

УДК 621.6.052.; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.05>

<https://orcid.org/0000-0003-1688-0666>

<https://orcid.org/0000-0001-6168-2787>

<https://orcid.org/0000-0001-8231-9944>

<https://orcid.org/0009-0007-5272-6697>

МҰНАЙ ӨНДІРІСТІГІНДЕ КОМПРЕССОРЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІ МЕН ТИІМДІЛІГІН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ



Д.Д. БАСКАНБАЕВА,
PhD,
*d.baskanbayeva@satbayev.
university*



К.К. ЕЛЕМЕСОВ,
техникалық ғылым
кандидаты, профессор,
*k.yelemessov@satbayev.
university*



Л.Б. САБИРОВА,
техникалық ғылым
кандидаты, қауымдастырылған
профессор,
l.sabirova@satbayev.university



Н.К. АУБАКИРОВА,
технологиялық машиналар
мен жабдықтар
кафедрасының докторанты,
ms.n.a.k@bk.ru

SATBAYEV UNIVERSITY

Қазақстан Республикасы, 050000 Алматы, Сатпаев көшесі, 22

Бұл мақалада қауіпсіздік, сенімділік және тиімділік көрсеткіштері, пайдалану деректері бойынша компрессорлық қондырғылар талданды. Коммерциялық сипаттағы кемшіліктер анықталды, мысалы, компрессорлық станция орналасқан жеріне байланысты компрессорлардың жүктелу дәрежесі, бизнестің дамуына кедергі келтіреді. Содан кейін техникалық сипаттамаларға талдау жасалады, міндет тұжырымдалады және оны ұйымдастырушылық-техникалық шешудің ең қолайлы әдісі болады. Қазақстан табиғи газды сығымдау үшін компрессорларды шетелден сатып алады, сондықтан біз импорттық өнімді ауыстыру туралы айтып отырмыз.

Бәлек жетекті және қорғаныш тығыздағыштары бар шетелдік компрессорлық станциялар түбегейлі ауыр және көптеген жылдар бойы жұмыс істеу арқылы анықталған бірқатар кемшіліктерге ие. Қауіпсіз пайдалану жағдайларына байланысты компрессорлардың жетілмегендігі қаладағы компрессорлық станциядан табиғи газды кеңінен пайдаланудың негізгі тежегіші болып табылады. Біздің жағдайда табиғи газды кең коммерциялық енгізуге компрессорлық станция үшін бәлек жетекті компрессор негізінде қажетті үлкен аумақтар кедергі келтірді.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: компрессорлық станция, табиғи газды сығымдау, газ ағыны, қысым, компрессор қондырғылары, термодинамикалық процесстер.

ИНТЕГРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК В НЕФТЕПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Д. Д. БАСҚАНБАЕВА*, PhD, d.baskanbayeva@satbayev.university

К.К. ЕЛЕМЕСОВ, кандидат технических наук, профессор, k.yelemessov@satbayev.university

Л.Б. САБИРОВА, кандидат технических наук, ассоциированный профессор,

l.sabirova@satbayev.university

Н.К. АУБАКИРОВА, докторант кафедры «Технологические машины и оборудования»,
ms.n.a.k@bk.ru

SATPAYEV UNIVERSITY

Республика Казахстан, 050000 г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

В данной статье был проведен анализ показателей безопасности, надежности и эффективности компрессорных установок по данным эксплуатации. Выявляются недостатки коммерческого характера, например, степень загрузки компрессоров в зависимости от места расположения компрессорная станция, сдерживающие развитие бизнеса. Затем проводится анализ технических характеристик, формулируется задача и находится наиболее приемлемый путь её организационного и технического решения. Казахстан закупает за рубежом компрессоры для сжатия природного газа, поэтому, кроме прочего, речь идет о замещении импортной продукции.

Зарубежные компрессоры, компрессорная станция с отдельным приводом и защитными уплотнениями фундаментально тяжелые, и имеют ряд недостатков, которые выявлены путем многолетней эксплуатации. Несовершенство компрессоров, связанное с условиями безопасной эксплуатации, является основным сдерживающим фактором широкого использования природного газа от компрессорная станция в городе. В нашем случае широкому коммерческому внедрению природного газа мешают большие площади, необходимые под компрессорную станцию на базе компрессора с отдельным приводом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: компрессорная станция, сжатие природного газа, поток газа, давление, компрессорные установки, термодинамические процессы.

INTEGRATION OF SAFETY AND EFFICIENCY OF COMPRESSOR UNITS IN PETROLEUM INDUSTRIAL ENVIRONMENTS

D. D. BASKANBAYEVA*, PhD, *d.baskanbayeva@satbayev.university*

K.K. YELEMESOV, Candidate of technical sciences, Professor, *k.yelemessov@satbayev.university*

L.B. SABIROVA, Candidate of technical sciences, Associate Professor,

l.sabirova@satbayev.university

N.K. AUBAKIROVA, «Doctoral student of the Department of Technological Machines and Equipment», *ms.n.a.k@bk.ru*

SATBAYEV UNIVERSITY

Republic of Kazakhstan, 050000 Almaty, st. Satpaev 22

In this article, the analysis of safety, reliability and efficiency indicators of compressor units according to operating data was carried out. The disadvantages of a commercial nature are revealed, for example, the degree of compressor loading depending on the location of the CNG station, hindering business development. Then the analysis of technical characteristics is carried out, the task is formulated and the most acceptable way of its organizational and technical solution is found. Kazakhstan buys compressors for natural gas compression abroad, so, among other things, we are talking about replacing imported products.

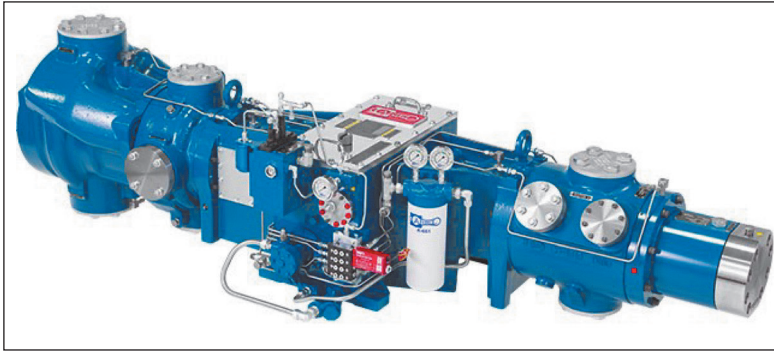
Foreign CNG compressors with separate drive and protective seals are fundamentally heavy, and have a number of disadvantages that have been identified through long-term operation. The imperfection of compressors associated with safe operation conditions is the main deterrent to the widespread use of natural gas from CNG stations in the city. In our case, the wide commercial introduction of natural gas is hampered by the large areas required for CNG stations based on a compressor with a separate drive.

KEY WORDS: *compressor station, natural gas compression, gas flow, pressure, compressor units, thermodynamic processes.*

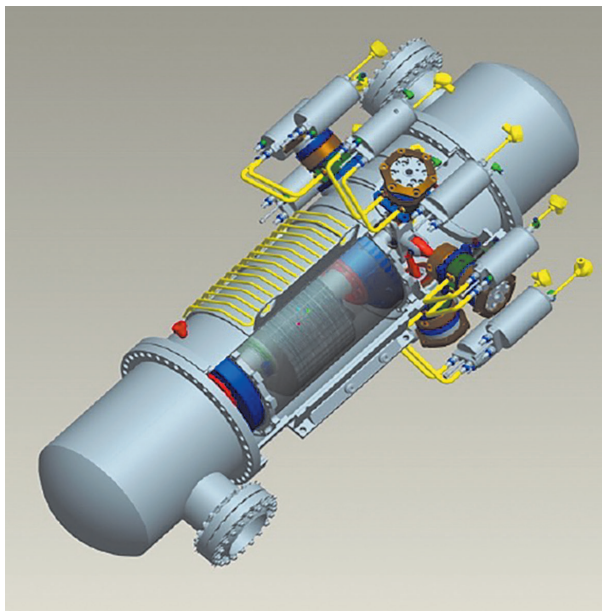
Қіріспе. Табиғи газды сығымдау үшін Қазақстандық герметикалық компрессордың қауіпсіздік талаптарына жауап беретін дамудың негізі қатаң талаптар болып табылады, мысалы, Қазақстан заңнамасында қауіпті өндірістік, процестерге қойылатын сыртқы ортаға ағып кету тұрғысынан (№116-ФЗ) заң бұзушылық үшін әдеттегіден гөрі үлкен жауапкершілікке ие. Мысалы, батыста, сондықтан біздің елімізде Батыстың бақылаушы органдарының ескертулерін тудырмайтын импорттық өндіріс компрессорлары айыппұлдарға, сайып келгенде, компрессорлық станция иелерінің шығыны мен күйреуіне әкелетін бірқатар шағымдарды тудырады. Осылайша, біздің заңнамаға сәйкес конструкциясы бар компрессордың болмауы біздің елімізде мұнай саласын газдандыруды тежейді. Тағы бір міндетті шарт-ағындарды бөлу арқылы қабықтың ішіндегі азотпен жасанды түрде жасалған метан қоспасының жанбайтындығының белгілі әсеріне негізделген ұшқын-жарылыс қауіпсіздігі шарттарының сөзсіз орындалуын қамтамасыз ету болып табылады [1].

Зерттеу материалдары мен әдістері. Энергетикалық машина жасаудың ғылыми-техникалық саласының дамуын іздестіру және нормативтік-орта және ұзақ мерзімді болжауға бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Ресурстар мен энергияны үнемдеу бойынша озық әлемдік тәжірибені ескере отырып, орта және ұзақ мерзімді болжамдар негізінде Қазақстандағы ғылым, технология және техниканы дамытудың басым бағыттарын таңдау жүйесін дамытуға бағытталған ғылыми-зерттеу жұмыстары атқарылды.



Сурет 1 – Бөлек жетегі бар және атмосфераға ағып кететін компрессор (Ариэль, US).
Политропты цикл бөлінген



Сурет 2 – ГКВП агрегаты. Ағып кетпейтін кеңеюі бар тұтас политропты цикл қабылданады,
экология + экономика

Осы мақаладағы жұмыс тығыз қалалық құрылыс жағдайында жарылғыш газды сығымдау бойынша қауіпсіз жұмысты қамтамасыз ете алатын жаңа өнім мен технологияны құру үшін нақты ғылыми мәселені шешу мақсатында жүргізілді. Ұсынымдар, нұсқаулықтар, әдістемелер алу; F3Ж тақырыбы бойынша ОКБ өткізу мүмкіндігін айқындау. Нақты жағдайда компрессор мен оның компрессорлық станция рұқсат етілген техникалық сипаттамаларының аралығын анықтайтын техникалық шарттарды әзірлеу [2].

Жұмыстың міндеттері:

- қолданылатын әдістемелер, газ өнеркәсібіндегі қауіпсіздік ережелері және Қазақстанның стандарттары негізінде ғылыми-әдістемелік және нормативтік құжаттарды (ТШ) құру;

- газдың жасырын ағып кетуін болдырмайтын компрессор мен оның бөліктерін сынау бағдарламасын, әдістемесін және кезектілігін әзірлеу;

- оның базасында компрессорлық станция үшін герметикалық компрессордың және компоненттердің жаңа компоненттерін дайындауға ТТ әзірлеу;

- бұйымдарға, бөлшектер мен жинақтауыштарға арналған жаңа технологиялық және сынақ жабдықтарын дайындауға ТТ әзірлеу;

Герметикалық компрессорлар желісін құру бойынша ғылыми-зерттеу жұмысы қолданбалы ғылыми-зерттеу жұмыстарының бір түрі болып табылады. Ол жаңа отандық компрессорлар базасында компрессорлық станция өндірісін құру және игеру жөніндегі жұмыстар кешенінің бастапқы кезеңі ретінде қызмет етеді және әзірлеуді, ең болмағанда, қауіпсіз пайдалану жағдайларынан тиісті ғылыми зерттеулер жүргізбей жүзеге асыру тиімсіз болғандықтан жүргізілді [3, 4].

Зерттеу әдістері:

- бөлек жетекті және қорғаныш тығыздағышы бар қолданыстағы компрессорлар базасында жаңадан жобаланатын және пайдаланылатын компрессорлық станцияға жарияланған материалдар бойынша деректерді жинақталып және өңдеуден өткізілді (теориялық зерттеулер);

- компрессорды және оның компоненттерін дайындаудың және сынаудың конструктивті және технологиялық схемасын есептеп, оның бүкіл пайдалану мерзімі ішінде герметикалыққа кепілдік беретіндігі анықталды;

- компрессорлық станция ОПО грифі алынды.

Нәтижелер және талқылау.

- тығыз қалалық құрылыс жағдайында пайдаланылатын газдың ағуынсыз, 5ГМКЭ компрессор базасында компрессорлық станциясы үшін техникалық шарттары әзірленіп, бекітілді.

- gazpack 37 42, 4DA 300 -250 жетекші фирмаларының (Германия) (Италия) компрессорларымен салыстырғанда герметикалық компрессордың меншікті қуатының күрт төмендеуі;

- жөндеу шығындарын азайту (бөлек жетекті компрессорларда газды ағып кетуден сақтайтын тығыздағыштарды ауыстыру бойынша);

- салқындату үшін суды тұтынуды азайту және компрессорлық станция алаңдары;

- негізгі тұтынушылардың тұрғылықты жерінен М-кад бойынша бірнеше станция, газ отынымен жанармай құюдың қашықтығы мәселесін шешу арқылы экологиялық таза отынды пайдалану көлемін кеңейту (ыңғайлылық және коммерциялық пайда мәселесі);

- компрессорлық станция барлық стандартты үлестік көрсеткіштерін жақсарту (меншікті металл сыйымдылығы, ауданы көлемі, энергия сыйымдылығы және т. б.);

- газ құю кешенінің жұмысын ұйымдастыру бойынша жаңа технологиялар мен жаңа шешімдер алу мүмкіндіктері;

- ІЖҚ шығатын газдардың уыттылығын төмендету;

- ірі қалалардың ауа бассейндерін сауықтыру.

- құрылымдық жағынан, компрессор атмосфераға жұмыс газының, соның ішінде парниктік метанның шығарылуын болдырмайтын резервуар түріндегі герметикалық қабықпен қоршалады [5].

Жобаның экологиялық тартымды қасиеті-компрессордан CN4 нөлдік шығарындысы, ал сығылған табиғи газбен жұмыс істейтін көлікте CO2 шығарындысы 80% төмендеген. Бұл компрессорлық станцияны БПҰ-дан БПҰ-ға қайта даярлауға және пайдалану шығындарын күрт төмендетуге мүмкіндік береді (мысалы, сақтан-дыру төлемдері);

- тағы бір айырмашылық біліктің ең үлкен айналу жылдамдығы болады, бұл бір жұп полюсті асинхронды электр қозғалтқышын ең жеңіл үнемді және компас ретінде пайдалануға мүмкіндік береді;

- агрегаттың жұмыс газдарының нөлдік шығарылуы оны қауіпсіз өнеркәсіптік объект ретінде қаланың тығыз салынған аудандарында жұмыс істейтін мұнай газ толтырғыш компрессорлық станциялар үшін пайдалануға мүмкіндік береді;

- компрессорлардың өнімділігі, V_{cp} , Н. м³/сағ, газдың бастапқы күйімен, (сору шарттарымен), атап айтқанда, берілетін газ желісінің шығыс сипаттамаларымен, СП, м³/с беру шығысымен; P_n , МПа, (кг/см²) беру қысымымен байланысты;

берілетін газдың температурасы T , К, (°С), сондай-ақ берілетін табиғи газдың құрамымен (ылғалдылығымен);

- МЕМСТ 5542-87 «өнеркәсіптік және коммуналдық-тұрмыстық мақсаттағы табиғи жанғыш газдар». Техникалық шарттар, ал МЕМСТ 27577 – 2000 ішкі жану қозғалтқыштары үшін сығымдалған табиғи отын газы" бойынша соңғы күйі беру қысымына, P_n байланысты компрессорлардың сатыларында газдың жалпы сығылу дәрежесінің бірқатар мәндерін аламыз. Яғни, біріншіден, біз сору жағдайларына байланысты компрессордың өнімділігін аламыз, екіншіден, беру қысымына байланысты жалпы қысу коэффициентін аламыз;

- біз компрессорлардың барлық сатыларындағы жалпы қысу коэффициентінің мәндерін *1-кестеге* келтіреміз. Қазақстанның газ желілеріндегі беру қысымының жалпы аралығын 0,015-тен 8,5 МПа-ға дейін, бөлу аралығы шамамен онға тең (көлденең жол) және газ желісінің орналасқан жері мен ведомстволық тиесілігін ескере отырып (тік жол) [6].

- бұл ретте қысым мен тиесіліліктен басқа желілердегі газ күйінің құрамы мен температурасы сияқты барлық басқа көрсеткіштерінің шартты түрде тең екендігіне және бірінші кезеңде компрессордың конструкциясын таңдау үшін маңызы жоқ екендігіне келісеміз. Қысымның жалпы қатынасын (жалпы қысу коэффициентін) есептеу 1 формула бойынша жасалады:

$$P_0 = P_k / P_n \quad (1)$$

мұндағы P_0 P_k , компрессорға дейінгі, P_n және одан кейінгі газ қысымының жалпы қатынасының өлшемсіз шамасы. ҚР МЕМСТ 27577-2000 бойынша нақты анықталғандықтан, $P_k = 21,8$ МПа, ал P_n беру қысымы бірқатар ағымдағы мәндерді қабылдайды, содан кейін компрессордағы P_0 қысымының қатынасы да бірқатар нақты мәндерді қабылдайды (*1-кесте*).

- сондай-ақ, шамасы $1453/2, 6 = 559$ екенін ескерсек, бұл қысым бойынша әртүрлі құбырлар үшін сору шарттары бірнеше рет ерекшеленеді, яғни компрессор білігіндегі күштер. Сондықтан, отандық немесе шетелдік компрессор жасаушылар сізге сору жағдайларына байланысты бірқатар компрессорларды, 26 түрлі типтер мен конструкцияларды ұсынады, бұл логистиканы қиындатады және қосалқы бөлшектер номенклатурасының өсуіне әкеледі;

Кесте 1 – Компрессордағы қысым

№	Газ желісінің мақсаты	Беру қысымы, Р _в , мПа*									
		0,15	0,5	1	2	2,2	3,5	5	6	7	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Қысымның сыртқы қатынасыений (1)											
1	Тұрмыстық газ құбырлары (қалада)**	1910	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Технологиялық газ құбырлары ***	-	57	28,6	14,3	13	8,2	5,72	4,8	4	2,86
3	Қала маңындағы және ауылдық жерлердегі көлік немесе магистральдық газ құбырлары)	-	-	-	-	15	9	6	6,5	6	3
4	Арнайы мақсаттағы газ құбырлары****	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6	4

* - сызықша белгісі осы тиістіліктің құбырларында газ қысымы көрсетілген шекте шектелгенін білдіреді.

** - тұрмыстық газ құбырларын пайдалану өнімділігі төмен қондырғылар үшін ғана рұқсат етіледі, мысалы, "Фью-Майкл" 5 м³/сағ дейін.

*** - қондырғыдан шығудың соңғы қысымы құрылғының ГБО қысымынан сәл жоғары.

**** - энергетика және химия өнеркәсібінде.

- зерттеу міндеттерінің бірі, бүкіл компрессорлық машинаның түбегейлі өзгеруіне әкелмей, бүкіл аралықты жабатын бір әмбебап компрессорлық дизайнды ұсыну;
- қорғаныс МЕМСТ 14254 - 96 қабығымен қамтамасыз етіледі. Қорғау түрі "р" МЕМСТ 51330.3, герметикаланған, жоғары қауіпсіздік пен сығымдау үнемділігіне кепілдік береді;

- жаңадан әзірленіп жатқан Компрессорлық қондырғы газ құю технологиясын түбегейлі өзгертеді;

- компрессорлық қондырғыларды әмбебаптандырудың мәнін түсіну үшін поршень үстіндегі қысым ұғымын, РН - клапан қақпағының жағында (әдетте бірінші сатыда) және поршень астындағы қысым ұғымын енгіземіз. Поршеньдік қысымның жоғарылауымен Поршеньдегі күшті поршеньдік қысымнан теңестіруге болатыны анық. Бұл теңдестіру үйкелісті есепке алмай, компрессордың цилиндр поршенді тобын конструктивті қайта өңдеусіз кез келген кіріс беру қысымында компрессорлық қондырғыны іске қосуға мүмкіндік береді;

- бірақ бұл әмбебап тандыру компрессор қартерін түбегейлі қайта құру кезінде ғана мүмкін болады. Яғни қартер, (шұңқыр) құрылымдық элемент қалай түбегейлі өзгеруі керек, яғни берік герметикалық қабыққа айналуы керек;

- кіріс қысымы бойынша әмбебап тандыру мүмкіндігін болдырмайтын тағы бір элемент - білік пен өзек тығыз дағыштары-білік пен өзектерді атмосфераға жұмыс газдарының сыртқы ағып кетуінен тығыздайтын және поршеньдік қысымның астына Рп-ға өзінің беріктігі мен ресурсы бойынша шектеулер қоятын крейцкопф конструкцияларының компрессорлары үшін жаңа компрессорда жоқ болуы тиіс;

- ұсынылып отырған Жарылғыш газдарға арналған компрессорға қойылатын конструктивтік талаптарға сүйене отырып, стерлингтің кері тұйық циклі бойынша жұмыс істейтіні белгілі тоңазытқыш агрегатының конструкциясы оңай танылады, ол біртұтас герметикалық резервуарға қамалғандардың электр және поршенді машинасы болып табылады. Сонымен қатар, білік те, сабақтар да бұл резервуардың қабығын еш жерде кесіп өтпейді, сондықтан хладоагрегаттар ағып кетпейді, сондықтан оларда май тығыздағыштары, пентанға төзімді резеңкелер жоқ және оларды ауыстыруға байланысты проблемалар жоқ [7].

Бірақ үлкен айырмашылық бар:

- біріншіден, қысымның үлкен қатынасы, Тоңазытқыш цикліндегі қатынастан бір жарым есе көп, екіншіден, қозғалтқыш пен поршеньдік топты герметикалық резервуарға 500 Ватт емес, тіпті 4 кВт емес, кем дегенде 75 кВт орналастырылады;

- екіншіден, қолданыстағы компрессорларда, бөлек жетекті конструкцияларда және компрессор мен электр қозғалтқышы бөлек салқындатылады, ал резервуардың герметикалық қабығында екі көздің жылуы жиналды;

- үшіншіден, компрессорлық қондырғының жетілдірілуін анықтайтын құрылымдық параметрлер жаңадан құрылған герметикалық компрессордың ұқсас параметрлеріне сәйкес келетініне көз жеткізілді;

- төртіншіден, компрессордың іске қосу және штаттан тыс жұмыс режимдерін есептелінді;

- қондырғының кемелдігін анықтайтын құрылымдық параметрлер, олар: цилиндрлердің диаметрлері D , поршеньдік инсульт s , байланыстырушы шыбықтың ұзындығы L , олар компрессорлық қондырғының нақты сипаттамаларын анықтайды: компрессорлық қондырғының нақты орналасу ауданы:

- F_y ; меншікті металл сыйымдылығы- M_y ; сығылатын газ текшесіне шаққандағы энергия шығыны Q_y ; шу D_{Ba} , МЕМСТ 12.1.003-83; діріл мм рад/с, МЕМСТ 12.1.012-90;

- Дизайн параметрлері қатынастармен байланысты

- меншікті металл сыйымдылығы:

$$M_y = M / V_{HB} \quad (2)$$

мұндағы M -майлау, салқындату жүйесі, үрлеу сыйымдылықтары және жалғау құбырлары (байлау) бар компрессорлық қондырғының массасы; V_{HB} - m^3/c -тағы ең жоғары өнімділік..

Болашақ қондырғы үшін M_y металл сыйымдылығы беру қысымына байланысты 0,15-тен 10 МПа-ға дейін 3,5-тен 0,7 кг/м³/с-қа дейін болады және әлемдік көрсеткіштерден кемінде 2 есе асады.

- үлкен берілген өнімділік:

$$Q_{HB} = 2 R_{II} S n D_2 \quad (3)$$

мұндағы R_{II} -жеткізу магистралінің қысымы, МПа; s -поршеньнің жүрісі, м, n -машина білігінің айналымдарының саны, c^{-1} , олар анықтайтын поршень жылдамдығымен байланысты:

- өмірлік циклдің құны:

$$C_{II} = (2 K_{II} \cdot n)^{-1} \cdot K_{II} \cdot P \cdot E \cdot s \quad (4)$$

- F қондырғысы алып жатқан нақты аудан:

$$F_y = F / V_{HB} \quad (5)$$

- сығылған газ текшесіне шаққандағы энергия шығыны:

$$Q_y = N_{yc} / S_{нб} \quad (6)$$

мұндағы M_y , F_y және Q_y критерийлері (N_{yc} -компрессордың орнату қуаты) қондырғының негізгі құрылымдық параметрлерінің функциялары болып табылады: өнімділік, соңғы қысым, жұмыс материалдарының механикалық, физикалық қасиеттері, және өндіріс технологиясының деңгейі;

- компрессорлық станция мұнай газ құрылғыларына қызмет көрсетуге болатын салыстырмалы түрде шағын компрессорлық қондырғылар салу есебінен жүргізілетін болады – тәулігіне 100 бірлікке дейін;

- станция құрылысына шығындарды азайту үшін жылжымалы агрегаттың көмегімен машиналарға газ құю схемасын, № 45119 патентті пайдалануға болады;

- ғылыми-техникалық нәтижелерді тұтынушыларға, ең алдымен, жатқызуға болады:

- трансгаздар 25-тен астам, сондай-ақ құрылғыларға газ толтыру компрессорлық станциялары бар көлік кәсіпорындары мен ұйымдары;

- АҚШ-та ай сайын құны 150 мың доллардан кем емес 35 компрессорлық станция енгізіледі;

- "Трансгаз" мәліметтері бойынша Қазақстандағы компрессорлық станцияларда сығылған газына қажеттілік 2025 жылға қарай жылына шамамен 18-20 млрд. текше метрді құрайды;

- жұмыстың қолданбалы нәтижелері тұрғысынан инновациялық компрессордың мынадай техникалық сипаттамалары алынуы мүмкін, олар компрессорлық станция үшін шетелден жеткізілетін озық компрессорлармен тең дәрежеде беріледі, *2-кестеден* көре аласыздар:

Кесте 2

№	Салыстырылатын сипаттама (атауы)	Инновациялық компрессор	Компрессор* Gazpack 37 42, (Германия)	Компрессор 4DA 300 -250* (Италия)
1	2	3	4	5
1	Өнімділік, максималды (FGD) метан бойынша, н.м ³ сағатына, ISO 1217:1996 [ұб. Н.м. ³ /мин], (нб. Н.м. ³ / сек).	200/4900 [81,6], (1,36)	1748 [29,1], (0,485)	1500 [25,2], (0,42)
2	Сору қысымы, Мпа - ең төменгі - жұмыс - ең көп	0,1013 0,2-ден 5,5-ке дейін	0,1013 0,2-ден 1,6-ға дейін	0,05 0,11 0,3
3	Айдау қысымы, Мба	10 24,6	1,8 24,6	24,6
4	Пайдалану шарттары, МЕМСТ 15543-70, интербілік, С°	-40...40	-10...45	-10...45
5	Айдалатын заттың температурасы жаушiн, Бастап°	40	40	40
6	Шу, МЕМСТ 12.1.003 ССБТ, терісізуха	60 ДБ,	67	70
7	(Картердегі) рұқсат етілген шекті қысым Р), қабықшада ажрегата, мПа	6	(1,8)	0,16

Кесте 2

8	Сатылар саны, Z	3-4	3	3-4
9	Агрегаттың электр жетегінің белгіленген қуатыата, кВт,	75	225	250
10	Агрегат білігінің айналым саны, айн/мин	2980	1475	1475
11	Агрегаттың габариттік өлшемдері, мм			
	тереңдігі -	1265	1420	2120
	биіктігі -	1750	1920	1400
	ені -	1200	2420	2350
12 ^{2*}	Агрегаттың салмағы кг, артық емес	2450	3250	3800
13	Металдың ең жоғары өнімділікке меншікті салмағыотын, мин:[81,6], сек: (кг/м ³ /с)	[30], (1765)	[112], (6701)	[151], (9048)
14	Ең жоғары секундтық өнімге үлестік көлемжәнедық, [м ³ /м ³ /мин], (м ³ /м ³ /с)	[0,033], (1,95)	[0,45], (13,63)	[0,28], (16,6)
16	Энергияның ең көп өндірілетін энергияға меншікті шығыныжәнекөлемі, [кВт/м ³ /мин], (Токсан/м ³ /с)	[0,95], (55,15)	[7,7], (464)	[9,9], (595)
17	Судың ең жоғары секундтық өнімділікке үлестік шығыны, л/м ³ /с	0	1,0	1,2
18	Сыртқы ортаға ағып кетулер (газдың жоғалуы) ең жоғары деңгейге дейіныөнімділігі, м ³ /м ³ /мин	0	0,012	0,012
19	Тарифтік көрсеткіш, кВтАр/ м ³ /с	99	835	1071

2** - жетілдіру көрсеткіштері, пп қараңыз.12,13,14,15,16,17,18,19,20.

3***- бұл көрсеткіш үшін тарифке көбейтіледі. энергия, тенге.

- зерттеулердің бірегейлігі мынада: техникалық шешімнің қарапайымдылығына қарамастан, әлемнің ешбір жерінде компрессорлық станцияға герметикалық компрессорлар қолданылмайды. Мұндай өнімді пайдалану бойынша тәжірибелі және басқа деректерді алатын жер жоқ;

- "білім генерациясы" ФЦП блогының сыни технологияларына жатады ;

- ғылым мен техниканы дамытудың ұлттық деңгейі шеңберінде енгізу ауқымы жылына үш нөлі бар сандармен айқындалды;

- Герметикалық компрессоры бар компрессорлық станциялар қалада орналасу шектеулерін еңсереді. Бұл қаладағы компрессорлық станциялардың санын жүздеген есе арттыруға және қалалардың экологиялық таза газ отынын пайдалануды ұлғайту бойынша серпінді нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік берді;

- өндірушілерге шетелде өндірілмеген өнімдер қажет, өйткені олардың қауіпсіздік ережелері біздікінен әлдеқайда либералды және бұл отандық өндірушілердің бәсекелестік позицияларын нығайту тұрғысынан мәселелерді шешуге жағдай жасады;

- алғаш рет циклды кешенді зерттеу жүргізілетін болады, ол бөлек жетекті компрессор циклінен өзгеше болды;

- алғаш рет термодинамикалық процестердің экономикалық компоненті ресімделеді: газ құбырынан артық газ қысымымен сору, изобариялық кеңею, изотер-

миялық қысуға жақын бірінші политроп бойынша қысу. Газды көлік құралының ГБО-на жылжыту (айдау) және қызып кеткен газды сығымдау жұмыс камерасының қосылған кеңістігінен салқындатқыш агрегаттың қабығы сияқты азотпен толтырылған герметикалық қабыққа шығару (дроссельдеу), бұл оны Карно цикліне жақындатты (карнотизация);

- қауіпсіздікті тек ұйымдастырушылық тұрғыдан ғана емес, оған барлық жағынан ықпал ететін, сындарлы қауіпсіздікті қамтамасыз ететін тұжырымдама жасалатын болады;

- көлік құралдарының иелерін бизнес бойынша серіктес ретінде тартуға мүмкіндік беретін көлік құралдарын газбен жабдықтаудың жаңа жүйесі әзірленді;

- көлік жұмысы мен газ отынына жұмсалатын шығындар арасындағы ерекше байланыстар зерттелді;

- герметикалықты кезең-кезеңмен технологиялық бақылау әдісі әзірленетін болады, ол бөлек жетекті компрессорларды дайындау кезінде қолданылғаннан ерекшеленеді және компрессордың бүкіл пайдалану мерзімі ішінде герметикалығын қамтамасыз етуге мүмкіндік берді;

- қозғалтқыш жылуының изобариялық кенею процесіне әсер етуінің жаңа әсері зерттеледі, онда жұмыс жасалады, оны орындау үшін электромотордан алынған қабықпен сақталатын қайталама жылудың бір бөлігі жұмсалды [8].

Компрессорлық қондырғылардың алдыңғы конструкцияларында электр қозғалтқышының қайталама жылуы атмосфераға шығарылды.

- бір жағынан техникалық шешімнің қарапайымдылығы және екінші жағынан шетелдік аналогтардың көрсеткіштерінен асатын Техникалық-экономикалық көрсеткіштер шешілетін міндеттердің маңыздылығы аясында отандық өндірушілер мен пайдаланушы ұйымдардың бәсекелестік позицияларын күшейтеді деген жаңалық;

- өндірістің сөзсіз шығындары сияқты ағып кетуді қабылдай отырып, ешкім қанша энергия, кВт, ағып кетуді есептемеді, бірақ бұл энергияны есептеу іс жүзінде ғылыми мәселе болып табылады;

- чиптерді тиеу кезінде бір машина жасау зауытының бас инженері ретінде "ағып кету энергиясы" деген жаңа ұғымды енгізу қажет, чиптер жер бетіндегі ең қымбат металл екенін және шын мәнінде станоктың энергиясы, кескіштің тозуы, технологтар мен жұмысшылардың еңбегі, мұның бәрі чиптердің өзінен басқа чиптерде. Бірақ чиптер кем дегенде мартенге оралды, ал газ шикізаты мен энергияның атмосфераға ағуы біржола жоғалады. Бұл ғана емес, атмосфераға әсер еткенде мөтан көмірқышқыл газынан 27 есе зиянды;

- зерттеуге арналған жаңа аппарат ретінде энергия шығынының мөлшерін алу үшін арнайы құрылғының көмегімен ағып кетулер жасанды түрде модельденетін герметикалық компрессорды пайдалану керек;

- салыстыру әдісімен осындай сынақтардан кейін компрессорлық станциядағы газды ағынсыз сығымдау тәсілдері мен компрессорларды жаңарту туралы ұсыныстарды әзірлеуге және ғылыми негіздеуге болады;

- ірі қалалардың ауа бассейнінің ластану проблемасы бар, ол көбінесе құрылғылардағы сығылған табиғи газға жаппай көшіру арқылы шешілуі мүмкін:

- мысалы, ТМТ пайдаланудан ластаушы заттардың шығарындылары былайша бөлінеді: 87% - құрылғыларда; 8% - ға жуығы - темір жол шығарындылары; 2% - жол кешені; 2% - өзен және су көлігіне; 1% - дан астамы-әуе көлігіне.

- пайдаланылған ішкі жану қозғалтқышының газдарында шамамен 200 компонент бар. Олардың өмір сүру кезеңі бірнеше минуттан 5 жылға дейін созылады. Отандық құрылғылардың шығарындыларының уыттылығы еуропалықтарға қарағанда 6 есе, ал американдық және жапондықтарға қарағанда 10 есе жоғары;

- адам ағзасына әсер ету дәрежесі бойынша компоненттер 8 топқа бөлінеді, улы емес газдардан және ең улы сегізінші топқа дейін, оған қорғасын және оның ең ұзақ өмір сүретін қосылыстары кіреді.

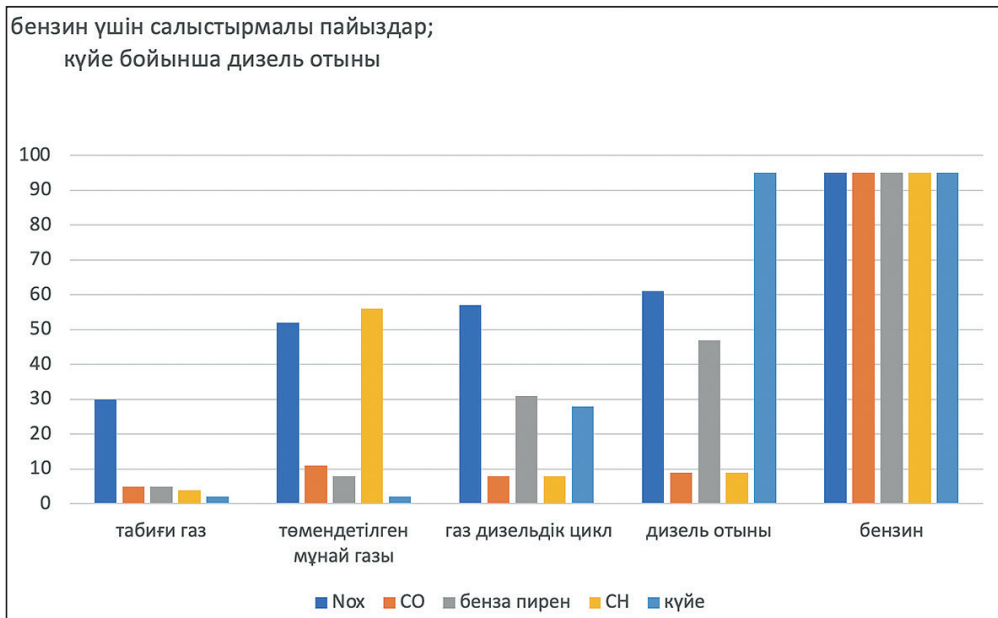
- ең улы компоненттердің бірі-көміртегі тотығы: оның құрамында ингаляци-ялық ауада тек 0,08% болса, улану пайда болады, ал 1,2% болса, өлім 2-3 минуттан кейін болады.

- пайдаланылған құбырлардан ауаға түсетін 10000 тонна ластаушы заттардың ішінен: 2000 тонна көміртегі тотығы, 2000 тонна көмірсутектер және басқа қосылыстар;

- Қалалардың газ зияндығы өсуіне байланысты Мәскеудегі ересек тұрғындардың созылмалы бронхитпен сырқаттанушылығының өсуі 92-98 жылдар аралығында 150%, ал 2000-2009 жылдар аралығында 500% құрады;

- бұл сандардың қауіпті өсу тенденциялары ең шұғыл шаралар кешенін қабылдауға және ең алдымен муниципалды көлікте табиғи газды баламалы отын түрі ретінде пайдалануға барынша назар аударуға мәжбүр етеді [9];

- газ отынын пайдалану кезінде мегаполистегі экологиялық жағдайдың жақсаруы суретті көрсетеді 3 сурет:



Сурет 3 – Мегполистегі экологиялық жағдай

- капиренсіз (диаграмманың жасыл бағанасы) канцерогенді зат екенін есте ұстаған жөн, сонымен қатар құрылғылардың сығылған газға жаппай көшіру көліктің отын түріне монополиялық тәуелділігінің төмендеуіне әкеледі және бұл тенденциялар белгілі бір қоғамдық қажеттіліктерді көрсетеді;

- кейбір елдерде, АҚШ пен Еуропа Штаттарында табиғи газды құрылғылардың үштен біріне пайдалану заңмен бекітілген; бұл ақталды:

- Құрылғыларды газға ауыстыру кезінде CO2 эквивалентті мөлшеріне келтірілген шығарындылардың зияндылығы карбюраторлы қозғалтқышы бар жүк көліктері үшін 69% -ға, дизельді қозғалтқышы бар газ дизельді режимге ауыстыру кезінде 53%-ға; карбюраторлы қозғалтқышы бар автобустар үшін 76%-ға, дизельді қозғалтқышы бар газ дизельді режимге ауыстыру кезінде газ дизельді қозғалтқышы бар жүк көліктері үшін-газ дизельді 44 % көрсетеді..

- газ отынын пайдаланудың экологиялық қауіпсіздігі атмосфераны өзінің шығарындыларымен ластамайтын компрессор арқылы жүзеге асырылуы тиіс;

- бірақ Қазақстан нарығында келесі компаниялардың компрессорлық жабдықтары бар: LMF AG, Schwelm, Ариэль, палуан зауыты, Гидрогаз, Дельта, Дрессер Вайн Пиньоне, Промэнергомаш жақ. BAUER kompressor, Калугагазмаш, Киров-Энергомаш, Крон, Ленпромавтоматика, Лигир, Орион-Д, Пензакомпрессормаш, Сумыгазмаш, ҰЕҰ дауыл,

олардың барлығын ортақ бір кемшілік біріктіреді:

- жабдықтар нарығында ұсынылған компрессорлық станциялар үшін барлық компрессорлар бөлек жетекке ие және нәтижесінде жылжымалы тығыздағыштарды пайдалану – демек, атмосфераға ағып кету;

- ауамен араласқан ағып кетулер әрқашан өздігінен тұтануға және кез келген кездейсоқ ұшқыннан жарылуға дайын және бұл факт компрессорлық станция қалаға "жолды" жабады;

- айта кету керек, жылжымалы тығыздағыштардағы реттелетін ағып кетулер - бұл жылжымалы тығыздағыштардың ажырамас қасиеті, өйткені анықтама бойынша тығыздағыш біліктің немесе өзектің бетіне сырғып кетуі керек, яғни саңылау мен ағып кету болмаса, онда тығыздағыш сырғып кетпейді және бірден күйіп кетеді. Сырғанау, яғни саңылау болғандықтан, ағып кету бар және бұл техникалық аксиома. Сондай-ақ, табиғи газдың күрделі компоненттік құрамы бар екенін еске салу керек, олардың бірі-резеңкені жақсы ерітетін пентан [10].

Білік пен өзектердің тығыздағыштары арқылы газдың сыртқы ағуы мүмкін

$$V = 0,26 \frac{\delta^3 * d * \Delta P}{\mu * L}, \quad (7)$$

δ - тығыздағыштағы алшақтық, м; d – диаметр, м; L – тығыздау ұзындығы, ΔP – қысымның ауытқуы, Н/м²; μ – газдың динамикалық тұтқырлығы, Н с./м².

Ағып кетулер негізінен δ саңылауына байланысты, саңылау 0,1-ден 0,01 мм-ге дейін азайған кезде ағып кетулер δ саңылауына байланысты қысқарады. олар 1000 рет пісіріледі. Ағып кетудің екінші маңызды факторы болып табылады динамикалық тұтқырлық μ , ол метанға арналған, 5...10МПа қысымда және 5...200° С температурада тұтқырлығы 25 -30%-ға ауадан.

Ағып кетудің ең тұрақты көрсеткіші-ағып кету орын алатын саңылау диаметрі; Тығыздағыштағы δ саңылауды дұрыс анықтаудағы қиындықтарына байланысты ағып кетулер жеңілдетілген формула бойынша анықталады:

$$V = 0,002...0,001 \sqrt{(0,7\varepsilon_{ц} + 1) P_{BC} \frac{(kR)_{газ}}{(kR)_{ауа}}}, \quad (8)$$

Мұндағы, $\varepsilon_{ц}$ – сатылардағы қысымның орташа қатынасы немесе қысу коэффициенті; P_{BC} – сору қысымы, МПа; k – адиабаттар көрсеткіші; R – газ тұрақтысы;

- Метанның қатынасы $(kR)_{газ} / (kR)_{ауа}$ райы. = 1,43, сондықтан газдың ағуы 1,2 есе және ауаның ағып кетуіне қарағанда кернеулі;

- формула 8 салыстырмалы сипатқа ие және тек алдын-ала анықталған сыртқы ағып кетулері бар компрессорларға жарамды екенін атап өткен жөн;

- сондықтан атмосфераға ағып кетуден құтылудың жалғыз жолы жылжымалы тығыздағыштарсыз герметикалық қабықтағы компрессордың дизайны.

Кесте 3 – Компрессорлық қондырғылардың техникалық деңгейінің орташа экологиялық көрсеткіштері


Орнату көрсеткіштерінің атауы	Көрсеткіштердің мәндері					
	Модельдерді, фирмаларды, елдерді, Даңқ жылын көрсете отырып, ұқсас мақсаттағы отандық және шетелдік компрессорлық қондырғылар (қаптамадағы МКВП және бөлек жетекті СКУРП).			Мемлекеттік стандарт бойынша орнату	Халықаралық және ұлттық стандарттар	Болжам 2025 ж. үшін
	СКУРП:		МКҚК:			
	Үлгі G-3742, Германия, фирма GAZPAK, 2000 ж.	Үлгі 4DA300 – 250, Италия, фирма Forno Gas S.r.l 2010 ж.	5ГМКЭ үлгісі-16/25-960-40М, Робастапшы, 2021 ж.			
1	3,0	3,1	3,2	4	5	6
Электр энергиясының меншікті шығындары кВт/м³/с*	102	93	55,15	МЕМСТ 12.0.004-90. аймақта қолдану 2а бойынша ТБ 03-581-11. ТУ 3643-980-08624303-11	98/37 (MSD); 97/23 (PED); 89/336 (ЭМС); 94/9 (ATEX) 2-аймақта қолдану бойынша EN60079-10.	Зерттеу, әзірлеу дайындау. Тәжірибелі пайдалану, қолданыстағы компрессорлық станцияға сату.
Атмосфераға метан негізіндегі газдың ағуы, г/с	2,1	1,8	0			
Судың меншікті шығыны, кг/м³/с	2,2	1,0	0			
Меншікті габарит, мм³/м³/с	16,6	13,63	1,95			
Қондырғының меншікті салмағы, кг/м³/с	9048	6701	1765			

* - компрессорлық станциялардың қызметінің шаруашылық жүргізуші субъект ретіндегі тиімділігінің техникалық-экономикалық нәтижелеріне әсер ететін өнімділікке жатқызылған үлестік көрсеткіштерді қоса алғанда, м³/с: жобалау-техникалық (орналастыру); эргономикалық; экологиялық; қауіпсіздік; ресурс-энергия үнемдеу [11].

Қорытындылар. Идеал газ үшін изотермиялық қысу циклі (кері Карно циклі) анықтамалық болып саналады, яғни ең үнемді. Нақты циклдің идеалды Карно цикліне жақындау дәрежесі немесе карнотизация - бұл компрессордың термодинамикалық жетілдірілуінің, сондай-ақ жылу электр станциясы сияқты кез-келген басқа жылу машинасының ең объективті сипаттамасы. ЖЭС дамуының қазіргі тенденциялары – төгінді жылуды (жылу қалдықтарын-немесе сол ағып кетулерді) жинау және кәдеге жарату болып табылады.

$$\dot{q} = A^*/A_{cm} \quad (9)$$

мұндағы A^* - изотермиялық процесс бойынша нақты теориялық жұмыс, A_{ct} - датчиктер, ағын, температура, қысым көрсеткіштерінің статистикалық деректері бойынша нақты жұмысы көрсеткіші.

Тақырыпта көрсетілген компрессорлық қондырғының үлестік көрсеткіштері маңызды болып табылады: уд.шығын (электр энергиясы), сондай-ақ масса, габарит m^3 сығылатын табиғи газ секундына, МЕМСТ 5542-87 технологиялық күйінен МЕМСТ 27577-2000 газ моторлы күйіне дейін сәйкес келетіндігі көрсетілген. 

Алғыс: Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржылық қолдауымен № BR24992956 «Газды сығымдау үшін инновациялық жабдықтар мен технологияларды әзірлеу және құру» тақырыбы аясында жүзеге асырылды.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Автономова И. В. Компрессорлық станциялар мен қондырғылар. Оқу құралы – Мәскеу: Бауман атындағы ММТУ, 2011. – 84 б. [Autonomova I. V. Compressor stations and installations a textbook I. V. Autonomova — Moscow: Bauman Moscow State Technical University, 2011. — 84 p.]
- 2 Рябов В. Д. Мұнай және газ химиясы / В. Д. Рябов. – М.: И. М. Губкин атындағы Мұнай және газ университеті, 2004, 25 б. [Ryabov, V.D. Chemistry of oil and gas / V.D. Ryabov. – M.: Gubkin Russian State University of Economics, 2004, 25 p.]
- 3 Коршак А. А., Шманов Н.Н., Махматов Е.С. және т. б. магниттік құбырлар, УФА. "ДизайнПолиграСервис" ЖШҚ баспасы 2008. – 448б. [Korshak A.A., Shmanov N.N., Makhmatov E.S., etc. Magitral pipelines, UFA. Publishing house Designpoligraservice LLC 2008. - 448p.]
- 4 Булыгина Л.В., Юрских В. И. Энергия тиімділігі критерийі бойынша компрессорлық станцияның жұмысын талдау // ШҚМУ хабаршысы 2017. №5. 27-34 б. [Bulygina L.V., Ryazhskikh V.I. Analysis of compressor station operation by energy efficiency criterion // Bulletin of the East Kazakhstan Technical University. 2017. №.5. 27-34 p.]
- 5 Дедов В. В. Компрессорлық станциялар туралы жалпы ақпарат // Ғылым жаршысы. 2019. №12 (21). 164-168б. [Dedov V.V. General information about compressor stations // Bulletin of Science. 2019. №12 (21). pp. 164-168.]
- 6 Локтев А.В., Малахов А. В., Мишин И. С. Магистральдық газ құбырларының компрессорлық станцияларында газды салқындату тиімділігін арттыру, 2016.– 88 б. [Loktev A.V., Malakhov A.V., Mishin I. S. Improving the efficiency of gas cooling at compressor stations of main gas pipelines, 2016.-88 p.]
- 7 Филатов А. А., Велиулин И.И., Хасанов Р. Р., Шафиков Г. А. Жылжымалы компрессорлық станцияның жұмысын модельдеу арқылы газ тасымалдау тиімділігін арттыру

- // Мұнай-газ аумағы. №9, 62-66 б. [Filatov A.A., Veliyulin I.I., Khasanov R.R., Shafikov G.A. Improving the efficiency of gas transport by modeling the operation of a mobile compressor station // The territory of Neftegaz. № 9. pp. 62-66 p.]
- 8 Булыгина Л.В., Ильских В. И. Қайта құру сатысында газ турбиналы газ айдау агрегаттары бар компрессорлық станциялардың энергия тиімділігін арттыру әдістері // ШҚМУ хабаршысы. №2. 2017. [Bulygina L.V., Ryazhskikh V.I. Methods of improving the energy efficiency of compressor stations with gas turbine gas pumping units at the reconstruction stage. Bulletin of the East Kazakhstan Technical University. №2. 2017.]
 - 9 Кагал В. А., Хоменко А. А. Компрессорлық станция жұмысының тиімділігін арттыру // ғылым хабаршысы №4 (61) 4 том, 2023. – 269 б. [Kagal V.A., Khomenko A.A. Improving the efficiency of the compressor station // Bulletin of Science . №4 (61) volume 4. 2023. -269 p.]
 - 10 Горелик Г. Б. Газ айдау станцияларын автоматтандыру: Оқу құралы. Хабаровск: ТОГУ баспасы, 2011. - 210 б. [Gorelik G. B. Automation of gas pumping stations: a textbook. Khabarovsk: Publishing House of TOGU, 2011. – P.210]
 - 11 Коньков А. Ю., Тимошенко Д. В. Газ тасымалдауға арналған газ турбиналық қондырғылар: оқу құралы. Хабаровск: ТОГУ баспасы, 2016. –151б. [Konkov A.Yu., Timoshenko D.V. Gas turbine installations for gas transportation: a textbook. Khabarovsk : Publishing House of TOGU, 2016.–151 p.]