

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

Сағынтайұлы Санжар

Газ түріндегі отынмен жұмыс істейтін ЖЭС-дағы турбодетандерлерді қолдану
жобасы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071700 – Жылу энергетикасы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ


Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD докторы, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«30» 04 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Газ түріндегі отынмен жұмыс істейтін ЖЭС-дағы турбодетандерлерді қолдану жобасы»

5B071700 – Жылу энергетикасы мамандығы бойынша

Орындаған

Сағынтайұлы Санжар

Пікір беруші


АЭЖБУ «Жылуэнергетикалық
қондырғылар» кафедрасының
доценті, техн. ғыл.канд.

Ғылыми жетекші

PhD доктор, сениор-лектор

 Туманов М.Е.

«30» 04 2019 ж.


 Умышев Д.Р.

«30» 04 2019 ж.

Алматы 2019
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты
Энергетика кафедрасы
5B071700 – Жылу энергетикасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі м.а.
PhD докторы, ассистент профессор
 Е.А. Сарсенбаев
« 28 » 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Сағынтайұлы Санжар*

Тақырыбы *«Газ түріндегі отынмен жұмыс істейтін ЖЭС-дағы турбодетандерлерді қолдану жобасы»*

Университет ректорының 2018 ж. «30» қазандағы № 1210-6 бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«25» сәуір 2019 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістер: *Детандер қуаты, газ параметрлері, детандер түрлері, қолдану тиімділігі.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Детандер-агрегат ДГА-5000 сипаттамасы

б) Турбодетандер туралы жалпы ақпарат

в) Турбодетандерді термодинамикалық есептеу

г) Инвестицияларды негіздеудің алдын-ала жобасы

д) Өзін-өзі ақтауы. Жобаның рентабельділігі. Тиімділігі.




Сызбалық материалдар тізімі *Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау*

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер *7 атау*

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Детандер-агрегат ДГА-5000 сипаттамасы	10.03.2019	жоқ
Турбодетандер туралы жалпы ақпарат	17.03.2019	жоқ
Турбодетандерді термодинамикалық есептеу	12.04.2019	жоқ
Инвестицияларды негіздеудің алдынала жобасы	18.04.2019	жоқ
Өзін-өзі ақтауы. Жобаның рентабельділігі. Тиімділігі	25.04.2019	жоқ

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Умышев Д.Р., PhD докторы, сениор-лектор	02.05.19	
Экономика бөлімі	Умышев Д.Р., PhD докторы, сениор-лектор	02.05.19	
Норма бақылау	Балгаев Н.Е., PhD доктор, сениор-лектор	02.05.19	

Ғылыми жетекші



Д.Р. Умышев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



С.Сағынтайұлы

Күні

« 04 » 03 2019 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста газ тәрізді отынмен жұмыс істейтін жылу электр станциясында турбодетандерлік қондырғыны орнатудың техникалық-экономикалық негіздемесі жүргізілді. Жұмыста ЖЭС негізгі жабдықтары, турбодетандерлер ретінде газ турбиналық қондырғыларға шолу ұсынылған. Экономикалық бөлімде турбодетандер қондырғысының өтелу мерзіміне есептеу жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе проведен технико-экономическое обоснование установки турбодетандерной установки на тепловой электрической станции работающей на газообразном топливе. В работе представлен обзор газотурбинных установок как основного оборудования ТЭС, турбодетандеров. В основной части проведен расчет турбодетандерной установки, показано преимущество их использования. В экономической части проведен расчет срока окупаемости установки турбодетандера.

ANNOTATION

In the thesis conducted a feasibility study of the installation of a turbo-expander installation at a thermal power plant running on gaseous fuel. The paper presents an overview of gas turbine units as the main equipment of thermal power plants, turbo-expanders. In the main part of the calculation of the turbo-expander installation, shows the advantage of their use. In the economic part of the calculation of the payback period of the turbine expander.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Детандер-генераторлық агрегат ДГА-5000 сипаттамасы	8
2	Турбодетандер туралы жалпы ақпарат	12
2.1	Турбодетандерлер тағайындалуы және әрекет принципі	12
2.2	Турбодетандерлердің қызметі және жұмыс саласы	15
3	Турбодетандерді термодинамикалық есептеу	17
3.1	Турбодетандерлерді есептеудің қолданыстағы әдістемелерін талдау (ТД)	17
3.2	Турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар УПТИГ схемасын әзірлеу	25
4	Инвестицияларды негіздеудің алдын ала жобасы	31
	Қорытынды	33
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	34

КІРІСПЕ

Дипломдық жұмыста газ тәрізді отынмен жұмыс істейтін жылу электр станциясындағы турбодетандерлік қондырғының техникалық-экономикалық негіздемесі жүргізілді. Жұмыста ЖЭС негізгі жабдықтары, турбодетандерлер ретінде газ турбиналық қондырғыларға шолу ұсынылған. Негізгі бөлімде турбодетандерлік қондырғыны есептеу жүргізілді, оларды пайдаланудың артықшылығы көрсетілген. Экономикалық бөлімде турбодетандер қондырғысының өтелу мерзімін есептеу жүргізілді.

Бұл жұмыстың мақсаты энергия үнемдеуші технологиялар шеңберінде ЖЭО-3 құбыржолдары арқылы тасымалданатын табиғи газ қысымының энергиясын кәдеге жарату мүмкіндігін зерттеу болып табылады. Бұл мүмкіндікті іске асыру осы энергияны кәдеге жаратуға мүмкіндік беретін детандергенераторлық агрегатты қолдана отырып әзірленген. Жұмыста осы идеяны іске асырудың алғышарттары қарастырылды,

1 Детандер-генераторлық агрегат ДГА-5000 сипаттамасы

ДГА-5000 ЖЭО ГРП пайдалануға арналған қуаты 5000 кВт электр энергиясы көзі ретінде 10500 немесе 300 В генератордың клеммаларында, ауыспалы ток жиілігі 50 Гц. Шексіз қуат желісімен қатар жұмыс істеу үшін, сондай-ақ ауа бөлгіштерде пайдаланылатын суықты өндіру үшін қолданылады. ДГА-5000 жұмыс істеуіне арналған табиғи газ сұйық қосындыларды (конденсатты), сілтілі металдарды, хлоридтер мен ванадий; күкіртсутегінің құрамы (салмағы бойынша) $2,0 \cdot 10^{-5}$ аспауы тиіс механикалық бөлшектердің көлемі $4,0 \cdot 10^{-5}$ м (40 мкм) артық емес.

ЖЭО жағдайындағы газ ағынының негізгі параметрлері

* Агрегат арқылы газ шығыны, кг / с-22 ÷ 38;

* Газ қысымы, МПа:

кіре берісте-0, ÷ 1,1

шығуда-0,07 ÷ 0,15

* Газ температурасы, °С:

Турбодетандер кіре берісінде 0 ÷ 80

Турбодетандерден шығу кезінде -20-дан төмен емес.

Электр генератор жетегі үшін айналу жиілігі 900 айн/мин екі сатылы турбодетандер қолданылады. Т-6-2 РТС3.1 генераторы синхронды екі полюсті, үшфазалы ток жарылыс қауіпсіз ортада ұзақ жұмыс істеуге арналған, концентрациялардағы ток өткізетін шаң, газ және май булары бар, қирату металдар мен окшаулауды. Қозу жүйесі-щеткасыз; генератор диодты айналмалы синхронды қоздырғышты қамтиды. Генератор роторының айналу жиілігі 3000 айн / мин. КПД номиналды жүктеме кезінде генератор-кемінде 0,973. Жүйесі генераторды салқындату-тұйық; генератордың өзі ауамен салқындатылады, ал ЖЭО-ның төменгі потенциалдық бөлігінің соңғы айналмалы суы. Су шығыны-5500 л / сағ, су температурасы 1 ÷ 33 0С. Негізгі ДГА агрегаттары бір Рамада орнатылған.

Стандартты илектен жасалған қатты дәнекерлеу конструкциясы. Мұнда қосымша: май, май аккумуляторы, қысым жасау. Май қуысын тығыздау турбодетандера, салқындатқыш, майды сыртқы жүйеден сұйықтықпен салқындатуды және газды қалқа (қабырғасы), бөлгіш бөлігіне орналастыру электр генератор бөлігінен турбодетандер орналастырылады жабдықтар ЖЭО станциялық ғимаратында. ДГА-5000 турбодетандерінің бойлық қимасы суретте келтірілген. (ротордың сол тіреуінсіз). Орындау және құрастыру турбодетандер статоры мен роторының элементтері қазіргі кеме және кеме газ турбиналарына тән конструкторлық үрдістерге авиациялық газ турбиналық қондырғылар.

Жинақтаудың негізгі ерекшелігі-өзара қамтамасыз ететін корпус және ротор элементтерін орналастыру агрегаттың бойлық өлшемін азайту; соған жауап береді ағынды бөлікті ашу бұрышының жоғары шамасы (=400). Күрек аппараттарының салыстырмалы өлшемдері жоғары.

Газ бен майдың ағуын барынша азайтылған. Өзірленген агрегат үшін тірек және тірек гидродинамикалық типті подшипниктер. Күш корпусы, турбодетандер кіріс корпусын қамтиды ішкі диаметрі бойынша артқы және ротордың алдыңғы тіректері, ал сыртқы диаметрі бойынша-күштік корпус және кіру құрылғысы. Корпустар орындалды қалған бөлшектер-тұтас тегістелген болат қабықшалар. Сыртқы және ішкі конус қабықтары құрылғылардың барлық ұзындығы бойынша сақиналы тесіктері болады.

Газ қысымының жоғалуын төмендету үшін турбодетандерден шығатын газ қысымының жоғалуын азайту үшін қолданылады. Ішкі қабықтағы лабиринттік обойма жасау үшін қызмет етеді турбодетандердің түсіру қуысы. Бірінші және екінші сатылы күш аппараттары пакеттерден тұрады арнайы ілгіштер мен штифтілермен бекітілген күректер корпуста. Соплалық күрек пакеттері бойынша теріледі. осы корпустың саңылаулары бар ысырмалары бар және арнайы элементтері бар. Бірінші саты қалақшасының ішкі диаметрі бойынша екінші сатының қалақтары-ұялы нығыздау .

Корпустың ішкі диаметрі бойынша әрбір қатар жұмыс қалақтарының үстінде бандаждағы тарақпен бірге ендірмелер орналасқан жұмыс күрекшелерінің перифериясын нығыздайды. Турбодетандер роторы тиісінше дискілерді қамтиды бірінші және екінші сатылар. Дискілер бір-бірімен радиалды штифталармен, ал білікпен-призондық болттар. Тығыздау төлкесіндегі май шағылыстырғыш ағуға кедергі жасайды ротордың подшипникті тіректеріндегі майлар. Дискілерде осьтік ойықтар орындалды шырша құйрығы бар жұмыс күрекшелерін орнату үшін. Қалақтың осьтік ығысуын болдырмау үшін арнайы сегменттер қолданылады. Перифериялық бөліктегі барлық күректер бандаж сөрелері бар соплалық аппараттардың қондырмалары бар тарақпен тиісті тығыздағыштар. Шүмек аппаратының күрек пакетінде бірінші сатыда қалақтарды көзбен қарау үшін тесік жасалған ротордың бірінші сатысының көмегімен эндоскоп. Артқы тіректің корпусында сырғудың тірек подшипнигі орналасады. Ротордың шеткі тығыздағыштары болады.

Газдың ағын бөлігінен шығуы турбодетандердің соплалық аппараттары көрсетілген көлденең ажыратқышы бар ішкі корпуста орнатылған. турбодетандер роторының конструкциясы бейнеленген жинауда. Ротор білігі коникалық дискімен бір тұтас ретінде орындалған, болттардың көмегімен лабиринтті кірістіру және диск екінші саты, оған, өз кезегінде, радиалды Штифт бірінші сатының дискісі бекітіледі. Жұмыс күрек және артқы дискілерге бекітіледі.

Дискілер арасында орнатылады екінші сатының соплдық аппаратының тығыздау сегменттері. – Білігінде төлке май ашытқышпен бекітіледі. турбодетандер роторының сол тірегі бейнеленген DGA-5000. Алдыңғы тірек корпусында алдыңғы тірек подшипнигі орналасқан сырғанау. Алдыңғы тіректің корпусы тіреуіштің корпусымен қосылған осьтік жүктемелерді қабылдау және осьтік бекітуге арналған қосымша бет турбодетандер роторы. Күшті қосымша бет-бұл құрылғыларымен екі жақты бес доңғалақты тірек

подшипник, тіреуіш қалыптарға осьтік күштерді теңестіреді. Редуктор ДГА-5000 – жай типті, одноступенчатый, цилиндрлік, қиғаш тісті ілгіш. Беріліс саны; пәк - 0,98 кем емес. Тісті доңғалақтан басқа редуктор құрамына кіреді: қақпақ, аралық және төменгі корпустар, білік бұрауышты редуктор құрылғылар және иілгіш муфта. Корпустар мен қақпақ және көлденең ажыратқыштар бойынша фланцтармен байланысқан. Ажыратқыштар бойынша нығыздау герметикпен қамтамасыз етіледі.

Жүргізуші және жетекші білік-тістегершіктер орнатылған. мойынтірек сырғу. Баббит беттеріне Май беру подшипниктер корпустың жиклерлік арналары арқылы орындалады. Айналмалы турбодетандерден сәт шлицті арқылы білік-тістегершікке беріледі полумуфту. Жетек білігі жартылай муфтамен аяқталады, иілімді муфтаның корпусымен қосылған. Бұл корпуста эластикалық муфтаның серпімді элементі болып табылатын щек бекітілген. Білік-тістегершіктердің осьтік орын ауыстырулары тіректі шектелген ал білікте-тістегершіктер – подшипниктердің тірек беттерімен. Қақпақта төменгі корпус.

ДГА-5000 майлау, тығыздау және суфлирлеу жүйесі тірек тораптарын майлауға және салқындатуға арналған турбодетандер, редуктор және электрогенератор, тісті және шлицті сондай-ақ май беруді қамтамасыз етеді және қорғау жүйелерінің элементтеріне бақылау агрегат. Майлау жүйесі-айналмалы, қысыммен, бұрандалы электр наслонасосом. Қолданылатын Тп-22с майы. Беру $0,45 \pm 0,05$ МПа қысыммен кемінде 3,5 л/с май. Температура кез келген режим үшін агрегатқа кіре берістегі май $30 \div 500$ С. тіректерден шығуда турбодетандер мен редуктор-750С артық емес. Жүйедегі қысымның ауытқуы май-газ – кемінде 0,2 МПа. Тығыздау жүйесі оң қолдау үшін қызмет етеді турбодетандер қуысында газдан май қысымының өзгеруі. Байламда май тығыздау қуысына май аккумуляторынан өндіріледі.

Соңғы осы қуыста майдың қажетті қысымын қамтамасыз етпейді турбодетандер авариялық тоқтатылған жағдайда 5 минуттан кем емес уақыт. Бұл уақыт газдан оталатын крандарды ауыстыру үшін қажет. турбодетандер. Турбодетандердің газ қуысын нығыздауға батарея. Батареяны маймен толтыру кезінде оның кері клапандары ашылды. Толтырғаннан кейін кері клапандардың бірі бөгет жасайды турбодетандер майға қол жеткізу, ал басқа кері клапан байланысты үзеді атмосферамен. Кері клапан қысым түскен жағдайда жұмыс істейді арынды магистральдағы майлар. Бұл қолдау үшін қажет авариялық тоқтау кезінде май-газ қысымының талап етілетін ауытқуы турбодетандер. Аккумуляторды толтырғаннан кейін жүйедегі қысым өсуді жалғастырады және 0,4 МПа номиналды мәніне жетеді. Кезінде аккумулятордағы май "газ қысымымен "тіреледі" турбодетандердің шығуы. Тығыздауыш қуысынан газдалған май газ бөлгішке балқыту камерасы арқылы түседі. Газ одан шығу құрылғысының қуысына, ал газ бөлгіштен – в іске қосылады,

Турбодетандер, редуктор тіректерінен алынған мұнай, генератор мен газ бөлгіштің өздігінен ағуымен майға құйылады. ДГА іске қосар алдында майға дейін маймен толтырылады деңгей көрсеткіші бойынша.

Агрегатқа кіре берістегі майды бақылау: май салқындатқыштан кейінгі майдың температурасы термометрмен, ал қысым бойынша тұрақты қысым клапан – Қысым түрлендіргішінен кейінгі майлар. Агрегатты кіре берістегі май қысымының төмендеуінен қорғау үшін қысым сигнализаторы орнатылған, ал ластану сигнализаторы үшін Сүзгіш-қысым айырымының датчик-релесі. Мұнай-газ жүйесіндегі қысымның ауытқуын бақылау түрлендіргішпен жүзеге асырылады, ал құлдыраудан қорғау үшін қысымның өзгеруі сигнализаторы қызмет етеді. Агрегаттан құйылатын майдың температурасын бақылау жүргізіледі: турбодетандер тіректерінен-тіректерден термометрлер және генератор тіректерінен термометрлермен алынады. Редуктордың жүріс бөлігінің тозу жағдайы бақыланады магнитті сигнализациясы құралымен жүргізілуі тиіс.

2 Турбодетандер туралы жалпы ақпарат

Турбодетандерлік қондырғылар отын жағусыз экологиялық таза электр энергиясын өндіру үшін сығылған газдың әлеуетті энергиясын пайдалануға мүмкіндік береді және табиғи газды қайта өңдеу, мұнай-химия және энергетика саласында кеңінен қолдануға ие болды. Турбодетанаторлардың келесі түрлері ұсынылады:

- Детандер-компрессорлар;
- Детандер-генераторлар;
- Гидротормозбен детандерлер.

Детандер-компрессорлар газ температурасын төмендету үшін (суықты алу) және компрессорлық сатының жұмысы есебінен технологиялық газ қысымын арттыру үшін технологиялық циклдарда қолданылады. Детандер-компрессорлық агрегат көп сатылы болуы мүмкін (бірнеше машинадан):

Қысымның үлкен ауытқулары үшін тізбекті қосылыммен;

Үлкен шығындар үшін параллель қосылған.

Бір берілісте 4 сатыға дейінгі көп сатылы детандерлер (екеуден білікке)- бұл энергияны рекуперациялаумен қолдану үшін технологиялық процесті икемді басқару мүмкіндігі бар бірегей жоғары тиімді конфигурация. Детандер-генераторлар суықты алумен қатар, сығылған газ энергиясын кәдеге жарату кезінде технологиялық қондырғыларда және газ тарату станцияларында электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылады. Гидротормозы бар детандерлер аз суықтың өнімділігі талап етілетін жерде қолданылады, ал детандер өндіретін қуатты кәдеге жарату компрессияға немесе электр қуатына экономикалық тиімді емес. Турбодетандерлерде дәстүрлі май подшипниктері немесе белсенді магнитті подшипниктер қолданылады. Агрегаттың май жүйесін салқындату Гапсырыс берушінің қалауы бойынша су немесе ауа болуы мүмкін.

2.1 Турбодетандерлер тағайындалуы және әрекет принципі

Ауаны атмосфералық қысым кезінде сұйықтыққа айналдыруға болмайды, себебі N₂ және O₂ критикалық температуралар сәйкесінше -147 және -119°С тең, осыған сұйылту үшін қатты суыту қажет. Оған қысылған ауаны адиабатикалық жағдайларда (қоршаған ортамен жылу алмасусыз) жұмыс істеуге мәжбүрлей отырып, және қорытынды кезеңде дросселирлеумен — ЭИ шығуында тар тесіктің кеңеюімен жетеді. Дросселирлеуде молекулааралық пан-дер-вааль-с күштерінің әсеріне қарсы жұмыс нәтижесінде суыту жүреді. Ауаны сұйылту үшін әсері көрсетілген қағидаттарға негізделген түрлі қондырғылар қолданылады. Турбодетандер П. Л. Капица-машинаны қолданады, ол салыстырмалы түрде аз қысымда жұмыс істейді.

Суықты алудың тиімді қондырғысы турбодетандерлі агрегат болып табылады. ОШ.ТД-да газды ысытуға сыртқы жұмыс жасай отырып, ТД арқылы өтетін газды кеңейту процесін ұйымдастыру арқылы қол жеткізіледі. Нәтижесінде газдың қысымы мен температурасы төмендейді. Турбодетандердің ағынды бөлігінің меридионалды қимасы схемалық түрде көрсетілген. Турбодетандер сатыларында газ энергиясы түрлендірілетін элементтер қозғалмайтын соплалық аппараттың соплалық қалақтары бар 2 және жұмыс қалақтары бар 4 айналмалы доңғалақ 3 болып табылады - турбодетандер қалақты аппараттарының цилиндрлік қимасының жазықтығында өрістету. Сол жерде газ жылдамдығы мен доңғалақтың жұмыс күрекшелерімен газдың өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болатын күштер белгіленген. Турбодетандердің қалақтары бар дөңгелектерден және мойынтіректері бар біліктен тұратын айналмалы бөлігі ротор деп аталады, ал қозғалмайтын бөлігі — корпус, соплалық аппарат және басқа бөлшектер — статор деп аталады. Турбодетандердің әрекет ету принципі мыналардан тұрады: Во жылдамдығы бар Газ соплы аппаратының аралық арналарына келіп түседі және кеңейтеді.

Жұмыс істеу принципі бойынша детандерлер поршеньді және турбодетандерлерге сондай - ақ шестерен белгілі.

Идеалды газда сыртқы жұмыс жасамай адиабатикалық кеңейту кезінде температура өзгермеуі тиіс, бірақ нақты газда оның кеңеюі кезінде молекулааралық күштердің әсерінен туындайтын көрші Молекулалардың өзара тартылуы еңсеріледі. Осыған газдың ішкі энергиясы жұмсалады, нәтижесінде бұл Джоуль — Томсон әсері суыту болады. Газдардың идеалды күйден ауытқуы қысым көп және температура төмен болса, онда салқындатқыш қысым көп (кеңеюге дейін және одан кейін) және температура төмен болған сайын күштірек. Алайда температураның төмендеуі салыстырмалы түрде аз ($0,1—0,3^{\circ}\text{C}$ төмен қысымның әр атмосферасына). Арнайы детандер-машиналарда сыртқы жұмыс жасаумен кеңейту кезінде айтарлықтай суытуға қол жеткізіледі. Суыту тек қана жұмыс жасау есебінен және дросселдеу есебінен аз ғана дәрежеде жүреді. Бу машиналарына ұқсас жұмыс істейтін көлемді поршеньді детандерлерде олардың пайдалы әсер коэффициентінің төмен болуы салдарынан ауаны 8-10 н/м қысымға дейін қысуға тура келеді . 1938 жылы академик П. Л. Капица ықшам турбодетандердің құрылымын жасады, ол жоғары өнімділігі бар реактивті бу турбинасы принципі бойынша және К. Б. 0,83 дейін жұмыс істейді, бұл ежаның бастапқы қысымын төмендетуге мүмкіндік береді.

Сонымен, турбодетандердің жұмыс істеу принципі бағыттаушы (соплов) аппаратта сығылған газ энергиясын кинетикалық энергияға толық немесе ішінара түрлендіру және айналмалы жұмыс доңғалағында газ энергиясын механикалық жұмысқа кейіннен түрлендіру жолымен сыртқы жұмысты жасай отырып, газды кеңейту процесін жүзеге асыру болып

табылады. Бұл процесс газдың энтальпиясының төмендеуімен, яғни суық алумен және сыртқы тұтынушыға механикалық энергияны берумен қатар жүреді.

ЭГД-К және ЭГД-Д әрекет принципі күшті электр өрісімен униполярлы зарядталған ағынның тұтқырлық өзара іс-қимылына негізделген. Униполярлық зарядтау суық Корон разрядымен жүргізіледі. ЭГД-Д газының кеңейуі кезінде бейтарап ағын электр ЭГД-д өрісінің күштеріне қарсы зарядтарды тасымалдау бойынша жұмыс жасайды. Нәтижесінде ЭГД-Д кеңейту процесі сыртқы жұмыс жасаумен турбодетандердегі кеңейту процесіне ұқсас. ЭГД-Д-да өндірілген жұмыс жоғары әлеуеттің электр энергиясы түрінде бөлінеді.

Терең салқындатудың қазіргі заманғы техникасын жылдам қараған кезде машиналық (турбодетандерлер, турбокомпрессорлар) терең салқындату қондырғыларының аппаратуралық бөлігінің (ректификациялық колонналар) артта қалуы зақымданады. Турбодетандерлерді терең суыту техникасына енгізу қазіргі кезде өзінің өнімділігі бойынша төмен қысымға (5-6 ат) үлкен қондырғылар жобаланып, салынуына алып келді, ал ректификациялық колонна осы уақыт ішінде айтарлықтай өзгерістерге ұшырамады және қазір үлкен және аз тиімді аппарат болып табылады, бұл осындай колонналардың үлкен мөлшеріне, сонымен бірге қоршаған ортаға суықтың үлкен шығынына алып келеді. Ректификациялау процесін интенсификациялау-криптон-ксенон технологиясы үшін үлкен маңызы бар терең суыту техникасының негізгі міндеті. Осыған байланысты, центрден тепкіш әрекетіндегі ерекше тиімді ректификациялық колоннаны әзірлеген танымал американдық инженер Подбильняның өте қызықты жұмысын атап өткен жөн. Подбильняк мұнай погондарын ректификациялау үшін өз колоннасын қолданды және керемет нәтижелерге қол жеткізді. Сұйық ауаны ректификациялау үшін осындай принцип бойынша колоннаны әзірлеу қажеттілігі туралы ой табиғи болып табылады.

Детандердегі жұмыс ортасы газ болып табылады. Бу турбиналарының жұмысы газ ағынының сақиналы қалақты торлармен, яғни айналу осінің айналасында орналасқан қалақ жүйелерімен өзара әрекеттесуі нәтижесінде құрылады. Айналмалы қалақша торларының негізгі мақсаты жұмыс ортасының энергетикалық деңгейінің өзгеруінен тұрады, бұл ағатын газдың қозғалыс санының өзгеруімен қол жеткізіледі. Бұл ретте жауырынға әсер ететін күш моменті.

Турбодетандердің мақсаты-детандер білігінен алынатын қысылған газ ағынының бір бөлігін жұмысқа түрлендіру, бұл ретте энтальпия төмендейді және кеңейетін газ салқындатылады. Турбодетандерлерде бұл түрлендіру бағыттаушы аппаратта және жұмыс доңғалағында болады.

2.2 Турбодетандерлердің қызметі және жұмыс саласы.

Мақсаты бойынша поршеньді детандерлер турбодетандерлерге ұқсас жұмыс денесін алдын ала және түпкілікті салқындату үшін тоңазытқыш және криогендік қондырғыларда қолданылады.

Турбодетандердің турбинадан-қозғалтқыштан негізгі ерекшелігінен басқа, мақсатқа сай (бірінші жағдайда мақсаты-газды салқындату, екіншісінде-жұмысты алу), бұл машиналар басқа да белгілері бойынша конструктивтік орындалуы, материалдары, жинақталуы бойынша ерекшеленеді.

Бұл жағдайда, турбодетандер газ массасы бірлігінің энтальпиясының төмендеуінің шамасымен сипатталады, яғни ол меншікті жылу бекітпесі және газдың массалық шығынымен немесе суықтың өнімділігімен (уақыт бірлігіне) анықталады. Машинаның тиімділігі изоэнтропиялық к. п.д. бағаланады, ол изоэнтропиялық кеңею процесінің нақты жақындау дәрежесін көрсетеді.

Төмен қысымды жылу алмастырғыштар сұйық ауаны немесе азотты (жылу алмастырғыш-қайта салқындатқыштар), турбодетандер (детандерлі жылу алмастырғыштар) келіп түсетін ауа ағынын жылыту, ми регенераторы алдында азот пен оттегіні жылыту (жылу алмастырғыш-жылытқыштар) және басқа да мақсаттар үшін бөлу қондырғыларының барлық типтерінде қолданылады. Мақсаты бойынша олар физикалық жай — күйі бойынша әртүрлі ортаның (газ — газ, газ-сұйықтық) арасында жылу алмасу үшін оралған да, тура түтікті де орындалады.

Мақсаты және әрекет ету принципі. Турбодетандердің әрекет ету принципі детандер білігінен алынатын газ ағыны энергиясының бір бөлігін жұмысқа түрлендіруден тұрады, бұл ретте кеңейетін газ салқындатылады.

Белсенді және реактивті машиналардың принципті конструктивтік ерекшелігі бағыттаушы аппарат пен жұмыс дөңгелегін орындау болып табылады. Белсенді турбодетандерде бағыттаушы аппараттың арналарын олардың тағайындалуына байланысты ұзын кеңейтілетін бөлігі бар Лаваль шүмегі ретінде орындайды, ал жұмыс дөңгелегі қалақтарының ұзындығы Үлкен емес, бұл үйкелуден болатын шығындарды азайту үшін қажет. Реактивті турбодетандерлерде қарама— қарсы бағыттаушы күректер, олар тек қана жұмыс дөңгелегінің күректеріне ағысты бағыттауға және оларға соққысыз кіруді қамтамасыз етуге тиіс, қысқа және тарылтатын, ал ауаны кеңейту үшін арналарды құрайтын жұмыс күрекшелерін орындайды-бұл ретте осьтік бағыттағы каналдар перифериядан ортаға қарай кеңейтіледі. Кеңестік химиялық машина жасау.чис дамудың жоғары деңгейіне жетті. Ол әр түрлі типті автоматты центрифугалар, әртүрлі құрылымды вакуум-сүзгілер, ұзындығы 1-30 м дейінгі барабанды айналмалы пештер, кептіргіштер, әртүрлі мақсаттағы колонналар, барлық түрдегі реакциялық аппараттар,

компрессорлар, турбокомпрессорлар, сорғылар, желдеткіштер, турбодетандерлер және т. б. дайындайды. Принципті белсенді және реактивті машиналар бағыттаушы аппарат пен жұмыс дөңгелегінің орындалуымен ерекшеленеді. Белсенді турбодетандерде бағыттаушы аппараттың арналарын олардың мақсатына сәйкес ұзын кеңейтілетін бөлігі бар Лаваль шүмегі ретінде орындайды, ал жұмыс дөңгелегі қалақтарының ұзындығы Үлкен емес, бұл үйкелуден болатын шығындарды азайту үшін қажет. Реактивті турбодетандерлерде, керісінше, бағыттаушы қалақтар арналар салыстырмалы түрде қысқа және тарылып кететіндей, ал ауаны кеңейту үшін арналарды құрайтын жұмыс қалақтары — ұзартылған, және де өзі каналдар перифериядан ортаға осьтік бағытта кеңейсе де орындалады (сурет. (96-98), бірақ олардың қимасының ауданы азаяды, өйткені ортасында арналар тарылады.

3 Турбодетандерді термодинамикалық есептеу

Мақалада газ тарату станцияларында Орнатылатын турбодетандерлердің қазіргі заманғы конструкциялары талданды, оларды компрессорлық станцияларда және ГХГ-да қолдану тиімділігі бағаланды; определен состав блока турбодетандерной установки; турбодетандерді термогазодинамикалық есептеу әдістемесі таңдалынды. Турбодетандер сатысының термогазодинамикалық есебі жүргізілді, турбодетандердің оңтайлы параметрлері таңдалды.

Түйін сөздер: газ, турбодетандер, газ тарату станциясы, компрессор станциясы.

3.1 Турбодетандерлерді есептеудің қолданыстағы әдістемелерін талдау (ТД)

Қазіргі уақытта гелий ТД есептеудің көптеген әдістері бар, бірақ олар жұмыс ерекшелігіндегі айырмашылықтарға (төмен температуралар, аз қуаттар) сәйкес келмейді. Осы жұмыста есептеу үшін В. П. Мальханов пен В. И. Епифанованың белгілі әдістерін қолдануға болады. Әдістемелердің талдауы көрсеткендей, олар көптеген тармақтар бойынша ұқсас, бірақ Әдістемеді Епифанова В. И. көп жағдайда өлшемсіз коэффициенттер мен параметрлер қолданылады., бұл қажетті бастапқы деректердің санын арттырады және есептеуді қиындатады. Осы тік турбодетандерлер үшін В. П. Мальхановтың әдістемесі неғұрлым қолайлы. Сондай-ақ ол В. И. Епифанованың әдістемесіне қарағанда бастапқы деректердің аз санын таңдауды талап етеді.

Есептерде қабылданған жорамалдар:

1. Газ құбыры арқылы таза метан өтеді.
2. ТД-дан жеткізуші және бұрушы жергілікті кедергіге қысымның жоғалуы құбырлар жоқ.
3. ТД-дің кіреберістегі температурасы тұрақты және жыл мезгіліне тәуелді емес.
4. Үйкеліс салдарынан жылу шығыны жоқ.
5. ТД сатысының алдында ағынның тежелуі кезінде ағынның жылдамдығы ғана өзгереді, температура мен қысым өзгеріссіз қалады.

Бастапқы деректерді таңдау

Бірінші турбодетандер үшін:

1. Турбодетандер кіре берісіндегі газ қысымы: $P_{кр}=4\text{МПа}$
2. Турбодетандер кіре берісіндегі газ температурасы: $T_{кр}=340\text{К}$
3. Турбодетандерден шығатын газ қысымы: $P_{ш}=2\text{МПа}$
4. Турбодетандерден шығатын газ температурасы: $T_{ш}=287\text{К}$
5. Турбодетандер арқылы газ шығыны: $G_{ТД}=2,8\text{НМ}^3/\text{с}$
6. Ротордың айналу жиілігі: $n=250\text{айн/с}$ (15000айн/мин)
7. Жеткізуші құбырдың диаметрі: $D_{кр}=0,05\text{м}$
8. Метан үшін газ тұрақтысы: $R=518,271\text{Дж/кг}^{\circ}\text{К}$

9. Метандағы дыбыс жылдамдығы: $a=435\text{м/с}$

Екінші турбодетандер үшін:

1. Турбодетандер кіре берісіндегі газ қысымы: $P_{кр}=2\text{МПа}$
2. Турбодетандер кіре берісіндегі газ температурасы: $T_{кр}=340\text{К}$
3. Турбодетандерден шығатын газ қысымы: $P_{ш}=1\text{М}$
4. Турбодетандерден шығатын газ температурасы: $T_{ш}=287\text{К Па}$
5. Турбодетандер арқылы газ шығыны: $G_{ТД}=2,8\text{НМ}^3/\text{с}$
6. Ротордың айналу жиілігі: $n=250\text{айн/с}$ (15000айн/мин)
7. Жеткізуші құбырдың диаметрі: $D_{кр}=0,05\text{м}$
8. Метан үшін газ тұрақтысы: $R=518,271\text{Дж/кг*К}$
9. Метандағы дыбыс жылдамдығы: $a=435\text{м/с}$

Алдын ала есептеу:

- 1) Тұрақты параметрлерді таңдаңыз
- 2) Метан үшін кіріс және шығыс қималарын жылуфизикалық қасиеттер кестесі бойынша табамыз.

Тығыздығы- $\rho_{кр}, \rho_{ш}$ Жылу сыйымдылығы $cP_{кр}, cP_{ш}, cV_{кр}, cV_{ш}$
қысу коэффициенттері z , метан үшін тұрақты коэффициенттер $-A, B, C,$
 a, b, c, α, γ

- 3) таңдалған параметрлерді тексереміз, оларды нақты газ күй теңдеуіне орналастырамыз: Жалпы түрдегі нақты газдың күй теңдеуі түрге ие:

$$p = p(\rho, T) \quad (3.1)$$

p –қысым, ρ –тығыздық, T – температура

Есеп үшін Бенедикт-Вебб-Рубин күй теңдеуін аламыз:

$$P = \rho RT + \rho^2 (RT(B + b\rho) - (A + a\rho - a a \rho) - \frac{1}{T^2} [C - c\rho(1 + \gamma\rho^2 e^{-\gamma\rho^2})]) \quad (3.2)$$

R -метанның газ тұрақтысы; $A, B, C, a, b, c, \alpha, \gamma$ -метан үшін күй теңдеуінің тұрақты коэффициенттері.

Параметрлерді есептеу

- 1) ТД арқылы газ шығыны:

$$G = \frac{G_{ТД} \rho_{ш}}{3600} \quad (3.3)$$

- 2) Жеткізуші газ құбыры қимасының ауданы:

$$F_{кр} = \frac{\pi * D_{кр}^2}{4} \quad (3.4)$$

3) ТД кіре берістегі газ жылдамдығы

$$C_{кр} = \frac{G_{ТД}}{F_{кр \cdot 3600}} \quad (3.5)$$

4) Изоэнтропияның көлемдік және температуралық көрсеткішін анықтаймыз:

$$K_v = \frac{1}{\rho \rho} \left[\left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right) \rho^2 + \frac{T}{c_v} (\partial p / \partial T)^2 \right] \quad (3.6)$$

$$K_T = \frac{1}{1 - \frac{p}{c_p} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right) / \rho^2 \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)} \quad (3.7)$$

5) Турбодетандердің адиабаттық ауытқуы

$$h = \frac{k_{v,ср}}{k_{ср} - 1} p_{басv_{бас}} \left[1 - \left(\frac{p_{сон}}{p_{сон}} \right) \right] \quad (3.8)$$

p-қысым, U-меншікті көлем, k-изоэнтроптың көлемдік көрсеткішінің орташа мәні.

б) Адиабатикалық ауытқуға сәйкес жылдамдық:

$$C_{Ад} = \sqrt{2000 * h_{ТД}} \quad (3.9)$$

7) Орташа диаметрдегі айналмалы жылдамдық

$$U = x_{опт} C_{ад} \quad (3.10)$$

x-жылдамдықтың оңтайлы қатынасы; C-адиабаттық жылу құламасына тиісті жылдамдық .

8) Турбодетандердің орташа диаметрі

$$D_{ор} = \frac{2U}{\omega} \quad (3.11)$$

9) Изоэнтропиялық жылу құламасы

$$вСА: h_{СА} = (1 - \rho_{ор}) h_{ТД} \quad (3.12)$$

$$в РК: h_{рк} = \rho_{ор} h_{ТД} \quad (3.13)$$

10) Энергия шығыны

$$\Delta h = (1 - \varphi^2)h \quad (3.14)$$

11) Ағынның абсолюттік шығу жылдамдығы

$$C_{ад} = \Phi_{са} \sqrt{2000 * h_{са}} \quad (3.15)$$

12) Тордағы хорда профилі

$$t_{CA} = b_{CA} * t_{отн. CA} \quad (3.16)$$

13) Мах саны

$$M = \frac{C}{a} \quad (3.17)$$

14) Шығынсыз газ параметрлері

Нақты процестің соңғы нүктесіндегі қысым

$$P_{CA} = P_{BX} \left(1 - \frac{h_{CA}}{\frac{k_{v, cp}}{k_{v, cp} - 1} z_{BX} R T_{BX}} \right)^{\frac{k_{v, cp}}{k_{v, cp} - 1}} \quad (3.18)$$

$$m_T = \frac{1}{\left[1 - \frac{P}{T} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right) \right]} \quad (3.19)$$

$$T_{CA} = T_{CA, бп} \left(\frac{P_{CA}}{P_{CA, бп}} \right) \quad (3.20)$$

15) Қалақша биіктігі

$$l_{CA} = \frac{G}{C_{CA} \pi D_{cp} \sin(\alpha_{CA}) \rho_{CA}} \quad (3.21)$$

C_{CA} -газ жылдамдығы, ρ_{CA} -газ тығыздығы

16) Саптамалы қалақша саны

$$Z_{SA} = \frac{\pi D_{cp}}{b_{CA} t_{отн. CA}} \quad (3.22)$$

17) Дұрыстығы

$$\theta = \frac{D_{cp}}{l} \quad (3.23)$$

l – тор биіктігі

18) Рейнольдс саны

$$Re = \frac{cb}{\mu v} \quad (3.24)$$

19) Турбодетандер сатысындағы шығындар

Турбодетандер сатысындағы шығындарды негізгі және қосымша деп бөледі. Негізгі шығындар-бұл (СА және РК) торларда және шығу жылдамдығында. Қосымша шығындар-бұл айналмалы элементтердің үлкейуі салдарынан торлардың жанынан газ ағуына байланысты шығындар, газда конденсацияланатын фракциялардың тамшылары бар- торлардың өзара әрекеттесуінен және т.б.

Сатыны құрайтын шығындарды анықтау өте күрделі газодинамикалық тапсырма. Сондықтан шығындарды анықтау үшін тәжірбиелік стендтерде алынған полуэмпирикалық формулалар мен әдістер қолданылады. Олардың шындыққа жақын сәйкестігінің кепілі-бұл осы әдістер бойынша жобаланған турбиналар сынау кезінде үнемділігін жақын есеп айырысу анықтайды. Тордағы шығындар бірнеше құрамдас бөліктерді қамтиды:

$$\zeta_{CA(PK)} = \zeta_{\text{проф.}CA(PK)} + \zeta_{\text{конц.}CA(PK)} + \Delta\zeta_{\Theta.CA(PK)} + \Delta\zeta_{\text{реж.}CA(PK)} \quad (3.25)$$

Мүндiгi $\zeta_{\text{проф.}CA(PK)}$ -профильдi шығындар, $\zeta_{\text{конц.}CA(PK)}$ - соңғы шығындар.

$$\zeta_{\text{проф.}CA(PK)} = \zeta_{\text{мп.}CA(PK)} + \Delta\zeta_{\text{кр.}CA(PK)} \quad (3.26)$$

Үйкеліс шығындары:

$$\zeta_{\text{мп.}CA} = 0.04(3 - 13\sin\alpha_{CA} + 21\sin^2\alpha_{CA}) \quad (3.27)$$

$$\zeta_{\text{мп.}PK} = 0,08(1,841 - 1,584\sin\Delta\beta_{PK} + 0,62\sin^2\Delta\beta_{PK}) \quad (3.28)$$

$$\Delta\beta_{PK} = 180 - (\beta_{CA} + \beta_{PK}) \quad (3.29)$$

Шеттік шығындар:

$$\Delta\zeta_{\text{кр.}CA(PK)} = 0,15(\Delta_{\text{кр.}CA(PK)} - 1) \quad (3.30)$$

$$\Delta\zeta_{\text{кр.}CA(PK)} = \frac{\Delta_{\text{кр}}}{b_{CA(PK)} t_{\text{отн.}CA(PK)} \sin\alpha_{CA(PK)}} \quad (3.31)$$

$\Delta_{\text{кр}}$ – профильдің шығыс жиегінің қалыңдығы.

Соңғы шығындар:

$$\zeta_{\text{конц,CA}} = 0,015 \left(\frac{b_{CA}}{l_{CA}} \right) (1,5 - 2\sin\alpha_{CA}) \quad (3.32)$$

$$\zeta_{\text{конц,PK}} = 0,026 \left(\frac{b_{PK}}{l_{PK}} \right) (1,87 - 1,15\sin\Delta\beta_{PK}) \quad (3.33)$$

Шашыраңқы шығындар:

$$\Delta\zeta_{\theta,CA} = \frac{0,03}{(1+\theta_{CA})} \quad (3.34)$$

$$\Delta\zeta_{\theta,PK} = \frac{0,06}{(1+\theta_{PK})} \quad (3.35)$$

Каналдағы газ ағысының режиміне байланысты шығындар:

$$\Delta\zeta_{\text{реж,CA(PK)}} = \Delta\zeta_{M,CA(PK)} + \Delta\zeta_{Re,CA(PK)} + \Delta\zeta_{\text{вх,CA(PK)}} \quad (3.36)$$

$$\Delta\zeta_{M,CA(PK)} = -0,04M_{CA(PK)}^2 + 0,05M_{CA(PK)}^3 \quad (3.37)$$

Re санына түзету;

$$\Delta\zeta_{Re,CA(PK)} = 5,8 * 10^4 Re_{CA(PK)}^{-5/4} \quad (3.38)$$

мұнда- торға кірудің есептелмейтін бұрышына түзету

$$\Delta\zeta_{\text{вх,CA(PK)}} = 0,3 \left(1 + \frac{b_{CA(PK)}}{2l_{CA(PK)}} \right) \frac{\sin(\alpha_{\text{вх,CA}} - \alpha_{\text{опт}})}{\sin\alpha_{\text{вх,CA}} * \sin\alpha_{\text{опт}}} \sin\alpha_{\text{опт}} \quad (3.39)$$

Мұнда $\alpha = 90^0$ -профильді шығындар аз болғанда оңтайлы кіру бұрышы;

$\alpha_{\text{вх,CA}}$ – кіру бұрышы.

Тордағы шығындарды анықтағаннан кейін жылдамдық коэффициентінің бұрын қабылданған мәні нақтыланады:

$$\varphi_{CA(PK)} = \sqrt{1 - \xi_{CA(PK)}} \quad (3.40)$$

Егер алынған жылдамдық коэффициентінің мәні қабылданғанға сәйкес келмесе, онда тиісті есептің басталуына қайта оралу және жылдамдық коэффициентінің есептелген мәнін қабылдау.

Бұдан әрі жұмыс дөңгелегі параметрлерін есептеуді жүргіземіз.

20) СА-дан ағынның шығуының және ҚР-ға кіруінің салыстырмалы жылдамдығы:

$$W_{CA} = \sqrt{1 + \left(\frac{U}{C_{CA}}\right)^2 - 2\frac{U}{C_{CA}} \cos(\alpha_{ca})} \quad (3.41)$$

21) СА-дан ағынның шығу және ҚР кіру бұрышы:

$$\beta_{CA} = \arcsin\left(\frac{C_{CA} \sin(\alpha_{CA})}{W_{CA}}\right) \quad (3.42)$$

22) Профиль хордасы:

$$b_{PK} = \frac{t_{PK}}{t_{опт. PK}} \quad (3.43)$$

23) Биіктігі:

$$l_{PK} = l_{CA} + \Delta l_{пер} \quad (3.44)$$

24) Жұмысшы қалақша саны:

$$z_{PK} = \frac{\pi D_{cp}}{b_{PK} t_{опт. PK}} \quad (3.45)$$

25) Изоэнтроптық жылу құлама:

$$h_{PK} = \rho_{cp} h_{тд} \quad (3.46)$$

26) Ағынның салыстырмалы шығу жылдамдығы:

$$W_{PK} = \varphi_{PK} \sqrt{(W_{CA})^2 + 2000 h_{PK}} \quad (3.47)$$

27) Тордағы шығындар:

$$\Delta h_{PK} = (1 - \varphi_{PK}^2) h_{PK} \quad (3.48)$$

28) Газ параметрлері:

$$P_{PK} = P_{CA} \left(1 - \frac{h_{PK}}{\frac{k_{v, cp}}{k_{v, cp} - 1} z_{CA} R T_{CA}}\right)^{\frac{k_{v, cp}}{k_{v, cp} - 1}} \quad (3.49)$$

$$P_{PK, 6п} = P_{CA} \left(1 - \frac{h_{PK} - \Delta h_{PK}}{\frac{k_{v, cp}}{k_{v, cp} - 1} z_{CA} R T_{CA}}\right)^{\frac{k_{v, cp}}{k_{v, cp} - 1}} \quad (3.50)$$

-шығындарды есептемегенд

$$T_{PK.6n} = T_{PK} \left(\frac{P_{PK.6n}}{P_{CA}} \right)^{\frac{k_T - 1}{k_T}} \quad (3.51)$$

$$m_T = \frac{1}{\left[1 - \frac{P}{T} \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right) \right]} \quad (3.52)$$

$$T_{PK} = T_{PK.6n} \left(\frac{P_{PK}}{P_{PK.6n}} \right)^{\frac{m_{T.cp} - 1}{m_{T.cp}}} \quad (3.53)$$

- шығындарды есепке ала отырып температура

29) Ағынның шығу бұрышы:

$$\beta_{PK} = \arcsin \left(\frac{G}{W_{PK} \pi D_{cp} \rho_{PK} l_{PK}} \right) \quad (3.54)$$

30) Рейнольдс санын формула бойынша табамыз және оған түзету жасаймыз

31) 29-43 тармақтар бойынша шығындарды есептейміз, шығындар коэффициентін табамыз

32) Жылдамдық коэффициентін анықтаймыз

$$\phi_{PK} = \sqrt{1 - \varepsilon_{PK}} \quad (3.55)$$

33) Абсолютная скорость выхода

$$C_{PK} = \sqrt{W_{PK}^2 + U^2 - 2 * U * W_{PK} * \cos(\beta_{PK})} \quad (3.56)$$

34) Ағынның шығу бұрышы

$$a_{PK} = \arcsin \left| \frac{\sin \beta_{PK} U}{\cos \beta_{PK} - \frac{U}{W_{PK}}} \right| \quad (3.57)$$

$$\Delta h_{c_2} = \frac{C_2^2}{2000}$$

35) Шығыс жылдамдықтары

$$\Delta h_{c_2} = \frac{c_2^2}{2000} \quad (3.58)$$

$$\Delta h_{ym} = h_{TD} \frac{G_{ym}}{G_{TD}} \quad (3.59)$$

36) Лабиринттік тығыздағыштар арқылы ағып жоғалту:

$$\Delta h_{ym} = h_{TD} \frac{G_{ym}}{G_{TD}} \quad (3.60)$$

$$G_{ym} = \pi \mu_{упл} D_{упл} \delta_{упл} \sqrt{\frac{(p_{вх}^2 - p_{ввх}^2) p_{вх}}{p_{вх} z_{упл}}} \quad (3.61)$$

37) Турбодетандер ПЭК-і

$$\eta_{TD} = \frac{h_{TD} - h_{CA} - h_{PK} - h_{C_2} - h_{ym}}{h_{TD}} \quad (3.62)$$

38) Турбодетандер қуаты

$$N_{TD} = h_{TD} * G * \eta_{TD} \quad (3.63)$$

Осы әдістеме бойынша, есептеу нәтижесінде соплалық аппараттың геометриялық қасиеттері анықталады және турбодетандердің жұмыс доңғалағы, оның қуаты, пЭК, сондай-ақ газ параметрлері және газдардың турбодетандерден шығуы көрсетілген.

Жоғарыда келтірілген әдістемеде көрсетілген тәуелділік негізінде келесі тәуелділіктер талданды:

- газ түрінен турбодетандер қуаттары
- орта диаметрден турбодетандер қуаты
- доңғалақтың диаметрінен ортадан тепкіш күштен доңғалақтағы кернеу

Термодинамикалық есеп нәтижелері

1-бөлімде сипатталған әдістеме бойынша және турбодетандердің оңтайлы параметрлерін ескере отырып таңдалған схема бойынша турбодетандерлердің негізгі параметрлерінің есебі жүргізілді, олардың мәндері 3.1 және 3.2-кестелерде берілген. УПТЖ схемасын әзірлеу.

3.1-кесте - Бірінші турбодетандердің есептік параметрлері

№	Мәндердің атауы	Белгілеу	Өлшем	Сандық мән
1	ТД – да жылу беру	h_{TD} Место для формулы.	кДж/кг	110

2	Орташа диаметрі	D	м	0,32
3	Орташа диаметрдегі айналмалы жылдамдық	U	м/с	249
4	Адиабатикалық дифференциалды жылдамдығы	$C_{ад}$	м/с	466,3
5	Газ кеңейту дәрежесі	$\pi_{ТД}$	-	2
6	Жылдамдық қатынасы	x	-	0,534
7	Орташа диаметрдегі реактивтіліктің дәрежесі	$\rho_{ор}$	-	0,256

3.1-кестенің жалғасы

№	Мәндердің атауы	Белгілеу	Өлшем	Сандық мән
8	Шүмек қондырғысының ағыны бұрышы	$\alpha_{СА}$	град	12
9	Импульстік пышақтың ағының бұрышы	$\beta_{СА}$	град	37
10	ҚР газдың салыстырмалы жылдамдығын шығару бұрышы	$\beta_{РК}$	град	7
11	ҚР ағымының бұрышы	$\alpha_{РК}$	град	67
12	Саңыраулардың биіктігі	$l_{СА}$	м	0,002
13	Пластиналдық жүздердің биіктігі	$l_{РК}$	м	0,005
14	СА – дағы газ қысымы	$p_{СА}$	МПа	2,413
15	Газдың температурасы шамамен	$T_{СА}$	К	310,3
16	ҚР-ның аумағындағы газ қысымы	$p_{РК}$	МПа	1,96
17	ҚР аумағындағы газдың температурасы		К	280,9
18	ТД кірісінің абсолюттік газ жылдамдығы		м/с	158,4
19	СА – дан шығатын шығыс қарқыны		м/с	352,8
20	СА-ның салыстырмалы ағыны		м/с	120,8
21	ҚР салыстырмалы ағыны		м/с	238,6
22	Қазақстаннан ағымның өте жоғары жылдамдығы		м/с	31,9
23	СА жылдамдық факторы		-	0,877

24	ҚР жылдамдық коэффициенті		-	0,9
25	Саңырау қадамы		м	0,015
26	Пышақ қадамы		м	0,0072
27	Бүріккіш пышақтардың саны		шт	67
28	ҚР жүздерінің саны		шт	140
29	СА аккорд профилі		м	0,030
30	ҚР торлы профилінің ағыстығы		м	0,0144
31	СА –дағы lentric жылу ағыны		кДж/кг	81

3.1-кестенің жалғасы

№	Мәндердің атауы	Белгілеу	Өлшем	Сандық мән
32	ҚР-дағы изентроптық жылу ағыны		кДж/кг	27,8
33	СА- дағы шығындар		кДж/кг	18,7
34	ҚР –дағы шығындар		кДж/кг	5,3
35	Шығу жылдамдығының жоғалуы		кДж/кг	0,508
36	Лабиринтті пломбалар арқылы ағып кету		кДж/кг	2,8
37	Тиімділігі ТД		-	0,67
38	Қуаты ТД		кВт	145

3.2-кесте – Екінші турбодетандердің есептік параметрлері

№	Мәндердің атауы	Белгілеу	Өлшем	Сандық мән
1	ТД – дағы жылу беру		кДж/кг	110
2	Орташа диаметрі		м	0,32
3	Орташа диаметрдегі айналмалы жылдамдық		м/с	251,4
4	Адиабатикалық дифференциалды жылдамдығы		м/с	470,7
5	Газ кеңейту дәрежесі		-	2
6	Жылдамдық қатынасы		-	0,534
7	Орташа диаметрдегі реактивтіліктің дәрежесі		-	0,256
8	Шүмек қондырғысының бұрышы		град	12

9	Импульстік пышақтың ағынының бұрышы		град	36
10	ҚР газдың салыстырмалы жылдамдығын шығару бұрышы		град	14
11	ҚР ағымының бұрышы		град	82
12	Саңыраулардың биіктігі		м	0,006
13	Пластиналық жүздердің биіктігі		м	0,009
14	СА –дағы газ қысымы		МПа	1,222
15	СА газдың температура шамасы		К	294,5
16	ҚР аумағындағы газ қысымы		МПа	1
17	ҚР аумағындағы газдың температурасы		К	282,9
18	ТД кірісінің абсолюттік газ жылдамдығы		м/с	158,44
19	АА – дан шығатын шығыс қарқыны		м/с	470,7

3.2-кестенің жалғасы

№	Мәндердің атауы	Белгілеу	Өлшем	Сандық мән
20	СА – ның салыстырмалы ағыны		м/с	130,5
21	ҚР салыстырмалы ағыны		м/с	249,9
22	Қазақстан ағымның өте жоғары жылдамдығы		м/с	59,5
23	СА жылдамдық факторы		-	0,9
24	ҚР жылдамдық коэффициенті		-	0,92
25	Саңырау қадамы		м	0,015
26	Пышақ қадамы		м	0,0072
27	Бүріккіш пышақтардың саны		шт	36
28	ҚР жүздерінің саны		шт	74
29	СА аккорд профилі		м	0,030
30	ҚР торлы профилінің ағыстығы		м	0,0144
31	СА- дағы Lentric жлыу ағыны		кДж/кг	82
32	ҚР- дағы изентроптық жылу ағыны		кДж/кг	28,4
33	СА –дегі шығындар		кДж/кг	15,7
34	ҚР-дағы шығындар		кДж/кг	4,36
35	Шығу жылдамдығының жоғалуы		кДж/кг	1,77
36	Лабиринтті пломбалар арқылы ағып кету		кДж/кг	0,812
37	Тиімлігі ТД		-	0,74
38	ТД қуаты		кВт	155

3.2 Турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар УПТИГ схемасын әзірлеу

Турбодетандерлік генераторлық қондырғы қысымды редуцирлеуге арналған газ жылытқыштарын электр энергиясымен жабдықтау үшін, бұл ретте турбодетандерге тазартылған газ түсіп отыруы қажет. УПТИГ жұмысының сенімділігін қамтамасыз ету үшін қондырғыны негізгі редуциялаушы желілермен параллель орналастыру тиімді. УПТИГ құрамындағы турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар редуциялаушы желінің жұмысы шарттары ГТС редуциялайтын желілерінің жұмыс жағдайларына ұқсас, сондықтан схеманы осы ГТС редуциялайтын сызықтарға қойылатын жалпы талаптар.

ҚРД 39-1 сәйкес.10-069-2002 "техникалық пайдалану жөніндегі Ереже" магистральдық газ құбырларының газ тарату станцияларының келесі схемалар бойынша орындалады (газ жүрісі бойынша):

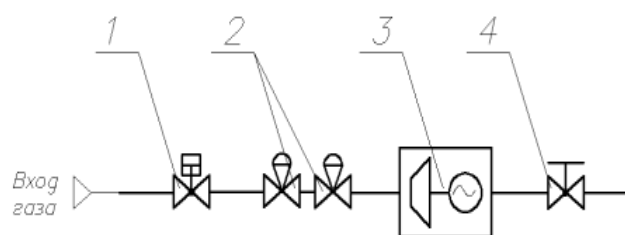
1. пневможетегі бар кран, қысымды реттегіш немесе дискретті клапан-дроссель, қол қраны;
2. пневможетегі бар кран, реттеуші-кескіш, пневможетегі бар кран;
3. пневможетекті кран, екі рет орнатылған қысым реттегіші, қол қраны немесе пневможетекті;
4. пневможетегі бар кран, реттеуші кран (қол қраны) және пневможетегі бар кран;
5. қол қраны, кескіш, реттегіш, қол қраны.

Турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар редуциялаушы желіні үшінші схемаға сәйкес: пневможетекті кран, екі рет орнатылған турбодетандерлік генераторлық қондырғы, қол қраны. Екінші реттеуші сенімділік арттыру мақсатында қоямыз.

Турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар редуциялаушы желінің таңдалған схемасы 3.1-суретте көрсетілген, турбодетандерлік генератормен редуциялайтын желінің схемасы 3.2-суретте көрсетілген, турбодетандерлік генераторлық қондырғы қағидалы сұлбасы 3.3-суретте көрсетілген.

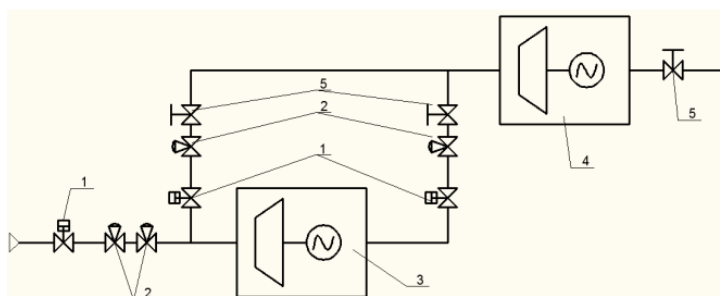
Жүргізілген зерттеулер мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

1. Турбодетандердің қуаты газ түріне байланысты, сонымен бірге көмірсутекті газ қуатты төмендетеді.
2. Дөңгелектің диаметрінің ұлғаюымен, айналу жиілігін сақтай отырып, турбодетандер қуаты өседі, ал ПӘК-і аз төмендейді.
3. Доңғалақ материалын таңдау кезінде ортадан тепкіш күштің айналуынан пайда болатын кернеуді ескеру қажет.



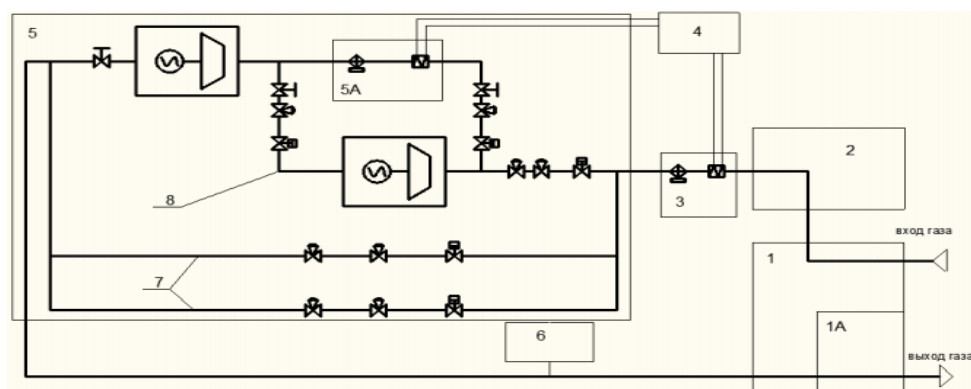
1-кран пневножетекімен; 2-қысым реттегіші; 3-турбодетандерлік генераторлық қондырғы; 4-қол қраны

3.1-сурет - Турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар редукциялаушы желінің таңдалған схемасы



1-кран пневножетекімен; 2-қысым реттегіші; 3-бірінші турбодетандерлік генераторлық қондырғы; 4-екінші турбодетандерлік генераторлық қондырғы; 5-қол қраны

3.2-сурет - УПТИГ үшін турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар редукциялаушы желінің схемасы



1-ауыстырғыш торабы; 2-тазалау торабы; 3-газды жылыту торабы; 4-компрессордан газды дайындау торабы; 5-торабы ықшамдау; 6-конденсатты жинау торабы; 1А-одоризация торабы; 5А-газды аралық жылыту торабы; 7-

редукциялаушы желілер; 8-турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар
редукциялаушы желі

3.3-сурет - Турбодетандерлік генераторлық қондырғысы бар УПТИГ қағидалы сұлбасы

4 Инвестицияларды негіздеудің алдын ала жобасы

Детандер-генератор базасында энергия үнемдеу кешенін енгізу
агрегат (ДГА-5000 (ЖЭО-3))

1. Бастапқы деректер

4.1-кесте - Жобаның қуаты

Көрсеткіші	Бірлік өлшеу	Мәні
Белгіленген қуат	КВт	5000
Нақты қуаты	КВт	5000
Белгіленген пайдалану уақыты	жылына сағат	8000
Нақты пайдалану уақыты	жылына сағат	8000
Өндірістің нақты көлемі	кВт· жылына сағат	40000000

4.2-кесте - Өндіріс факторлары

Фактор	Бірлік өлшеу	Шығын нормасы
Газды жылытуға арналған жылу	ккал/ (кВт·сағ)	860
Электр энергиясы	кВт·сағ / (кВт·сағ)	0,002
Май	кг / сағ	0,2

Персонал	штат. Бірлік	9
----------	--------------	---

4.3-кесте - Баға және тарифтер

Көрсеткіші	Бірлік өлшеу	Құны
Электр энергиясы-өткізу бағасы	тг/(кВт·сағ)	0,70
Жылу-өз қажеттіліктері	тг/Гкал	186,45
Электр энергиясы-өз қажеттіліктері	тг/(кВт·сағ)	0,38
Май-өз қажеттіліктері	тг/кг	10
Жалақы)	тг/ай	4000

4.4-кесте - Салықтар

Салық түрі	Өлшем бірлігі	Мәні
Мүлік салығының ставкасы	негізгі құралдар құнының % қорларды	2
Пайдаға салынатын салық ставкасы	пайдадан %	24

4.5-кесте - ЖЭО схемасына ДГА қосу кезіндегі қосымша әсер

Әсері	Бірлік өлшеу	Экономия
Табиғи газды үнемдеу есебінен ЖЭО турбинасының ПӘК-ін арттыру жылуды іріктеу	мың нм 3 / жыл	1283

4.6-кесте - Жобаның негізгі параметрлері

Көрсеткіші	Бірлік өлшеу	Құны
Сату көлемі	тг/жыл	28000000
Отынды үнемдеу	тг/жыл	715090
Күрделі салымдар	тг/ жыл	75000000
Пайдалану шығындары	тг/жыл	7410680
Салық аударымдары	тг/жыл	5113060

преференцияларды пайдалану		
Салық аударымдары преференцияларды пайдалану	тг/жыл	590400

4.7-кесте - Жобаның тиімділігін бағалау

Жобаның өзін-өзі ақтау мерзімі преференциялар, жыл	4,5
Жобаның өзін-өзі ақтау мерзімі преференциялар, жыл	3,5

ҚОРЫТЫНДЫ

ГРП алдындағы газ қысымының шығынын есептеу детандер-генераторлық агрегатты таңдауға мүмкіндік берді . Дросселдеу кезінде энергия шығынын анықтау қайтарымсыз жоғалатын энергия мөлшерін анықтауға мүмкіндік берді. Берілген жағдайда ең оңтайлы газ жылыту схемасы анықталды. Газ жылытқыштарын есептеу негізінде жылытқыштағы желілік судың энтальпиясы және жылу алмастырғыш бетінің ауданы анықталды. Турбодетандерден газдың энтальпиясы мен температурасы анықталды. ЖЭО-3 жылу схемасына турбодетандерді қосу кезіндегі жылу үнемділігі анықталды. ДГА-5000 базасында энергия үнемдеу кешенін енгізу бойынша инвестициялық жобаның экономикалық тиімділігі есептелген.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Цанев С. В., Буров В. Д., Ремезов А. Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М. : Издательский дом МЭИ, 2009. 584 с.
2. Кудинов А. А. Горение органического топлива: учеб. пособие для вузов. М. : ИНФРА-М, 2015. 390 с.
3. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика. М. : Издательский дом МЭИ, 2007. 472 с.
4. Пат. 2582377 (RU). МПК7 F 02 C 1/02. Способ работы детандер-генераторной установки электростанции / Кудинов А. А., Усов С. В. Б. И. № 12, 2016. 315
5. Усов С. В., Кудинов А. А. Анализ технико-экономических показателей Сызранской ТЭЦ после ее модернизации с установкой ПГУ-200 // Энергетик. 2013. № 12. С. 43–45.
6. Кудинов А. А. Техническая гидромеханика: учеб. пособие для вузов. М. : Машиностроение, 2008. 368 с.
7. Кудинов А. А. Строительная теплофизика: учеб. пособие для вузов. М. : ИНФРА-М, 2013. 262 с.