

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6В07101 – «Энергетика» мамандығы

Қайрат Дияс Қайратұлы

Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының көмірқышқыл газын және зиянды  
шығарындыларын азайтуды зерттеу

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6В07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

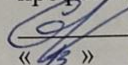
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика кафедрасы»

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
НАО «КазННТУ им.К.И.Сатпаев» «Энергетика» кафедрасының  
Институт энергетика и машиностроения меңгерушісі  
и машиностроения PhD, қауымдастырылған  
профессор

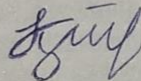
  
Е.А. Сарсенбаев  
«06» 06 2024ж.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Тақырыбы: «Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының көмірқышқыл газын  
және зиянды шығарындыларын азайтуды зерттеу»

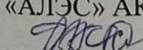
6B07101-«Энергетика» мамандығы

Орындаған



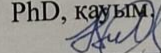
Қайрат Д.К.

Пікір беруші

«АЛЭС» АҚ ЖЭО-2 бас инженері  
 А.К.Жакыпбаев

(қолы)  
«06» 06 2024ж.

Ғылыми жетекші

PhD, қауым профессор  
 Б.Онгар

(қолы)  
«05» 06 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

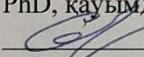
«Энергетика» кафедрасы

6B07101 - «Энергетика» мамандығы

«БЕКІТЕМІН»

«Энергетика» кафедрасының  
меңгерушісі

PhD, қауымдастырылған профессор

 Е.А.Сарсенбаев

« 25 » 01 2024 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Студент Қайрат Дияс Қайратұлы

Тақырыбы: «Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының көмірқышқыл газын және зиянды шығарындыларын азайтуды зерттеу»

Университеттің Ғылыми кеңесі бекіткен. 04.12.2023 ж. № 548-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «14» маусым 2024 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер тізімі:

а) Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының жұмыс істеу принциптері және жану процестері;

б) Дизель мен табиғи газдың артықшылықтары мен есептеу әдістері;

в) Қос отындық іштен жану қозғалтқыштарындағы жылумасса тасымалдау процестерін зерттеу;

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Gorokhovski, M., Herrmann, M., 2008. "Modeling primary atomization", Annu. Rev. Fluid Mech., 40, 343-366.

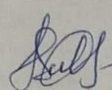
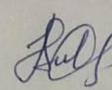
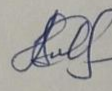
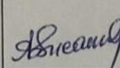
2. 2 Henein, N.A., D.J. Patterson, 1972. "Emissions From Combustion Engines And Their Control", Ann Arbor Science Publishers Inc.

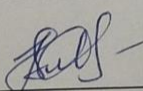
3. 3 Heywood, J.B., 1988. "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, New York.

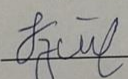
Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының жұмыс істеу принциптері және жану процестері	26.02.2024 ж.	Жок
Дизель мен табиғи газдың артықшылықтары мен есептеу әдістері	26.03.2024 ж.	Жок
Қос отындық іштен жану қозғалтқыштарындағы жылуарна тасымалдау процестерін зерттеу	15.04.2024 ж.	Жок

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлім атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының жұмыс істеу принциптері және жану процестері	Б. Онгар PhD доктор, қауымдастырылған профессор	05.06.2024	
Дизель мен табиғи газдың артықшылықтары мен есептеу әдістері	Б. Онгар PhD доктор, қауымдастырылған профессор	05.06.2024	
Қос отындық іштен жану қозғалтқыштарындағы жылуарна тасымалдау процестерін зерттеу	Б. Онгар PhD доктор, қауымдастырылған профессор	05.06.2024	
Норма бақылау	Ә. О. Бердібеков, магистр, аға оқытушы	12.06.2024	

Ғылыми жетекшісі  /Б. Онгар /  
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент  / Д. Қайрат /  
(қолы)

Күні « 05 » 06 2024 ж.

## **АНДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыста айдалатын дизельдік отынмен жұмыс істейтін қос отынды қозғалтқышы бойынша есептіктер мен зерттеулер қарастырылды. Газдың мөлшері ауа-газ қоспасының біртектілігімен, газдың жалын жылдамдығымен және қозғалтқыштың жүктемесімен жүзеге асырылады. Сонымен қатар дизельдік қозғалтқыштардың шығарындыларын азайту мүмкіндіктерінің бірі ұшқын тұтану қозғалтқыштарын қуаттандыру үшін осы уақытқа дейін жиі қолданылатын сұйылтылған газ тәрізді отынды пайдалану болып табылады.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной дипломной работе были рассмотрены расчеты и исследования двухтопливного двигателя, работающего на дизельном топливе. Количество газа определяется однородностью газозвушной смеси, скоростью пламени газа и нагрузкой двигателя. Кроме того, одной из возможностей снижения выбросов дизельных двигателей является использование сжиженного газового топлива, которое до сих пор широко использовалось для питания двигателей с искровым зажиганием.

## **ANNOTATION**

In this thesis, calculations and researches on a dual-fuel engine running on diesel fuel were considered. The amount of gas is determined by the homogeneity of the air-gas mixture, the gas flame speed, and the engine load. In addition, one of the possibilities to reduce the emissions of diesel engines is the use of liquefied gas fuel, which until now has been commonly used to power spark ignition engines.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Теориялық негіздер	9
1.1	Қазақстандағы дизель отын тапшылығы	9
1.2	Дизельдік қозғалтқыштар	12
1.3	Жылу машиналарының жұмыс нәтижесінде шығатын газдар	13
2	Іштен жану қозғалтқыштарындағы жану процестері	17
2.1	Дизельді отынның жануы	17
2.2	Дизель мен табиғи газдың артықшылықтары мен қолдануы	21
2.3	Тікелей бүрку әдістері	25
2.4	Заманауи мүмкіндіктер дизельді қозғалтқышты газға айналдыру	29
3	Қос отындық іштен жану қозғалтқыштарындағы жылумасса тасымалдау процестерін зерттеу	32
3.1	Қос отынды іштен жану қозғалтқышындағы қысымның таралуы және газ қозғалтқыштарын іске қосу	32
3.2	Газ дизельді қондырғының сығылған табиғи газ (СТГ) жұмыс істеуі	33
3.3	Дизель мен сығылған табиғи газ, қос отынмен жану шығарындыларын зерттеу	36
	Қорытынды	43
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	44

## КІРІСПЕ

*Дипломдық жұмыстың өзектілігі.* Жанармайдың балама түрлеріне ішкі жану қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарынан ластаушы заттардың шығарылуына, жанармай шығындарының жоғарылауына және шикі мұнай қорларының сарқылуына байланысты проблемалардың күшеюіне байланысты соңғы уақытта көбірек көңіл бөлініп жатыр. Әр түрлі шешімдер ұсынылды, соның ішінде балама отынды ұшқынмен жанатын қозғалтқыштарда, ұшқынмен жанатын дизельді қозғалтқыштарда, газ турбиналарында, және екі отындық қозғалтқыштарда арнайы отын ретінде пайдалану. Осы қосымшалардың ішінде ең перспективалы нұсқалардың бірі-қосымша отын ретінде табиғи газы бар дизельді туынды.

Бұл зерттеу табиғи газ қозғалтқышындағы дизель отыны мен қос отынның жануын бағалауға бағытталған. Шығарындылардың қатаң стандарттарына, дизель отынының қымбаттауына және табиғи газ шығындарының төмендеуіне байланысты екі жанармай қозғалтқыштары көбірек қолданылады. Бастапқыда дизельді қозғалтқыштар ретінде саналатын бұл қондырғылар табиғи газ және дизельді қозғалтқыштарға екінші нарықтың екі отын жиынтығын қолдана отырып түрлендіріледі. Табиғи газ ауа қоршауымен араласқандықтан, қолданылатын дизель отынының мөлшері азаяды. Табиғи газдың максималды алмастырылуы көміртегі тотығы мен көмірсутектердің жалпы мөлшерінің детонациясымен немесе шығарындыларымен шектеледі.

Табиғи газ (ТГ) таза, төмен көміртекті отын болып табылады және табиғи газ қозғалтқышы көміртегі шығарындыларының шыңына жету үшін қоғамдық көлік индустриясы пайдаланатын негізгі құралдардың бірі болып табылады. Дегенмен, табиғи газ қозғалтқыштарында қиын тұтану және төмен жылу тиімділігі сияқты проблемалар бар. Табиғи газды жағу үшін дизельді отынды пайдалану бұл мәселелерді тиімді шешу болып табылады; дегенмен, бұл шешім табиғи газ қозғалтқыштарымен салыстырғанда  $\text{CO}_2$  шығарындыларының жоғарылауына әкеледі.

Бұл зерттеу әртүрлі жүктемелерде бүрку параметрлерін (инжекция қысымы және бүрку уақыты) оңтайландыру арқылы табиғи газ дизельді қозғалтқыштардың тұтану (ДҚТ) қозғалтқышынан  $\text{CO}_2$  және  $\text{CO}$  шығарындыларын азайту әлеуетін экспериментальды түрде зерттейді. Сонымен қатар химиялық кинетикамен бірге  $\text{CO}_2$  түзілу механизмі талданады.

*Жұмыстың мақсаты.* Дизельдік отын шығынын азайту және сонымен бірге дизельдік қозғалтқыштардың шығарындыларын азайту мүмкіндіктерінің бірі ұшқын тұтану қозғалтқыштарын қуаттандыру үшін осы уақытқа дейін жиі қолданылатын балама газ тәрізді отынды пайдалану болып табылады.

Жұмыста жүргізілген зерттеулердің ұсынылған жұмыс дизельдік отын СТГ (сығылған табиғи газ) мен қоса жанған қос отынды сығымдалған тұтану (СТ) қозғалтқышын тәжірибелік зерттеуге қатысты. СТГ газының энергия үлесі 0%-дан 95%-ға дейін өзгерді. СТ қозғалтқышында дизельмен бірге

жанатын СТГ үлесін арттыру жанғыш қоспаның тұтану кешігуін арттырады және жанудың жалпы ұзақтығын қысқартады.

0%-дан 45%-ға дейін сығылған табиғи газ үлестері үшін жану процесінің күшеюіне байланысты ол цилиндрдегі максималды қысымның жоғарылауын, жылу шығару жылдамдығының жоғарылауын және қысымның көтерілу жылдамдығын арттырады. Кәдімгі қозғалтқышқа ұқсас ең тұрақты жұмыс 30% және 45% сығылған табиғи газының үлесі бар дизельді қоса жанатын қозғалтқышпен сипатталды. СТГ үлесін 0%-дан 90%-ға дейін ұлғайту қос отынды қозғалтқыштың азот оксидінің шығарындыларын арттырады. Дизельдік отынмен қамтамасыз етумен салыстырғанда, осы отынды 30% және 45% СТГ энергия үлестерімен бірге жағу көмірсутектердің (CO) шығарындыларын азайтуға ықпал етеді, бұл мәндерден асып кеткеннен кейін артады.

*Зерттеу нысаны* – дизель отыны мен табиғи газ.

Жұмыста жүргізілген есептеу тәжірибелерінен алынған нәтижелерді әр түрлі іштен жану қозғалтқыштарында қолдану мүмкіндігімен анықталады. Аталған нәтижелер бізмезгілде жану процесін жетілдіру мәселелерін, отынды жағу тиімділігін арттыруды және зиянды заттардың мөлшерін кемітуді шешетін болады.



# 1 Теориялық негіздер

## 1.1 Қазақстандағы дизель отын тапшылығы

Қазіргі уақытта Алматы қаласының әкімдігі Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігімен бірлесіп ірі жанармай құю станцияларының желілеріне үш қазақстандық мұнай өңдеу зауыттарынан (Павлодар, Атырау, Шымкент) дизельдік отынның үздіксіз жеткізілуін қамтамасыз етуде.

Алматы қаласының Кәсіпкерлік және инвестициялар басқармасы көтерме жеткізушілермен бірлесіп, тұрғындарды қажетті көлемде дизельдік отынмен қамтамасыз ету мәселесін пысықтауда. Дүрбелеңді болдырмау мақсатында мұнай базалары мен жанармай құю бекеттеріндегі дизельдік отынның келісім-шарттық көлемдерінің қорларына тұрақты мониторинг жүргізілуде, жол бойында дизельдік отынмен қамтамасыз етуде іркілістерді болдырмау үшін «ҚТЖ» ҰК» АҚ-мен келісу орнатылған. Мегаполисті дизельдік отынмен қамтамасыз ету мәселесі ерекше бақылауда.

Айта кетсек, қалада тұтыну көлемінің өсуі басқа аймақтардан келетін ауыр транзиттік көлік иелерінің дизельдік отынға сұранысының артуына байланысты.

2022 жылғы қаңтар–шілдеде дизель отынын өндіру көлемі 3,1 млн тоннаны құрады, бұл барлық уақыттағы сәйкес кезеңдегі ең жоғары көрсеткіш. 2021 жылдың қаңтар-шілде айларымен салыстырғанда дизель отынын өндіру 9,2% өсті. 2022 жылға арналған дизельдік отын өндірісінің болжамы 5,2 млн тонна — 2021 жылға қарағанда 300 мың тоннаға, ал 2020 жылға қарағанда 600 мың тоннаға артық.



1.1– сурет - 2022 жылдың қаңтар - шілде айларындағы дизель отыны өндірісі, млн тонна

ҚР Энергетика министрлігінің 2022 жылға арналған дизель отынын тұтыну болжамы 5,5 млн тоннаға жуық, бұл 2020 жылға қарағанда 500 мың тоннаға, ал 2021 жылға қарағанда 90 мың тоннаға артық.

Сонымен бірге, ҚР СЖРА ҰСБ мәліметінше, 2022 жылдың бірінші жартыжылдығында ішкі нарықта дизельдік отынды сату көлемі 2,7 млн тоннаны құрады, бұл 2021 жылдың осы кезеңімен салыстырғанда 18,9% немесе 427,6 мың тоннаға артық.

Осы кезеңде өндіріс 13,9%, яғни 2,7 млн тоннаға дейін өсті. 2022 жылдың бірінші жартыжылдығында дизельдік отынның импорты небәрі 23,3 мың тоннаны құрады, бұл 2021 жылдың бірінші жартыжылдығымен салыстырғанда 3,7 есе аз, ал экспорт бірден 5,3 есе, яғни 36,8 мың тоннаға қысқарды.

Кесте 1.1 - 2022 жылдың қаңтар – маусым айындағы ресурс және пайдалану тепе-теңдігі. Дизель отыны мың тонна

	2022/06	2021/06	Жылдық өсім, %	2022/06	2021/06
Ресурс	2722,5	2454,8	10,9	Ресуртағы үлесі, %	
Өндіріс	2699,2	2369,2	13,9	99,1	96,5
Импорт	23,3	85,6	-72,8	0,9	3,5
Пайдалану	2722,5	2454,8	10,9	Пайдаланудағы үлесі, %	
Экспорт	36,8	196,7	-81,3	1,4	8,0
Ішкі нарықта сату	2685,8	2258,1	18,9	98,6	92,1

Тамыз айында егін жинау науқаны басталар алдында Қазақстанда дизельдік отын тапшылығы туындады. ҚР-ның барлық өңірлерін дизельдік отынмен үздіксіз қамтамасыз ету мәселесін шешу үшін комиссия құрылып, жағдайға кері әсер еткен факторлар анықталды. Тапшылықтың басты себептерінің бірі тұтыну көлемінің, ең алдымен транзиттік көлік есебінен айтарлықтай артуы болса, тағы бір себеп — бағаның төмендеуіне байланысты көршілес елдерге дизельдік отынның ағыны.



## 1.2 Дизельдік қозғалтқыштар

Дизельдік қозғалтқыштар ХХ ғасырдың басындағы тиімсіз және ластаушы қондырғылардан бүгінгі таңда барлық шығарылған автомобильдердің жартысына жуығы орнатылған өте үнемді және мүлдем үнсіз қондырғыларға дейінгі ұзақ және сәтті даму жолынан өтті. Бірақ, осындай сәтті модификацияларға қарамастан, дизельді қозғалтқыштарды бензиннен ерекшелендіретін олардың жұмысының жалпы принципі өзгеріссіз қалды.



1.4 – сурет - Дизельдік қозғалтқыш

Дизельдік қозғалтқыштар бензинмен емес, дизельдік отынмен немесе жай дизельдік отынмен жұмыс істейтіні атының өзінен белгілі болды. Біз мұнай өңдеудің химиялық процестерінің барлық егжей-тегжейіне тереңірек үңілмейміз, тек бензин де, дизель де мұнайдан өндірілетінін айтамыз. Дистилляция кезінде мұнай әртүрлі фракцияларға бөлінеді:

- газ тәрізді - пропан, бутан, метан;
- шаналар (қысқа тізбекті көмірсулар) - еріткіштерді өндіру үшін қолданылады;
- бензин - жарылғыш және тез буланатын мөлдір сұйықтық;
- керосин мен дизель - бензинге қарағанда сарғыш реңкті және тұтқыр құрылымы бар сұйықтықтар.

Яғни, дизельдік отын мұнайдың ауыр фракцияларынан өндіріледі, оның ең маңызды көрсеткіші цетан санымен анықталатын жанғыштық болып табылады. Дизельдік отын сонымен қатар күкірттің жоғары құрамымен сипатталады, дегенмен олар отынның экологиялық стандарттарға сай болуы үшін оны барлық жолмен азайтуға тырысады.

Бензин сияқты, дизель де температуралық жағдайға байланысты әртүрлі түрлерге бөлінеді:

- жаз;
- қыста;
- арктикалық.

Сондай-ақ, дизельдік отын тек мұнайдан ғана емес, сонымен қатар әртүрлі өсімдік майларынан – пальма, соя, рапс және т.б., техникалық спирт – метанолмен араластырылғанын айта кеткен жөн.

Дегенмен, құйылатын отын негізгі айырмашылық емес. Бензинді және дизельді қозғалтқыштардың секциялық көрінісін қарастыратын болсақ, біз ешқандай көрнекі айырмашылықты байқамаймыз - бірдей поршеньдер, шатундар, иінді білік, маховик және т.б. Бірақ айырмашылық бар және бұл өте маңызды [1, 2].

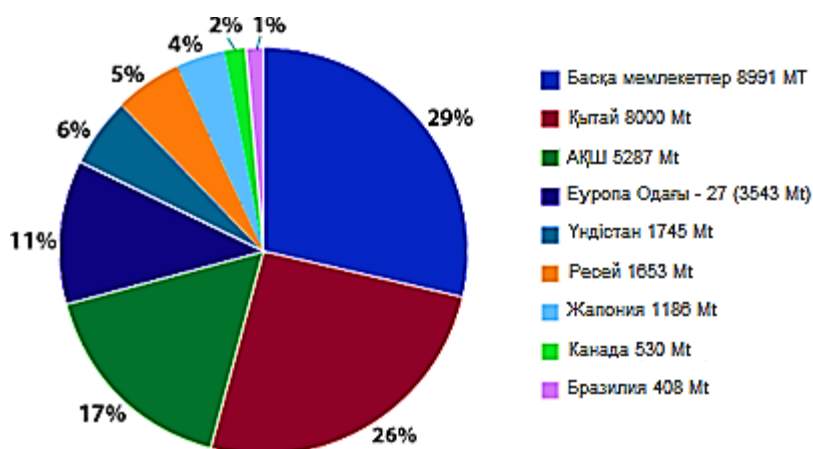
Бензиннен айырмашылығы, дизельді қозғалтқышта ауа-отын қоспасы мүлдем басқа принцип бойынша тұтанады. Егер бензинде - карбюраторда да, инъекциялық - қозғалтқыштарда болса, қоспаны алдымен дайындап, содан кейін ұшқын шамының ұшқынымен тұтандырады, содан кейін дизельді қозғалтқышта поршеньдің жану камерасына ауа айдалады, содан кейін ауа сығылады. 700 градусқа дейін қызады және осы сәтте отын камераға кіреді, ол бірден жарылып, поршеньді төмен итереді.

Осындай компрессиялық қозғалтқыштың шығарындылары эквиваленттік қатынастың күшті функциясы болып табылады. Сығымдалған тұтану қозғалтқышының жалпы шығарындылары азот оксидтері (NOx), көміртегі тотығы (CO), жанбаған көмірсутектер (ЖКС) және бөлшектер болып табылады. Түзілу (NOx) атмосфералық азоттың тотығуына байланысты және цилиндрді толтыру температурасына байланысты. Сығымдап тұтану қозғалтқышының жалпы NOx шығарындылары оң тұтану қозғалтқыштарына карағанда жоғары, өйткені жану диффузиялық жалын түрінде жүреді [3].

### **1.3 Жылу машиналарының жұмыс нәтижесінде шығатын газдар**

1.5 - суретте 2019 жылы отынды жағу нәтижесінде энергиямен байланысты CO<sub>2</sub> жаһандық шығарындыларындағы елдердің үлесін бөлу көрсетілген. АҚШ CO<sub>2</sub> ғаламдық шығарындыларының 17% құрайды, ал қалған әлем (29%), Қытай (26%), Еуропалық Одақ (11%), Үндістан (6%), Ресей Федерациясы (5%) және Жапония (4%) [4-6]. Парниктік және басқа шығарындылардың салдары алаңдаушылық тудырады. Бұл шығарындылар ауаның ластануының зиянды деңгейіне, климаттың ғаламдық өзгеруіне,

қышқыл жаңбырға және тыныс алу проблемаларына әкелуі мүмкін. Қытайда ауаның ластануынан тікелей зардап шеккендер-азаматтар. Қытайдың аспаны ластанудан қараңғыланады, бұл азаматтарды велосипедпен жүру немесе сыртта ойнау кезінде сақтық шараларын қабылдауға мәжбүр етеді.



1.5 – сурет - Отынды жағу нәтижесінде бөлінетін көмірқышқыл газының концентрациялары (көмірқышқыл газының мегатон эквивалентінде) [4]

Шығарындыларды азайтудың бір әдісі-қозғалтқыштың дизайны және қозғалтқыштың параметрлерін бақылау, бірақ көбінесе бұл басқа жағымсыз салдарға әкеледі. Сығымдау арқылы тұтанатын қозғалтқыштағы қатты бөлшектердің шығарындылары қозғалтқыштың конструкциясы және оны басқару есебінен ғана қолайлы деңгейге дейін төмендетілмейді. Әдетте, зиянды қалдықтарды нормативтік стандарттардан төмен төмендету үшін кейінгі өңдеу жүйесі қажет. Шығарындыларды шектеу жеңіл, ауыр және стационарлық қозғалтқыштардың шығарындыларын реттеу және бақылау үшін қолданылады.

1.2 кестеде қоршаған ортаны қорғау агенттігі белгілеген жолдан тыс және стационарлық қозғалтқыштары үшін шығарындылардың кейбір нормалары келтірілген. 4-деңгей NO<sub>x</sub> шығарындыларының 90%-дан астам төмендеуін талап етеді. 4-деңгей көмірсутектер шығарындыларын, сондай-ақ, қатты бөлшектердің шығарындыларын едәуір азайтуды талап етеді. Табиғи газ қозғалтқышында металл емес көмірсутек HC шығарындылары ретінде қарастырылады. CO шығарындыларының шегі 2 және 3 деңгейден өзгеріссіз қалады. Егер төмендегі деректерге зер салып қарайтын болсақ, уақыт өте келе стандарттар айтарлықтай күшейтілетіндігін көреміз. Сондықтан қозғалтқыш өндірушілері үшін нормативтік талаптарға сай болу үшін қозғалтқыштың тиімділігі мен технологиясын үнемі жетілдіріп отыру өте маңызды.

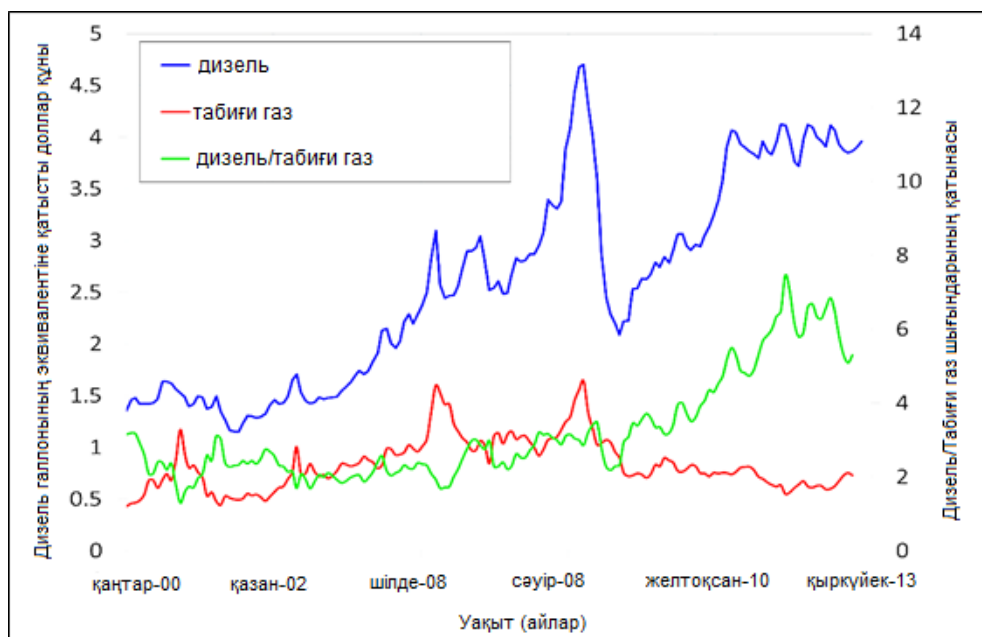
Сығымдалған от қозғалтқыштарының өндірушілері мен операторлары үшін тағы бір мәселе - отынның құны. Дизель отынының құны, әдетте, жоғары және дизель отыны мен басқа да дистиллят майына әлемдік сұраныс артқан кезде артады, әсіресе Еуропада, Қытайда және АҚШ-та [5]. Табиғи газ сияқты

балама отын әлдеқайда арзан болғандықтан, дизельді қозғалтқыштарда табиғи газды пайдалану отын шығынын үнемдеуге көмектеседі [7].

Кесте 1.2 - Қуаты 900 кВт-тан астам сығымданудан тұтанатын жолсыз және стационарлық қозғалтқыштарға арналған шығарындылар нормативі [7]

Қалдықтар	1-деңгей	2-деңгей	3-деңгей	4-деңгей
Шығарылған жылы	2018	2019	2020	2021
NO <sub>x</sub> шегі (г/кВт*сағ)	9.2	Сомасы 6.4	0.67	0.67
HC шегі (г/кВт*сағ)	1.3		0.4	0.19
CO шегі (г/кВт*сағ)	11.4	3.5	3.5	3.5
PM шегі (г/кВт*сағ)	0.54	0.2	0.1	0.03

1.6 - суретте 2018 жылдан 2021 жылға дейінгі аралықта дизель эквиваленті үшін автомобиль жолындағы дизель отыны мен қала қақпасының жанармай бағасын доллармен салыстыруды көрсетеді. 2018 жылы қала қақпасындағы табиғи газдың бағасы ең жоғары деңгейге жетті-бір галлон дизель отыны үшін 1,5 доллар. Дәл осындай үрдіс тас жолдағы дизель отынының құны бір галлон дизель отыны үшін 4,5 доллардан асады. Соңғы жылдары қала қақпасындағы табиғи газдың бағасы бір галлон дизель үшін 1,0 доллардан аз тұрақты, ал тас жолдағы дизель бағасы бір галлон дизель үшін 4,0 доллардан жоғары болып отыр. Қала қақпасының табиғи газ шығындарын үнемдеу дизель отынының табиғи газға қатынасы 6-дан асатын автомобиль дизель отынына қарағанда шамамен 80% төмен [8, 9].



1.6 – сурет - Дизель және табиғи газдың әлемдік құны [8]

Қажетсіз шығарындылар мен қымбат дизель отынының құнын төмендету мақсатында көптеген адамдар таза және арзан газ тәрізді отынды

дизель отынына қосымша ретінде біріктірудің балама тәсілдерін ұсынды. Газ тәрізді отын жеңіл автомобильдер, жүк көліктері және стационарлық қозғалтқыштар үшін жақсы балама отын болып саналады, ол ластаушы заттардың шығарындыларын азайтуды да, энергия қауіпсіздігін де қамтамасыз ете алады (7). Көптеген жану құрылғылары электр энергиясын өндіру үшін газ тәріздес отынды пайдалануға оңай бейімделеді. Табиғи газ және биогаз сияқты жоғары октанды газ тәрізді отындар жарылысқа төзімді, бұл оларды салыстырмалы түрде жоғары сығымдалған қозғалтқыштарға жарамды етеді. Газ тәрізді отын, егер оны араластыру және жағу үшін тиісті жағдайлар орындалса, ластаушы заттардың шығарындыларын азайтады [9].

Елімізде тамыз айында жазғы дизель отынының бір литрінің орташа бөлшек сауда бағасы 238 теңгені құрады. Ең жоғары баға Қостанай мен Петропавлда (литріне 260 теңге), ең төменгісі Ақтауда (литріне 225 теңге) тіркелді.



## 2 Іштен жану қозғалтқыштарындағы жану процестері

### 2.1 Дизельді отынның жануы

Дизельдік отынның жануымен салыстырғанда, дизельдік отынмен бірге жанатын сығылатын табиғи газының үлесін арттыру көмірқышқыл газының шығарындыларын азайтады және қос отынмен жұмыс істейтін қозғалтқыштың пайдаланылған газындағы көміртегі тотығын толығымен дерлік азайтады.

Поршеньді іштен жану қозғалтқышы - бұл жылу машинасы, ол әлі күнге дейін автокөліктерді және әртүрлі жұмыс машиналарын басқаруға арналған ең кең таралған құрылғы болып табылады [10, 11]. Қазіргі уақытта ішкі жану қозғалтқыштары стационарлық ерітінділерде, шағын бөлінген энергияда, жергілікті нарықтың қажеттіліктері үшін электр және жылу энергиясын (ЖЭО) өндіретін когенерациялық қондырғылардың қозғаушы көзі ретінде көбірек қолданылады [12]. Стационарлық қолданбалар үшін ұшқынмен тұтану және қысу тұтану сияқты іштен жанатын қозғалтқыштардың кең ауқымы бар. Тұрақты іштен жанатын қозғалтқыштар ұшқынмен тұтану қозғалтқыштарымен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие болатын қысу-жану дизельдік қозғалтқыштар ретінде өте жиі құрастырылады. Олардың ең маңыздылары: жоғары сенімділік, отын үнемдеу, жоғары қуат диапазоны, ұзағырақ қызмет ету, қуат сұранысына жылдам жауап беру және жоғары айналу моменті. Шикі мұнайдан алынған дизельдік отын қысумен тұтану (CI) қозғалтқыштарын қамтамасыз ететін типтік отын болып табылады.

Отынның бұл түрінің жануы көміртегі тотығы, көмірқышқыл газы, көмірсутектер, азот оксидтері және күйе сияқты зиянды қосылыстардың шығарылуымен бірге жүреді [13]. Мұнай ресурстарының сарқылуын және парниктік газ ретіндегі CO<sub>2</sub>-нің жердегі орташа температураның көтерілуіне әсері туралы көзқарас кеңінен белгілі. Бұған қарсы тұру үшін шығарындыларды шектейтін стандарттар, жану қозғалтқыштары бар көліктердің қала орталықтарына кіруіне тыйым салу немесе баламалы және жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі ЕО директивалары енгізілді. Дизельдік отынның жануын азайту және сонымен бірге дизельдік қозғалтқыштардың шығарындыларын азайту мүмкіндіктерінің бірі әзірге ұшқынмен тұтанатын қозғалтқыштарды қуаттандыру үшін жиі қолданылатын балама отынды пайдалану болып табылады [13].

Баламалы отын түрлерінің көпшілігі, алайда, олардың қасиеттеріне байланысты, сығымдалған тұтану қозғалтқышында дербес жағу мүмкін емес; сондықтан соңғы жылдары екі отынды қозғалтқышта балама отынды дизельмен бірге жағу технологиясы бойынша зерттеулер жүргізілуде [10]. Баламалы отынға көмірсутекті газ отындары жатады [11,12]. Соңғы бірнеше жылда байқалған жану қозғалтқыштарын көмірсутекті газ отындарымен қамтамасыз етуге қызығушылықтың артуы осы отындардың екі маңызды ерекшелігіне байланысты. Біріншісі - олардан алынатын энергияның төмен құны.

Еуропалық нарықтардағы газ тәріздес отынның бағасы энергия бірлігінің құнына қатысты табиғи газ жағдайында 30-50% және сұйытылған газ жағдайында 40-60% деңгейінде энергия бірлігінің құнын алуға мүмкіндік береді. Сұйық қазбалы отынның құрамында болады. Екінші ерекшелігі - газ тәрізді отынның қолайлы экологиялық қасиеттері. Табиғи газ, көмір және мұнай сияқты басқа қазба отындарынан айырмашылығы, өзінің артықшылықтарына байланысты, автомобиль өнеркәсібінде жиі қолданылатын газ тәрізді отындардың бірі, үлкен энергия және іштен жанатын қозғалтқыштарға негізделген жергілікті бөлінген энергия болып келеді [14]. Көбінесе табиғи газ СТГ (сығылған табиғи газ) ретінде сығылған түрде қолданылады [15]. СТГ қос отынды сығумен тұтандыратын қозғалтқыштарда жиі қолданылатын отын болып табылады, ол табиғи сорғыш және жоғары зарядталған [16].

Ғалым профессор Менг және т.б. [18] қос отынды дизельді қозғалтқышта дизельдік отын мен n-бутанол қоспасының СТГ газымен бірге жануын зерттеді. Дизельдік отын мен n-бутанол қоспасын пилоттық отынның дозасы ретінде пайдалану қозғалтқыштың өнімділігі мен шығарындыларын жақсартуға арналған. Зерттеулерде B0 (таза дизель), B10 (90% дизель және 10% n-бутанол) және B20 (80% дизель және 20% n-бутанол) қоса алғанда, пилоттық дозалардың үш түрі қолданылды. Тәжірибелер әртүрлі пилоттық доза инъекция бұрыштарында екі жүктеме үшін жүргізілді. Әрбір жүктеме үшін СТГ газының әртүрлі үлестері талданды. Бірінші жүктеме (5 бар IMEP) үшін СТГ газының үлесі 60 және 80% құрады. B10CNG40 үшін ең жоғары жылу тиімділігі (ITE) және ең төменгі THC (жалпы көмірсутектер) шығарындылары NOx аздап артқан кезде алынды.

Нәтижелер қозғалтқыш өнімділігін биодизельді және СТГ бірге жағудың іске қосу бұрышын оңтайландыру арқылы жақсартуға болатынын көрсетті. Төмен жүктемелер үшін меншікті отын шығынын азайтуды қоса, өнімділікті жақсарту пилоттық дозаны бүркудің ертерек бұрышының арқасында қол жеткізілді, ал жоғары жүктемелер үшін пилоттық дозаның бүрку бұрышын кейінге қалдыру тиімді болды. Дизельді бір жану режимімен салыстырғанда биодизель - СТГ қос отын жағу режимін пайдалану қозғалтқыш цилиндріндегі зарядтың тұтануының кешігуіне әкелді.

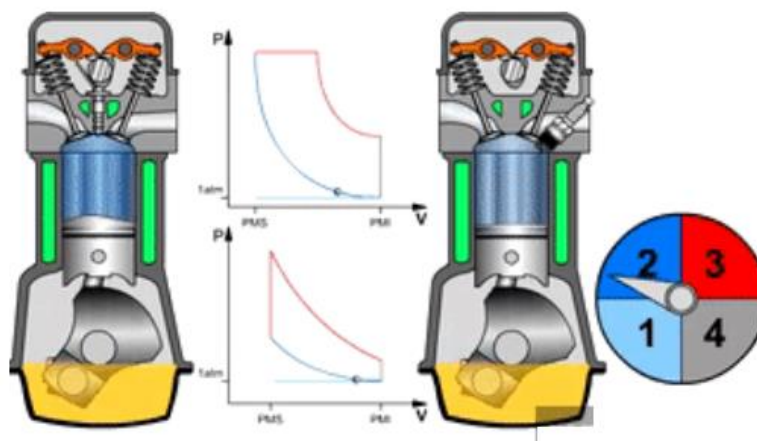
Қос отынмен жұмыс істейтін қозғалтқыштың жану тұрақтылығы бүрку қысымының жоғарылауымен жоғарылады. Бари мен Хоссейн [19] 10%-дан 100%-ға дейінгі дизельдің әртүрлі пропорциялары бар қос отын режимінде СТГ және дизель отынымен жұмыс істейтін дизельдік қозғалтқыштың тиімділігін зерттеу үшін эксперименттер жүргізді.

Сынақтар бірнеше таңдалған қозғалтқыш жүктемелері үшін жүргізілді. Нәтижелер СТГ және дизельді бірге жағу, таза дизельді жағумен салыстырғанда, қозғалтқыштың тиімділігінің төмендеуіне (ТЖТ—тежегіш жылу тиімділігі) және меншікті отын шығынының (МОШ) жоғарылауына әкелетінін көрсетті. Тиімділіктің ең көп төмендеуі және отын шығынының артуы ең аз жүктеме — 1,1 кВт үшін тіркелді. Бұл жүктеме кезінде МОШ өсімі

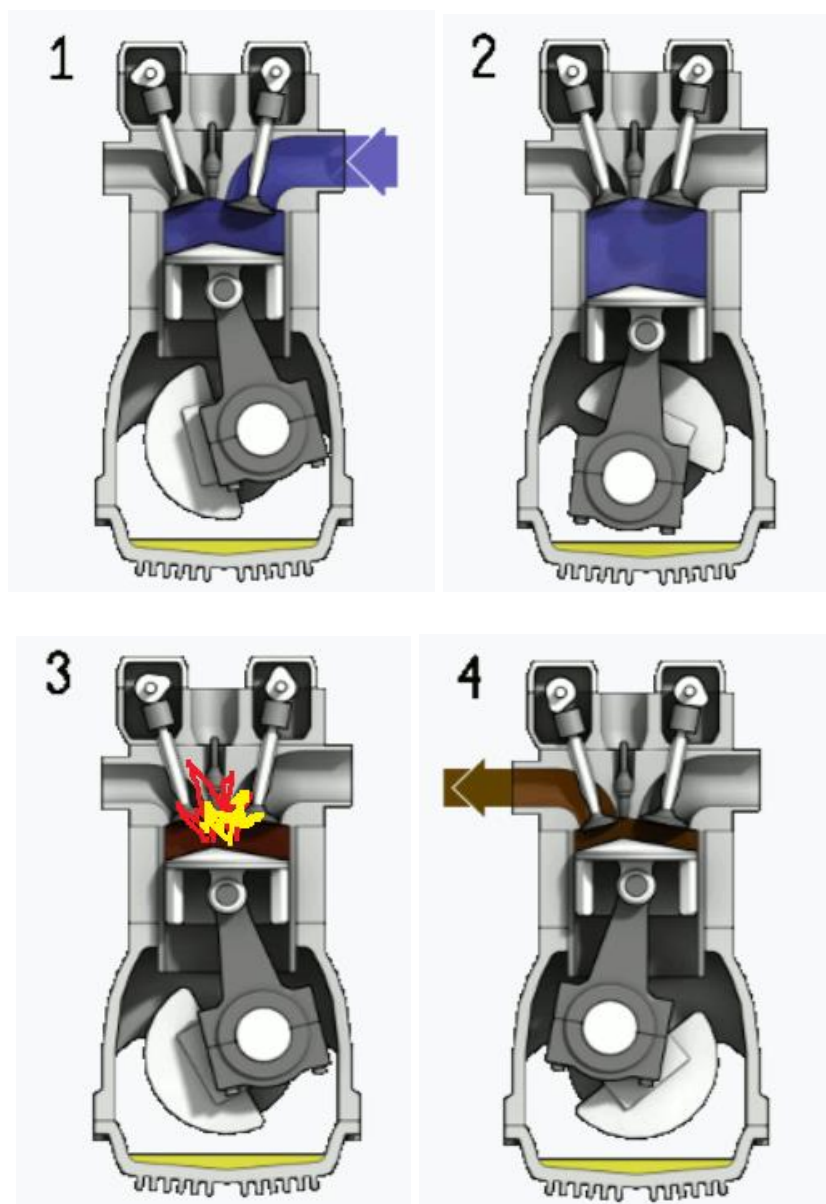
68% құрады. Пайдаланылған газдардың құрамын талдау қос отынмен жұмыс істейтін қозғалтқышты қуаттандыру үшін СТГ пайдалану түгін мен  $\text{CO}_2$  шығарындыларының азаюына және  $\text{CO}$  шығарындыларының өсуіне әкелетінін көрсетті.

Қос отынды сығумен тұтандыратын қозғалтқыштардың өнімділігі мен шығарындыларына жану процесінің басталу сәті айтарлықтай әсер етеді, ол пилоттық отын дозасын бұрқу уақытына және отын мөлшеріне байланысты. Профессор Лю және т.б. [20] айдау бұрышын оңтайландырумен және дизельдік отынның пилоттық дозасының әртүрлі мөлшерімен СТГ және дизельмен жұмыс істейтін қос отынды қозғалтқыштың эмиссиялық сипаттамаларын зерттеді. Тәжірибе нәтижелері екі отынмен жұмыс істейтін қозғалтқыштағы  $\text{CO}$  шығарындысы әдеттегі дизельдік қозғалтқышпен салыстырғанда әлдеқайда жоғары және  $\text{NO}_x$  шығарындысы орта есеппен 30% төмен екенін көрсетті.

Бұл жұмыс қос отынмен жұмыс істеуге бейімделген, дизель отыны СТГ (сығылған табиғи газ) біріктірілген стационарлық сығымдау-оталды қозғалтқыштың сынақтарына қатысты. Жұмыстың бір бөлігі ретінде СТГ газының энергия үлесінің қозғалтқыштың таңдалған жұмыс параметрлеріне әсері бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді; яғни, цилиндр қысымы, қысымның жоғарылау жылдамдығы, жылу шығару жылдамдығы, өздігінен тұтану кідірісі немесе жану уақыты және осы қозғалтқыштың пайдаланылған газындағы зиянды қосылыстардың шығарындыларына талдау жасалды.



2.1 – сурет - Қос отынды қозғалтқыштардың негізгі жұмысы



1) Интукция (*Жанармай толтырылады*); 2) Компрессия немесе сығылу; 3) Жану (*Жанармай жанады*); 4) Эмиссия (*Сыртқа шығару*).

### 2.2 – сурет - Жану қозғалтқышының төрт сатылы жұмыс циклы

Поршень әуелі жабық цилиндрге біраз ауаны ұстайды, содан кейін цилиндрді жоғары жылжытады және ауаны қысады. Ауа шағын кеңістікте қысылғандықтан, ол өте жоғары температураға дейін қызады, шамамен  $600^{\circ}\text{C}$ . Дизельдік отын шағын кеңістікке жоғары қысыммен айдалады. Жанармай өте ыстық сығылған ауамен жанасқанда тұтанады. Нәтижесінде газдардың кеңеюі поршеньді цилиндрдің түбіне қайта итермелейді, бұл иінді білікті басқару үшін қолданылатын қуатты күш жасайды. Бұл орын алған кезде поршень цилиндрге кері итеріледі және пайдаланылған газдар шығару клапаны арқылы шығады, содан кейін процесс немесе цикл қайтадан басталады.

## 2.2 Дизель мен табиғи газдың артықшылықтары мен қолдануы

Жетілдірілген дизельдік қозғалтқыштар нарықтағы ең үнемді және энергияны үнемдейтін нұсқалардың бірі болып табылады, бірақ бұл олардың артықшылықтарының бастамасы ғана. Жүз жыл бойы адамдар жұмыс күнін бастау үшін дизельді қозғалтқышты іске қосты. Бірақ бұл экономиканың қоршаған ортаға тигізетін әсері қазір күшейтіліп отыр. Шығарылған газдарды тазартудың инновациялық жүйелері мен озық технологиялар иелеріне нөлдік шығарындылармен жұмыс істеуге және жұмысын биодизель қоспаларымен толықтыруға мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы дизельді қозғалтқыштардың төрт негізгі артықшылығын қарастырайық.

1) Дизель отынды үнемдеу. Дизельді көліктер бір галлонға 20-35% артық жүгіріске ие бола алады, ұқсас өлшемді бензинді автомобильдерге қарағанда. Дизель отынының үнемділігін биодизельмен салыстыру да күкірті аз дизельдің жақсы нұсқа болуы мүмкін екенін көрсетеді. Мысалы, B100 биодизелі дизельдік отынға қарағанда шамамен 7% тиімді емес. Дегенмен, B20 биодизелі отын тиімділігі бойынша кәдімгі дизельге шамамен тең. Дизель отынының тиімділігі қандай? *The Motley Fool* компаниясының шектеулі жеңіл көліктерін салыстыру дизельді тас жолда 29% және қалада 24% тиімдірек деп тапты. Коммерциялық көліктер үшін дизель табиғи газ немесе сутегі инфрақұрылымы жоқ аймақтарда қол жетімді ең жақсы нұсқа болып табылады, тіпті осы аймақтарда дизель әлі де таңдаулы отын болуы мүмкін.

2) Дизельді қозғалтқыштар аз жүргізуді талап етеді. Дизельдік қозғалтқыштың бензин қозғалтқышына қарағанда бөлшектері аз, яғни аз бөлшектер сынуы немесе жөндеуді қажет етуі мүмкін. Мысалы, дизельдік қозғалтқыштарда оталдыру шамдары жоқ. Бұл электр ақауларына аз орын қалдырады және иесінің техникалық қызмет көрсету және жөндеу қажеттілігін азайтады. Аз қалдық өндіріледі және үнемдеуге қол жеткізіледі!

3) Дизельді қозғалтқыштың жоғары айналдыру күші бар. Дизельдік қозғалтқыштар бензинге қарағанда жақсы үдетуді, сүйреуді және тартуды қамтамасыз етеді. Себебі дизельді қозғалтқышта поршень цилиндрдің жоғарғы жағына көтеріледі, ал бензинді қозғалтқышта ол тоқтайды. Дизельдік қозғалтқыштар ауаны тезірек қысып, жұмысты орындау үшін көбірек қуат береді. Турбокомпрессор сияқты мүмкіндіктер дизельдік қозғалтқышқа қосымша ауа ағуына мүмкіндік береді, осылайша ол қуат өндіре алады. Тиімділікті арттыру және шығындарды үнемдеу үшін орташа және ауыр дизельдік қозғалтқыштарға арналған турбокомпрессорларға маманданған.

4) Дизельдік қозғалтқыштың қызмет көрсету мерзімі ұзақ. Дизельдік қозғалтқыштар жоғары қысу коэффициенттері мен ауыр жұмысқа арналған. Бұл олардың ұзақ уақытқа созылатынын білдіреді. *Summins* компаниясында біз қозғалтқыштарымыздың қызмет ету мерзімін ұзартуға тырысамыз, сонымен бірге иелерінен техникалық қызмет көрсетуге аз ақша жұмсауды талап етеміз. Шығарылған газды тазартудың жеңілдетілген жүйелері, майды

ауыстырудың ұзартылған аралықтары және техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейтін сүзгілер - біздің дизельдік қозғалтқыштар желісінің кейбір ерекшеліктері ғана. Бұл инновациялар пакеттер мен адамдарды баратын жерінен жылжыту бойынша маңызды жұмысты орындау кезінде тұрақты қаржылық көрсеткіштерді жақсартуды білдіреді [21].

Бірқатар қалалар алдағы жылдарда тек нөлдік шығарындылары бар көліктерді пайдаланатынын мәлімдеген. Жергілікті ауа сапасын жақсарту үшін олардың орталықтарына экологиялық таза болу керек. Бұл мұнда толығымен электрлік жүк көліктерінің болашағы зор екенін білдіреді. Көлік компаниясы ретінде қалаларда саяхаттау үшін осындай көліктерге инвестиция салуға болады. Тұтынушы ретінде көміртегін одан әрі азайту үшін қалаларда жүруге ыңғайлы көлік түрі DAF CF Hybrid толығымен электрлік және оның дизельді қозғалтқышы бар, сондықтан осындай көлікті біз оңай қолдана аламыз. Бұл көлік Нидерланда қаласында шығарылған және шетелдерде көп қолданыста.



2.3 – сурет - Сығылған табиғи газбен және дизель отынымен жұмыс істейтін дизельді жүк көлігі

DAF-тың бас компаниясы ретінде PACCAR – Toyota және Shell компанияларымен бірлесіп, көптеген тәжірибе жасаған. Осындай нақты қадамдар жасай отырып, біз осы жаңа технологиямен серпіліс жасағымыз келеді. Дизельдік отынға балама ретінде метан ең оңай қолжетімді отын болып табылады. Табиғи газдың қоры мұнайға қарағанда әлдеқайда көп. Бірақ бәрінен бұрын климаттық бейтарап биогаз өндірісі көптеген елдерде қарқын алуда, бұл ең өзекті мәселені - CO<sub>2</sub> шығарындыларын азайтуды шешеді.

Метанды алыс қашықтыққа тасымалдау үшін пайдалану бұрыннан қиын болды. Ұшқыннан тұтанған жүк машинасының қозғалтқышы әдетте шектеулі диапазонға ие (шамамен 150-200 км). Volvo Trucks бұл мәселені метан мен дизель отынын біріктіріп, осы отынды дизельдік қозғалтқышта пайдалану арқылы шешеді. Бұл диапазонды 50 пайыздан астамға арттырады. Энергия тығыздығы жоғары сұйытылған газды пайдаланған кезде диапазон тіпті екі есе артады. Сондай-ақ дизельді қозғалтқыш ұшқынды қозғалтқышқа қарағанда

жақсы жүру мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Технология тазартылған және сынақтан өткеннен кейін жүк көліктері 80 пайыз метанмен жұмыс істей алады [21].

Әртүрлі көздерден және әртүрлі жұмыс нүктелеріндегі автомобиль дизельдерінің бастапқы шығарындылары. Сол жақ баған төмен жүктеме жұмыс нүктесін көрсетеді (шамамен 25%). Оң жақ бағанда жұмыс нүктесі толық жүктемеге жақын, жану ауасының қатынасы болып келеді.

Кесте 2.1 - Шығарылатын газдардың құрамы

Шығарылатын газдар		Массалық үлесі, %	Көлемдік үлесі, %
Азот	N <sub>2</sub>	75,2	72,1
Оттегі	O <sub>2</sub>	15	0,7
Көміртегі диоксиді	CO <sub>2</sub>	7,1	12,3
Су	H <sub>2</sub> O	2,6	13,8
Көміртек тотығы	CO	0,043	0,09
Азот оксиді	NO <sub>x</sub>	0,034	0,13

Дизельді қозғалтқыш барлық дерлік режимдерде көп ауамен жұмыс істейді, сондықтан қозғалтқышқа түсетін газ өрт шегінен төмен ауамен өте сұйылтылған. Сондықтан да жүреді жану газ-ауа қоспасының, тек жануды тамшы дизель отынын, қалған газ лақтырылады шыққан пайдаланылған газдарды.

Газдың жануына қолайлы жағдай жасау үшін берілетін ауа мөлшерін реттейтін ауа клапаны қолданылады. Практикалық есептеулер үшін 60-70% кепілдендірілген алмастыру дәрежесін және штаттық режимде жұмыс істейтін қозғалтқыштар үшін 1.0-1.1 Газ коэффициентін пайдалануға болады (1 литр ДТ ауыстыру үшін 1.0-ден 1.1 нм<sup>3</sup> газ қажет болады). Ауыстырудың үлкен дәрежелері болуы мүмкін, әсіресе дұрыс жүргізу стилінде, бірақ бұған кепілдік берілмейді.

Газдизель режимінде жұмыс істеген кезде дизель отынын беру дизель режимінен өзгеше. Қозғалтқышты іске қосу және жұмыс істемеу үшін жану камерасына тек дизель кіреді. Айналу жиілігі мен жүктеме жоғарылаған кезде жану камерасына газ-ауа қоспасы және дизель отынының тұтану дозасы түседі. Осы сәттен бастап қозғалтқыш газ дизельінің циклі бойынша жұмыс істейді.

Газ дизельдік жабдық газды құюға, сақтауға, беруді және дозалауды басқаруға, газ-ауа қоспасын қалыптастыруға, дизель отынын тұтану дозасы деңгейіне дейін циклдік беруді шектеуге және дизель отынын штаттан тыс

жұмыс режимдерінен қорғауға арналған. Бұл ретте газдизель режимінен дизель отынына және кері жылдам өту мүмкіндігі сақталады.



2.4 – сурет - Дизельді қозғалтқышы бар автомобильдердің газбен жұмыс істеуіне арналған отынмен қоректендірудің газдизельді жүйесінің орыны

Дизель—бұл тікелей айдау фракцияларынан алынатын мұнай өнімдері: газойл, керосин және соляр. Отынның басты ерекшелігі-жану кезінде жылу немесе механикалық энергия өндіру, яғни ол ең алдымен қозғалтқыштар үшін отын ретінде қолданылады. Дизельмен жұмыс істейтін техниканың әртүрлілігі оның кеңдігімен таң қалдырады:

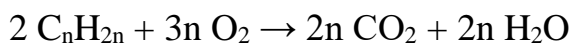
- жүк және жеңіл автомобиль;
- теміржол көлігі;
- ауыл шаруашылығы арнайы техникасы;
- өзен және теңіз кемелері;
- құрылыс арнайы техникасы;
- әскери арнайы техника және т. б.

Қозғалыс энергиясын өндіруден басқа, дизель қозғалтқыштардың отын жүйесін майлау және салқындату міндеттерін өте жақсы орындайды: инжекторлар, сорғы, жану камерасы және т.б. пайдаланылған дизель отыны (дизель отыны немесе дизель отыны) қазандық қондырғыларында және өндірістік объектілердегі дизель генераторларында тиімді энергия көзі болып табылады.

Дизельдік отынды жағу кезіндегі көмірқышқыл газының шығарындылары келесідей қарастыруға болады. Яғни бір литр дизельдік отынның жануынан болатын көмірқышқыл газының шығарындыларын оңай есептеуге болады. Дизельдік отынның химиялық формуласын қолдануға болады. Шын мәнінде, дизельдік отын әртүрлі молекулалардың қоспасы болып табылады. Көміртектің С молярлық массасы 12 г/моль, ал сутегі Н (атомдық) шамамен 1 г/моль молярлық массасы бар. Бұл дизельдің жалпы



массасындағы көміртегінің үлесі шамамен 12/14 екенін білдіреді. Дизельдік отынның жану реакциясы:



Көмірқышқыл газының молярлық массасы 44 г/моль, себебі ол 2 оттегі атомынан (16 г/моль) және бір көміртек атомынан (12 г/моль) тұрады. 12 г көміртегі 44 г көмірқышқыл газын түзеді. Дизельдік отынның тығыздығы литріне 0,838 кг болғанда бір литр дизель отынын жағу кезінде түзілетін көмірқышқыл газының массасы келесідей есептеледі:

$$0,838 \frac{kg}{l} \cdot \frac{12}{14} \cdot \frac{44}{12} \cdot 1 l = 2,63 kg$$

Дәстүрлі түрде өндірілетін табиғи газ толық жанған кезде көмірқышқыл газын өндіру әлеуеті 60 г МДж<sup>-1</sup> -ден аз болады. Кәдімгі бензинмен салыстырғанда көмірқышқыл газының шығарындыларын 20%-ға дейін азайтуға болады. Оның себебі табиғи газдың құрамындағы көміртегінің аздығы болып келеді. Бензин қозғалтқышында жанған кезде көміртегі тотығы мен азот оксиді шығарындыларын табиғи газды пайдалану арқылы да азайтуға болады. Сонымен қатар, бензин қозғалтқышын іске қосу сығымдау коэффициентін (ПӘК) жоғарылатады, демек, көміртегі диоксиді шығарындыларына оң әсер ететін тиімділікті арттырады.

Қоршаған ортаны қорғау бойынша көптеген жүргізген зерттеу отын ретінде сұйытылған табиғи газды (СТГ) пайдаланатын бензинмен жүретін жүк көліктерінің көмірқышқыл газының шығарындылары әдеттегі дизельді отын ретінде пайдаланатын дизельді жүк көліктерімен салыстырылатынын анықтады. Дизельдік отынмен жүретін кәдімгі дизельді жүк көліктеріне қарағанда бензин қозғалтқыштары бар СТГ жүк көліктерінің экологиялық артықшылығы жоқ деген қорытындыға келген.

### 2.3 Тікелей бүрку әдістері

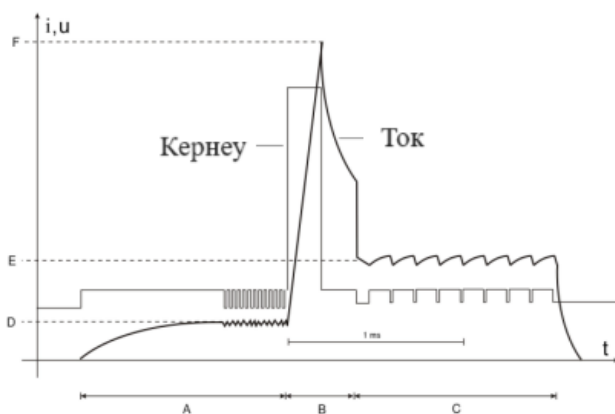
Бұл жұмыста жанармай бүрку мехатронды басқарудың жаңа әдісі және тікелей бүрку (ТБ) іштен жану қозғалтқыштары (ІЖҚ) жүйесі ұсынылған. Бұл әдіс және жүйе бастапқы жүктеме тогын қолданбай, отын бүріккіштерінің электромагниттік сұйық клапандарының өте жылдам ҚОСУ күйін беретін DC-DC түрлендіргішінің көмегімен сыйымдылықтағы энергияны үнемдеуге негізделген. Жанармай бүрку контроллерінің сенімділігін жақсартатын және оның құрылысын жеңілдететін отын бүркуінің электромагниттік сұйық клапандарының бастапқы ҚОСУЛЫ күйінде электромагниттік индикаторлық токтың өте қысқа жоғарылау уақытын қамтамасыз ететін DI ICE үшін отын бүрку контроллері болып табылады. Жоғарыда аталған отын айдау

мехатрондық басқару әдісі мен жүйесінің бірқатар артықшылықтарына байланысты ол сұйық және/немесе газ отынының барлық түрлеріне арналған отын бүріккіштері бар DI ICE үшін пайдаланылуы мүмкін, мысалы, бензин, дизельдік отын.

Қазіргі уақытта автомобиль нарығында тікелей отын бүркуі бар іштен жану қозғалтқыштары (ІЖҚ) пайдаланылады. Тікелей айдау идеясы қоспаны тікелей жану камерасында қалыптастырудан тұрады. Бұған қол жеткізу үшін жану камерасына электромагниттік отын инжекторы (ЭОИ) орналастырылған және сұйықтықты қабылдау клапаны арқылы тек ауа ағыны жүзеге асырылады [22].

Арнайы механикалық гидравликалық (МГ) сорғы жоғары қысымда (5-тен 12 МПа) отын бүркуін жасайды. Жанармай инжекторы отын мен ауаның жеткілікті түрде араласуын қамтамасыз ету үшін жану камерасының белгілі бір аймағында отынды ең кішкентай бөлшектерге мөлшерлеу және бүрку қажет болады. Тиісті ток импульсі арқылы электромагнитін іске қосқаннан кейін жанармай инжектордың ішіндегі және сыртындағы қысым айырмашылығына байланысты жану камерасына айдалады.

Дипломдық жұмыс мақсаты - тікелей бүрку жүйесінің инжекторын басқару және қуаттандырудың жаңа әдісін ұсыну, орама тоғын жылдам күштеу үшін қосымша конденсаторда жинақталған энергияны пайдаланады және «бастапқы жүктеме фазасы» деп аталатын уақытты басқару кезінде ескеруді қажет етпейді (2.4 – сурет).



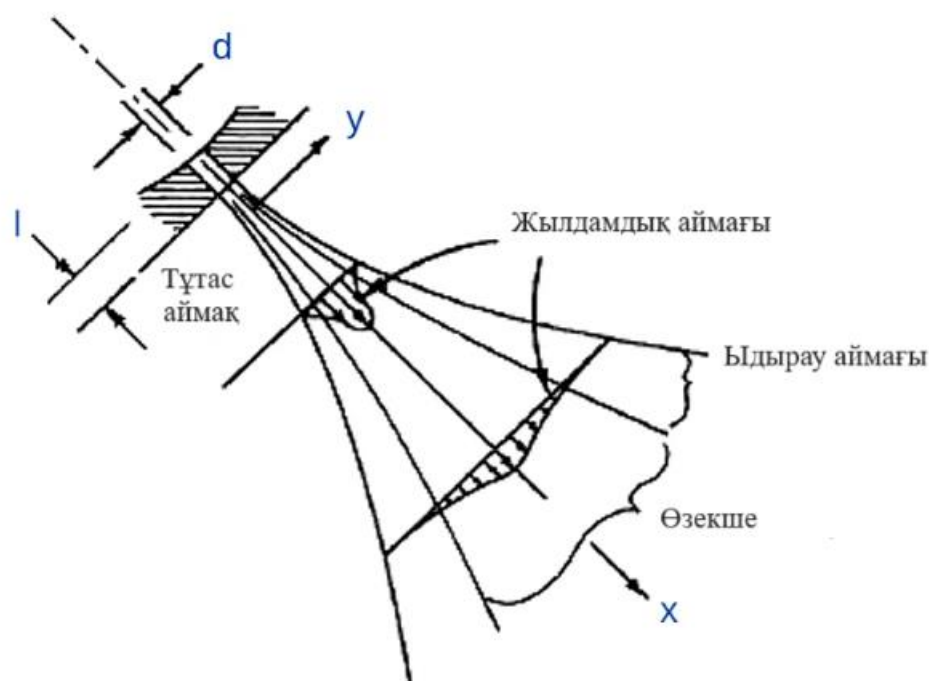
А – бастапқы жүктеме фазасы; В – қозу фазасы; С – ұстап тұру кезеңі;  
D – бастапқы жүктеме тоғы; F – қозу тоғы; E – ұстап тұратын ток

#### 2.4 – сурет - Отын инжекторының тоғы мен кернеуінің толқын сипаттамасы

Бұл тікелей бүркуу әдісінің кемшілігі қоздыру фазасы кезінде отын инжекторының электромагниттік орамасындағы ток импульсінің қолайсыз жағдайда болып табылады (2.4-сурет).

Кәдімгі, араластырумен басқарылатын дизельді қозғалтқыштың жануындағы қоспаны қалыптастыру процесінің алғашқы қадамы бүрку болып табылады. 2.5-суретте тоқтап тұрған ауадағы бір саңылаудан жанармай айдау

арқылы пайда болған спрей көрсетілген. Саптама тесігінен шыққаннан кейін ағын ағызу нүктесінен өте қысқа қашықтықта толығымен турбулентті болады және қоршаған ауамен араласады. Бұл тартылған ауа ағынмен тасымалданады және x-бағыты бойынша масса ағынын арттырады және ағынның y-бағыты бойынша таралуына әкеледі. Ағынның жылдамдығының төмендеуіне екі фактор әсер етеді: ағынға ауа кірген кезде импульстің сақталуы және сұйық тамшылардың үйкеліс күші болады. 2.5-суретте екі көлденең қимадағы жылдамдықтың таралуы берілген. Отынның жылдамдығы орталық сызықта ең жоғары және ыдырау аймағы (немесе шашыратқыштың конустық қабығы) мен қоршаған ауа арасындағы шекарада нөлге дейін төмендейді.



2.5 – сурет - Бір тесікті саптамадан бүріккіштің схемасы

Авиациялық және зымырандық қозғалтқыштарда сұйық ағыншасы газдың жоғары жылдамдыққа ие серіктес ағынымен бүркіледі. Отынның сұйық тамшыларға мұндай бөлінуі серіктес ауа ағынымен бүрку деп аталады. Берілген дипломдық жұмыста серіктес ауа ағынымен бүрку кезіндегі түзілген бүркудің қалыптасуы мен динамикасын модельдеуге баса назар аударылады.

Авиациялық қозғалтқыштардағы серіктес ауа ағынымен бүркудің әдеттегі құрылымы 2.5 суретте келтірілген. Инжектор шүмегінің жанында үздіксіз сұйықтық ағыны жіптерге ыдырап, цилиндрдегі газбен әрекеттесу арқылы төмендейді. Үздіксіз сұйық ағынының бұл бастапқы ыдырауы бастапқы текті бүрку деп аталады.

Жалпы алғанда, ағынның жылдамдығына байланысты әртүрлі режимдерге бөлінуі мүмкін:

- *Рэйлей режимі*. Бұл төмен ағын жылдамдығы режимінде үзілу беттік керілуден туындаған беттік толқындардың тұрақсыз өсуіне байланысты және ағынның диаметрінен үлкен тамшыларға әкеледі.

- *Бірінші жел әсерінен болатын үзіліс режимі*. Бұл орташа реактивті жылдамдық режимінде ағынның және қоршаған ауаның салыстырмалы қозғалысына байланысты күштер беттік керілу күшін арттырады және ағынның диаметрі тәртібінің төмендеуіне әкеледі.

- *Екінші жел әсерінен болатын үзіліс режимі*. Бұл жоғары реактивті жылдамдық режимінде үзілу саптаманың төменгі ағынында бұзылмаған немесе бұзылмаған ұзындықтан кейін ағынды спрейдің дивергенциясымен сипатталады. Сұйықтық пен қоршаған ауа арасындағы салыстырмалы қозғалыстан туындаған қысқа толқынды толқындардың тұрақсыз өсуі орташа мөлшері ағынның диаметрінен әлдеқайда аз тамшыларды тудырады.

- *Атомизация режимі*. Ағынның өте жоғары жылдамдығында ағынның сыртқы бетінің ыдырауы саптаманың шығу жазықтығында немесе оған дейін болады. Тамшының орташа диаметрі саптаманың диаметрінен әлдеқайда аз. Сұйық/газ интерфейсындағы аэродинамикалық өзара әрекеттесу осы режимдегі атомизация механизмінің негізгі құрамдастарының бірі болып көрінеді.

Дизельдік отын ағындарының бастапқы бұзылуы әдетте атомдау режимінде болады. Бұл процесті басқаратын басым механизмдер толығымен анық емес болады. Турбуленттілік және кавитациялық көпіршіктердің құлауы сияқты өзара тәуелді құбылыстар инжектордың саптамасындағы ағындағы жылдамдық ауытқуларын тудыруы мүмкін, бұл шығатын сұйықтық ағынын тұрақсыздандырады. Инъекция жылдамдығының тұрақсыздығы және тамшылардың төгілуі де маңызды рөл атқарады. Көптеген дизельдік отынды бүрку жүйелері үшін саптаманың шығу жазықтығында ағынды атомизация келесі жағдайларда орын алады:

$$\sqrt{(p_a/p_f)} < 18.3/\sqrt{A} \quad (2.1)$$

мұндағы  $p_a$  және  $p_f$  сәйкесінше қоршаған газдың және отынның тығыздығы, ал  $A$  - саптаманың ұзындығы/диаметрі ( $L_0/D_0$ ) қатынасының функциясы:

$$A = 3.0 + 0.28 (L_0/D_0) \quad (2.2)$$

Сұйық ағынның бастапқы ыдырауынан және тамшылардың бастапқы түзілуінен кейін аэродинамикалық индукцияланған тамшылардың ыдырауы қоршаған ауаға енген кезде тамшылардың мөлшерін одан әрі азайтады. Бұл екінші реттік ыдырау буланумен біріктірілген тамшылардың  $x$  осі бойымен қозғалған сайын олардың көлемінің азаюын қамтамасыз етеді (2.5-сурет).

Екінші реттік ыдырау инерция күштерінің беттік керілу күштеріне қатынасы ретінде анықталатын Вебер саны ( $We$ ) тамшысымен басқарылады деп болжанады:

$$We = \rho_a D_d u_{rel}^2 / \sigma_f \quad (2.3)$$

мұндағы

$\rho_a$  – қоршаған ортаның тығыздығы

$D_d$  – тамшылардың диаметрі

$u_{rel}$  - тамшы мен қоршаған газдар арасындағы салыстырмалы жылдамдық

$\sigma_f$  – отынның беттік керілуі.

Бұл екінші реттік үзіліс 2.2-кестеде көрсетілгендей Вебер нөміріне байланысты бірнеше түрлі режимдерге жіктелуі мүмкін.

Кесте 2.2 - Екіншілік тамшылардың ыдырау классификациясы

We (Вебер)	Бөлу режимі
$We \leq 12$	Тербеліс
$12 < We \leq 18$	Қап
$18 < We \leq 45$	Қап пен жүйе
$45 < We \leq 100$	Хаотикалық
$100 < We \leq 350$	Тазалау
$350 < We \leq 1000$	Толқын болған жағдайда тазалау
$1000 < We \leq 2670$	Апатты жағдай

## 2.4 Заманауи мүмкіндіктер дизельді қозғалтқышты газға айналдыру

Бұл дизельді қозғалтқышты газға ауыстырудың негізгі әдісі. Алайда, конверсия аяқталғаннан кейін кері ауысу мүмкін болмайды, бұл тұтану, қуат және басқа да бірқатар жүйелерге елеулі өзгерістер енгізумен түсіндіріледі. Бұл қажеттілік пайдаланылатын отынның ерекшеліктеріне байланысты. Дизель отынын тұтату үшін 300-400С температура қажет, ал газ 700С температурада жана бастайды.

Бұл жағдайда дизельді қозғалтқыштағы өзгерістер келесідей болады:

- саптамалардың орнына ұшқын шамдары қолданылады;
- газ инжекторларын немесе диспенсерді орнату жүзеге асырылады;
- жоғары октанды жанармайды пайдалануға мүмкіндік беретін қысу коэффициенті төмендейді.

Конверсия нәтижесінде газ қозғалтқышы пайда болады, оның келесі артықшылықтары бар:

- қуат блогының ресурсы едәуір артады;
- қоршаған ортаға аз зиян келтіретін зиянды шығарындылардың көлемі азаяды;

- қозғалтқыштың айналу моменті мен қуаты артады; – қозғалтқыштың жұмысы аз шулы болады және жарылыспен бірге жүреді.

Мұндай ауысудың жағымсыз тұстарына мыналар жатады:

- пайдаланылатын отынның баламасыздығы; – орнату және реттеу күрделене түседі;

- газ баллоны жеңіл көлікте көп орын алады; – температура төмендеген кезде іске қосу қиындықтары;

- регламенттік техникалық қызмет көрсету аралығы қысқарады.

Газдизель – қазіргі дизельді қозғалтқыштарға кәдімгі ГБО орнату мүмкін емес, бұл тұтану жүйесінің жұмысындағы түбегейлі айырмашылыққа байланысты, сондықтан газдизель орнатылады. Бұл жүйеде бір уақытта отынның екі түрі беріледі - дизель және ауа-газ қоспасы. Бұл жағдайда ДТ қоспаны тұтандырғыш рөлін атқарады және оны жану камерасына беру көлемі айтарлықтай төмендейді. Қозғалтқыштың тұрақты жұмыс істеуі үшін сенсорлармен басқарылатын және ECU басқаратын жанармай балансын сақтау қажет.

Газ дизельді қондырғыларда пропанды қолданған кезде газды тұтыну едәуір артады (екі есе көлемге дейін), ал жабдықты баптау технологиясы айтарлықтай күрделене түседі.

Мұның себебі екі түрлі газдың физикалық қасиеттеріндегі айырмашылық.

Жанармай беру үшін жоғары қысымды механикалық сорғыны, сондай - ақ ЕУРО 4 стандартына сәйкес келетін Common Rail заманауи дамуын пайдалануға болады.

Газ дизельін орнатудың келесі артықшылықтары бар:

- отынның екі түрін пайдалану мүмкіндігі; – қоршаған ортаның ластану деңгейі төмендейді;

- мотор ресурсы жаңартылуда;

- майды ауыстыру аралығы артады;

- жарылыстың болмауы.

Сондай ақ кейбір кемшіліктер:

- реттеу және реттеу процесі күрделене түседі;

- жеңіл машинада газ баллонын орналастыру үшін көп орын бөлу керек, сондай-ақ газ баллонының салмағына байланысты пайдалы жүк көтергіштігінің айтарлықтай жоғалуы (коммерциялық көлік үшін ерекше маңызға ие, мұнда қауіпсіздік мақсатында тек-1 және-2 типті баллондарды орнату ұсынылады);

- ГБО сатып алу және орнату айтарлықтай шығындарды талап етеді, бұл жеңіл автомобильдерді газға айналдыруды орынсыз етеді. Алайда, көлік құралын пайдаланудың жоғары қарқындылығына байланысты жүк көліктеріне, арнайы және ауылшаруашылық техникаларына ГБО орнату айтарлықтай экономикалық нәтиже алуға мүмкіндік береді.

Заманауи дизельдік қозғалтқыштарда Вебер тамшыларының саны әдетте 100-ден асады, бұл тазалау және апатты режимдер қайталама

бұзылудың ең маңызды режимдері екенін көрсетеді. Екінші реттік ыдырау инжектордан соңғы қашықтықта, бірнеше мм ретпен басталады, содан кейін инжектордан шамамен 15-20 мм тоқтайды. Осы қашықтықтың төменгі жағындағы тамшылардың мөлшерінің одан әрі қысқаруын толығымен дерлік булануға жатқызуға болады.

Тамшылар ыдырау кезінде айтарлықтай деформацияға ұшырайды және іс жүзінде сфералық емес толқын пайда болады. Ұзартылған тамшының ұзын осінің диаметрінің сфералық тамшыға қатынасымен өлшенетін тамшылардың бұрмалануы типтік заманауи дизельді айдау жағдайында шамамен 5 болуы мүмкін. Бұл тамшы бетінің ауданын 7-10 есе арттырады және отынның булануына қатты әсер етеді. Бұл деформация жанармайдың булану жылдамдығы айдау басталғаннан кейін көп ұзамай айдау жылдамдығына тең болуын қамтамасыз етеді.

Бүгінгі таңда дизельдегі ГБО ны екі негізгі жолмен жасауға болады: Автокөлікті газбен толық қуатқа ауыстыру үшін қозғалтқышты айтарлықтай жаңарту қажет. Метанның октандық саны 120 болғандықтан, дизельді қозғалтқыштың қысу коэффициенті оған сәйкес келмейді. Яғни, ол тым жоғары және жарылыстың алдын алу үшін 12:1-14:1 дейін азайтылуы керек, содан кейін қондырғыны бұзады.

Сондай-ақ, газ 700 °С температурада өздігінен тұтанатынын және ДТ үшін 320-380°С жеткілікті екенін ескеру қажет.сығымдау газдың өздігінен тұтануына әкелмейді, сондықтан цилиндрлер бензин қозғалтқыштарына ұқсас ұшқын тұтануымен қосымша жабдықталған. Әрбір автокөлік жүргізушісі дизельдік отынмен жұмыс істеу үшін ұқсас түрде қайта өңделген қозғалтқышты бұрынғы күйіне қайтара алады.

### **3 Қос отындық іштен жану қозғалтқыштарындағы жылумасса тасымалдау процестерін зерттеу**

#### **3.1 Қос отынды іштен жану қозғалтқышындағы қысымның таралуы және газ қозғалтқыштарын іске қосу**

Табиғи газ (ТГ) перспективалы газ отыны және заманауи энергетикалық құрылғылар үшін дәстүрлі сұйық қазба отынына жақсы балама болып табылады. ТГ құрамында негізінен метан бар және бұл төмен көміртекті газ отыны көліктердің, кемелердің және электр станцияларының іштен жанатын қозғалтқыштары сияқты көптеген энергетикалық қосымшаларда кеңінен қолданылады. Қазіргі заманғы газбен жұмыс істейтін ішкі жану қозғалтқыштарының көпшілігі импульстік жүйені пайдаланады. Отын бүрку ауа-отын қоспасын қалыптастыру, ал газды тікелей айдау (ТА) тиімділікті арттыру үшін пайдалы болып келеді.

Табиғи газ балама отын ретінде оның мол қоймасы, кең таралған тарату инфрақұрылымы және төмен құны, сондай-ақ таза жану сапасына байланысты перспективалы жол болып табылады. Тікелей айдау (бүрку) арқылы сығымдалған тұтану (СТ) технологиясы табиғи газ қозғалтқыштарын жоғары жылумен қамтамасыз етеді. Тікелей айдау технологиясы жоғары газ отын қысымын талап етеді, ал жоғары тиімділік пен қуатты шығару үшін жоғары қысымды газ отынын тікелей айдау қажет.

Сонымен қатар, практикалық инженерлік қолданбаларға келетін болсақ, табиғи газдың төмен тығыздығына байланысты бұл газ отыны әрқашан өте жоғары қысымда сақталады. Осылайша, жоғары қысымды табиғи газды айдау тікелей айдау қозғалтқышы үшін қажет және ауа-отын қоспасының құрамында және ең соңында жану сипаттамаларында маңызды рөл атқарады.

Қоршаған ортадағы ауаның температурасын  $-5^{\circ}\text{C}$ -тан сапағанда, қозғалтқыш стартермен іске қосла алады. Салқын қозғалтқышты іске қосу үшін бактың шығындатқышын және магистралдың вентилін ашады. Қозғалтқышты тез іске қосу үшін мембрана жүйесіндегі екінші сатыдағы клапандағы соташықты қысқа уақытқа басу арқылы немесе газ араластырғыштың ауа қалқаншасын жабу арқылы газ құбырларын газ бен редуктордан араластырғышқа дейін толтырады. Ау қалқаншасын басқаратын жартысына дейін ашып, бөггіш қалқаншасын жабады. Қозғалтқышты іске қосып, аз айналымда қыздырады. Салқындатқыш сұйықтың температурасы  $50-60^{\circ}\text{C}$  болғаннан кейін сұйытылған газды вентилін ашып, буланған шаздың вентилін жабады. Қозғалтқыш қызғаннан кейін қалқаншасын қайта орнына әкеледі де, ауа қалқаншасын толық ашады. Баллондағы сұйытылған газдың мөлшері көлемдік және салмақтық тәсілмен өлшейді [23].

Сығылған газдың автомобильге қозғалтқыш жұмыс істеп тұрғанда құятын құбыршекті газ баллонды толтырып вентилімен жалғастырады, содан кейін осы вентилді ашады, газдың шығатын, шықпайтын тексеріледі



баллондағы газдың қысымын манометрмен тексереді. Егер баллондағы қысым 0,5 МПа – ден кес болса, онда үрлеу қажет, ол үшін баллонға сығылған газ жіберіліп қысымды 1,0-1,5 МПа-ға дейін көтеріледі де, оны шығарып тастайды, бұл әрекетті 2-3 рет қайталауға тиіс баллондағы секциялар бойынша толтырады және де газдың қысымы 20 МПа болуы қажет.

### **3.2 Газ дизельді қондырғының сығылған табиғи газ (СТГ) жұмыс істеуі**

Табиғи газдың жанармайға қарағанда қуаты аз болғанымен, оның жүріс көлемі біршама артық. Мысал ретіне, автомобиль 100 километрге 10 л жанармай жұмсаса, ал табиғи газдан 6 л ғана жұмсалады. Сонымен бірге, табиғи газдың жанармайға қарағанда атмосфераға шығаратын улы газ көлемі бірнеше есе аз болып келеді. Мамандардың айтуы бойынша, табиғи газдың болашағы зор деп күтілуде. Жанармайдың құны үздіксіз өсіп тұрған кезде, табиғи газ көлік иелері үшін өте тиімді болмақ. Мәселен, АИ-92 маркалы жанармайдың бағасы литріне 128 теңге болса, газдың 1 текше мерті 44 теңгені құрайды. Оның үстіне алдағы 4 жыл ішінде газдың бағасы тұрақты болады. Табиғи газбен жүретін автомобильдердің саны көбейген сайын, газ толтыру бекеттеріне деген сұраныста арта бермек.

Егерде, табиғи газ бекетінің біреу салынатын болса, онда 35 мың тал көшетін отырғызғанмен тең. Тағы бір айта кететін жағдай, тек газбен ауа қоспасы дизельдерде оталуы мүмкін болмайды, себебі ол қоспаның оталу температурасы-700-750°C, ал дизельді жанармайдың оталуы-320-370°C, сондықтан дизельді қозғалтқыштар табиғи газбен жұмыс істеуі үшін цилиндрге аздаған дизель жанармайын 12-17% беру қажет, ол цилиндрдегі жанармай қоспасының жануын қамтамасыз етеді.

Қазақстанда қазіргі күнде барлығы 4 миллиондай көлік бар, олардың 12 мыңдайы ғана табиғи газбен жүреді. Біз табиғи газбен жүретін автомобильдерді көбейткеннің өзінде, елімізде газ тапшылығы артуы мүмкін.

Көліктерді жанармайдан табиғи газбен жүретіндей етіп ауыстыруға қыруар шығын кетеді. Автомобильдерді газға арналған арнайы құрылғылармен жабдықтауға автомобильдердің түріне орай орта есеппен 200 мың теңге жұмсалады. Осыған байланысты, көлік жүргізушілеріне өз автомобильдерін жанармайдан табиғи газға ауыстыру қымбатқа түсуде. Сондықтан да біз газ дизельді қондырғының сығылған табиғи газ (СТГ) жұмыс істеуін қарастырамыз.

Дизельді қозғалтқыштары бар көлікке ГБО орнату (Газдизель) – бұл жанармай шығындарын азайтудың ең айқын әдісі. Мұндай жабдық автомобильдің екі отын режимін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді: дизель режимі газ-дизель режимінде өзгеріссіз сақталады, ауа-газ қоспасы ДТ бөлігін ауыстырады (орта есеппен 45-55 %) және қозғалтқыштың қуат көрсеткіштерін штаттық жұмыс диапазонына дейін арттырады.

Газ – дизель процесі дизель отыны мен табиғи газдың жану әдісі болып табылады, мұнда газ-ауа қоспасы дизель отынының аз мөлшерде жану дозасынан мәжбүрлі түрде тұтанады. Газ-ауа қоспасы қозғалтқыш цилиндрлеріне беріледі, онда ол сығымдау соққысында поршеньмен қысылады және қажетті уақытта инжекторлар арқылы жоғары қысымды отын сорғысы (TNVD) дизель отынының тұтану дозасын енгізеді, ол өздігінен тұтанады және

Газдизель режимінде қозғалтқыш қос отынмен – дизель отынымен және табиғи газбен жұмыс істейді. Негізгі белгісі бойынша – газ-ауа қоспасының тұтану тәсілі-газ дизель мәжбүрлі тұтанғыш қозғалтқыштарға жатады. Газ дизельді қозғалтқышта екі өзара байланысты қуат жүйесі бар : дизель және газ. Бұл екі жүйеге ортақ нәрсе-түпнұсқа газ дизельді жабдық.

Жоғары қысу коэффициенті бар дизельді қозғалтқыштарды түрлендіру кезінде қозғалтқыштың қуаты негізгі қозғалтқыш деңгейінде қалады. Дизельді қозғалтқыштарды газ дизельдік цикл бойынша жұмыс істеуге түрлендірудің негізгі мақсаттары:

- Табиғи газбен алмастыру арқылы дизель отынын 75-80% дейін үнемдеу;

- Отынның екі түрін де пайдаланған кезде көлік құралының жалпы қорын 1,5-1,7 есеге ұлғайту;

- Дизельдің пайдаланылған газдарының түтінін 2-4 есе азайту.

Тұтанғыш дизель отынының ең аз мөлшері газ-ауа қоспасының тұтануы мен толық жануы үшін қажетті энергиямен анықталады. Алайда, уақыт өте келе автомобиль қозғалтқыштарының жұмыс режимдерінің өзгеруіне және инжекторларды салқындату қажеттілігіне байланысты тұтану дизельінің дозасы теориялық тұрғыдан қажетті 5-7% - дан асады. Іс жүзінде тұтану дозасы дизель отынының толық берілуінің 15-тен 50% - на дейін құрайды.

Газ дизельді қозғалтқыш тек дизельмен жұмыс істей алады, бірақ тек газбен жұмыс істей алмайды. Дизель отынын газбен алмастыру дәрежесі сіздің қаржылық қаражатыңызды үнемдеуге байланысты қозғалтқыштың газды дизель режимінде жұмыс істеуінің маңызды көрсеткіші болып табылады.

Алмастыру дәрежесі метан үшін жеткілікті кең шектерде 50% - дан 85% - ға дейін өзгеруі мүмкін. Нақты мәндер сіздің бастапқы қозғалтқышыңыздың жанармай жабдықтарының түріне, қолданылатын газ дизельді жүйені жақсартуға және тіпті қалай жүруге байланысты.

Дизельді қозғалтқышты газға ауыстыру қиын болары сөзсіз. Негізгі үш себебі бар. Бірінші тұтану температурасы, егер дизельді қозғалтқышта отын 400 градуста өздігінен тұтанса, онда газ 700 және одан жоғары температурада жанады. Метан немесе пропан-бутан маңызды емес. Екінші шамдардың болмауы. Дизельді қозғалтқышта қандай қысу коэффициенті болса да, газ қоспасын өздігінен тұтану температурасына дейін қыздыру үшін жеткіліксіз. Сондықтан сіз үшінші тараптың оталдыру шамдарын орнатпай-ақ жасай алмайсыз. Үшінші себебі октан саны. Дизель отыны 50 бірлікті құрайды. Газда - кемінде 102. Егер мұндай жанармай дизельді қозғалтқышқа түссе, ол

тасымалданады (бұл қозғалтқыштың жоғары жылдамдықтағы бақыланбайтын жұмысы). Мәселені шешудің бірнеше жолы бар. Бұл қысу коэффициентін түзету немесе газ қоспасының октан санының азаюы.

СТГ беретін аппараттар мен ауа және сұйық жанармай беретін аспаптар дизельдерге – дизельді қорректендіру жүйесін құрайды. Бұл құрылғыны дизельдің табғи газымен және дизельді жанармайдың аздаған бөлігі мен жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Тек газбен ауа қоспалы дизельдерге от алуы мүмкін емес, себебі ол қоспаны от алу температурасы 700-ден 750 °С, ал дизельді жанармайдың от алуы 320-ден 370 °С. Сондықтан дизельді қозғалтқыштар газбен жұмыс істеу үшін цилиндрге аздаған дизель жанармай 12-17 % беру қажет. Ол цилиндрге аздаған жанармай қоспаның жануын қамтамасыз етеді СТГ газ дизельді қондырғыларды камаз автомобильдерін – 53208, 53219, 54118, 55118 модельдерінде қолданылады. Бұл автомобильдерге К-7409 дизельді иінді біліктің айналу жиілігін реттейін үш сатылы реттегіші бар қозғалтқыштар орнатылады. Ол газ беретін аппарат пен және дизельді жанармай беретін құрылғылармен жабдықталған.

Толтырғыш вентильмен газ дизель қондырғысының барлық бактарына сығылған газ құйылады. Шығындатқыш газ вентилі ашқанда, газ құбырмен қыздырғышқа одан жоғары қысымды редукторға беріліп, онда қысым 0,95-1,110 МПа-ға дейін төмендейді. Газ жұмыс істейтін қысым 0,15 МПа –ға дейін автоматты түрде реттеліп тұрады.

Егер газдың өтетін жерінде қысым қажетті көрсетіштен кем болса, редуктор ашық тұрады да, ал қысым , МПа-дан артық кетсе, сақтандырғыш клапан ашылады. Жоғарғы қысымда редуктордан газ құбыршек арқылы электромагнитті клапанға беріледі. Дизель сұйық жанармай мен жұмыс істегенде, электромагнитті клапан серіппенің әсерінен жабық тұрады да, төменгі қысымды редукторға газды жібермейді.

Дизель газ – дизель жұмыс тазаланған газ сатылы редукторға беріледі. Осы редуктордың бірінші сатысында газдың қысымы 0,20-0,24 МПа-ға дейін, ал екінші сатының шығар жерінде қысым атмосфералық қысымға дейін төмендейді. Иінді біліктің ең жоғары айналу жиілігінде газдың берілуін шектеу үшін қондырғы қарастырылған: ол тиісті тәжден айналу жиілігінің бергіші мен олардың электромагнитті клапанның рельесі арқылы байланысқа араластырғыштың диффузор қуысын жалғастыратын газдың берілуін шектейтін және газдың мөлшерлейтін қалқаншадан тұрады және иінді біліктің айналу жиілігі 2600 айн/мин болып келед. Газ дизельді қорректендіру жүйесінде, сонымен бірге цилиндрге жанармай толық бергіштен бұлінбейтін қондырғыдан және жандырғыш жанармай шектегіштен тұрады.

Газ дизельді қондырғының жұмысын төменгі қысымды манометр (0,6 МПа-ға тең) және жоғарғы қысымның манометрі арқылы (25 МПа-ға дейін) қадағалайды.

### 3.3 Дизель мен сығылған табиғи газ, қос отынмен жану шығарындыларын зерттеу

Дизельдік отын шығынын азайту және сонымен бірге отын шығынын азайту мүмкіндіктерінің бірі дизельді қозғалтқыштардың шығарындылары, осы уақытқа дейін жиі қолданылатын балама газ тәрізді отынды пайдалану болып табылады және де қуатты ұшқынмен тұтану қозғалтқыштары қарастырылады. Қарастырылып отырған дипломдық жұмыста дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының көмірқышқыл газын және зиянды шығарындыларын азайтуды зерттеуге қатысты дизель отыны СТГ (сығылған табиғи газ) алу болып келеді. СТГ газының энергия үлесі 0%-дан 95%-ға дейін өзгереді. Сонымен қатар жұмыста іштен жану қозғалтқышында дизельмен бірге жанатын СТГ үлесін арттыру тұтану кідірісін арттырады, жанғыш қоспаны азайтады және жанудың жалпы ұзақтығын қысқартады. СТГ газ акциялары үшін 0%-дан 45%-ға дейін, жану процесінің күшеюіне байланысты, ол цилиндрдегі максималды қысым, жылу шығару жылдамдығының жоғарылауы және қысымның жоғарылауы өсу қарқыны болып келеді. Кәдімгі қозғалтқышқа ұқсас ең тұрақты жұмыс дизельмен сипатталатын СТГ газының 30% және 45% үлестері бар бірлескен жану қозғалтқышы болып келеді. СТГ үлесін 0%-дан ұлғайту 90%-ға дейін қос отынмен жұмыс істейтін қозғалтқыштың азот оксидінің шығарындыларын арттырады. Дизельдік отынмен қамтамасыз етумен салыстырғанда, осы отынның 30% және 45% СТГ энергия үлестерімен бірге жағуы азаюына ықпал етеді. Сонымен қатар көмірсутектердің (НС) шығарындылары, бұл мәндерден асқаннан кейін ұлғаяды. Үлесті ұлғайту дизельдік отынмен бірге жанатын СТГ газының дизель отынының жануымен салыстырғанда азаяды да көміртегі диоксиді шығарындыларын және пайдаланылған газдардағы көміртегі тотығын толығымен дерлік азайтады [24-26].

Қос отынды қозғалтқыш клапаны жабылған кезде қозғалтқыш тек дизельдік отынмен іске қосылды. Іске қосылғаннан кейін жүктеме жүктелді де қозғалтқыш және сәйкесінше, қозғалтқыштың жылдамдығын ұстап тұру үшін отын дроссельі қолайлы күйге ауыстырылды. Тұрақты күйден кейін отын шығыны, ауа ағыны, қуат, пайдаланылған газ, газ температурасы сияқты барлық қажетті көрсеткіштер, шығарындылар және түтіннің тығыздығы тіркеледі. Бұл 100% дизельдік жұмыс үшін көрсеткіштер болады. Осыдан кейін газ ағыны клапаны абайлап ашылады, осылайша газ кірістегі алуан түрлі ауамен араласуы мүмкін.

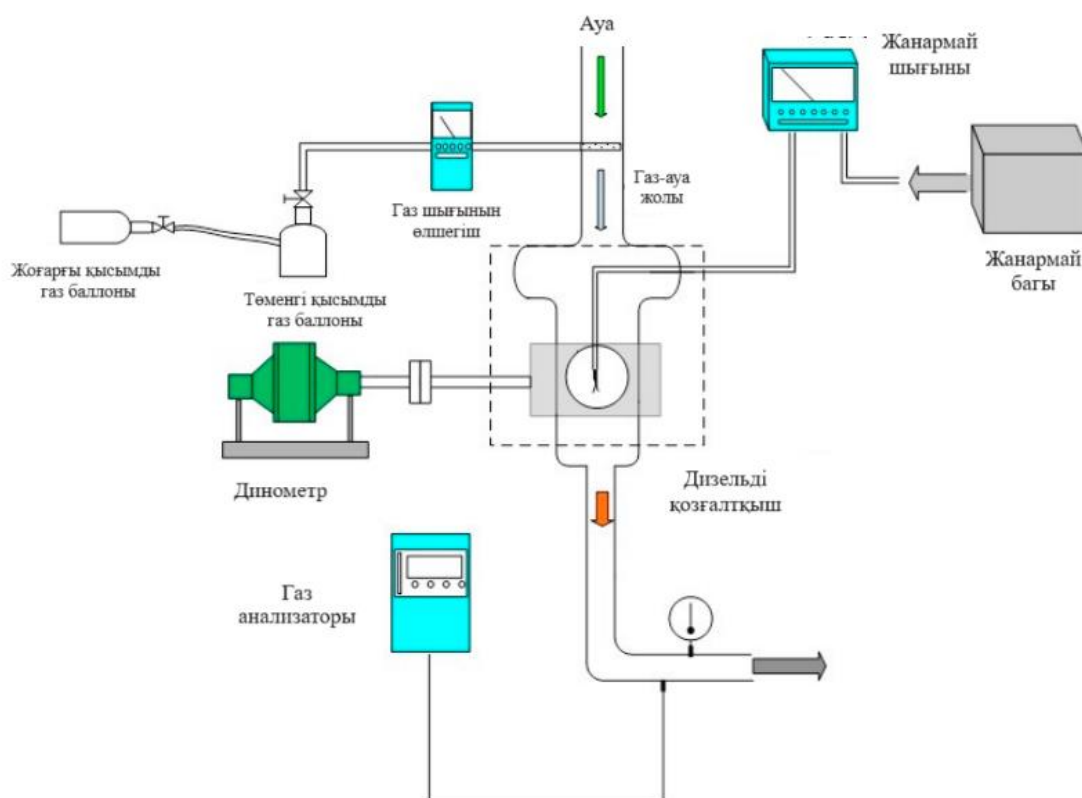
Қозғалтқыштың айналу жылдамдығы 2200 айн / мин-ден асатындықтан, дизельдің ағыны жылдамдығын сақтау үшін төмендетілді. Қателік арқылы газды реттеу клапаны мен дизельді беру осылайша реттелді де дизель ағынының жылдамдығы бастапқының 90% (100% дизельдік жұмыс) болғанын анықталады. Тағы да, тұрақты күйден кейін, барлық қажетті жоғарыда аталған көрсеткіштер жазылынып алынады. Бұл процедура 90% -дан 10% дизельге

дейінгі деректерді алу үшін орындалды және 10% интервалмен жұмыс істеуін көруге болады.

Эксперименттік қондырғы қозғалтқыштың өлшеу алаңынан, дизельдік және газбен жабдықтау жүйелерінен, әртүрлі өлшеуіштерден және өлшегіш қозғалтқышымен бірге өлшеу құрылғылары келтірілген (3.1 сурет).

Қозғалтқыш шағын бір цилиндрлі төрт тактілі тікелей инжекциялық ауамен салқындатылған тік дизельді қозғалтқыш болды. Қозғалтқыш FL208 үлгісімен Германияда, Deutz компаниясында жасалынған. Бұл қозғалтқыш 4 тактілі ауамен салқындатылған дизельді қозғалтқыш түрі болып келеді. Оның сыйымдылығы 413, саңылау диаметрі 80 мм және майлауға болады.

Қозғалтқыштың ауа сору коллекторы аздап өзгертілген. Негізгі кіріс коллекторы Т-тәрізді кіріспен ауыстырылды. Газ араластырғыш осы Т-тәрізді кіріс арқылы өтіп, ағып кетпеу үшін дұрыс тығыздау қажет. Бұл тәжірибе үшін крест тәрізді араластырғыш пайдаланылады. Араластырғыштың бұл түрінде газ-ауа ағынының бағытына перпендикуляр кіріс коллекторында енгізіледі.



3.1 – сурет - Дизельдік және газбен жабдықтау жүйелерінен құралған қозғалтқыштың өлшеу схемасы [14]

Газ жоғары қысымды газ баллонынан беріледі. Жоғары қысымды цилиндрдің қысымы шамамен 21 МПа болады. Бұл қысым клапанның көмегімен төмендетілді, содан кейін газ төмен қысымды цилиндрге берілді. Төмен қысымды цилиндр 0,7 МПа деңгейінде сақталады және газ осы

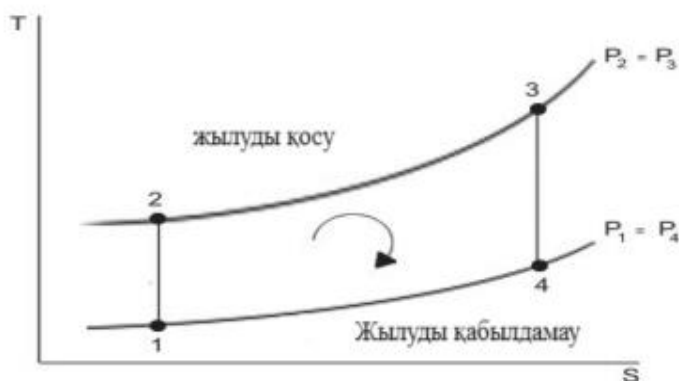
цилиндрден қозғалтқышқа жеткізілді. Қозғалтқыштың айналу моменті мен қуатын өлшеу үшін су тежегіш типті динамометр пайдаланылды.

Динамометр-күшті өлшеу үшін арнайы құралдар - динамометрлер (грекше динамис – күш және метрео - өлшеймін) қолданылады. Динамометрдің негізгі бөлігі серпімді деформацияның әрекет ету аралығында созылатын серіппе болып табылады. Серіппеге шкала бойымен жылжитын көрсеткіш бекітіледі. Тігінен орналасқан серіппеге әр түрлі күш түсіре отырып,оның әр жолы қаншалықты созылғанын шкаланың көмегімен анықтауға болады. Ол үшін алдымен серіппе шкаласы градуирленеді. Градуирлеу дегеніміз-құралды нақты бөліктері бар шкаламен жабдықтау. Алдымен серіппе созылмаған кездегі көрсеткіштің орны белгіленеді.

Біздің жағдайымызда динамометр бірлігі динамометрге және магнит түріне әсер ететін күшті өлшеуге арналған электронды жүктеме ұяшықты түрлендіргіші бар жылдамдықты өлшеуге арналған құрылғы. Жүктеме мен айналу жылдамдығын оңай көрсету үшін екі жарықдиодты дисплей беріледі.

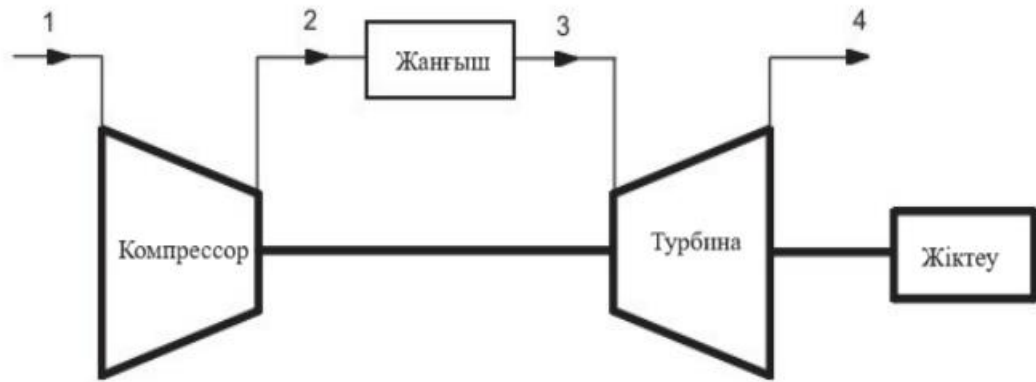
Қозғалтқыш динамометр жинағына білік пен әмбебап қосылыс арқылы қосылды. Қосылу құрылым қауіпсіздік шарасы ретінде металл қорғаныш қоршаумен жабылған.

Жұмыстың нәтижесі үшін жұмыс циклінің процестерін температуралық энтропия диаграммасы (T-S) бойынша көрсетеуге болады. Жоғарыда көрсетілген цикл шығынсыз идеалды циклды білдіреді, сондықтан газ турбиналы қозғалтқыштың нақты циклі қарастырылады. Оны схематикалық түрде, яғни T-S нүктелеріне сәйкес қарайтын болсақ идеал Брейтон циклінің температуралық энтропия диаграммасы бойынша келесідей (3.2 сурет) болады.



3.2 – сурет - Идеал Брейтон циклінің температуралық энтропия диаграммасы [15]

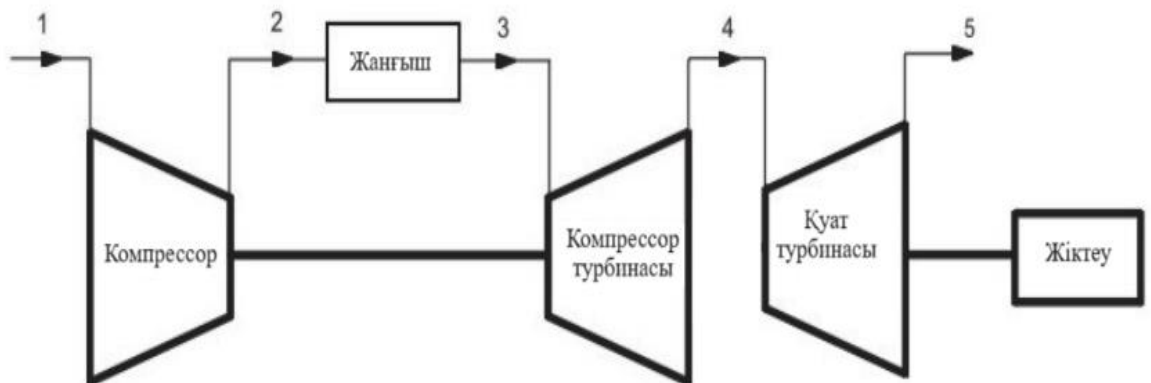
Осыған сәйкес схематикалық түрде газ турбиналы қос отындық іштен жану қозғалтқышында нақты циклі 3.3 сурет бойынша көруге болады, мұнда 3.2 суреттегі T-S диаграммасына сәйкес келеді.



3.3 – сурет - Газтурбиалы қозғалтқыштың принципіалды схемасы

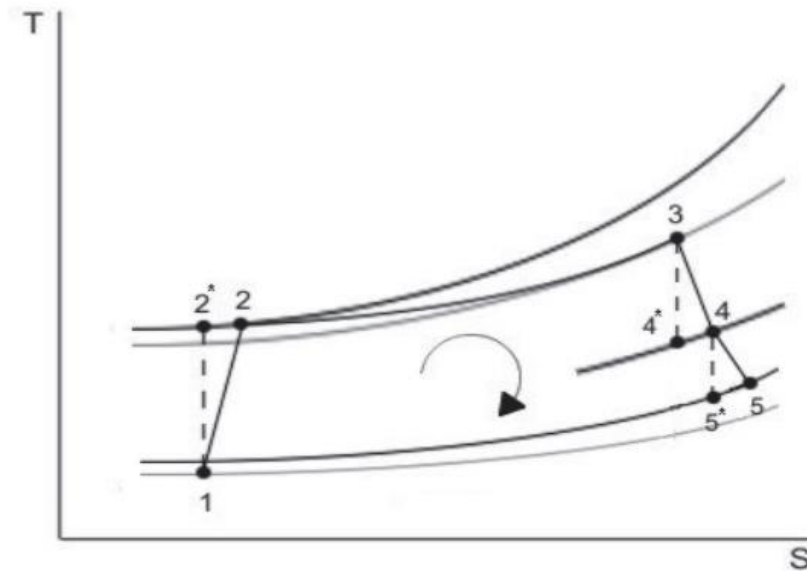
Газ турбиалы қозғалтқыштары үшін бөлек компрессор турбинасын айналу моментінің ауытқуларынан бөлу үшін, бос қуат турбинасы болады.

Осылайша, циклге жаңа нүкте енгізіледі, екі турбина арасындағы ауа жағдайын қос отынды газ турбинасы бар циклдің схемасын 3.4 сурет арқылы көруге болады.



3.4 – сурет - Қос отынды газ турбиалы қозғалтқыштың принципіалды схемасы

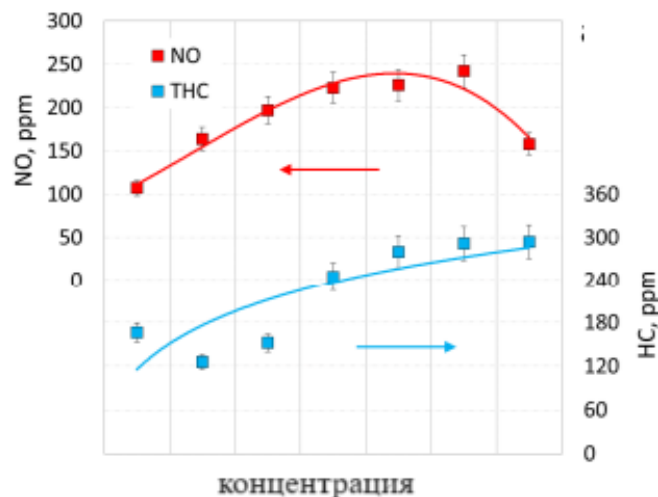
Осыған сәйкес біз қос отындық іштен жану қозғалтқышында жүргізілген эксперимент нәтижелерін циклдермен көруге болады (3.5 сурет).



3.4 – сурет - Қос отынды газ турбиалы қозғалтқыштың қуаты бар нақты газ турбиалы циклінің энтропия диаграммасы [15]

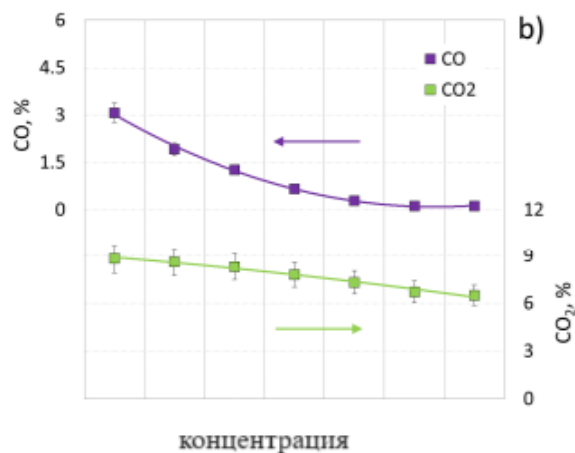
Бұл диаграммада 4-ші нүкте жоғарыға жылжытылады да екі турбинаның арасындағы қысым сызығы пайда болады, ал 5-ші нүкте шығатын газ болып табылады.

Осы дипломдық жұмыс бойынша қос отынды қозғалтқыштың пайдаланылған газының құрамдас бөліктері, яғни шығарылатын улы компоненттердің концентрациясы келесілер болып келеді: азот оксиді—NO, HC—көмірсутектер және көміртек тотығы CO, сонымен қатар CO<sub>2</sub>. Бұл газдардың шығарындыларын 3.5 суреттен көруге болады.



3.5 – сурет - Қос отындық іштен жану қозғалтқышында жүргізілген NO және көмірсутектердің (HC) шығарындыларын азайту диаграммасы

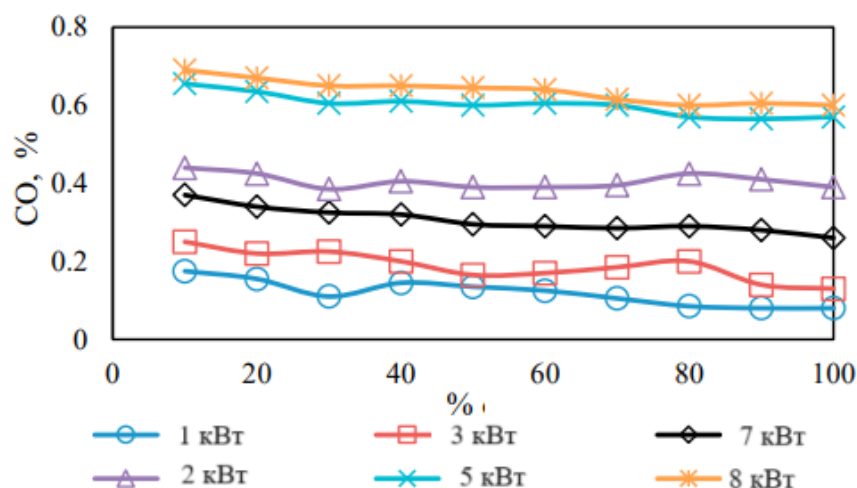




3.6 – сурет - Қос отындық іштен жану қозғалтқышында жүргізілген СО және СО<sub>2</sub> шығарындыларын азайту диаграммасы

Жанудың күшеюі жылу шығару жылдамдығының жоғарылауымен байланысты, тек дизельдік отынның жануына, тұтанудың жоғарылауына қарамастан көмірсутек шығарындыларының төмендеуі кідіріс және қысқа жану процесіне алып келеді (3.5 сурет). Газының 45%-дан асқаннан кейін, онда тұтанудың айтарлықтай кешігуінен және жанудың азаюынан туындаған көмірсутек шығарындыларының артуы болып келеді. Көмірсутек шығарындыларының артуы жарықшақ эффектісімен байланысты болуы мүмкін. Осындай жағдайларда қозғалтқыш цилиндріндегі жанармайдың жарықтарда жиналған отынды жағуға уақыты болмайды. Жану камерасы (мысалы, поршеньдік сақина саңылаулары) 3.6 суретте табиғи үлестің әсері берілген қос отынымен жұмыс істейтін қос отынды қозғалтқыштың СО<sub>2</sub> және СО шығарындыларына газ пайда болады. Жұмыстың нәтижесі бойынша жанумен салыстырғанда дизельдік отынмен бірге жанатын қос отында, газ үлесінің арттыруы дизельдік отын, көмірқышқыл газының шығарындыларын шамамен 26% азайтады және көміртекті толығымен дерлік азайтады. Қозғалтқыштың пайдаланылған газдарындағы СО<sub>2</sub> және СО шығарындыларының азаюы бірінші кезекте болды, қозғалтқышқа бір циклде берілетін отынның (құрамында көміртегі бар) жалпы массасының азаюына байланысты болып келеді. Дизельдік отынмен салыстырғанда қос отынды газының жоғары жылулық құндылығына байланысты пайдаланылады.

Жану тиімділігінің тағы бір маңызды шығарындысы және көрсеткіші көміртегі тотығы (СО) болып табылады. Азаюы шығарындылардағы СО концентрациясы толық жану көрсеткіші болып табылады [28]. Ол үшін 3.7-суреттен барлық қуат диапазоны, СО концентрациясы жоғары болуын көруге болады. Ауа сорғышқа СТГ ауа енгізу кейбірін ауыстырды, сондықтан қос отын режиміндегі ауа-отын қатынасы дизельдік жұмыстың 100% төмен болды. Нәтижесінде СО қос отынмен жұмыс істеу режимінде концентрация жоғары болады.



3.7 – сурет - CO шығарындысының дизельдік отын шығынының % өзгеруі

Дизельдік отын қозғалтқышының өнімділігі цилиндр ішіндегі газдың жануына байланысты. Газдың мөлшері ауа-газ қоспасының біртектілігімен, газдың жалын жылдамдығымен және қозғалтқыштың жүктемесімен жүзеге асырылады. Жылдамдық тұрақты үшін, дизель және газ пропорциялары жүктемеге сәйкес келсе, газды оңтайлы пайдалану мүмкін болады.

Бастапқыдан ала отырып, бұл дипломдық жұмыстың тарауын келесідей қорытынды жасауға болады:

1) Оңтайлы дизельді тұтыну және тежеудің жылу тиімділігі үшін 60% болды.

2) Дизельді 20% немесе одан төмен тұтыну кезінде қозғалтқыштың соғуы орын алды. Сонымен, қозғалтқыш әрқашан 20% дизельді тұтыну жоғарыда жұмыс істеуі керек

3) Дизель отынының шығыны шамамен 60% болғанда пайдаланылған газдың температурасы да минималды болды.

4) Түтіннің тығыздығы және CO<sub>2</sub> шығарындысы аз пайызды дизельді тұтынумен азаяды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қос отындық қозғалтқышта табиғи газ бен дизель отындары қолданылды. Отынның екі түрімен жұмыс істеген кезде СО және СО<sub>2</sub> шығарындыларының жоғары екендігі анықталды. Бұл түзілімдер негізінен поршень ыдысының қабырғасында, сопло аймағында, цилиндрдің кіреберісінде және қабырға мен поршень басының аймағында орналасқан. СО<sub>2</sub> шығарындылары қоспаның кедейленген нашар аймағында пайда болады. СО<sub>2</sub> шығарындылары шамадан тыс таусылған қоспаның салдарынан 12% жүктеме кезінде маңызды және дизель отынының жану жалыны цилиндрге таралмайды.

Табиғи газды сығымдау- қос отынды қозғалтқышты қуаттандыру үшін пайдалану - қысымды азайтудың мүмкін әдістерінің бірі болып келгендіктен парниктік әсердің негізгі себептерінің бірі болып саналатын дизельдік отынның жануы болып келеді.

Бұл дипломдық жұмыста айдалатын дизельдік отынмен жұмыс істейтін қос отынды қозғалтқышы бойынша есептіктер мен зерттеулер қарастырылды. Онда тікелей цилиндрге, ал қос отындық іштен жану қозғалтқышында газ сорғыш коллекторға айдалады. Қос отынды энергия үлесі дизельдік отынмен бірге жанатын газ 0%-дан 95%-ға дейін ауытқиды. Жұмыс нәтижелерін талдау негізінде, мынадай қорытындылар жасауға болады:

а) Қос отынды қозғалтқышында дизельмен бірге жанатын сығылған табиғи газ энергия үлесін 0%-дан 45%-ға дейін арттыру максималды жану қысымын арттырады, жылу шығару жылдамдығын арттырады және жану қысымы жоғарылайды.

ә) Сығылған табиғи газының көбеюі мөлшерін дизельдік отынмен бірге жағу тұтану кідірісін арттырады, сонымен қатар қос отынды қозғалтқыштың цилиндріндегі жанғыш қоспаны азайтады және жалпы жану ұзақтығын азайтады. Ең көп, 95% сығылған табиғи газы бар қоспаны жағу кезінде, тек дизельді жағумен салыстырғанда, тұтану кідірісі 31,5% және 55% артады.

СО шығарындыларына келетін болсақ, олар қоспасы бай жерде жоғары болады. Бұл аймақта барлық көміртеппен байланысу үшін оттегі аз. Бөлшектердің шығарындылары  $\Phi$  коэффициентінің жоғарылауымен қоса артады. Алайда, ол үш есе үлкен массалық үлесі бар екі отынмен жұмыс істеген кезде төмен болып саналады. Екінші жағынан, NO<sub>x</sub> мөлшері жалынның максималды температурасы мен стехиометриялық қоспасы бар жерлерде жоғары болатындығы анықталды.

Жұмыс барысында қол жеткізілген нәтижелерді сұйық және газ тәрізді отындардың жану теориясының іргетасын қалыптастыруда қолдануға болады және олар қос отындық қозғалтқыштардың жану камерасында өтетін күрделі физика-химиялық құбылыстарды анағұрлым тереңінен түсінуге септігін тигізеді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Gorokhovski, M., Herrmann, M., 2008. “Modeling primary atomization”, Annu. Rev. Fluid Mech., 40, 343-366, [doi:10.1146/annurev.fluid.40.111406.102200](https://doi.org/10.1146/annurev.fluid.40.111406.102200)
- 2 Henein, N.A., D.J. Patterson, 1972. “Emissions From Combustion Engines And Their Control”, Ann Arbor Science Publishers Inc.
- 3 Heywood, J.B., 1988. “Internal Combustion Engine Fundamentals”, McGraw-Hill, New York
- 4 Pilch, M., Erdman, C.A., 1987. “Use of breakup time data and velocity history data to predict the maximum size of stable fragments for acceleration-induced breakup of a liquid drop”, Int. J. of Multiphase Flow, 13, 741-757
- 5 Reitz, R.D., R. Diwakar, 1987. “Structure of High-Pressure Fuel Sprays”, SAE Technical Paper 870598, [doi:10.4271/870598](https://doi.org/10.4271/870598)
- 6 Tonini, S., et al., 2008. “The role of droplet fragmentation in high-pressure evaporating diesel sprays”, International Journal of Thermal Sciences, [doi:10.1016/j.ijthermalsci.2008.03.020](https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2008.03.020)
- 7 Модернизация кулачных механизмов машин. М.: Машиностроение, 1972 г. - 309 с
- 8 Козбагаров Р.А., Даулеткулова А.У., Дайнова Ж.Х., Камзанов Н.С. Құрылыс, теміржол машиналары және жабдықтары. Оқу–әдістемелік құрал.- Алматы: ҚазККА, 2015.–215 бет.
- 9 Перевод карьерных самосвалов на газ в условиях севера / Под редакцией В.В. Щербакова : Питер, 2016. - 432
- 10 Горев, А. Э. Грузовые перевозки. Учебник / А.Э. Горев. - М.: Academia, 2016. - 304 с.
- 11 СТ КазНІТУ - 09 - 2023, Работы учебные, общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Алматы КазНІТУ, 2023.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. СӘТПАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ  
ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»

«16» маусым 2024 ж.

Қазақстан Республикасы

«Сәтпаев университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғам

6B07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша  
4 курс оқитын

Қайрат Дияс Қайратұлы

«Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының көмірқышқыл газын және зиянды шығарындыларын азайтуды зерттеу» тақырыбындағы дипломдық жобасына пікірі

### СЫН - ПІКІРІ

Бұл дипломдық жұмыста дизельдік отын шығынын азайту және сонымен бірге дизельдік қозғалтқыштардың шығарындыларын азайту мүмкіндіктерінің бірі ұшқын тұтану қозғалтқыштарын қуаттандыру үшін осы уақытқа дейін жиі қолданылатын балама газ тәрізді отынды пайдалану толығымен қарастырған.

Дипломдық жұмыста жүргізілген есептеу тәжірибелерінен алынған нәтижелерді әр түрлі іштен жану қозғалтқыштарында қолдану мүмкіндігімен анықталған. Аталған нәтижелер бірмезгілде жану процесін жетілдіру мәселелерін, отынды жағу тиімділігін арттыруды және зиянды заттардың мөлшерін кемітуді шеше білген. Сонымен қатар қос отынды іштен жану қозғалтқышындағы қысымның таралуы және газ қозғалтқыштарын іске қосу процесстерін толықтай зерттеп, есептей білген. Осыған сәйкес қос отындық іштен жану қозғалтқышында жүргізілген эксперимент нәтижелерін циклдермен және графикалық көріністермен көруге болады.

Жұмыс барысында қондырғы қозғалтқыштың өлшеу алаңынан, дизельдік және газбен жабдықтау жүйелерінен, әртүрлі өлшеуіштерден және өлшегіш қозғалтқышымен бірге өлшеу құрылғылары келтірілген.

#### Жұмыс бойынша ескерту:

Жинаған материалдары, реттелуі өткізген тәжірбиелік жұмыстары, жасалынған математикалық модельдеу, жоспар құруы, пайдаланған әдебиетке шолуы жасауы, зерттеу жұмысына икемділігі және де әр түрлі

әдістерді жақсы игерген. Бірақ жұмыста грамматикалық қателіктер мен техникалық ақаулар кездеседі, бұл жұмыстың маңыздылығын кемітпейді, керісінше жоғары бағаға тұрады деген пікір білдіремін.

**Жұмысты бағалау:**

Ұсынылған дипломдық жұмыспен танысу және талқылау негізінде Satbayev University –нің 6B07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша түлегі Қайрат Дияс Қайратұлы техника және технологиялар бакалавр дәрежесіне лайық, ал дипломдық жұмыс бойынша 90% (А ) бағалауға болады деп санаймын.

**Пікір беруші:**  
**«АЛЭС», АҚ ЖЭО-2**  
**бас инженері**



**А.К. Жакыпбаев**

06 2024 ж.

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Қазақстан Республикасы

«Сәтпаев университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғам

6B07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша 4 курс оқитын

Қайрат Дияс Қайратұлы

«Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының көмірқышқыл газын және зиянды шығарындыларын азайтуды зерттеу» тақырыбындағы дипломдық жобасына пікірі

Дипломдық жұмыста қос отындық қозғалтқышта табиғи газ бен дизель отындары қолданылды және де айдалатын дизельдік отынмен жұмыс істейтін қос отынды қозғалтқышы бойынша есептіктер мен зерттеулер қарастырылды. Онда тікелей цилиндрге, ал қос отындық іштен жану қозғалтқышында газ сорғыш коллекторға айдалады. Қос отынды энергия үлесі дизельдік отынмен бірге жанатын газ 0%-дан 95%-ға дейін ауытқиды. Жұмыс нәтижелерін талдау барысында қос отынды қозғалтқышында дизельмен бірге жанатын сығылған табиғи газ энергия үлесін 0%-дан 45%-ға дейін арттыру максималды жану қысымын арттырған, жылу шығару жылдамдығын арттырады және жану қысымы жоғарлаған.

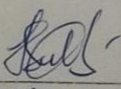
Жұмыс барысында қол жеткізілген нәтижелерді сұйық және газ тәрізді отындардың жану теориясының іргетасын қалыптастыруда қолдану арқылы теориялық және практикалық бөлімдерде толығымен нақты көрсеткен. Теориялық бөлімде негізгі түсінік мәліметтер берсе, ал практикалық бөлімде зерттеу, есептік жұмыстары мен олардың қорытындылары келтірілген.

Жұмыс өте тиянақты түрде жазылған, әрбір бөлімде мәліметтер мен мысалдар келтірілген. Бұл жұмыс жоғары деңгейде дұрыс қарастырылып, есептіктер жүргізілген.

Қайрат Дияс Қайратұлы өзінің игерген білімділігі және талаптылығымен дипломдық жобасын өзі ұйымдастырып, іс жүзінде теориялық және қолданбалық маңызды жетістіктеріне ие болды. 6B07101 - «Энергетика» мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавр дәрежесіне лайық деп санаймын, ал дипломдық жұмысы өте жақсы бағалауға болады деп санаймын.

Ғылыми жетекші:  
PhD доктор, қауымдастырылған профессор



  
Б. Онгар  
«06» маусым 2024 ж.

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Қайрат Дияс Қайратұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының көмірқышқыл газын және зиянды шығарындыларын азайтуды зерттеу

**Научный руководитель:** Булбул Онгар

**Коэффициент Подобия 1:** 2.1

**Коэффициент Подобия 2:** 0.3

**Микропробелы:** 5

**Знаки из других алфавитов:** 2

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

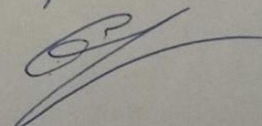
Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 13.06.2024

Заведующий кафедрой Энергетики

Сарсенбаев Е.А.





**Протокол**

**о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)**

**Автор:** Қайрат Дияс Қайратұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Дизельден тұтанатын табиғи газ қозғалтқышының көмірқышқыл газын және зиянды шығарындыларын азайтуды зерттеу

**Научный руководитель:** Булбул Онгар

**Коэффициент Подобия 1:** 2.1

**Коэффициент Подобия 2:** 0.3

**Микропробелы:** 5

**Знаки из других алфавитов:** 2

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 07.06.2014г.

Омар Б

проверяющий эксперт