қайнау температурасы суға қарағанда төмен органикалық заттар пайдаланылады. Осы жағдайға байланысты Ренкин циклін төмен температурада жүзеге асыру мүмкіндігі пайда болады.

Жалпы органикалық Ренкин циклі – жылу беру және энергия алу үшін судың орнына органикалық жұмыс сұйықтықтарын пайдаланатын жылу циклі болып табылады. Бұл циклды қолдану көптеген артықшылықтарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, атмосфераға зиянды шығарындыларды азайтуға мүмкіндік береді, өйткені органикалық жұмыс сұйықтықтары тұтқырлығы төмен және төмен температурада жұмыс істей алады, бұл газды және басқа да бастапқы энергия ресурстарын тұтынуды азайтады. Сонымен бірге, мұнда органикалық жұмыс сұйықтықтары жоғары температурада басқа заттармен әрекеттеспейді, бұл жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндігін береді.

Қайталама жылу энергоресурстарын пайдалану процестерінде органикалық Ренкин циклін қолдану перспективасы жоғары молекулалық салмағы бар сұйықтықты жұмыс денесі ретінде пайдалануға негізделеді, өйткені осы термодинамикалық циклдің режимдік параметрлері жылу энергиясының төмен потенциалды көздерінің температурасы мен қысымы диапазонында жұмыс жасауға мүмкіндік береді. Мұндай жұмыс денесін пайдалану, Ренкиннің бу циклінен айырмашылығы, кез-келген жұмыс жағдайында ылғал түзбестен будың кеңеюіне кепілдік береді және айналу жылдамдығы төмен үлкен жабдықты қондырғы жасауға мүмкіндік береді [1].

Көп жағдайда перспективті жұмыс денелерінің сипаттамаларын салыстыру үшін циклдің термодинамикалық моделі қолданылады. Бұл жағдайда салыстырудың негізгі критерийі көбінесе жұмыс денелерінің физика-химиялық қасиеттеріне айтарлықтай тәуелді циклдің жылу тиімділігі болып табылады. Органикалық Ренкин циклін жүзеге асыру шарты суға қарағанда қайнау температурасы төмен жұмыс денесін пайдалану болып табылады. Жұмыс денелерінің қайнауы салыстырмалы түрде төмен температурада жүреді, бұл төмен потенциалды энергияны пайдалануға мүмкіндік береді.

Геотермалдық көздермен органикалық Ренкин циклін пайдалану схемасы жиі жүзеге асырылады. Геотермалдық көздердің су температурасы бірнеше ондаған градустан 300 °C-қа дейін өзгереді. Әдетте, геотермалдық көздің жылуын пайдалану төменгі температура шекарасы кем дегенде 80 °C болуы керек [2].

Органикалық Ренкин циклі негізіндегі электр станцияларының жұмысының тиімділігіне органикалық заттарға негізделген жұмыс сұйықтығын таңдау айтарлықтай әсер етеді.

Мақалада органикалық Ренкин циклінің жұмыс денесіне қойылатын негізгі талаптар мен жұмыс денесінің қасиеттері зерттелді. Циклдің тиімділігіне заттың қандай қасиеттері көбірек әсер ететінін біржақты айту қиын. Органикалық Ренкин циклінде жұмыс денесін оңтайлы таңдау бүкіл жүйенің тиімді жұмыс істеуінің негізгі факторы болып табылады. Ол үшін бірқатар факторларды ескеру қажет, мысалы:

- жұмыс денесінің қасиеттері және физика-химиялық сипаттамалары;
- жұмыс денесін өндірісте алу мүмкіндігі;
- жұмыс денесінің құны және қол жетімділігі;
- температура мен қысымның жұмыс диапазоны;
- нақты пайдалану шарттарына байланысты басқа да параметрлер[3].

Жұмыс денесін таңдаудағы маңызды шарт – оның термиялық тұрақтылығы, яғни жоғары температура мен қысымда өз қасиеттерін сақтау мүмкіндігі. Сондай-ақ, жұмыс денесінің инерттілігі, яғни оның жұмыс процесінде басқа заттармен реактивтілігі маңызды фактор болып табылады.

Органикалық Ренкин циклінде қолдануға болатын жұмыс денелерінің арасында мыналарды атап өтуге болады:

- силикоорганикалық сұйықтықтар (мысалы, циклометил – силикон, диметил – силикон);
- фторланған көмірсутектер (мысалы, фторланған метан, фторланған этан);
- органикалық көмірсутектер (мысалы, этанол, бутанол, олардың изомерлері) [4].

Тұтастай алғанда, органикалық Ренкин циклі үшін жұмыс денесін таңдағанда негізгі қасиеттер мен талаптарды ескеру қажет.

Жұмыс денелеріне қойылатын талаптар 1 кестеде көрсетілген.

Зерттеу әдістері және материалдар

Органикалық жұмыс сұйықтықтары үшін қанығу қисығының көлбеуі оң (изопентан), теріс (R22) немесе тік (R11) болуы мүмкін. Бұл сұйықтықтар сәйкесінше «ылғал», «құрғақ» және «изоэнтропиялық» сұйықтықтар деп аталады. Ылғал сұйықтықтар (су) әдетте электр энергиясын өндіру үшін қызып кетуі керек. Құрғақ немесе изоэнтропиялық типтегі басқа органикалық сұйықтықтар қызып кетуді қажет етпейді. Ренкиннің органикалық циклдары мен олардың жұмыс сұйықтықтарында көптеген зерттеулер жүргізілді. Жұмыс сұйықтықтары ретінде бензол, аммиак, R11, R12, R134a және R113 көмегімен органикалық Ренкин циклінің тиімділігі зерттелді [5].

Кесте 1 – Органикалық Ренкин циклінде қолданылатын жұмыс денелерінің талаптары

Жұмыс денесінің булану жылуы	Берілген жұмыс температурасы диапазоны үшін циклдің нақты жұмысы максималды болуы керек. Жұмыс денелерінің булану жылуы мүмкіндігінше жоғары болғаны жөн.
Тұтқырлық	Сұйық және бу фазаларының төмен тұтқырлығы төмен үйкеліс шығындарын және жоғары жылу беру коэффициентін қамтамасыз етуі керек.
Жылуөткізгіштік	Жұмыс денелерінің жоғары жылу өткізгіштігі жылу алмастырғыштарда тиімді қыздыру мен салқындатуды қамтамасыз етеді.
Бу қысымы	Ренкин цикліндегі жұмыс денелерінің қаныққан бу қысымы тым жоғары немесе тым төмен болмауы керек, әйтпесе вакуумды құру және құбырлар мен арматуралардың беріктігі мен герметикалығын қамтамасыз ету кезінде проблемалар туындауы мүмкін.
Термиялық тұрақтылық	Жұмыс денесіне қойылатын маңызды талап жоғары температурада термиялық тұрақтылық болып табылады. Өкінішке орай, көптеген органикалық қосылыстар қыздыру кезінде химиялық өзгерістерге ұшырайды және олардың қасиеттері де өзгереді.
Температура	Зат жұмыс температурасының барлық диапазонында қатып қалмауы керек. Сондықтан жұмыс денесінің үштік нүктесі циклдің ең төменгі температурасынан төмен болуы керек.
Жанғыштық	Жұмыс денесі улы және жанғыш болмауы керек, оның қоршаған ортаға шығуы ластануды тудырмауы керек.
Қол жетімділік	Жұмыс денесінің арзан және қол жетімді болғаны жөн. Осыған байланысты, тоңазытқыш өнеркәсібінде қолданылатын заттар органикалық Ренкин цикліндегі жұмыс денесі үшін жақсы болып табылады.

Осыдан изоэнтропиялық сұйықтықтар төмен температуралы қалдық жылуды қалпына келтіруге ең қолайлы екенін түсінуге болады. Сонымен қатар, органикалық Ренкин цикліндегі жүйелеріндегі әртүрлі сұйықтықтарға көптеген зерттеулер жүргізілді. Жалпы жұмыс сұйықтығын таңдау үшін бірнеше критерийлерді ескеру қажет: қоршаған ортаның тұрақтылығы, озон қабатының сарқылу потенциалы, ғаламдық жылыну потенциалы, қауіпсіздік (жанбайтын, улы емес және агрессивті емес), қазандықтағы бу қысымы, сыни температура және ыстыққа төзімділік.

Органикалық Ренкин циклінде қолданылатын ең көп таралған жұмыс денелері – тоңазытқыш өнеркәсібінде қолданылатын салқындатқыштар: R134a, R-245fa және т.б., сонымен қатар пентан, гексан және кейбір органикалық кремнийлер қолданылады [6]. Бұл жұмыс денелерінің термодинамикалық қасиеттері бір-бірінен де, су мен су буының қасиеттерінен де айтарлықтай ерекшеленеді.

Зерттеу нәтижелері

Мақалада, органикалық Ренкин циклінің тиімділігін талдау үшін әртүрлі жұмыс сұйықтығы таңдалды. 2-кестеде таңдалған жұмыс сұйықтықтарының негізгі қасиеттері және оларды сумен салыстыру келтірілген.

Кесте 2 – ОРЦ-де қолданылатын кейбір органикалық заттардың қасиеттері және оларды сумен салыстыру

Жұмыс денесі	Формуласы	$t_{кр}$, °C	$p_{кр}$, бар	$T_{қайнау}$, °C (1 бар)	$\Delta h_{булану}$, кДж/кг (1 бар)
Cy	H ₂ O	373.9	220.6	100	2257.5
R245fa	C ₃ H ₃ F ₅	154.1	36.4	14.8	195.6
R134a	CF ₃ CH ₂ F	101.1	40.6	-26.1	217.2
R22	CHClF ₂	96.2	49.9	-40.81	233.9
n -пентан	C ₅ H ₁₂	196.6	33.7	36.2	361.8
MM	C ₆ H ₁₈ OSi ₂	245.6	19.4	100.3	193.6

2-кестеден будың пайда болу жылуы, осы денелердің температурасы мен қысымы суға қарағанда едәуір төмен екенін көруге болады. Жылу көздерінің салыстырмалы түрде төмен температурасын ескере отырып, осы органикалық заттарды талдау органикалық Ренкин

циклінде судағы Ренкин цикліне қарағанда айтарлықтай аз жылу айырмашылықтарын жүзеге асыруға болады деген қорытындыға әкеледі.

Циклде қолдануға ең тиімдісін анықтау үшін әртүрлі сұйықтықтар тексерілді. Толуол жұмыс сұйықтығы басқа сұйықтықтарды пайдаланатын жүйелермен салыстырғанда кеңейткіштегі қысымның төмен дифференциалына байланысты бұл жүйеде төмен өнімділікті көрсетеді. R134a және изобутан органикалық Ренкин циклі жүйесінде жұмыс сұйықтықтары ретінде пайдалану үшін перспективті нәтижелер көрсетеді және жоғары қуат алуға мүмкіндік береді деп санауға болады.

SWOT – талдауы

Күшті жақтары	Әлсіз жақтары
<ul style="list-style-type: none"> – ОРЦ жылу қоймалары, қалдықтар және т.б. сияқты пайдаланылмаған жылу ағындарын пайдалануға мүмкіндік береді; – ОРЦ шағын нысандар үшін де, үлкен энергетикалық кешендер үшін де қолданыла алады; – салыстырмалы түрде төмен температуралы энергияны пайдалану; – турбинаның салыстырмалы түрде жоғары ПӘК-і; – турбинаның аз тозуы; – төмен механикалық және температуралық жүктемелер; – техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы; – салыстырмалы түрде төмен айналу жылдамдығына, сондай-ақ төмен қысым мен температура мәндеріне байланысты жабдықтың ұзақ қызмет ету мерзімі; – жұмыс денесін химиялық өңдеусіз тұйық жұмыс циклі; – қондырғыны орналастыру үшін салыстырмалы түрде шағын аймақ. 	<ul style="list-style-type: none"> – ОРЦ дәстүрлі газ турбиналарымен салыстырғанда төмен тиімділікке ие; – қалдық жылуды пайдалану шектеулі; – оңтайлы жұмысты сақтау үшін жүйені жиі күтіп ұстау және өте дәл баптау қажеттілігі; – соңғы нәтиженің тиімділігіне әсер ететін органикалық жұмыс денелерінің шектеулі таңдауы; – жылу көзінің максималды температурасы жұмыс денесінің химиялық тұрақтылығымен шектеледі (өйткені ол жоғары температурада ыдырайды).
Мүмкіндіктер	Қауіптер
<ul style="list-style-type: none"> – циклдің жылу энергиясының әртүрлі көздеріне бейімделу мүмкіндігі; – электр желісіне қосылмаған алыс объектілерде ОРЦ пайдалану мүмкіндігі; – жаңартылатын энергия көздеріне сұраныстың артуы, ОРЦ-нің жасырын әлеуетін арттырады; – майысқан айналары бар күн электр станцияларының бөлігі ретінде пайдалануға болады; – органикалық Ренкин циклін теңіз суын тұщыландыру үшін де қолдануға болады. 	<ul style="list-style-type: none"> – дәстүрлі газ турбиналары сияқты жылу энергиясын түрлендірудің басқа әдістерімен бәсекелестіктің артуы; – жоғары технологиялық тәуелділіктің өсу қаупі; – органикалық жұмыс денелері жасалатын сирек экологиялық таза материалдарға сұраныстың артуына байланысты тәуекелдер; – кейбір жұмыс денелері өрт қаупі бар, сонымен қатар озон қабатына теріс әсер етуі мүмкін, мысалы, кейбір фреондар, бұл ағып кетуді болдырмау қажеттілігін тудырады; – қолданылатын жұмыс денелері жоғары температурада химиялық тұрақсыз.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

SWOT – талдауының жалпы қорытындысы ОРЦ пайдаланылмаған жылу көздерінен электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылуы мүмкін тиімді және инновациялық технология екенін көрсетеді. Дегенмен, дәстүрлі газ турбиналарымен салыстырғанда төмен тиімділік, қалдық жылуды шектеулі пайдалану және жиі техникалық қызмет көрсету және өте дәл баптау қажеттілігі сияқты белгілі бір әлсіздіктер бар. Дегенмен, алыс нысандарда ОРЦ пайдалану, күн электр станцияларында пайдалану, теңіз суын тұщыландыру және жаңартылатын энергия көздеріне сұранысты арттыру сияқты көптеген мүмкіндіктері де бар. Қауіптердің қатарына өсіп келе жатқан бәсекелестік, технологиялық тәуелділік қаупі, жұмыс денелерінің тұрақсыздығымен байланысты тәуекелдер және экологиялық қауіп жатады.

Зерттеу нәтижелері органикалық Ренкин циклі энергия өндірудің перспективалы технологиясы екенін көрсетеді, әсіресе әлеуеті төмен көздермен жұмыс істегенде. Органикалық жұмыс сұйықтықтары Ренкиннің бу циклінде қолданылатын суға қарағанда

бірқатар артықшылықтарға ие және оларды Ренкин циклінде тиімді пайдалануға болады. Алайда, органикалық жұмыс сұйықтықтарын өндіру құны жоғары болып қалады, бұл олардың өнеркәсіпте кеңінен қолданылуын шектеуі мүмкін. Сондай-ақ, жоғары температура мен қысымда жұмыс сұйықтықтарының қасиеттерінің тұрақтылығы мен сақталуын жақсарту үшін қосымша зерттеулер қажет. Артықшылықтары мен шектеулерін ескере отырып, Ренкиннің органикалық циклі әртүрлі салалардағы әртүрлі көздерден энергия алудың тиімді құралы болады.

Бұл нәтиже әртүрлі көздерден энергияны қажет ететін салалар үшін практикалық маңызға ие болуы мүмкін. Органикалық Ренкин циклі жоғары температурадағы жылу көздері сияқты төмен потенциалды көздерден энергия алу кезінде, сондай-ақ электр энергиясын өндіру үшін өнеркәсіпте, сондай-ақ ауыл шаруашылығында пайдалану үшін сұранысқа ие болуы мүмкін.

Алайда, бұл технологияны кеңінен қолдану үшін, мысалы, жоғары температура мен қысымда жұмыс сұйықтықтарының тұрақтылығы мен қасиеттерінің сақталуын жақсарту саласында көбірек зерттеулер жүргізу қажет. Мұндай зерттеулер органикалық Ренкин циклінің тиімділігі мен экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға және оны әртүрлі салаларда қолдануға ыңғайлы етуге көмектеседі.

Қорытынды

Қорытындылай келе, органикалық Ренкин циклін қолдану пайдаланылған газдардың, геотермалдық көздердің, Күн энергиясының және салыстырмалы түрде төмен температурадағы басқа жылу ағындарының төмен потенциалды жылу энергиясын пайдалануға мүмкіндік береді. Органикалық Ренкин циклі үшін жұмыс денесін таңдау оның сипаттамаларына айтарлықтай әсер етеді және пайдалану температурасы мен цикл қысымының диапазонымен анықталады. Ғылыми мақалада органикалық Ренкин циклінде қолданылатын жұмыс денелері таңдалып, олардың қасиеттері сонымен қатар, әртүрлі жұмыс денелері мен судың айырмашылығы зерттелді. Сондай-ақ, жұмыс денелеріне қойылатын негізгі талаптар көрсетілді. Органикалық Ренкин цикліне жалпы SWOT – талдауы жүргізілді.

Әдебиеттер тізімі

1. Шубаров, Н.С. Сравнение органического и парового циклов Ренкина / Н.С. Шубаров. – // Молодой ученый. – 2017. – № 21(155). – С. 160-163.
2. Электроэнергия из низкотемпературного бросового тепла с применением ОЦР // aqua-therm.ru URL: https://aqua-therm.ru/articles/articles_695.html (дата обращения: 14.03.2023).
3. Таубалдиев, А.А. Эффективность органического цикла Ренкина // сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. – Пенза: Наука и Просвещение, 2021. – С. 24-27.
4. Серажетдинова Д.С., Пирогов Е.Н Обоснование выбора рабочего тела для органического цикла Ренкина // Вопросы устойчивого развития общества. – 2022. – № 4. – С. 5.
5. Белов Г.В., Дорохова М.А. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике // Наука и образование. – 2014. – № 7. – С. 26.
6. Органический цикл Ренкина // altenergetika.ru URL: <https://altenergetika.ru/organicheskiy-tsikl-renkina/> (дата обращения: 25.03.2023).

References

1. Shubarov, N.S. Sravnenie organicheskogo i parovogo tsiklov Renkina / N. S. Shubarov. – // Molodoi uchenyi. – 2017. – № 21(155). – S. 160-163. (In Russian).
2. Elektroenergiya iz nizkotemperaturnogo brosovogo tepla s primeneniem OTsR // aqua-therm.ru URL: https://aqua-therm.ru/articles/articles_695.html (data obrashcheniya: 14.03.2023). (In Russian).
3. Taubaldiev, A.A. Effektivnost organicheskogo tsikla Renkina // sbornik statei XXV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2021. – S. 24-27. (In Russian).
4. Serazhetdinova D.S., Pirogov E.N Obosnovanie vybora rabochego tela dlia organicheskogo tsikla Renkina // Voprosy ustoichivogo razvitiia obshchestva. – 2022. – № 4. – S. 5. (In Russian).
5. Belov G.V., Dorokhova M.A. Organicheskii tsikl Renkina i ego primeneniye v alternativnoi energetike // Nauka i obrazovanie. – 2014. – № 7. – S. 26. (In Russian).
6. Organicheskii tsikl Renkina // altenergetika.ru URL: <https://altenergetika.ru/organicheskiy-tsikl-renkina/> (data obrashcheniia: 25.03.2023). (In Russian).

Ж.Ә. Бақыт¹, Ш.Қ. Исағалиева², А.Б. Касымов¹

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, Томск, Томская область, проспект Ленина, 30

*e-mail: bakytzhanel@gmail.com

ВЫБОР РАБОЧЕГО ТЕЛА ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ОСОБЕННОСТЕЙ

В статье рассматривается применение органического цикла Ренкина, в частности уделяется внимание правильному выбору рабочего тела в установках, реализующих такой цикл.

Выбор рабочего тела для решения обобщенно поставленных задач является определяющим основным условием эффективности реализации органического цикла Ренкина. Кроме того, в статье сформулированы рабочие тела, используемые в цикле, и требования к рабочим телам. Были изучены свойства рабочих тел, используемых в органическом цикле Ренкина, и отмечены основные факторы, влияющие на эффективное функционирование цикла. Приведены основные свойства рабочих жидкостей и их сравнение с водой. Также были изучены эффективность применения органического цикла Ренкина и его особенности при оптимальном выборе рабочего тела, проведен SWOT – анализ общего цикла.

В статье были представлены результаты исследования и рекомендации по выбору рабочего тела для органического цикла Ренкина в теплоэнергетике. Исследования показывают, что выбор рабочего тела зависит от ряда факторов, таких как температурные условия, желаемый уровень эффективности, влияние на окружающую среду, доступность, безопасность и т.п. Рассмотренные данные могут быть полезны специалистам в области теплоэнергетики при выборе оптимального решения для конкретной установки.

Ключевые слова: органический цикл Ренкина, рабочее тело, геотермальные источники, низкая потенциальная энергия, изозэнтропические жидкости, хладагенты, эффективность цикла, SWOT – анализ.

Zh. Bakyt¹, Sh. Issagaliyeva², A. Kassymov¹

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²National Research Tomsk Polytechnic University,
634050, Russia, Tomsk, Tomsk Region, 30 Lenin Avenue

*e-mail: bakytzhanel@gmail.com

SELECTION OF THE WORKING BODY OF THE ORGANIC RANKIN CYCLE AND THE STUDY OF ITS FEATURES

The article considered the application of the organic Rankine cycle, in particular attention was paid to the correct choice of the working fluid in installations that implement such a cycle.

The choice of a working medium for solving generalized tasks is the determining basic condition for the effectiveness of the implementation of the organic Rankine cycle. In addition, the article formulates the working bodies used in the cycle and the requirements for working bodies. The properties of the working bodies used in the organic Rankine cycle were studied and the main factors affecting the effective functioning of the cycle were noted. The main properties of working fluids and their comparison with water are given. The effectiveness of the organic Rankine cycle and its features were also studied with the optimal choice of the working fluid, a SWOT analysis of the overall cycle was carried out.

The article presents the results of the study and recommendations on the choice of a working fluid for the organic Rankine cycle in thermal power engineering. Research shows that the choice of working fluid depends on a number of factors, such as temperature conditions, desired level of

efficiency, environmental impact, availability, safety, etc. Considered data can be useful to specialists in the field of thermal power engineering when choosing the optimal solution for a specific installation.

Key words: *organic rankine cycle, working fluid, geothermal sources, low potential energy, isentropic liquids, refrigerants, cycle efficiency, SWOT analysis.*

Авторлар туралы мәліметтер

Ж.Ө. Бақыт* – магистрант, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bakytzhanel@gmail.com

Ш.Қ. Исағалиева – магистрант, Томск политехникалық ұлттық зерттеу университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: kairatova299@mail.ru

А.Б. Касымов – PhD, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: festland2@yandex.kz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>

Сведения об авторах

Ж.Ө. Бақыт* – магистрант, Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: bakytzhanel@gmail.com

Ш.Қ. Исағалиева – магистрант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская Федерация, e-mail: kairatova299@mail.ru

А.Б. Касымов – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: festland2@yandex.kz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>

Information about the authors

Zh.A. Bakyt* –master's student, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: bakytzhanel@gmail.com

Sh.K. Issagaliyeva –master's student, National Research Tomsk Polytechnic University, Russian Federation; e-mail: kairatova299@mail.ru

A.B. Kassymov – PhD, Acting associate professor of the Department «Technical physics and heat power engineering», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: festland2@yandex.kz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>.

Материал 16.06.2023 ж. баспаға түсті.

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-3(11)-4

МРНТИ: 29.27.49

**Ә.Ж. Қайырбекова^{1,2*}, А.Ж. Миниязов^{1,2}, Т.Р. Туленбергенов^{1,2},
Ғ.Қ. Жанболатова¹, О.А. Степанова²**

¹Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК,
071100, Республика Казахстан, г. Курчатов, улица Бейбіт атом 10

²Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20 А

*e-mail: kaiyrbekova@nnc.kz

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ УСТАНОВКЕ

Аннотация: *В настоящее время продолжают исследования взаимодействия плазмы с конструкционными материалами первой стенки и дивертора международного экспериментального термоядерного реактора ИТЭР на действующих токамаках и имитационных плазменных установках. При исследовании взаимодействия плазмы с поверхностью кандидатных материалов ТЯР важную роль играют параметры плазмы. Для определения локальных значений основных параметров плазмы существует*