

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2024)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**

выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/KBNH3045>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,210

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажибоева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

***А. Б. Забиева, Б. Б. Тогизбаева, Ж. Р. Алипбаев**

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.

*e-mail: aliya.zhakupovazabieva@gmail.com

COMMON RAIL ОТЫН БҮРКУ ЖҮЙЕСІМЕН ЖАБДЫҚТАЛҒАН ҚОЗГАЛТҚЫШТАРДАҒЫ БҮРКУ ЖӘНЕ ЖАНУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ КОМПЬЮТЕРЛІК ДИАГНОСТИКАСЫ

Пайдаланылған газ компоненттерінің шығарындыларын шектейтін стандарттар енгізілмес бұрын, тартқыштарды, серіппелерді, жұдырықшаларды және рычагтарды қолданатын қозғалтқышты басқару жүйелері механикалық болған. Мұндай басқарудың сапасы жанармай бүрку және жану процесінде басқару параметрлерінің қажетті қайталануын қамтамасыз етпеді. Пайдаланылған газдың компоненттерінің шығарындыларын шектейтін стандарттар енгізілгеннен кейін, жоғарыда аталған қозғалтқышты басқару жүйелері талаптарға сай бола алмады. Компьютерлік технологиялар мен бағдарламалық жасақтаманың дамуымен механикалық реттеуді электронды басқару жүйелеріне ауыстыру мүмкіндігі пайда болды. Дәл осы компьютерлік технологиялар мен бағдарламалық қамтамасыз етудің дамуы сынақ нәтижелерінің жеткілікті дәлдігі мен қайталануымен қозғалтқыштардағы бүрку және жану процестерінің параметрлерін басқару жүйелерін жобалауға мүмкіндік берді. Қазіргі заманғы электрондық дизельді басқару (EDC-electronical diesel control) басқару жүйесі, соңғы жылдары микропроцессорлардың есептеу қуатының артуына байланысты Common Rail бүрку жүйелерінің жоғары талаптарын қанағаттандыруға мүмкіндік береді. Common Rail жүйесі-дизельді қозғалтқыштарға отын бүрку саласындағы жоғары тиімді технология. Мақалада төрт тақырыптық деңгей саласындағы сұрақтар келтірілген: қозғалтқышты жобалау және жаңарту, оны пайдалану, агрегаттардың істен шығу себептерін анықтау мақсатында диагностика мәселелері және агрегаттарды жөндеу тиімділігін бағалаудың стэндтік әдістері, сондай-ақ баламалы отын түрлері мәселелері.

Кілтті сөздер: дизель, қозғалтқыш, бүрку процесі, жану процесі, диагностика, Common Rail.

Кіріспе

Қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз етумен бірге компьютерлік зерттеулерді қолдану қозғалтқыш диагностикасында бірнеше салаларда орын алады [1]. Бір-бірімен әртүрлі тәсілдермен байланысты төрт негізгі сынақ бар. Олар:

- қозғалтқыштардың жаңа конструкцияларын сынау, қозғалтқыш конструкцияларының жаңа шешімдеріндегі диагностика;
- диагностиканы қоса алғандағы пайдалану процесінде қозғалтқыштың техникалық жай-күйін тексеру;
- қозғалтқыш агрегаттарын жөндеуден кейін диагностикалау;
- жаңа балама отын түрлері [2].

Соңғы бірнеше онжылдықта сығу арқылы тұтанатын қозғалтқыштар үшін баламалы отынды қолданудың салдары туралы қарқынды және ауқымды зерттеулер жүргізілді. Мұнда өсімдік отыны және оның күрделі эфирлері басым рөл атқарады. Өткен ғасырдың жетпісінші жылдарының басынан бастап сығымдалған тұтану қозғалтқыштары үшін өсімдік отындары мен олардың күрделі эфирлерін өндіруде де, пайдалану әрекеттерінде де қарқынды диагностикалық зерттеулер жүргізілді.

Жану процесін жақсарту үшін қозғалтқышты жоспарланған жаңарту мыналардан тұрады:

- отын бүрку тізбегін электрлік бақылау;
- жоғары қысым және жоғары бүрку жылдамдығы;
- қозғалтқыштың бір жұмыс циклінде көп фазалы отын бүрку.

Қозғалтқыштардағы бүрку және жану процесінің параметрлерін өлшеу үшін жылдам өзгеретін параметрлерді тіркеуге мүмкіндік беретін компьютерлік диагностикалық жүйелерді қолдану қажет, мысалы:

- отын бүрку процесінде отын қысымының өзгеруі
- жану камерасындағы қоспаның қысымы (индикатор диаграммасы);
- форсунка инесін көтеру (ұзақтығы);
- қозғалтқыштың иінді білігінің бүкіл жұмыс диапазонында бір циклде айналу бұрышы [3].

Материалдар мен әдістер

Common rail отын бүрку жүйесі тікелей бүркуі бар сығымдалған тұтану жүйесі бар дизельдік қозғалтқыштарына арналған. Ол алдыңғы қозғалтқыштың отын жүйелеріне қарағанда отын бүрку жүйесін реттеуде үлкен икемділікті қамтамасыз етеді.

Жоғары бүрку қысымы (шамамен 260 МПа дейін), жанармай бүркуінің ауыспалы басталуы, бөлінген дозада отын бүркуі (бір бүркуде тоғыз дозаға дейін), сондай-ақ қозғалтқыш жүктемесіне байланысты реттелетін отын бүрку қысымы қозғалтқыштың тиімділігінің жоғарылауына және пайдаланылған газдардың компоненттерінің шығарындыларының төмендеуіне әкеледі [4].

Бұған пьезоэлектрлік форсункаларды қолдану арқылы қол жеткізілді. Отынды бүрку және оны мөлшерлеу әдісі бүрку мен жану процесінің параметрлеріне түбегейлі әсер етеді. Бұл пайдаланылған газдардағы азот оксидтерінің NOx құрамын төмендетеді, сонымен қатар иінді біліктің айналу дәрежесіне қарай жану камерасындағы қысымның төмендеуіне байланысты қозғалтқыштың төмен шуымен сипатталады.

Мотор отындары сығу арқылы тұтанатын қозғалтқыштардың дамуын имитациялайды. Біз әлі де пайдаланылған газ компоненттері мен шу деңгейіне қатысты қатаң шектеулерге тап боламыз, бұл қозғалтқыштың құрылымы мен жанармай қасиеттерін үнемі жетілдіруге мәжбүр етеді. EURO VI шығарындыларының жаңа стандарттары азот оксидтерінің (NOx), көмірсутектердің (CnHm), көміртегі тотығының (CO) және қатты бөлшектердің (PM) рұқсат етілген деңгейлерін анықтайды.

Бұрын сығымдалған тұтану қозғалтқышының қуат жүйелері жоғары жылдамдықты қозғалтқыштардағы тапсырмаларды орындай алмады. Бұл жоғары қысымды желілік сорғылармен, жоғары қысымды тарату сорғылармен және серіппелі форсункалы сорғымен жабдықталған сығымдалған тұтану қозғалтқыштарының қоректендіру жүйелеріне қатысты болып келеді [5].

Осы жобалық шешімдерге қатысты параметрлерді диагностикалау кезінде иінді біліктің бұрышына байланысты отын бүрку процесі кезіндегі отын қысымының мәндері пайдаланылды.

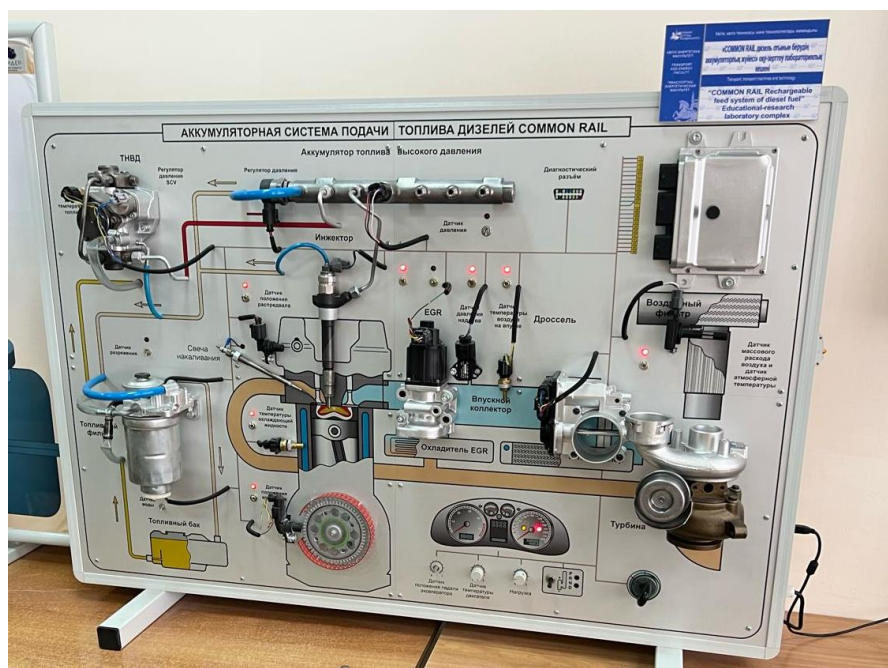
Электрлік басқару жүйелеріндегі соңғы жетістіктерді пайдалана отырып, басқару параметрлерін (кіріс және шығыс) оңтайландыру қажет болды. Қозғалтқыштың диагностикалық параметрлерін бұрынғыдай қозғалтқыштың бірінші цилиндрі үшін ғана емес, әрбір цилиндр үшін бөлек бейімдеу қажет болды. Common rail отын бүрку жүйесімен жабдықталған сығымдалған тұтану қозғалтқыштарына арналған соңғы қуат беру жүйесі осы талаптарды қанағаттандыруға тырысады.

Жанармай бүрку процесінің параметрлері қозғалтқыш цилиндріндегі жану процесін айтарлықтай анықтайды, сондықтан қозғалтқыш қуаты тұрғысынан шешуші болып табылады.

Әрбір ішкі жану қозғалтқышы, соның ішінде сығымдалған жану қозғалтқышы күрделі басқару объектісі болып табылады, сондықтан осы уақытқа дейін қолданылған механикалық-гидравликалық және пневматикалық басқару жүйелері басқару параметрлерін олардың міндеттері тұрғысынан оңтайландыруда сәтсіздікке ұшырады. Мұндай қозғалтқыштың мәні интеграцияланған электронды басқару жүйесін қолдану арқылы кіріс немесе шығыс параметрлері (немесе олардың сипаттамалары) арасындағы қатынасты оңтайландыру арқылы қоршаған ортаны қорғау стандарттарының талаптарын сақтау болып табылады. Бұл параметрлер жабық кері байланыс тізбегінде бақыланады, мысалы, отын мен ауа мен пайдаланылған газдардың құрамы арасында [6]. Барлық осы реттеу және бақылау жүйесінің нәтижесі айналу жиілігіне байланысты қозғалтқыштың болжамды момент сипаттамаларын алуы керек.

Нәтижелер және талқылау

Бұрку және жану процесінің диагностикалық параметрлері төрт цилиндрлі Daewoo/Chevrolet Rezzo Takuma Engine 1.6 зерттеу қозғалтқышында сыналды. Сынақ стендінің көрінісі 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 – МТ 10 Light бағдарламалық құралыбар Common rail стенді

Өздігінен тұтанудың кідіріс құбылысын егжей-тегжейлі талдау үшін сығымдалған тұтанғыш қозғалтқыш таңдалды: Daewoo/Chevrolet Rezzo Takuma Engine 1.6.

Rezzo Takuma Engine 1.6 қозғалтқышы COMMON RAIL отын беру жүйесімен және электронды басқарылатын форсункамен жабдықталған [7]. Ол пилоттық отын дозасы бар екі фазалы отын бұрку жүйесімен жабдықталған. Rezzo Takuma Engine 1.6 қозғалтқышының негізгі техникалық параметрлері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Қозғалтқыштың сипаттамалары

Цилиндрлер саны	1
Тесік өлшемі	85.01 мм
Жүріс	90.00 мм
Орын ауыстыру	511.00 см ³
Жану түрі	Сығудан тұтану
Клапан жүйесі	4 клапан

Қысу коэффициенті	17.0 ÷ 17.5
Жанармай құю жүйесі	Common Rail
Максималды тиімді қуат	6 кВт
Максималды тиімді қуат	16 кВт
Қозғалтқыштың номиналды айналу жиілігі	4200 мин ⁻¹
Бүркудің максималды қысымы	180 МПа

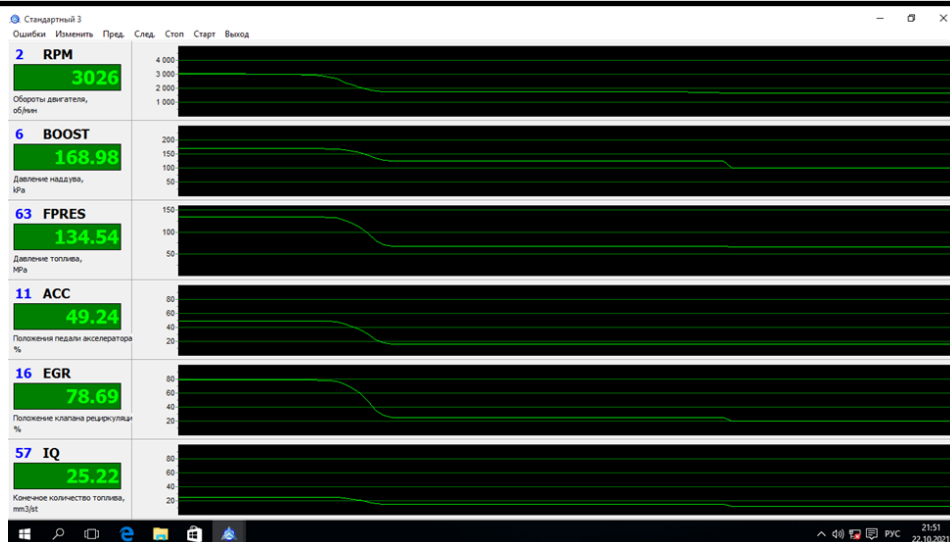
MT 10 Light бағдарламалық құралының 1.0.0 нұсқасымен және Rezzo Takuma Engine 1.6 нұсқасымен жабдықталған компьютерлердің арқасында процестерді өлшеу, қозғалтқыштың жұмыс параметрлерін қарау және оларды өңдеу мүмкін болады.

Rezzo Takuma Engine 1.6 ұсынған MT 10 Light автоматтандыру үшін пайдаланылады және жаңа сынақтарды жасауға мүмкіндік береді. MT 10 Light бағдарламалық құралын HIL модельдеу үшін пайдалануға болады[8].

Ашық бастапқы MT 10 Light бағдарламалық құралын пайдалану үшін Microsoft Windows 7 немесе XP операциялық жүйесін пайдаланылады.

Жанармай бүрку жүйесінің негізгі функциялары отын бүркүді басқаруды, негізінен бүркүді іске қосуды, бүрку қысымын және отын дозасын қамтиды. Олардың негізгі міндеті - қозғалтқыштың біркелкі жұмысын қамтамасыз ететін қозғалтқыштың жоғары тиімділігін және бүрку қысымының жоғары қайталануын сақтау. Common Rail жүйесімен жабдықталған қозғалтқыштағы айдау және жану процесінің параметрлері олардың кернеуін қолайлы диапазонға шектейтін контроллермен бақыланады. Контроллер қозғалтқыштың әрбір жүктемесінде айдалатын отынның қысымы мен дозасына, сондай-ақ бүркүді дұрыс бастау бұрышына жауап береді. Қозғалтқышты басқару картасының шамамен отынның қысымы мен дозасының көрінісі 2-суретте көрсетілген. Бұл жағдайда координаттар ретінде Rezzo Takuma Engine 1.6 қозғалтқышының айналу жылдамдығы және 0-ден 100% аралығындағы қажетті қозғалтқыш жүктемесі үшін доза қарастырылады.

Сондай-ақ, Rezzo Takuma Engine 1.6 қозғалтқышындағы жүктеме картасын екі рет отынмен қамтамасыз ету арқылы пайдалануға қатысты ауқымды зерттеулер жүргізілді.



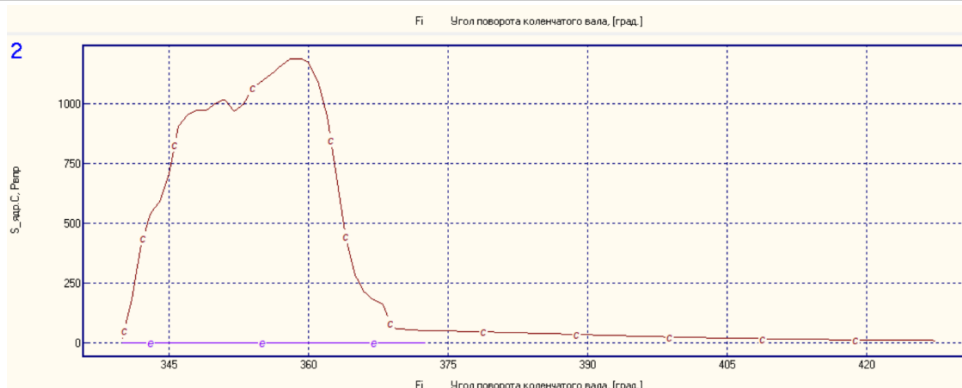
Сурет 2 – Отын қысымы (FPRES, IQ)

Конструкторлық зауыттарда іштен жанатын қозғалтқыштардың жаңа конструкциясын зерделеу немесе оларды модернизациялау кезінде жану процесінің келесі диагностикалық параметрлері өлшенеді:

- индикаторлық диаграмма;
- автоматты тұтанудың кідіріс бұрышы;
- иінді біліктің айналу бұрышына байланысты жану қысымының бұрышы (соның ішінде P_{max});
- жанудың басталу бұрышы;
- жану процесінің ұзақтығы, [9] сондай-ақ тиісті бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалану, мысалы:
 - жану қысымының жоғарылау дәрежесі (қозғалтқыштың қаттылығы);
 - жанармай дозасының 50 % жану дәрежесі;
 - жанармай дозасының 90 %-дан 100 %-ға дейін жану дәрежесі.

Қозғалтқыштағы жанармай бүрку параметрлері мен жану процесінің толық анықтамаларын олардың графикалық парағымен бірге библиография бөлімінен табуға болады.

3-суретте форсунканы ашу үшін бүркудің басталу бұрышы, дәлірек айтсақ, электр импульсінің іске қосылуының басталуы көрсетілген.



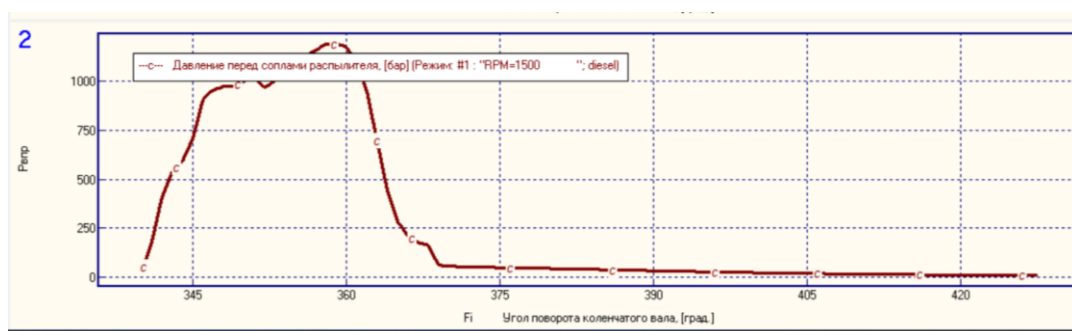
Сурет 3 – Иінді біліктің айналу бұрышынан пайдалануға дейінгі жанармай қысымының шамамен өзгеруі

Rezzo Takuma Engine 1.6 қозғалтқышының прототипі қозғалтқыштың жылу өнімділігін жақсарту және түтін шығарындыларын азайту мақсатында бүрку қысымын және қозғалтқыштың газ тарату жүйесінің құылымын оңтайландыру үшін пайдаланылды.

Қозғалтқыштардағы айдау және жану процестерін оңтайландыру бойынша зерттеулерде қозғалтқыштың жану камерасындағы тұтану процестерін сипаттау үшін диагностикалық тәжірибелік сандық модельдер де қолданылды.

Дегенмен, қозғалтқыштардың жұмыс жағдайында олардың техникалық жағдайы операциялық тексеру процедуралары немесе ағымдағы ақауларды диагностикалау қажеттілігі негізінде бағаланады. Кәдімгі бүрку жүйелері[10] бар сығымдалған тұтану дизельді қозғалтқыштарын отынмен қамтамасыз ету жүйесі және Common Rail жүйесі көптеген техникалық ақаулармен сипатталады – негізінен инжекторлар мен жоғары қысымды отын сорғылары.

Жеке цилиндрлерге құйылған отынның орташа дозаларының қысымы арасындағы айырмашылықтардың зерттелетін параметрлері 4-суретте көрсетілген.



Сурет 4 – Daewoo/Chevrolet Rezzo Takuma Engine 1.6 жеке цилиндрлерге құйылған отынның орташа дозаларын қысымы арасындағы айырмашылықтар

Бұл жерде қозғалтқыш цилиндрлеріне құйылатын отын дозаларының бірегейлігі жану процесінің көрсетілген параметрлерінің бірегейлігін анықтайтынын атап өткен

жөн. Оларды формула бойынша берілген параметрдің бірегейлігінің (өзгергіштігінің) көрсеткіштері ретінде анықтауға болады:

$$X(P_{cmax}) = \frac{\sigma(P_{cmax})}{(P_{cmax})} = \frac{\sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k [(P_{cmax})_i] - (P_{cmax})^2}}{P_{cmax}}$$

Мұндағы,

$\sigma(P_{cmax})$ – орташа квадраттық ауытқу;

$i(P_{cmax})$ – жану камерасындағы максималды қысым;

$(P_{cmax})_i$ – осы циклдегі жану камерасындағы максималды қысым;

k – талданатын циклдар саны.

Бүрку және жану процесінің параметрлерінің бірегейлігіне байланысты қозғалтқыштың айналу моментінің өзгергіштігі талданады. Бұл негізінен қозғалтқыштың өтпелі режимдерде жұмыс істеуіне қатысты болып келеді. Белгіленген жұмыс жағдайында айналу моменті иінді біліктің бір айналымы үшін белгілі бір диапазонда өзгереді. Сондықтан қозғалтқыштың иінді білігінің бұрыштық жылдамдығы тұрақты емес. Демек, қозғалтқыштың иінді білігінің қозғалысы қозғалтқыштың біркелкі жұмыс істемеуімен сипатталады. Оны жақсарту үшін иінді біліктің ұшына маховик орнатылады.

Қозғалтқыштың пайдалану шығындарын төмендету мақсатында Common Rail отын беру жүйесінің тораптары, атап айтқанда жоғары қысымды отын сорғысы және форсункалар диагностикалық стендтердегі зақымдарды тексеруге енгізіледі.

Ол үшін диагностикалық тестерлер мен компьютерлік диагностикалық станциялар бар, олардың параметрлерін өндірушінің ұсыныстарына сәйкес қалпына келтіруге арналған тиісті бағдарламалар бар. Бұл процестер зақымдалған бөліктерді ауыстырып, түзетулер енгізгеннен кейін жүзеге асырылады.

Жоғары қысымды отын сорғысын сынау диагностикалық сынақ кестелерінде жүргізіледі. Мұнда жоғары қысымды отын сорғысының жекелеген бөлімдерінің мөлшерлеу біркелкілігін тексеру мүмкіндігі бар және отынды мөлшерлеу нәтижелері негізінде жоғары қысымды отын сорғысының жылдамдық сипаттамаларын дайындауға болады.

BOSCH сынақ стенділерінің соңғы үлгілері сәйкес бағдарламалық жасақтамасы бар диагностикалық компьютерлермен басқарылады және 23 түрлі қосымша құралдар жиынтығымен жабдықталған. Бұл барлық өндірушілердің жоғары қысымды отын сорғыларын диагностикалауға мүмкіндік береді. Тиісті бағдарламаларды қолдану арқылы белгілі бір мәндерді алу, мысалы, ΔP (жану камерасындағы артық қысым, айдау қысымы мен жану камерасындағы қысым арасындағы айырмашылық) жанғыш қоспаны құру саласындағы бірқатар параметрлерді есептеуге мүмкіндік береді.

Олар келесі диагностикалық параметрлерді қамтуы мүмкін:

– қозғалтқыштың жану камерасына айдалатын отынның тозаңдануының бастапқы шығыны;

- отынның ыдырауының критикалық жылдамдығы;
- отын тамшыларының диаметрінің критикалық мәні;
- отын ағынының микроқұрылымын;
- отынның тік бүрку бұрышы.

Төменде тестілеу құрылғыларының мониторларынан немесе тиісті бағдарламалық жасақтамасы бар компьютерлік жүйелермен жабдықталған диагностикалық жинақтардан тікелей оқи алатын отын бүрку процесінің параметрлері берілген. Осыған келесідей диагностикалық параметрлерді жатқызуға болады:

- отын бүрку бұрышының басталуы;
- отын бүрку бұрышының соңы;
- бүрку ұзақтығы;
- максималды бүрку қысымы.

Қорытынды

Бұл басылым Common Rail отын беру жүйесі бар қозғалтқыштарға ерекше назар аударып, сығымдалған тұтану қозғалтқыштарының диагностикалық параметрлері бойынша зерттеулердің маңызды бағыттарын ұсынады.

Қоршаған ортаны қорғау мақсатында пайдаланылған газдар шығарындыларына қойылатын қатаң шектеулер, мотор отындарын өндірушілерді қолданыстағы отын түрлерін өзгертуге мәжбүр етеді.

Жоғарыда айтылғандай, бұл диагностикалық зерттеулер төрт негізгі салада жүргізіледі. Қозғалтқышқа отын беру жүйелерінің жаңа конструкцияларына көп көңіл бөлінеді. Ең жаңа шешім – Common Rail жанармай беру жүйесі. Бұл сынақтардың барлығы қозғалтқышты пайдалану процесінде диагностикалауға, сондай-ақ оларды қайта пайдалануға беру мақсатында зақымдалған компоненттерді жөндеуге қатысты болып табылады.

Мәселе мақалада егжей-тегжейлі қарастырылды, атап айтқанда, Common Rail отын беру жүйесі бар қозғалтқыштағы бүрку және жану процесінің диагностикалық параметрлерін модельдеу және онтайландыру мақсатында жоғары есептеу қуаты бар компьютерлік процестерге қатысуға баса назар аударылды. Қозғалтқыштарды сынау стендтеріндегі сынақтардың қымбаттығына байланысты кәсіби диагностикалық бағдарламалық жасақтаманы қолдана отырып, осы процестердің модельдік сынақтары да қолданылады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Агарвал, А. К., Дхар, А., Гупта, ДЖ. Г., Ким, В. И., Чой, К., Ли, К. С., Парк, С. Жанармай бүрку қысымына және биодизель қоспаларының бүрку уақытына жанармай бүрку, қозғалтқыштың өнімділігі, шығарындылар және жану сипаттамаларына әсері. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.12.0046>.

2 Анас, М. И., Халид, А., Зулкифли, Ф.Х., Хушим, М. Ф. Манхур, Б., Заман, И. Бүрку қысымның пальма майынан, балдырлардан және өсімдік майының қалдықтарынан биодизельдің тұтануының кешігуіне және жану процесіне әсерін талдау <https://doi.org/10.1088/1742-6596/914/1/012008>.

3 Аскерази, А. З. Биодизель қоспаларымен жұмыс істейтін дизелді қозғалтқыштардың шығарындылары мен өнімділігін модельдеу, бүріккіштердің жануы және бүріккіштердің ыдырауының әртүрлі үлгілері арқылы талдау: сандық зерттеу. Термиялық Талдау және Калориметрия журналы. –

[https://doi.org/2020;139\(4\):2527-2539/](https://doi.org/2020;139(4):2527-2539/)

4 Грабоски, Р. Л. «Дизельді қозғалтқыштарда май мен өсімдік майынан алынатын отынның жануы». – [https://doi.org/10.1016/S0360-1285\(97\)00034-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1285(97)00034-8).

5 Чонг, К. Т., Лим, М., Тран, М., Валерамедина, А. Оттегімен қаныққан күнбағыс биодизель: реактивті құйынды бүрку жағдайында спектроскопиялық және эмиссиялық мөлшерлеу. – <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.201> б.

6 Хейвуд, Дж. Б. Халықаралық жану қозғалтқышының негіздері. – Нью-Йорк: Mc GrawHil, 2018.

7 Лотко, В. Common rail бүрку жүйесімен жабдықталған қозғалтқыштарға метил эфирлерінің әсері. – <https://doi.org/10.12913/22998624/138725> б.

8 Марчез, Т. Л., Кронлейн, К., Кептіргіш, Ф. Л. Май қышқылының метил эфирінің отын тамшыларының тұтануының кешігуі. – <https://doi.org/10.1016/j.proci.2010.06.044> б.

9 Меркиш, Дж., Рыхтер, М., Лиевский, П. Common Rail басқару жүйесі. – <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117108>.

10 Нгуен, Т., Фам, М., Анх, Т. Л. Биодизель қоспаларымен жұмыс істейтін Common Rail дизельді қозғалтқышы. – <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117108>.

REFERENCES

1 Agarwal, A. K., Dhar, A., Gupta, J. G., Kim, W. I., Choi, K., Lee, C. S., Park S. Janarmai бүрку qysymyna және biodizel qospalarynyñ бүрку uaqytyna janarmai бүрку, qozğaltqyştyñ önımdılıǵı, şyğaryndylar және janu sipattamalaryna әserı. [Effect on fuel injection pressure and injection timing of Karanja biodiesel blends on fuel spray, engine performance, emissions and combustion characteristics. // Energy Conversion and Management. 2015;91:302-314. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.12.004>.

2 Anas, M. I., Khalid, A., Zulkifli, F. H., Hushim, M. F., Manhoor B., Zaman, I. Bүрку qysymnyñ pälma maiynan, baldyrlardan және ösımdık maiynyñ qaldyqtarynan biodizeldıñ tütanuynyñ keşıguıne және janu prosesıne әserın taldau. [Analysis of the effect of the injection pressure on ignition delay and combustion process of biodiesel from palm oil, algae and waste cooking oil. // Journal of Physics: Conference Series. – 2008; – 914(1):012008. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/914/1/012008>.

3 **Askhezari, A. Z.** Biodizel qospalarymen jümys isteitin dizeldi qozğaltqyşardyñ şyğaryndylary men önımdılıgın modeldeu, bürıkkışterdıñ januy jäne bürıkkışterdıñ ydyrauynyñ ärtürli ülgıleri arqyly taldau: sandyq zertteu. Termialyq Taldau jäne Kalorimetria jurnaly [Emission and performance analysis of DI engines fuelled by biodiesel blends via CFD simulation of spray combustion and different spray breakup models: a numerical study. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2020; – 139(4):2527–2539.

4 **Graboski, M. S.** «Dizeldi qozğaltqyşlarda mai men ösımdık maiynan alynatyn otynnyñ januy» [«Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines». «Progress in Energy and Combustion Science». 1998–24(2):125-164. – [https://doi.org/10.1016/S0360-1285\(97\)00034-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1285(97)00034-8).

5 **Chong, C. T., Lim, M., Tran, M., Valeramedina, A.,** Ottegimen qanyqqan künbağys biodizel: reaktivtı qüiyndy bürku jağdaiynda spektroskopialyq jäne emisialyq mölşerleu. [Oxygenated sunflower biodiesel : Spectroscopic and emission quantification under reacting swirl spray conditions. Energy]. 2019;178:804-813. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.201>.

6 **Heywood, J. B.** [International combustion engine fundamentals]. – New York: Mc GrawHil, 2018.

7 **Lotko, W.** Common rail bürku jüiesimen jabdyqtalğan qozğaltqyştarğa metil efirlerınıñ äserı [The Impact of Rapeseed Oil Methyl Esters on fuel injection parameters in a diesel engine equipped with the Common Rail injection system] // Advances in Science and Technology Research Journal. – 2021–15(3):76-87. – <https://doi.org/10.12913/22998624/138725>.

8 **Marchese, A. J., Vaughn, T. L., Kroenlein, K., Dryer, F. L.** Mai qyşqylynyñ metil efirınıñ otyñ tamşylarynyñ tütanuynyñ keşıguı. [Ignition delay of fatty acid methyl ester fuel droplets. Microgravity Experiments and Detailed Numerical Modeling. Proceedings of the Combustion Institute]. – 2011–33(2):2021-2030. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2010.06.044>.

9 **Merkisz, J, Rychter, M, Lijewski, P.** Common Rail basqaru jüiesı [integration of the Common Rail system with the EOBD on-board diagnostic system in modern internal combustion engines]. // Journal of Kones, 2002.

10 **Nguyen, T., Pham, M., Anh, T. L.** Biodizel qospalarymen jümys isteitin Common Rail dizeldi qozğaltqyşy [Spray, combustion, performance and emission characteristics of a Common Rail diesel engine fuelled by fish-oil biodiesel blends. Fuel]. – 2020–269:117108. – <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117108>.

15.02.2024 ж. баспаға түсті.

04.03.2024 ж. түзетулерімен түсті.

07.03.2024 ж. басып шығаруға қабылданды.

А. Б. Забиева, Б. Б. Тогизбаева, Ж. Р. Алинбаев*

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилев,
Республика Казахстан, г. Астана.

Поступило в редакцию 15.02.24.

Поступило с исправлениями 04.03.24.

Принято в печать 07.03.24.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССОВ ВПРЫСКА И СГОРАНИЯ ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ВПРЫСКА ТОПЛИВА COMMON RAIL

До введения стандартов, ограничивающих выбросы компонентов выхлопных газов, системы управления двигателем с использованием тяг, пружин, кулачков и рычагов были механическими. Качество такого управления не обеспечивало необходимого дублирования параметров управления в процессе впрыска топлива и горения. После введения стандартов, ограничивающих выбросы компонентов выхлопных газов, вышеупомянутые системы управления двигателем не соответствовали требованиям. С развитием компьютерных технологий и программного обеспечения появилась возможность замены механического регулирования электронными системами управления. Именно развитие компьютерных технологий и программного обеспечения позволило разработать системы управления параметрами процессов впрыска и сгорания в двигателях с достаточной точностью и воспроизводимостью результатов испытаний. Современная система управления электронным дизельным управлением (EDC—electronic diesel control), благодаря увеличению вычислительной мощности микропроцессоров в последние годы, позволяет удовлетворить высокие требования систем впрыска Common Rail. Система Common Rail—высокоэффективная технология в области впрыска топлива в дизельные двигатели. В статье представлены вопросы в области четырех тематических уровней: проектирование и модернизация двигателя, его эксплуатация, вопросы диагностики с целью выявления причин отказов агрегатов и стендовые методы оценки эффективности ремонта агрегатов, а также вопросы альтернативных видов топлива.

Ключевые слова: дизель, двигатель, процесс впрыска, процесс сгорания, диагностика, Common Rail.

**A. B. Zabiyeva, B. B. Togizbayeva, Z. R. Alipbayev*

Eurasian National University named after L. N. Gumilev, Republic of Kazakhstan, Astana.

Received 15.02.24.

Received in revised form 04.03.24.

Accepted for publication 07.03.24.

COMPUTER DIAGNOSTICS OF FUEL INJECTION AND COMBUSTION PROCESSES IN ENGINES USING THE COMMON RAIL FUEL INJECTION SYSTEM

Prior to the introduction of standards limiting emissions of exhaust components, engine control systems using rods, springs, cams and levers were mechanical. The quality of such control did not provide the necessary duplication of control parameters during fuel injection and gorenje. After the introduction of standards limiting emissions of exhaust components, the above-mentioned engine management systems did not meet the requirements. With the development of computer technology and software, it has become possible to replace mechanical control with electronic control systems. It was the development of computer technologies and software that made it possible to develop systems for controlling the parameters of injection and combustion processes in engines with sufficient accuracy and reproducibility of test results. The modern electronic diesel control system (EDC-electronic diesel control), thanks to the increase in the computing power of microprocessors in recent years, makes it possible to meet the high requirements of Common Rail injection systems. The Common Rail system is a highly efficient technology in the field of fuel injection into diesel engines. The article presents issues in the field of four thematic levels: engine design and modernization, its operation, diagnostic issues in order to identify the causes of unit failures and bench methods for evaluating the effectiveness of unit repairs, as well as issues of alternative fuels.

Keywords: diesel, engine, injection process, combustion process, diagnostics, Common Rail.

Теруге 18.03.24 ж. жіберілді. Басуға 29.03.24 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,79. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4203

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

e-mail: nitk.tou.edu.kz

www.stk.tou.edu.kz