



DOI 10.51885/1561-4212_2025_3_130

FTAXP 44.41.31

ЭНЕРГИЯ ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ

TECHNOLOGICAL INSTALLATION FOR ENERGY PRODUCTION

К.К. Толубаева  ^{1*}, М. Камет  ²

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан,

²Назарбаев Университеті, Астана, Қазақстан

*Толубаева Канагат Камзановна, e-mail: KTolubaeva@edu.ektu.kz

Түйінді сөздер:

қондырғы, су, электр,
жылу, энергия, коллапс,
ротор, жылу
алмастырғыш.

ТҮЙІНДЕМЕ

Технологиялық қондырғының жұмыс қағидасы кавитация тудыратын асимметриялық сақиналы конденсациялық су коллапсының әсеріне негізделген. Технологиялық қондырғыны әзірлеудің негізгі мақсаты, ротордың жұмысын жақсарту және кавитацияны жылу энергиясын алу үшін қолдану. Жұмыс режиміне шыққаннан кейін, қолданыстағы электр қазандығымен салыстырғанда, технологиялық қондырғының көмегімен алынған жылу құны төмен болатынын көрсетті. Технологиялық қондырғының шығымы жарты жылда өтеледі. Энергия тапшылығы мен жеткізушілердің бағасының өсуіне, жылу және электр қуаты мен тұтыну көлемінің ұлғаюына байланысты, тұрақты электр энергиясының мен ыстық су өндіретін технологиялық қондырғының экспорттық әлеуеті жоғары болады. Технологиялық қондырғы жылу және электр энергиясын өндірудің бірегей көзі ретінде ұсынылады. Экология мен қоршаған ортаға зиян келтірместен, көмірсутек отындарын жақпай-ақ, тұтынушыларды электр энергиясымен және ыстық сумен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бірегей технологиялық қондырғының күтілетін экономикалық тиімділігі, техникалық, технологиялық, экологиялық және экономика жағынан жоғары деңгейде.

Ключевые слова:

установка, вода,
электричество, тепло,
энергия, коллапс, ротор,
теплообменник

АННОТАЦИЯ

Принцип работы технологической установки основан на воздействии асимметричного кольцевого конденсационного водяного коллапса, вызывающего кавитацию. Основная цель разработки технологической установки, совершенствование работы ротора и использовать кавитации для получения тепловой энергии. После выхода на рабочий режим, по сравнению с существующей электрической котельной показало, что полученное с помощью технологической установки стоимость тепла будет ниже. Выход технологической установки окупается за полгода. В связи с дефицитом энергии и ростом цен поставщиков, увеличением объемов тепловой и электрической энергии и потребления, экспортный потенциал технологической установки по производству устойчивой электроэнергии и горячей воды будет высоким. Технологическая установка предлагается как уникальный источник



производства тепловой и электрической энергии. Позволяет обеспечить потребителей электроэнергией и горячей водой, не нанося вреда экологии и окружающей среде, не сжигая углеводородное топливо. Ожидаемая экономическая эффективность уникальной технологической установки находится на высоком уровне в техническом, технологическом, экологическом и экономическом плане.

keywords:

installation, water,
electricity, heat, energy,
collapse, rotor, heat
exchanger

ABSTRACT

The principle of operation of the technological installation is based on the effect of asymmetric ring condensation water collapse, causing cavitation. The main objective of developing the technological installation is to improve the operation of the rotor and use cavitation to generate thermal energy. After reaching operating mode, a comparison with the existing electric boiler room showed that the cost of heat obtained using the technological installation would be lower. The technological installation pays for itself in six months. Due to energy shortages and rising supplier prices, increased heat and electricity volumes and consumption, the export potential of the technological facility for the production of sustainable electricity and hot water will be high. The technological installation is offered as a unique source of thermal and electrical energy production. It allows consumers to be supplied with electricity and hot water without harming the ecology and the environment and without burning hydrocarbon fuel. The expected economic efficiency of this unique technological installation is high in technical, technological, environmental and economic terms.

КІРІСПЕ

Мақалада динамикалық жылу электр генераторының технологиялық қондырғысында ыстық су мен электр энергиясын алу әдісі келтірілген.

Эксперименттік мәліметтер мен сандық модельдеудің нәтижелерін салыстыра отырып, тәжірибелік қосымшаларда гидродинамикалық кавитацияны қолдану аясын кеңейту ұсынылды. Алынған нәтижелерді модельдеу кезінде кавитаторлардың ықтимал ақаулары ескерілді. Жүргізілген зерттеулер кавитациялық саптамаларды әзірлеу үрдісін жеңілдетуге, гидродинамикалық шамаларын жылдам бағалауға, кавитацияны тәжірибеде қолдану үшін керек.

Сорғыларды жобалау кезінде сұйықтықтарды жоғары температурада өткізу үшін кавитациядан қорғау маңызды. Тұтынылатын энергия электр қозғалтқышының қуатынан емес, сұйықтықтың өзінен алынады немесе кавитация үрдісі кезде сұйықтықта сырттан пайда болады.

Көмірсутектерді қолданбай аз шығынмен ыстық су мен электр энергиясын алуға мүмкіндік беретін тәсілі қарастырылды. Ұсынылған технологиялық қондырғыда кавитациядан қорғалған гидроролик сорғысы орнатылған. Ротордың сорғысында қалақшалар ретінде жоғары жылдамдықпен айналатын гидравликалық ролик қолданылады. Су қарқынды айналғанда, яғни кернеуі теріс созылған күйде болады. Суды терең тазарту жүйесін жасаған кезінде, су созылады бірақ нашар қысылады.

Жетектің гидравликалық дистрибьюторында кавитациялық құбылыстардың болуы атқарушы гидравликалық қозғалтқыштың жоғары жылдамдықтары мен үдеулеріне, гидравликалық қозғалтқыштағы қысым айырмашылықтарының 0-ден 70 пайызға дейінгі диапазонындағы уақыт бойынша өзгертін жүктемеден тәуелсіз болды. Ағынды тұрақтандырудың әсері, талданатын құрылғылардың ағынды бөлігінде болатын



гидродинамикалық кавитацияның құбылыстарымен анықталатынын (Уколов және басқ., 2018) жазылған.

Энергия ресурстарын үнемдей отырып көмірсутектерді пайдаланбай ыстық су мен электр энергиясын алуға мүмкіндік беретін технологиялық қондырғыны ұсыну мақсатында осы мәселелер ұқсас ғылыми жұмыстар қарастырылды. Технологиялық құбырларды, гидравликалық жүйелер мен құрылғыларды құрастырумен, сынаумен және пайдаланумен айналысатын инженерлік-техникалық және ғылыми қызметкерлерге арналған.

Әдеби шолу. Кавитацияны зерттейтін эксперименттік қондырғылар туралы және гидравликалық кедергілердің түрлерінде кавитацияның пайда болуы жайлы (Arzumatov, 1978) жазылған.

Гидродинамикалық кавитацияның реактивті элементтердегі ағынды тұрақтандыру әсері және кавитация саны, модельдеу, ағынды тұрақтандыру, кавитациялық құбылыстың пайда болуы (Brennen, 1995; Федоткин және басқ., 2000) сипатталған. Кавитация кезінде пайда болатын шу және эрозиялық бұзылуы. қысымның жоғарылауы, материалдың бұзылуы көрсетілген. Кавитация гидравликалық машиналарда, сорғылар мен гидротурбиналарда, жылдам айналатын винттердің қалақтарында пайдалы әсер ету коэффициентінің төмендеуіне, кавитацияға ұшыраған бөліктерінің жойылуына әкеледіні талданған.

Кавитация әсерінің құрылғыдан шығу кезінде ағынды тұрақтандыру құбылысы және құрылғылардың жұмыс ерекшеліктері жазылған. Ағынды реттеу және құрылғының кавитация құбылысы (Brennen, 2014) сипатталған. Гидравликалық жетектегі ағынды тұрақтандыру тәсілі (Goroshkov және басқ., 1969) баяндалған. Құрылғыдағы қысым және кавитациялық ағындардың әсері (Gamynin, 1975; Pernik, 1966) жұмыстарда көрсетілген Эксперимент түрінде зерттеулер (Pearsall, 1972) жүргізіліп, бағдарлама көмегімен кавитацияның көріну аймақтарындағы ауытқуларға, эксперименттік болжамды деректерге кавитаторлардың сапасына және кавитациялық ағынға модельдеу арқылы талдау жүргізген. Кавитация құбылысын энергияның концентрациясы арқылы химиялық реакцияларды жылдамдату үшін (Osherovsky, 1970) қолданып, эксперименттік тұрғыдан кавитациялық көпіршіктер құлағанда сұйықтықтың кавитациялық қызатынын дәлелдеген. Қауіпсіз құрылғыларды модельдеу мақсатында, сұйықтықтың құйынды қозғалысының энергиясын жылуға айналдыр (Ахметов және басқ., 2012; Vivek және басқ., 2022) әдістері ұсынылған. Көпіршік динамикасы мен кавитациямен байланысты маңызды физикалық үрдістерді сипаттайтын, ағындарды зерттейтін нұсқаулықта (Бочаров және басқ., 1987; Некрасов 1967). сұйық пен тұрақты жүйелердегі көпіршіктердің динамикасын, өсуі, құлауы және тербелісі талқылаған.

Кавитациялық түрлендіргіштердің алғашқы тиімді модельдерінің бірі Григгс генераторы, ол бетінде тесіктері жоқ дискілі роторды қолданды. Айналмалы типтегі қондырғыларды қолдану күрделі, дәл калибрлеу және жұмыс кезінде геометриялық шамаларды сақтауды қажет. Кавитациялық жылу генераторлары қорап пен тетікбөлшектердің кавитациялық эрозиясына байланысты қызмет ету мерзімі 2-4 жыл. Жұмыс істегенде шу болады. Модельдің артықшылығы классикалық жылытқыштарға қарағанда өнімділігі 25 %.

Ю.С. Потаповтың молекулалық қозғалтқышы мен құйынды жылу генераторы Стирлинг қозғалтқышының тиімділігінен екі есе көп тиімділікпен отынсыз ауада және суда автономды жұмыс істейтіні ашық ақпарат көздерінде баяндалған.

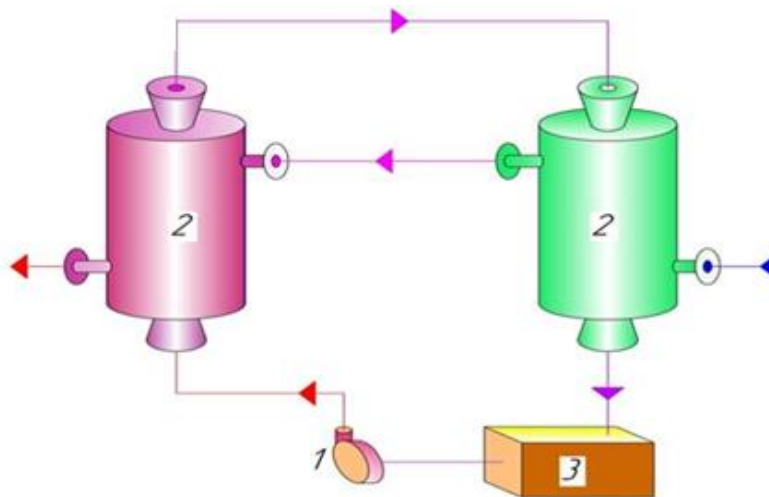
Ауада және суда жұмыс істейтін жылу электр станциясы отын үнемдеуді, қала жағдайында жылу трассаларын жөндеу және оларды төсеу мәселесін шешеді. Орталықтандырылмаған жылыту және ыстық сумен жабдықтау мемлекетке пайдалы.



ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Технологиялық қондырғы жабық жүйедегі ыстық сумен жабдықтайтын екі тізбекті бірлік болып табылады (Tolubayeva және басқ., 2024). Бірінші тізбекте арнайы дайындалған технологиялық су айналады. Қондырғының осы тізбегіне арнайы дайындалған технологиялық су құйылып баяу қыздырылады. Электр қозғалтқышының іске қосуға жұмсалатын қуаты шамамен 18кВт. Тізбегі технологиялық су температурасы 60 °С жеткеннен соң, су температурасы күрт көтеріле бастайды. Іске қосатын электр қозғалтқышына орнатылған ваттметр көрсеткісі 3,6 кВт-қа дейін түседі. Осы кезде екінші тізбекке су табиғи көзінен немесе орталықтандырылған жүйеден суық су беріледі. сонда қондырғы жылу бөле отырып, басқа қуатпен 76 кВт жұмыс істей бастайды.

Қондырғы жұмыс режиміне шыққан кезде генератордың роторы өзінің электр энергиясын өндіре бастайды, автоматты режимде жұмыс істей отырып, жылу және электр энергиясын өндіреді. Қондырғы жұмыс режиміне шыққан кезде іске қосу электр қозғалтқышының қуаты автоматты түрде тоқтан ажыратылады. Екі тізбекті қондырғының ораласу үлгісі 1-ші суретте көрсетілген.



1-сурет. Екі тізбекті қондырғы: 1-циркуляциялық сорғы;
2-жылу алмастырғыш; 3-араластырғыш бак)

Ескерту – автормен құрастырылған

Жылу және электр энергиясын өндіру үшін технологиялық қондырғыға суық су құйып, қыздырамыз. Технологиялық қондырғыда айналым сорғысы кавитациядан қорғалған. Сорғының соратын жеріндегі ағымдағы ағындар, су температурасы қандай болса да белгіленген деңгейге жетуге мүмкіндік береді.

Термодинамикадағы энергияның сақталу заңы бойынша сорғының электр қозғалтқышы бірдей қуатты тұтынуы керек. Егер жүйенің құрамындағы электр қозғалтқышының электр қуаты жүйеден шығатын энергия мөлшері мен желілік суға берілетін жылу мөлшері белгілі болса, онда бұл екі шама шығындарды бірге есептегенде сәйкес келуі керек

Сорғы айдалатын сұйықтықта жұмыс істеу үрдісінде бұрын ескерілмеген энергияның бөлінуі басталады және бұл энергия сұйықтықты жылытуға жұмсалады, содан кейін сорғы жұмыс істеген кезде алынған жылу энергиясының мөлшері электр қозғалтқышы жұмсайтын электр энергиясының мөлшерінен артық болады.

Сұйықтықты айдау кезінде қосымша энергия пайда болады. Сорғыда сұйықтық су мен сорғының құрылымдық элементтері арасындағы үйкеліс арқылы қызады.



Сұйықтықтағы қысымның өзгеруі оның термодинамикалық қызуына әкеледі. Сұйықтықты жылыту үшін электр қозғалтқышының энергиясы жұмсалады. Термодинамикалық параметрлерді қайта бөлу арқылы сұйықтықты айдау кезінде сыртқы энергия жұмсалмайды, конверсия еселігі бірліктен үлкен, кавитация энергиясы пайда болады.

Кавитациядан қорғау сұйықтықтарды жоғары температурада айдау үшін сорғыларды жобалау кезінде маңызды. Тұтынылатын энергия жетек электр қозғалтқышының қуатынан емес, сұйықтықтың өзінен алынады немесе кавитация процесі пайда болған кезде сұйықтыққа сырттан түседі. Биіктігі 1,5 м су дифференциалды манометрі алынды. түтіктің сыртқы диаметрі 10 мм, ішкі диаметрі 8 мм болды. дифманометрге нөлдік белгі бойынша су құйылды және Камовский сорғысы қолданылды, ол бірдей разряд пен ауа қысымын тудырады және шағын, жақсы бақыланатын ауа ағынына ие. Дифманометр шлангісін сорғының айдау фитингіне қосқан кезде дифманометрдегі су деңгейі оның сол жақ тармағында көтеріліп, оң жақ тармағында төмен түсіп, биіктіктер тең болды.

Биіктігі 1,5 м су дифференциалды манометрі алынды. түтіктің сыртқы диаметрі 10 мм, ішкі диаметрі 8 мм болды. дифманометрге нөлдік белгі бойынша су құйылды және Камовский сорғысы қолданылды, ол бірдей разряд пен ауа қысымын тудырады және шағын, жақсы бақыланатын ауа ағынына ие. Дифманометр шлангісін сорғының айдау фитингіне қосқан кезде дифманометрдегі су деңгейі оның сол жақ тармағында көтеріліп, оң жақ тармағында төмен түсіп, биіктіктер тең болды.

Дифманометр шлангісін оң жақ тармақтағы разряд фитингіне қосқанда, деңгей көтеріліп, сол жақта төмендеді және H_1 биіктігі 10÷30% H_2 биіктігінен жоғары болды. Дифманометр түтігінің ішкі диаметрі өзгермегендіктен, бұл жағдайда сұйықтықтың созылуына байланысты дифманометрдің оң жақ тармағындағы сұйықтық көлемінің ұлғаюы туралы айтуға болады. Судан шығатын ауа көпіршіктері байқалмады. Сұйықтықтың сығылуының төмен мәндерінде ол теріс кернеу күйінде болады, яғни ол созылады.

Теріс кернеу жағдайында судың тұтқырлықтың айқын анизотропиясы бар екендігі эксперименталды түрде анықталды. Гидроролик айналғанда су қабаттары арасында тангенциалды бағытта үйкеліс болмайды. Теріс кернеу жағдайында суды бұралу қарқындылығының өте жоғары мәндеріне айналдыруға болады. Бұл гидро роликті сорғыны дамытуға мүмкіндік береді. Гидравликалық роликті мойынтірек біліктің диаметрі 0,2-ден 4 метрге дейінгі кез-келген жүктеме мен біліктің айналу сандарында жұмыс істейді. Өзін-өзі орталықтандыратын мойынтірек тозбайды және майлауды қажет етпейді.

Гидророликтің көрсетілген сандарымен су қатты дененің қасиеттеріне ие болады. Гравитациялық күштердің әсерінен 1 литр судың салмағы 1 кг немесе 9,81 Н, ал дене салмағы:

$$P_i = V \cdot \rho_w \cdot g \quad (1)$$

мұндағы V – дене көлемі;

ρ_b – судың тығыздығы;

$g = 9,81$ м/сек².

Центрифугалық өрісте кернеу мәні центрифугалық үдеу болып табылады:

$$g = C_2 \varphi / R \quad (2)$$

мұндағы C_φ – айналмалы жылдамдық;

R – айналу шеңберінің радиусы.

Гидро роликті сорғы үшін технологиялық қондырғы, роликтің диаметрі 0,028 м және гидророликтің айналу саны 40 000 айн / мин, айналу жылдамдығы:



$$C\varphi = \frac{\pi \cdot 0.028m \cdot 40.000}{60} = 58,6 \text{ м/сек}$$

Центрифугалық үдеу $245\,282 \text{ м/сек}^2$ құрайды, бұл гравитациялық үдеуден 25000 есе үлкен және мұндай гидророликтің салмағы, оның диаметрі 0,028 м және ұзындығы цент= 0,4 м орталықтан тепкіш күштер өрісінде:

$$g = \frac{58.6^2}{0.028} = 245.285 \text{ м/с}^2$$

$$V = \pi \frac{Dr^2}{4} \cdot l = \pi \cdot \frac{(0.028)^2}{4} \cdot 0.4 = 0.000248 \text{ м}^3$$

$$P_i = V \cdot \rho_w \cdot g = 0.00028 \text{ м}^3 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 245,282 \text{ м/с}^2 = 60,382 \text{ Н}$$

Гравитациялық күштер өрісінде мұндай роликтің салмағы 2,41 Н болады.

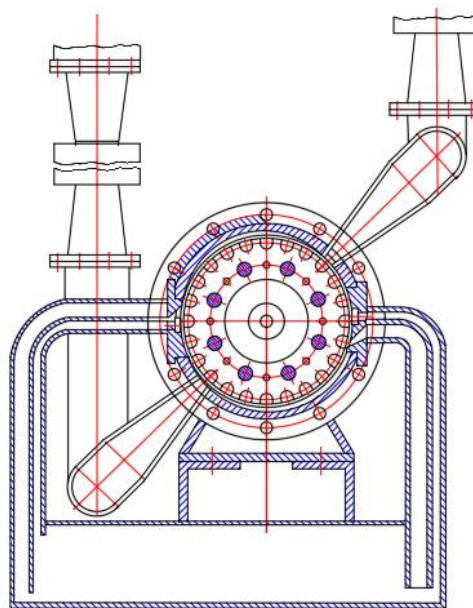
Гидророликтің центрифугалық күштер өрісіндегі салмағы 60382н гравитациялық күштер өрісіне ауысады, мұндағы үдеу $9,81 \text{ м/сек}^2$, содан кейін бұл гидророликтің массасы 6 155 кг болады, ал гидророликтің көлемі:

$V = \pi \cdot Dr^2 / 4 \times \ell = 0.000248 \text{ м}^3$ а масса - это $m = V \cdot \rho_w$, роликтің тығыздығы $25\,020\,325 \text{ кг/м}^3$.

Үш өлшемді кеңістікте гравитациялық күштер массаның болуына байланысты және кеңістік-уақыт қисықтығын тудырады және Эйнштейн теңдеулерімен анықталады. Технологиялық қондырғы элементтері центрифугалық және гравитациялық күштер өрісінде жұмыс істейтін бірнеше өрісті жүйелерде болатын құбылыстар.

Гидроролик сорғысында судың тығыздығы 1000 кг/м^3 , гидроролик бір сәтке материалдың қасиеттерін алады, болаттан үш мың есе тығыз немесе инерциялық жалған тығыздау эффектісі деп аталатын тығыздығы бар материал ретінде әрекет етеді.

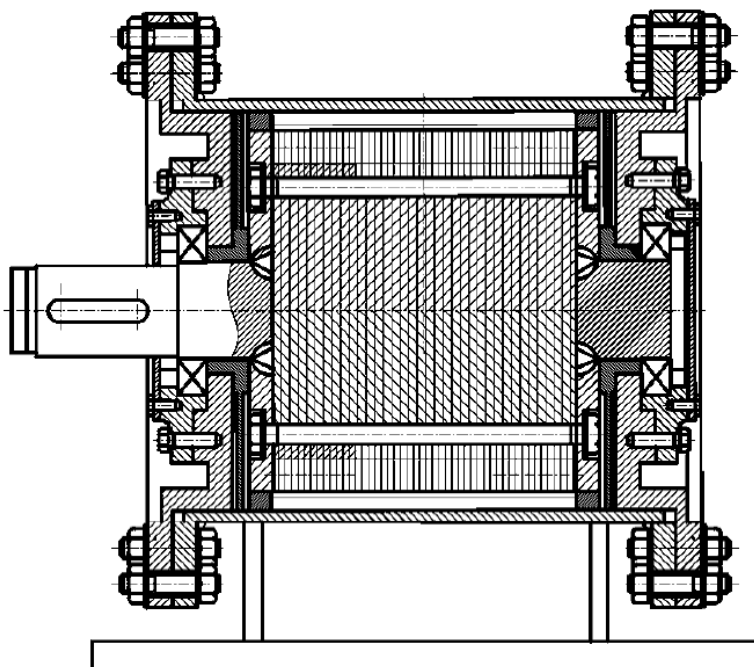
Классикалық, кәдімгі сорғы, асимметриялық сақиналы конденсация коллапсы, жұмыс аймағында шекаралық қабаттың болуы, жылу қондырғылары, конденсация және бу көпіршіктерінің құлауы – гидророликтер олардың корпустары мен ротор қалақтарының жұмыс беттерінде қарқынды эрозияға, тозуға, жұмыс беттерінің бұзылуына және жабдықтың тұтастай істен шығуына әкеледі. Коллапциялық динамикалық Жылу генераторы 2-ші суретте көрсетілген.



2-сурет. Динамикалық жылу генераторы

Ескерту – автормен құрастырылған

Кавитацияның қораптың жұмыс беттеріне және генератор роторының қалақтарына зиянды әсері толығымен алынып тасталды. Жоғары технологияларды, ғылыми-техникалық әзірлемелер мен сындарлы шешімдерді қолдану есебінен шекаралық қабаттың салдары жойылып, жылу және электр энергиясын тиімді алуға бағытталды. Көлденең қимасы бар жылу электр генераторының жалпы түрі 3-ші суретте көрсетілген.



3-сурет. Көлденең қимасы бар жылу электр генераторының жалпы түрі
Ескерту – автормен құрастырылған

Тік сызықты құлау камералары бар ротор негізгі орнату түйіні болып табылады. Тот баспайтын болаттан жасалған ротор бөлек дискілерден жиналады, олардың арасында электр оқшаулағыш тығыздағыштар бар. Дискілер шпилькалармен бекітіледі, олар сонымен қатар дискілердің металынан электр оқшаулағыш втулкалармен бөлінеді. Технологиялық су жылу электр генераторының бірінші тізбегіне құйылған, мономолекулалық құрылымы бар толығымен тұзсыздандырылған су. Су 33 изотоптан тұрады. Изотоптардың әрқайсысының молекуласында меншікті тербелістердің (тербелістердің) жеке жиілігі болады. Сақиналы конденсациялық коллапс процесін жүзеге асыру үшін, атап айтқанда, бұл процесс жылу электр генераторындағы жылу энергиясының негізгі шығымын береді, меншікті тербеліс жиілігі бірдей молекулалары бар су құрылымы қажет. Бір литр кәдімгі су шамамен 340 мл құрайды. моноқұрылымды су. Суды алудың технологиялық цикліне арнайы пішінді ыдыстарда бидистилдеу және мұздату кіреді. Мұздату белгілі бір температура аралығында жүзеге асырылады, содан кейін алынған мұздың қажетті бөлігі бөлінеді. Бұл су дистиллят сияқты диэлектрик.

Ротор камераларында судың құйылуы кезінде ротор материалы қатты электрленеді, трибоэлектрлік әсер береді, ротор электр конденсаторы сияқты, онда қуатты электростатикалық заряд жиналады. Су мен ротор материалының заряды бірдей болғандықтан, біраз уақыттан кейін су мен ротор материалының жанасуы, судың құлау камерасы бойымен қозғалуы тоқтайды. Байланыс микро-электростатикалық қабат арқылы жүзеге асырылады, су мен ротор материалы арасындағы үйкелісті жояды. Бұл факт



камералардың қабырғалы құлау аймақтарында шекаралық қабаттың пайда болуына және дамуына жол бермейді және гидрореликтерге кез-келген айналыммен айналуға мүмкіндік береді, яғни айналу микро-электростатикалық жастықта жүреді. Су мен электростатикалық жастық арасында үйкеліс болмайды.

Ротор қозғалтқыштан, бензо-дизель генератордан немесе айналу саны 3000 айн/мин электр қозғалтқышынан айналады. айналым роторда орналасқан құлау камераларында бірінші тізбектің технологиялық, жұмыс суының қарқынды қызуы жүреді, ол екі тізбекті инерциялық-құйынды жылу алмастырғыштарға түсіп, жылу алмастырғыштардың қабырғасындағы температура градиентіне байланысты екінші тізбектің желілік суын қыздырады. Циркуляционных камераларының құлауындағы технологиялық судың қозғалысы кезінде ротордың материалы қатты электрленеді. Трибоэлектрлік әсер пайда болады. Ротор-қуатты электростатикалық заряд жиналатын электр конденсаторы.

Орнатудың прототипін сынау кезінде келесі параметрлер алынды:

- бірінші контурдағы судың максималды температурасы -118 °C;
- бастапқы судың қысымы -6,2 ата;
- қыздырылған желілік судың температурасы - 92 °C;
- желілік судың қысымы - 1 ата.

Қондырғының бірінші тізбегінде әлі жұмыс суы болмаған кезде іске қосу электр қозғалтқышының бос жүріс кезінде жұмсайтын қуаты $N = 4,6 \text{ кВт} - 4,8 \text{ кВт}$. Технологиялық қондырғының келесі негізгі элементі инерциялық құйынды жылу алмастырғыш.

Салқындатқыш-жылу генераторының бірінші тізбегінің суы жылу алмастырғышқа көрсеткісі бойынша, қатты бұралған күйде түседі. Содан кейін салқындатқыштың қозғалысы айнымалы қадаммен бұрандалы кірістіру арқылы жүреді, яғни ағынның бұралу бұрышы өзгереді. Салқындатқыштың қозғалысы ауыспалы бұрыштық үдеумен жүреді. Мұндай ағым жалған тығыздау әсерінің күрт өсуіне әкеледі және осы кезде жылу беру коэффициентінің айтарлықтай өсуіне әкеледі, бірінші тізбектің суынан жылу беру бетіне дейін. Жазық параллель ағын үшін судан қабырғаға жылу беру коэффициентін жеңілдетілген тәуелділіктен бағалауға болады:

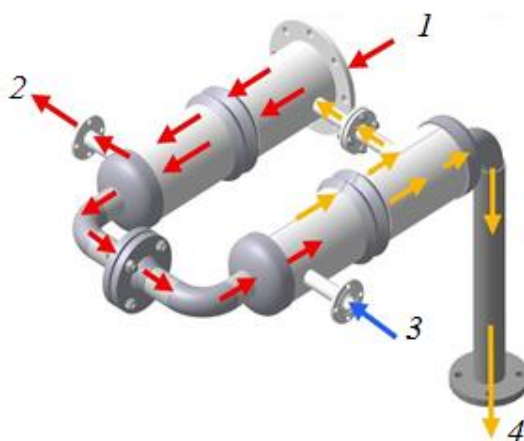
$$\alpha = 350 + 2100\sqrt{V} \quad (3)$$

мұндағы судың жылдамдығы $15 \text{ м/сек.} = 8483 \text{ Вт/м}^2$.

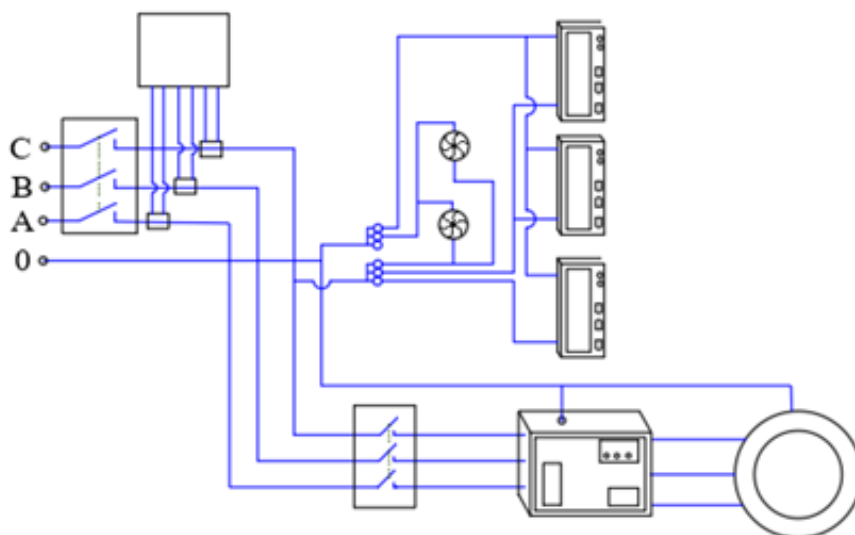
Айнымалы бұралу бұрышы бар сұйықтықтың бұралған ағындарында жылу алмасу тиімділігі 3÷4 есе артады (эксперименттік деректер). Сондықтан ішкі диаметрі 0,1 м және ұзындығы 1,0 м болатын бетінен салқындатқыш пен желілік су арасындағы орташа температура айырмашылығы 300-ге тең болса, 280 000 Ккал/сағ немесе 325 кВт/сағ дейін жылуды алып тастауға болады.

Жылу электр генераторында төрт жылу алмастырғыш орнатылған. Жылу алмастырғыштар толығымен алюминийден жасалған $\delta=4$. Қолданыстағы қаттылық шеттері жылу алмастырғыштарға 12 ата дейін жұмыс істеуге жеткілікті беріктік сипаттамаларына ие болуға мүмкіндік береді. Жинақтағы инерциялық құйынды жылу алмастырғыш 4-ші суретте көрсетілген. Жылу алмастырғыштарға желілік судың түсуі көрсеткі бойынша, $50 \text{ }^{\circ}\text{C} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада, ал $90 \text{ }^{\circ}\text{C} - 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада шығады.

Стандарт тарату қалқандары бар нысандарды электр қондырғысына ультра төмен немесе төмен кернеулі электр энергиясын беру үшін пайдаланылатын автономды электр желілері үшін қауіпсіздік пен орнату талаптарын белгілейді. Генератордың электр тізбегі 5-ші суретте көрсетілген.



4-сурет. Инерциялық құйынды жылу алмастырғыш
(мұндағы, 1-жылу электр генераторы; 2-ЫСЖ желісі; 3-С/С желісі; 4-араластырғыш бак)
Ескерту – автормен құрастырылған



5-сурет. Генераторды қосудың электр тізбегі
Ескерту – автормен құрастырылған

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Тәжірибелік қондырғыда эксперименттік нәтиже алынды, энергияны түрлендіру коэффициенті $K=21,43$ тең болды. Электр қазандығына қарағанда бірнеше есе тиімді екенін көрсетеді.

Кәдімгі электр қазандығында 75 кВт жылу қуатын алу үшін, 75 кВт электр қуатын жұмсау қажет (қазандықтың тиімділігін қоспағанда). Орташа 3,5 кВт электр энергиясын тұтынатын ұсынылған қондырғы орташа есеппен 75 кВт жылу энергиясын (немесе 64500 ккал/сағ) берді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Технологиялық қондырғы энергетика саласына, атап айтқанда жылу энергиясын электр энергиясына айналдыратын құрылғыларға жатады. Электр энергиясының тапшылығы жағдайында өте тиімді, үнемді және қоршаған ортаға әсері өте аз.



Технологиялық қондырғының артықшылығы:

- дәстүрлі отын түрлерін қолданбай ыстық су, жылу және электр энергиясын алу;
- кез-келген жеке тұрған ғимараттарды, әкімшілік, тұрғын ғимараттар кешендерін, коттедждерді, мектепке дейінгі және мектеп мекемелерін, ауруханаларды, орталық жылумен жабдықтау көздерінен алыс өнеркәсіптік, ауыл шаруашылығы және әскери нысандарды ыстық сумен, жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету;
- тұтынушыларға тұрақты, автономды, жылжымалы ыстық сумен жабдықтауды, жылу және электр энергиясының шығыны аз жылу және электр энергиясын жеткізу;
- технологиялық қондырғының көмегімен жылыту құны кәдімгі электр қазандығының жұмысынан 20 есе төмен;
- барлық көмірсутектерді (қатты, сұйық және газ тәрізділерді) қолданбау, атмосфераны зиянды қалдықтардан сақтау негізгі экологиялық мәселелерді шешу.

МҮДДЕЛЕР ҚАЙШЫЛЫҒЫ: Автор мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ: Мақала ШҚО бойынша шағын ЭКСПО-2014 көрмесі аясында "Болашақ энергиясы" инновациялық жобалар байқауының аясында дайындалды.

АЛҒЫС БІЛДІРУ: ШҚО «Экологиялық қауіпсіздік орталығы» ЖШС жетекші маманы Филиппов Анатолий Александровқа зерттеуге қажетті ұсынымдар мен сынақ жұмыстарына көмектескені үшін алғысымды білдіремін.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Arzumanov, E. S. (1978). Cavitation in local hydraulic resistances. Moscow: Energia. 304 p.
- Brennen, C. E. (1995). Cavitation and bubble dynamics. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107338760> Available at: https://www.researchgate.net/publication/36721045_Cavitation_and_Bubble_Dynamics
- Brennen, C. E. (2014). Cavitation and bubble dynamics. Cambridge. 249 p.
- Goroshkov, A. S., & Goncharov, V. K. (1969). Emergence of qubit in liquid. Proceedings of the Acoustic Institute, VI, 30–38.
- Gamynin, N. S. (1975). Hydraulic drive of control systems. Moscow: Mashinostroenie. 376 p.
- Pernik, A. D. (1966). Problems of cavitation (2nd ed.). Leningrad.
- Pearsall, I. S. (1972). Cavitation. Mills & Boon. 80 p.
- Oshervsky, S. H. (1970). Cavitation in generators. Energetika i elektrifikatsiya, (1).
- Ranade, V. V., Bhandari, V. M., & Nagarajan, S. (2022). Hydrodynamic cavitation: Devices, design and applications. India.
- Tolubayeva, K. K., & Blinaeva, E. V. (2024). Development of an ecologically clean technological unit for heat and electric power generation. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 6(467), 167–181. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.468> Available at: <https://www.scopus.com/pages/publications/85219029046>
- Ахметов, Ю. М., Калимуллин, Р. Р., Константинов, С. Ю., Хакимов, Р. Ф., & Целищев, Д. В. (2012). Исследование гидродинамических и термодинамических процессов высоконапорного многофазного вихревого течения жидкости // Axmetov, Yu. M., Kalimullin, R. R., Konstantinov, S. Yu., Khakimov, R. F., & Tselishchev, D. V. (2012). Issledovanie gidrodynamiceskikh i termodinamicheskikh protsessov vysokonapornogo mnogofaznogo vykhrevogo techeniya zhidkosti [Study of hydrodynamic and



- thermodynamic processes of high-pressure multiphase vortex fluid flow]. Vestnik UGATU, 16(2), 163–168. (In Russ.)
- Бочаров, В. П. и др. (1987). Расчет и проектирование устройств гидравлической струйной техники. Киев: Техника. // Bocharov, V. P., et al. (1987). Raschet i proektirovanie ustroystv gidravlicheskoй struynoy tekhniki [Design of hydraulic jet devices]. Kiev: Tekhnika. (In Russ.)
- Пермяков, Г. С., & Целищев, Д. В. (2010). Исследование эффекта стабилизации расхода в струйных элементах // Permyakov, G. S., & Tselishchev, D. V. (2010). Issledovanie effekta stabilizatsii raskhoda v struynykh elementakh [Study of flow stabilization effect in jet elements]. Vestnik UGATU, 14(2), 21–29. (In Russ.)
- Промтов, М. А., & Акулин, В. В. (2006). Механизмы генерирования тепла в роторном импульсном аппарате // Promtov, M. A., & Akulin, V. V. (2006). Mekhanizmy generirovaniya tepla v roternom impulsnom apparate [Mechanisms of heat generation in rotary impulse device]. Vestnik TGTU, 12(2A), 364–369. (In Russ.)
- Промтов, М. А. (2008). Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов // Promtov, M. A. (2008). Perspektivy primeneniya kavitatsionnykh tekhnologiy dlya intensivatsii khimiko-tekhnologicheskikh protsessov [Prospects of cavitation technologies in intensifying chemical processes]. Vestnik TGTU, (4), 861–869. (In Russ.)
- Уколов, А. И., & Родионов, В. П. (2018). Верификация результатов численного моделирования и экспериментальных данных влияния кавитации на гидродинамические характеристики струйного потока // Ukolov, A. I., & Rodionov, V. P. (2018). Verifikatsiya rezultatov chislennogo modelirovaniya i eksperimental'nykh dannykh vliyaniya kavitatsii na gidrodynamichekkiye kharakteristiki struynogo potoka [Verification of numerical and experimental data on cavitation influence]. Vestnik MSTU im. N. E. Bauman. Ser. Estestvennyye nauki, (4). (In Russ.)
- Федоткин, И. М., & Гулый, И. С. (2000). Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Ч. 2. Киев: АО «ОКО». // Fedotkin, I. M., & Gulyu, I. S. (2000). Kavitatsiya, kavitatsionnaya tekhnika i tekhnologiya, ikh ispol'zovanie v promyshlennosti. Ch. 2 [Cavitation, equipment and technology: Part 2]. Kiev: AO "OKO". (In Russ.)
- Целищев, В. А., & Целищев, Д. В. (2004). Состояние и проблемы разработки струйных гидравлических рулевых машин // Tselishchev, V. A., & Tselishchev, D. V. (2004). Sostoyanie i problemy razrabotki struynykh gidravlicheskih rulevykh mashin [Status and problems of jet hydraulic steering machine development]. Vestnik UGATU, 5(2), 89–98. (In Russ.)
- Целищев, В.А., & Целищев, Д.В. (2006). Гидравлическая машина со струйно-кавитационным регулированием // Tselishchev, V.A., & Tselishchev, D.V. (2006). Gidravlicheskaya mashina so struyno-kavitatsionnym regulirovaniem [Hydraulic machine with jet-cavitation regulation]. Vestnik UGATU, 7(2), 160–165. (In Russ.)



Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Толубаева Канагат Камзановна – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Толубаева Канагат Камзановна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Tolubayeva Kanagat Kamzanovna – Candidate of Technical Sciences. associate professor, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,

e-mail: KTolubayeva@edu.ektu.kz

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4957-4674>.



Камет Мадина – PhD, Ғылыми-гуманитарлық ғылымдар мектебінің ғылыми қызметкері, Назарбаев Университеті, Астана қ., Қазақстан

Камет Мадина – PhD, научный сотрудник Школы естественных и гуманитарных наук Назарбаев Университета, г. Астана, Казахстан

Kamet Madina – Candidate of PhD in Mathematics, Research Assistant, School of Sciences and Humanities, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

ORCID <https://orcid.org/0009-0007-6970-8786>