

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Мехатронні системи та транспортні
технології

проф. _____ Анатолій ПАНЧЕНКО

“ _____ ” _____ 2021 року

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
здобувача ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДИЗЕЛЯ Д-240
У ФЕРМЕРСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ «АГРОСОЮЗ»
ГЕНІЧЕСЬКОГО РАЙОНУ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

ЗІМСД.051.000000ПЗ

Виконав: здобувач ВО 2 курсу 22 МБ АІ групи
Спеціальності 208 Агроінженерія за
ОПІ Агроінженерія

_____ Сергій НАЛБАТ

Керівник ст. викл.

Консультант проф.

Нормоконтроль ст. викл.

Рецензент

Мелітополь
2021|

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на 67 сторінках друкованого тексту пояснювальної записки. Складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури.

Об'єктом є електромагнітний клапан для регулювання подачі води в циліндри двигуна.

У процесі роботи проведені:

- огляд і порівняльний аналіз існуючих схем подачі води в циліндри двигуна;
- зроблені розрахунки на міцність кріпильних деталей;
- розрахована потужність на привод електромагніту;
- розроблена технологічна карта на складання конструкції;
- розроблені заходи щодо безпеки і екологічності проекту,
- розраховані техніко-економічні показники конструкції.

Ключові слова: трактор, двигун, системи паливоподачі, вода, електромагніт, ефективність, охорона праці.

ВСТУП

Застосування води в робочому процесі теплових двигунів почалося майже одночасно з їхньою появою. Ще в 1864 г. Гюгон для поліпшення робіт двигуна Ленуара подавав воду в горючу суміш. Перший патент, що стосується використання води у двигуні внутрішнього згорання (ДВЗ), був отриманий Отто в 1880 г.

У післявоєнні роки зріс інтерес до використання води у вигляді водно-паливних емульсій, що відкривають більш широкі перспективи, ніж застосування води тільки як депресивного середовища. При цьому основна увага приділялася можливості підвищення економічності двигуна й зменшення токсичності відпрацьованих газів (ВГ).

Цей спосіб поліпшення показників роботи ДВЗ реалізується як у бензинових, так і в дизельних двигунах. В обох випадках на більшості експлуатаційних режимів поліпшуються процеси сумішоутворення й згорання, зменшується емісія оксидів азоту. Разом з тим, при подачі води в циліндри бензинового двигуна в ряді випадків відзначається погіршення деяких його показників. Зокрема, на режимах із частковим навантаженням надмірне охолодження робочої суміші за рахунок випару води приводить до недостатньої гомогенізації суміші, погіршенню якості робочого процесу, збільшенню тривалості розгону автомобіля. Кращі результати дає подача води в циліндри дизельних двигунів, у яких при цьому забезпечується якісне сумішоутворення й помітне знижується димність ВГ.

Таким чином, подача в камеру згорання деякої кількості води – один з ефективних методів поліпшення економічних і екологічних показників дизельних двигунів.

Упорскування в камеру згорання (КЗ) двигунів водопаливних емульсій дозволяє розв'язати проблеми підвищення експлуатаційної паливної економічності енергетичної установки, поліпшення її екологічних показників, зниження теплової напруженості.

1 ПРОБЛЕМНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ СИСТЕМ ПОДАЧІ ПАЛИВА

1.1 Короткі відомості про господарство

Центральна садиба фермерського господарства «Агросоюз» розташована в селі Новогригорівка Генічеського району Херсонської області. Відстань від центральної садиби до районного центру м. Генічеськ 49 км, до обласного м. Херсон – 235 км. На відстані 7 км проходить траса державного значення Харків-Сімферополь Е-105.

Весь автотранспорт господарства зосереджений в автогаражі та включає вантажні автомобілі, легкові автомобілі і спецмашини. Автопарк у господарстві невеликий. Інвентаризація автопарку у 2019 році показала, що технічний стан багатьох автомобілів незадовільний, деякі з них неприцездатні.

На території гаражу розташовуються бокси для стоянки автомобілів, адміністративно-побутове приміщення, мийка, естакада для зливу і збору відпрацьованих масел, площадки для відкритої стоянки.

Технічне обслуговування і ремонт автомобілів проводиться в ПТО господарства. Необхідних цехів для обслуговування і ремонту агрегатів автомобілів немає. Немає окремого пункту або посту по обслуговуванню шин, монтаж і демонтаж, яких виконується водіями самостійно із застосуванням пристосувань. Практично все устаткування вимагає заміни.

1.2 Фізико-хімічні властивості води, водяної пари й водопаливних емульсій

Зростає інтерес до подачі води в циліндри швидкохідних дизелів автотракторного призначення обумовлений можливістю помітного поліпшення показників токсичності їх ВГ.

Вода не розглядається в якості самостійного виду палива, оскільки сама є продуктом повного окиснення водню. Можливе розщеплення молекули води при її електролізі з метою одержання водню і його наступного спалювання в дизельних двигунах. Однак зв'язок атомів водню й кисню в молекулі води досить міцний. Тому з урахуванням необхідних витрат електроенергії для одержання водню й викидів шкідливих речовин при його виробітку ефективність такого способу використання води як палива для дизелів невисока. Разом з тим, можливе додавання води до різних палив з метою поліпшення робочих процесів дизельних двигунів. Цьому сприяють деякі особливості фізико-хімічних властивостей води, її доступність і практично необмежені ресурси.

Деякі фізичні властивості води представлено в таблиці 1.1, а залежність фізичних властивостей води й водяної пари від температури можна оцінити за даними таблиці 1.2 і 1.3.

Щільність і в'язкість води в порівнянні з аналогічними показниками нафтових моторних палив (дизельних палив, автомобільних бензинів, реактивних палив). Причому, щільність води близька до щільності важких дизельних палив, а в'язкість – до в'язкості бензинів (таблиця 1.2).

Слід зазначити, що вода має найбільшу щільність при $t = 4^{\circ} \text{C}$ ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$), а зі зниженням або підвищенням температури щільність її рідкої фази зменшується.

Вода, навіть у дуже незначних кількостях, діє як каталізатор, що прискорює багато хімічних реакцій. Це пояснюється тим, що вода є реакційноздатним з'єднанням. Вода добре змішується з деякими органічними сполуками, зокрема – з низькомолекулярними спиртами (метанол, етанол) і низькомолекулярними ефірами (диметоксиметан, бутиловий ефір). Причому, з підвищенням температури їх розчинність водою підвищується. У той же час, вода практично не розчиняє нафтопродукти й ряд інших високомолекулярних органічних сполук. Але із цими з'єднаннями вода утворює водопаливні емульсії (ВПЕ), які можуть бути використані в якості

палив для дизелів. Можливо так само використання як моторні палива суспензій ряду пилоподібних твердих речовин у воді – вугільного пилу, торфу.

Таким чином, вода може використовуватися в суміші (суспензії або емульсії) з різними паливами – вугільним пилом, традиційними дизельними паливами, високов'язкими нафтопродуктами, рослинними оліями, спиртами, ефірами. Водотопаливні емульсії являють собою системи, що включають дві нерозчинні рідини. При цьому одна з рідин – дисперсна фаза у вигляді дрібних крапель рівномірно диспергована в іншій рідині – дисперсному середовищу. Водотопаливні емульсії можуть бути двох видів: типу «масло-вода», у яких вода є дисперсним середовищем, а органічна рідина – дисперсною фазою, і типу «вода-масло», у якій дисперсним середовищем є з'єднання.

Концентровані емульсії, як правило, є нестійкими. Внаслідок збільшення поверхневого натягу на поверхнях фаз, краплі дисперсної фази прагнуть до взаємного злиття, що веде до розриву дисперсійних прошарків і поступовому зміцненню елементів дисперсної фази. Цей процес завершується повним розшаруванням системи й поділом її на дві самостійні фази.

Таблиця 1.1 – Фізичні властивості води

Властивості	Значення параметра
Температура кипіння, °С	100
Температура плавлення, °С	0
Критична температура, °С	314,75
Критичний тиск, МПа	22,06
Теплота паротворення при температурі кипіння, кДж/кг	2260
Питома теплоємність при 20°С, кДж/(кг град.)	4,2

Продовження таблиці 1.1

Коефіцієнт ізотермічної стискальності, Па ⁻¹ при 0 ⁰ С при 60 ⁰ С	51,1·10 ⁻¹¹ 45,5·10 ⁻¹¹
Температурний коефіцієнт об'ємного розширення, при 0 ⁰ С при 10 ⁰ С при 20 ⁰ С	-3,4·10 ⁻⁵ 9,0·10 ⁻⁵ 2,0·10 ⁻⁴
Теплопровідність, МВт/м при 0 ⁰ С при 45 ⁰ С	565 645

Для збільшенні часу існування емульсії часто використовується третя речовина - емульгатор. При його наявності стійкість емульсії забезпечується шляхом утворення на зовнішній поверхні крапель дисперсної фази суцільного адсорбційного шару, причому одна з рідин системи сольватує молекули емульгатора (утворює з ним неміцне з'єднання). [1,2]

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості води при різних температурах

Властивості	Температура, °С					
	0	20	40	60	80	100
Щільність, кг/м ³	999,9	998,2	992,2	983,2	971,8	958,4
В'язкість кінематична,	1,792	1,006	0,660	0,478	0,367	0,296
Поверхневий натяг, мН/м	75,65	72,74	69	66,24	62,68	58,92
Тиск пари, кПа	0,611	2,337	7,375	19,92	47,36	101,3
Теплопровідність, МВт/(м К)	561	598,5	630,6	654,4	669,8	678,8

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості водяної пари при різних температурах

Властивості	Температура, °С						
	100	120	150	200	250	300	350
Щільність, кг/м ³	0,598	1,121	2,547	7,862	19,98	46,21	113,6
В'язкість динамічна, мкПа	12,28	12,97	14,02	15,78	17,59	19,74	23,72
Теплопровідність, МВт/(мК)	25,1	27,5	31,6	40,1	51,3	69,6	134,2

1.3 Системи для подачі води в циліндри двигуна

1.3.1 Схема системи роздільної подачі дизельного палива й води в циліндр дизеля

У ряді випадків більш раціональним представляється подача води й дизельного палива через одну форсунку. Така система роздільної подачі палива й води через загальну форсунку в КЗ високооборотного дизеля, представлена на рисунку 1.1, запропонована й досліджена в Японії.

У цій системі подачі паливо від ПНВТ 1 через нагнітальний клапан 2 по паливопроводу 3 і каналу 17 подається в порожнину 21 форсунки 19. У процесі нагнітання голка форсунки піднімається, і паливо через соплові отвори 22 розпилювача впорскується в КЗ дизеля. Одночасно паливо надходить у порожнину 14 дозатора води 13, впливає, на витискувач 12 і зміщує поршень 9 вліво до упору 6, деформуючи при цьому пружину 4. У результаті в порожнині 10 створюється розрідження, і вона заповнюється водою, усмоктуюваної з ємності 8 через клапан 7 і трубопровід 5. [1]

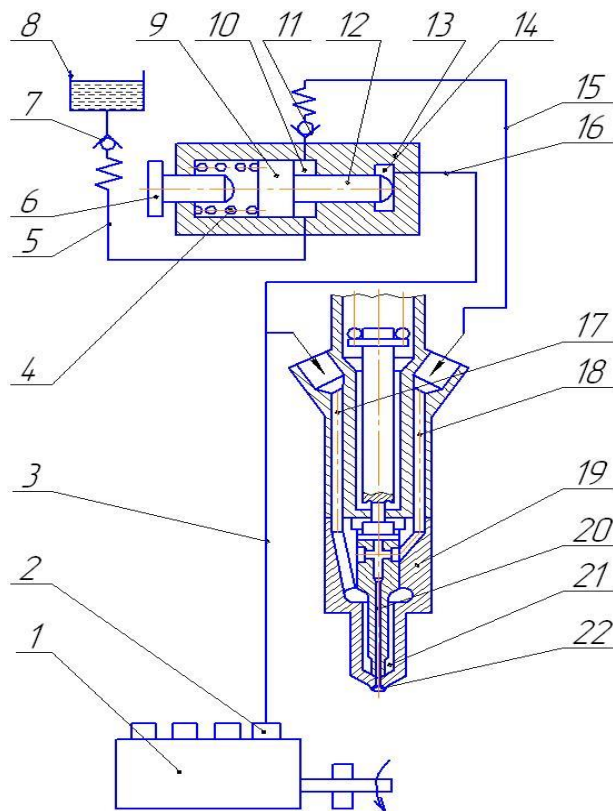


Рис. 1.1 – Схема системи роздільної подачі дизельного палива й води в циліндр дизеля:

- 1- ПНВТ; 2 - нагнітальний клапан; 3,16 - паливопроводи; 4 - пружина; 5,15 - трубопроводи; 6 - упор; 7,11 - клапани; 8 - ємність із водою;
 9 - поршень; 10, 14 - порожнини; 12 - витискувач поршня;
 13 - дозатор води; 17,18,20 - канали;19 - форсунка;
 21- порожнина; 22 - соплові отвори.

Після закінчення подачі палива (після відсікання) при посадці нагнітального клапана 2 ПНВТ тиск у паливопроводах 3, 16 зменшується й пружина 4 зміщує поршень 9 вправо. Зростаючий тиск у порожнині 10 закриває клапан 7 і відкриває клапан 11, подаючи воду через трубопровід 15 і канали 18, 20 до розпилювача форсунки. При цьому вода витісняє паливо, що залишилося там, у КЗ дизеля. Потім частина води впорскується в циліндр, а частина - залишається в розпилювачі до наступного циклу впорскування. [2]

Таким чином, подача води здійснюється на початку й наприкінці

періоду впорскування палива. Така організація процесу подачі палива й води дозволяє суттєво знизити викиди оксидів азоту й продуктів неповного згоряння палива, підвищити на 1...2% паливну економічність.

Перевагою систем подачі палива й води через одну форсунку є можливість гідроочищення розпилювачів при закоксуванні розпилюючих отворів. Це особливо важливо для дизелів, що працюють на важких нафтових і альтернативних паливах (наприклад рослинних оліях), схильних до коксування в КЗ дизеля. Недоліком описаної організації процесу подачі є складність регулювання кількості подаваної води й моменту її подачі в КЗ дизеля. Застосування такої системи живлення забезпечує розшарування робочої суміші й сприяє зменшенню викидів оксидів азоту, зниженню димності ВГ при підвищенні індикаторного ККД двигуна.

1.3.2 Подача води у впускний трубопровід двигуна

Проблеми створення конструкцій пристрою для подачі води у впускний трубопровід вирішуються з урахуванням особливостей дизеля, а також кількості подаваної води й необхідності створення спеціальних пристроїв, що дозволяють регулювати подачу води залежно від температури двигуна й ряду інших факторів. У аналізованих роботах запропонована система подачі води у впускний трубопровід для дизеля Д-21А1 трактора Т-25А, що містить безпоплавковий карбюратор. У цій системі витрата води, приблизно дорівнює витраті палива, устанавлюється за допомогою регулювальної голки 6 карбюратора (рис. 1.2). Система включається в роботу після прогріву двигуна шляхом підключення карбюратора до бака з водою. Відключення карбюратора проводиться наприкінці роботи за 10...15 хвилин до зупинки двигуна.

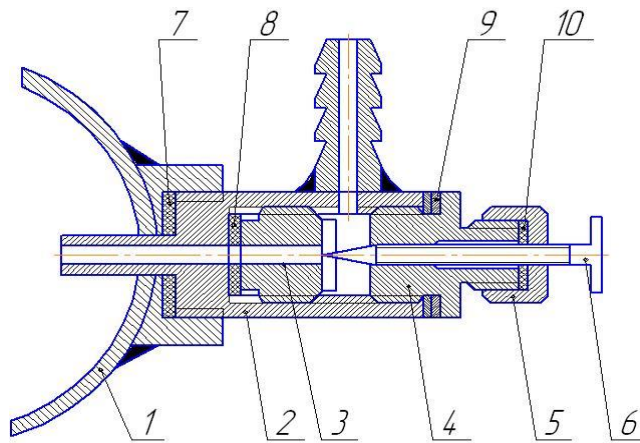


Рис. 1.2 – Схема безпоплавкового карбюратора для подачі води у впускний трубопровід дизеля Д21А1 трактора Т-25А:

- 1- впускний трубопровід; 2- корпус; 3- жиклер; 4- корпус регулювальної голки; 5- гайка сальника регулювальної голки; 6- регулювальна голка; 7,8,9- ущільнювальні прокладки; 10- сальник ущільнювальної голки.

Описана система подачі води на впуску пройшла випробування в складі трактора Т-25А на тваринницькому комплексі. Вміст у повітрі тваринницького комплексу двох токсичних компонентів ВГ - оксидів азоту й монооксиду вуглецю визначався до проходу трактора, і після проходу трактора, що працює тільки на дизельному паливі й при подачі води на впуску. Результати наведених випробувань, показують, що при роботі трактора у тваринницькому комплексі в його атмосфері відзначається вміст зазначених токсичних компонентів ВГ, що значно перевищують їх гранично допустимі концентрації.

Після проходу трактора з подачею води у впускний трубопровід вміст кисню в повітрі робочої зони знижується на 13...40% у порівнянні з роботою трактора тільки на дизельнім паливі, а концентрація С залишається на тому ж рівні.

1.3.3 Система подачі води дизеля ЯМЗ-240

Крім описаної найпростішої схеми подачі води у впускний трубопровід дизеля запропонована вдосконалена система для дизеля ЯМЗ-240 (рисунок 1.3). Ця система складається з наступних основних елементів: термостатичного пристрою, вакуумного автомата й карбюратора.

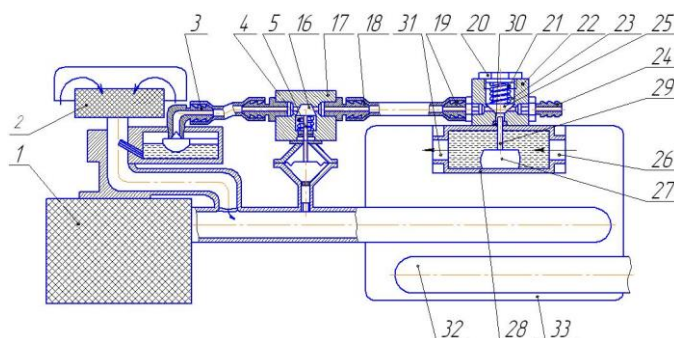


Рис. 1.3 – Схема системи подачі води у впускний трубопровід дизеля ЯМЗ-240

- 1- повітроочисник; 2- повітряний фільтр; 3,18,19,24- штуцери; 4, 21- пружини; 5, 29- штоки; 6, 30- сальники; 7, 26, 31 - отвору; 10, 17, 22, 28 - корпуса;
- 8 - карбюратор; 9 - додатковий трубопровід; 11- трубка; 12- впускний трубопровід; 13- мембрана; 14- вакуумний автомат; 15- ущільнення; 16, 25 - клапани; 20- болт; 23 - термостатичний пристрій; 27- термостат;
- 32 - впускний трубопровід; 33- дизель

Система працює в такий спосіб. Вода з водяного бака після проходження термостатичного пристрою 23 і вакуумного автомата 14 за допомогою карбюратора 8 подається в додатковий трубопровід 9, з якого вона надходить у впускний трубопровід 12 дизеля 33. Повітря, що надходить у дизель із впускного трубопроводу 12, очищається від пилу й часток у штатному повітроочиснику 1, а частина повітряного потоку, що проходить у додатковий трубопровід 9 через карбюратор 8, очищується в додатковому повітряному фільтрі 2.

Система подачі води на впуску містить пристрої, що автоматично припиняють подачу води в карбюратор при зниженні температури охолодної рідини нижче припустимої (термостат), а, що також включають систему при пуску, і її виключають її при зупинці дизеля (вакуумний автомат).

Термостат працює в такий спосіб. Вода із системи охолодження дизеля 33 надходить через отвір 26 у корпусі 28, обмиває термостат 27, який виконаний у вигляді гофрованої оболонки, заповненої робочою рідиною з великим коефіцієнтом лінійного розширення, і виходить із корпусу через отвір 31. При спаді температури води в системі охолодження нижче мінімально припустимої обсяг робочої рідини термостата 27 зменшується й шток 29 термостата займає крайнє нижнє положення. У результаті клапан 25 під дією пружини 21, підгорнутої болтом 20, притискається до сідла отвору, що зв'язує штуцери 19 і 24, припиняючи, тим самим, вступ води з бака в карбюратор 8. Сальник 30 запобігає можливості вступу води із системи охолодження двигуна в корпус 22. При підвищенні температури води в системі охолодження робоча рідина термостата 27 розширюється, піднімає оболонку термостата, а з нею й шток 29, який, долаючи опір пружини 21, піднімає клапан 25, відкриває отвір, що зв'язує штуцери 19 і 24. Вода знову надходить із бака в карбюратор 8. При подальшому підвищенні температури води, відповідно, зростає обсяг рідини термостата 27 і під дією штока 29 клапан 25 піднімається й збільшує прохідний перетин отвору, що зв'язує штуцери 19 і 24.

Таке регулювання кількості подаваної води дозволяє суттєво стабілізувати температурний режим дизеля, що підвищує його довговічність.

Вакуумний автомат працює в такий спосіб. При непрацюючому дизелі 33 у впускному трубопроводі 12, а, отже, і під мембраною 13 у корпусі 10 встановлюється атмосферний тиск. Верхня порожнина корпусу 10 над мембраною 13 пов'язана з атмосферою отвором 7 і герметизується від води, що проходить через штуцери 18 і 3, ущільненням 15 у вигляді сальника 6. У нижній порожнині корпусу 10 під мембраною 13 створюється розрідження за

рахунок зв'язку цієї порожнини (через трубку 11) із впускним трубопроводом 1.2. При цьому положенні мембрана перебуває в рівноважному стані, а клапан 16 у корпусі 17 притиснутий пружиною 4 до сідла отвору, що зв'язує штуцери 18 і 3. У результаті вода з термостатичного пристрою 23 не надходить у карбюратор 8. При пуску двигуна у впускному трубопроводі створюється розрідження, і мембрана 13 внаслідок різниці тисків (атмосферне над мембраною й розрідження під нею) опускається вниз. При цьому зусилля від мембрани 13 за допомогою штока 5 передається на пружину 4, у результаті чого пружина стискується, а клапан 16 опускається, відкриваючи магістраль подачі води в карбюратор. При зупинці двигуна тиск під мембраною 13 і над нею вирівнюється, мембрана займає нейтральне положення, а клапан 16 під дією пружини 4 знову закриває отвір, що зв'язує штуцери 18 і 3. Подача води з бака в поплавкову камеру карбюратора припиняється. Таким чином, вакуумний автомат включає й виключає систему подачі води без участі водія в керуванні системою, а також виключає влучення води в циліндри непрацюючого двигуна.

В процесі експлуатаційних випробувань викиди ВГ знижуються в середньому на 30%, що обумовлене зниженням температур згоряння палива при подачі води у впускний трубопровід. При цьому температура ВГ зменшується на 20...50°C, а нагароутворення в циліндрах дизеля зменшуються в 2...3 рази.

1.3.4 Впорскування води в циліндри двигуна

Безпосереднє впорскування води в циліндри двигуна може бути здійснено з використанням подвійної системи паливоподачі, у якій паливо й вода впорскуються в КЗ двома окремими форсунками.

Така організація робочого процесу дизеля реалізована в системі безпосередньої подачі води в КЗ дизелі, розробленої в Санкт-Петербурзькому державному аграрному університеті.

Досліджений дизель Д-242, що працює як на чистім дизельному паливі, так і при впорскуванні води додатковою форсункою 6 (рисунок 1.4). Методика проведення випробувань передбачала визначення робочих характеристик двигуна й показників токсичності його ВГ як при роботі на чистім дизельному паливі, так і при подачі в циліндри деякої кількості води на номінальному режимі при 1800 хв^{-1} при стандартних регулюваннях двигуна. Змінюваними параметрами в ході експерименту були кількість подаваної води і кут початку її впорскування.

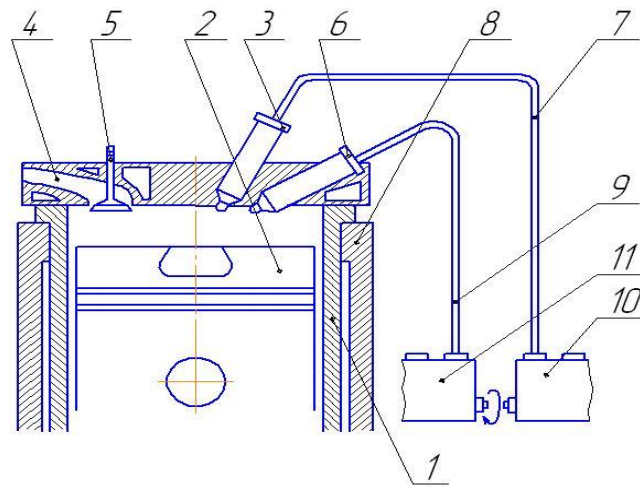


Рис. 1.4 – Конструктивна схема системи роздільної подачі дизельного палива й води в циліндри двигуна:

1 - циліндр; 2 - поршень; 3 - форсунка упорскування палива; 4 - випускний трубопровід; 5 - випускний клапан; 6 - форсунка для упорскування води; 7,9 - паливопровід; 8- блок циліндрів; 10- штатний ПНВТ; 11- ПНВТ для подачі води; 12- головка блоку.

Результати безмоторних досліджень показали, що на номінальному режимі при 900 хв^{-1} при незміннім положенні рейки ПНВТ об'ємна циклова подача води збільшується в середньому на 4...6% у порівнянні з роботою на дизельному паливі, що пояснюється зменшенням її дроселювання при витіканні з отворів форсунок.

Встановлено, що витрати потужності на привід ПНВТ для подачі води склали 0,5 кВт. Однак ці витрати компенсуються зменшенням споживаної

потужності на привід агрегатів основної системи охолодження двигуна. Перевірка гідрощільності прецизійних пар ПНВТ і герметичності форсунки в зборі до й після 125 годин роботи виявила відсутність підвищеного зношування робочих поверхонь прецизійних деталей.

При проведенні моторних випробувань відзначено, що на нагрівання води, її випар і перегрів пари, що утворюється, затрачується частина теплоти робочої суміші, у результаті чого знижується їхня температура, уповільнюється утворення оксидів азоту NO і зменшується їх вміст у ВГ. Крім того, вода розбавляє горючу суміш, зменшуючи тим самим відносну концентрацію кисню, що також приводить до зниження вмісту NO у ВГ. Чим більше кількість подаваної води й чим раніше вона подається в КЗ, тим значніше знижується температура в порівнянні зі звичайним дизельним циклом.

Інтенсивне утворення оксидів азоту настає при температурі $T=1900\text{ K}$ і їх емісія подвоюється при підвищенні температури на $200\dots 250\text{ K}$. Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що при впорскуванні води скорочується тривалість періоду температур, відповідна до інтенсивного утворення оксидів азоту. Якщо в штатному дизельному циклі вона становить 32° п.к.в. , то при впорскуванні води в кількості $GB/GT=50\%$ (від подачі палива GT) і кути випередження її впорскування 3° п.к.в. до ВМТ тривалість цього періоду температур скорочується до 230 п.к.в. Більш пізніше впорскування води в кількості $GB/GT=50\%$, відповідне початку подачі води 12° п.к.в. після ВМТ, приводить до збільшення періоду максимальних температур до 27° п.к.в.

У робочому циклі з подачею води знижується максимальна температура циклу $T_{\text{тах}}$. Так, при роботі з дизельного циклу ця температура становить $T_{\text{мах}}=2280\text{ K}$, при $GB/GT=50\%$ і 3° п.к.в. до ВМТ - $T_{\text{тах}}=2150\text{ K}$, при $GB/GT=50\%$ і 2° п.к.в. після ВМТ - $T_{\text{тах}}=2260\text{ K}$.

Зниження рівня максимальних температур згоряння при впорскуванні води створює умови для зниження викидів оксидів азоту з ВГ. Але при цьому

підвищується питома ефективна витрата палива, і, як наслідок, знижується ефективна потужність дизеля N_e . Так, якщо при роботі дизеля на номінальному режимі тільки на дизельному паливі витрата палива становила 252 г/кВт-год, а ефективна потужність $N_e=49,6$ кВт, то при подачі води в кількості $GB/GT=50\%$ у момент часу 12° п.к.в. після ВМТ ці показники рівні 257 г/кВт-год і $N_e=48,63$ кВт.

Таким чином, дослідження роботи підтвердили можливість значного зниження викидів оксидів азоту (до 6 разів) шляхом подачі в КЗ дизеля деякої кількості води при невеликому (на 1...6%) збільшенні питомої ефективної витрати палива, яке може бути частково скомпенсоване при доведенні системи водоподавання.

Описана система припускає наявність двох автономних систем подачі із двома форсунками для подачі дизельного палива й води. Це трохи ускладнює конструкцію системи паливоподачі й головки блоку циліндрів. У ряді випадків більш раціональним представляється подача цих двох компонентів через одну форсунку.

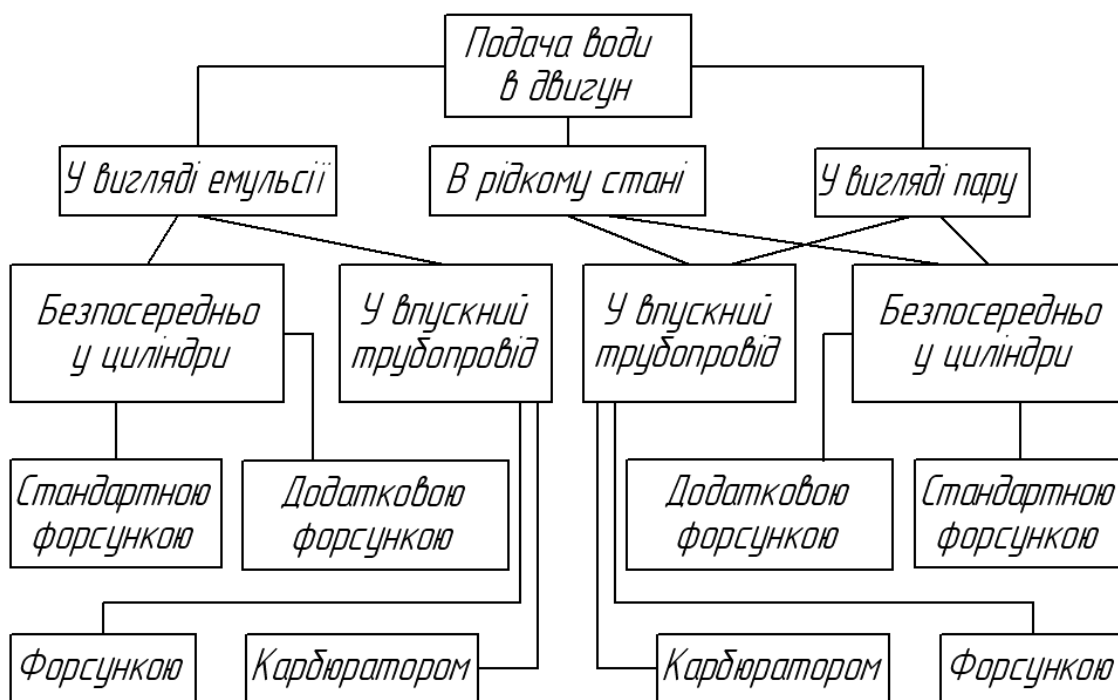


Рис. 1.5 – Способи подачі води в циліндри двигуна

Аналіз існуючих конструкцій дозволяє більш обґрунтовано підійти до вибору тієї або іншої системи живлення двигуна. При цьому розроблено кілька способів подачі води в циліндри двигуна (рис. 1.5).

Можлива подача води в циліндри двигуна в рідкій фазі або у вигляді пари. Подача водяної пари в циліндри дизеля може бути реалізована в силових установках, що мають контур утилізації теплоти (теплоти ВГ, води, масла), що виділяється від двигуна й використовується для підігріву води і її випару.

Для швидкохідних дизелів, більш кращим представляється подача води в циліндри двигуна в рідкій фазі.

Найбільш практичне застосування знайшли наступні способи: впорскування води безпосередньо в циліндри двигуна, застосування як паливо - водопаливної емульсії (ВПЕ), подача води на всмоктування (у впускний трубопровід дизеля).

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Конструкції систем живлення

Система живлення дизеля призначена для очищення палива і повітря, створення високого тиску палива, його дозування та подачі палива в циліндри двигуна.

Вона складається з паливного бака, підкачувального насоса, фільтрів грубої і тонкої очистки палива, паливного насоса високого тиску (ПНВТ), форсунок, паливопроводів низького і високого тиску. [3,4]

Працює: Під дією паливо-підкачувального насоса паливо з паливного бака через фільтри грубої та тонкої очистки палива надходить до ПНВТ в якому тиск палива збільшується і через паливо проводи високого тиску паливо потрапляє до форсунок, через які воно впорскується в циліндри двигуна в дрібно розпиленому вигляді в кінці такту стиску і змішавшись з нагрітим до 500-600⁰С повітрям (за рахунок стискання повітря) утворює пальну суміш яка самозаймається і в наслідок збільшення тиску виконується робота. В такті випуску відпрацьовані гази виводяться в атмосферу через випускний колектор і глушник

Паливні фільтри

Паливо, яке надходить до насоса високого тиску і форсунок, не повинно містити механічних домішок, що спричиняють пошкодження або підвищене спрацювання паливної апаратури, виготовленої з дуже високою точністю. Тому в системі живлення дизелів паливо багато разів фільтрують. У дизеля є такі паливні фільтри: сітчастий, на кінці паливної забірної трубки у баці; грубої очистки, встановлений між баком і підкачувальним насосом; тонкої очистки, розміщений між підкачувальним насосом і насосом високого тиску у вхідному отворі форсунок.

У фільтрі грубої очистки встановлено фільтруючий елемент, який має сітчастий каркас з намотаним на нього в кілька шарів ворсистим бавовняно-

паперовим шнуром.

У фільтрі тонкої очистки встановлений фільтруючий елемент з набивкою мінеральної вати, просоченої клейкою речовиною. Фільтр тонкої очистки має перепускний клапан, пружина якого розрахована на 0,6...0,7 МПа. Якщо тиск у фільтрі вищий від вказаного, клапан відкривається і перепускає частину палива з фільтра через трубку, приєднану до нього, у паливний бак. Завдяки цьому у фільтрі і паливопроводі, який з'єднує фільтр з насосом високого тиску, підтримується постійний тиск. [3]

Повітряний фільтр за будовою і принципом дії аналогічний до інерційно-масляних повітряних фільтрів карбюраторних двигунів.

Паливний насос високого тиску

Паливний насос високого тиску подає в циліндри дизеля потрібну кількість палива в строго визначені моменти. Насос установлено між правим і лівим рядами циліндрів. Вал насоса приводиться в дію валом привода, шестірні якого з'єднані з шестірнями розподільного вала дизеля. Частота обертання вала насоса вдвічі менша від частоти обертання колінчастого вала дизеля. За два оберти колінчастого вала, протягом яких у циліндрах дизеля відбувається один повний цикл, вал насоса прокручується на один оберт, і насос впорскує паливо у всі циліндри.

У корпусі насоса високого тиску кулачковий вал встановлено на кулькових (у насосах останніх випусків — на роликів) підшипниках.

Кожний з кулачків вала приводить у дію секцію насоса, яка являє собою одноплунжерний насос високого тиску, що обслуговує один циліндр дизеля. Плунжер може переміщатися в гільзі вгору і вниз. На проточці нижнього кінця плунжера встановлено опорну шайбу пружини яка верхнім кінцем через шайбу упирається в головку насоса. Під тиском пружини опорна шайба притиснута до регулювального болта штовхача а ролик штовхача - до кулачка вала насоса.

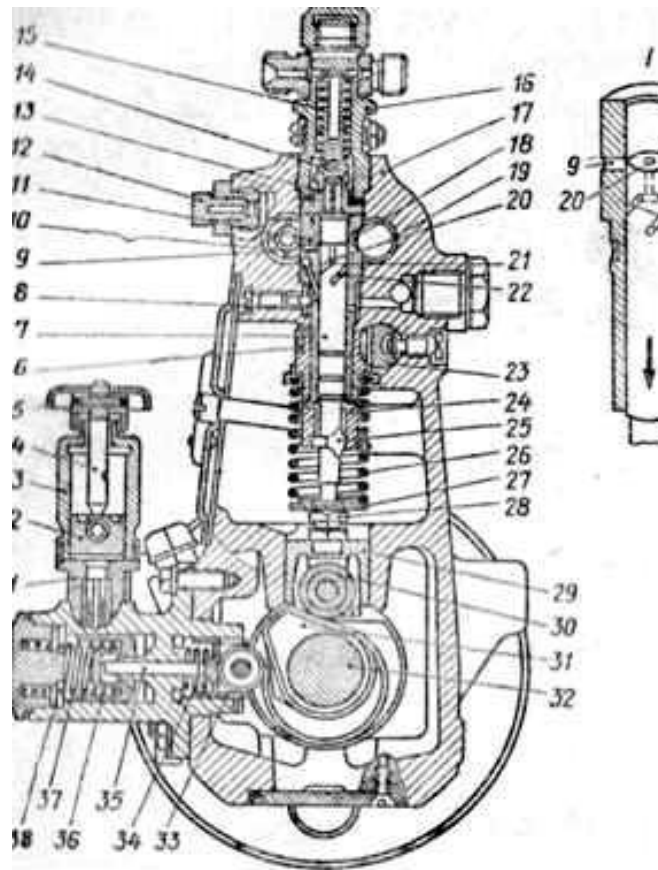


Рис. 2.1 – Паливний насос високого тиску

Коли виступ кулачка підходить під ролик штовхач піднімається, стискаючи пружину, і переміщує плунжер насоса вгору. У міру того як виступ кулачка, повертаючись, виходить з-під ролика штовхача, пружина повертає плунжер і штовхач у вихідне положення.

Отже, під час роботи дизеля плунжер рухається зворотно-поступально вгору і вниз. [4]

У верхній частині плунжер має осьову і радіальну просвердлини. Коли плунжер знаходиться в гільзі, ці просвердлини з'єднують надплунжерний простір з двома спіральними канавками, профрезерованими на боковій поверхні плунжера.

Під час опускання плунжера надплунжерний простір гільзи, а також просвердлини і канавки плунжера заповнюються паливом, яке надходить у гільзу з каналу у корпусі насоса через впускний отвір гільзи. Рухаючись

вгору, плунжер спочатку витісняє паливо з гільзи назад в канал. Після того як плунжер перекрив отвір гільзи і паливо у гільзі буде в замкнутому просторі, дальший рух плунжера спричинить різке підвищення тиску в надплунжерному просторі. Паливо відкриває нагнітальний клапан і починає надходити через паливопровід високого тиску в циліндр дизеля.

Нагнітання палива триває доти, поки верхня кромка лівої спіральної канавки плунжера підійде до перепускного отвору гільзи. Після цього паливо з надплунжерного простору перетікає через просвердлини 20 і 21 у канавку 22 і перепускний отвір гільзи в канал корпусу насоса. Тиск у надплунжерному просторі різко знижується, нагнітальний клапан закривається, і паливо в циліндр не подається.

Кількість палива, що подається в циліндр, регулюється повертанням плунжера навколо його осі, внаслідок чого змінюється момент кінця подачі палива секцією при незмінному моменті початку подачі. При повертанні плунжера за годинниковою стрілкою (якщо дивитися зверху) кромка його спіральної канавки раніше підходить до перепускного отвору гільзи, нагнітання палива до форсунки припиняється, і кількість палива, що подається в циліндр, зменшується. Якщо плунжер повернути за годинниковою стрілкою так, щоб радіальна просвердлена плунжера співпала з отвором гільзи, тоді секція припинить подачу палива (нульова подача). При повертанні плунжера проти годинникової стрілки кромка спіральної канавки пізніше досягає отвору гільзи, і кількість палива збільшується. Для прокручування плунжера призначені зубчаста рейка і надіта на гільзу поворотна втулка, зубчастий вінець в якій перебуває в зачепленні з рейкою. Через регулятор частоти обертання колінчастого вала зубчаста рейка зв'язана з педаллю керування подачею палива. Педаль розміщена в кабіні водія. Переміщення рейки вздовж її осі зумовлює повертання втулки, яка, в свою чергу, діючи через виступи, повертає плунжер. Рух рейки викликає одночасне повертання плунжерів усіх секцій насоса на однаковий кут.

Гільзи всіх шести секцій кріпляться в загальному корпусі насоса гвинтами. Зверху в корпус вкручено штуцери, які притискають сідла нагнітальних клапанів до гільз. Зовні до штуцерів кріплять паливопроводи, які з'єднують секції насоса високого тиску з форсунками.

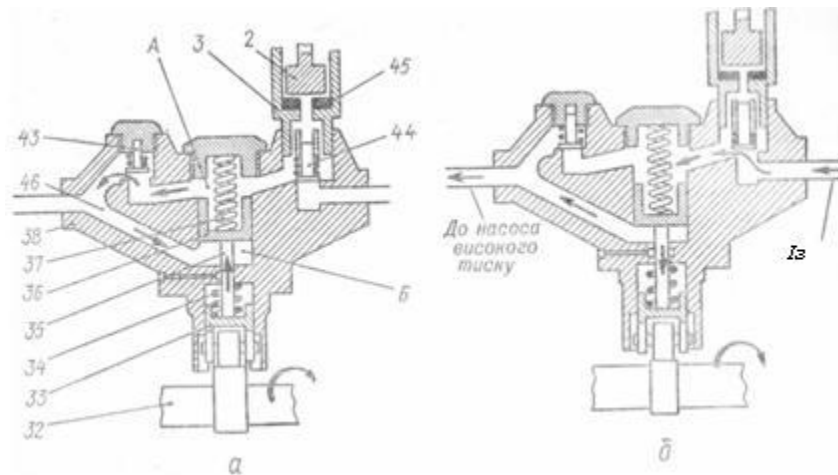
Кулачки розміщені на валу насоса так, що секції забезпечують подачу палива відповідно до послідовності роботи циліндрів дизеля і визначених інтервалів між робочими ходами в різних циліндрах. Вал з'єднаний з валом привода за допомогою відцентрової муфти автоматичного випередження впорскування, яка збільшує кут випередження впорскування палива в циліндри у міру зростання частоти обертання колінчастого вала дизеля. Ця муфта за принципом дії аналогічна до відцентрового регулятора випередження запалювання карбюраторних двигунів. На задньому кінці вала насоса встановлено шестірню, за допомогою якої обертається вал, розміщений у корпусі всережимного регулятора частоти обертання колінчастого вала дизеля. Регулятор підтримує постійною будь-яку частоту обертання колінчастого вала, яку встановлює водій шляхом натискування (або відпускання) педалі керування подачею палива і, крім того, обмежує максимальну частоту обертання колінчастого вала (2250...2275 об\хв).

Підшипники, кулачки вала насоса і штовхачі, а також деталі регулятора змащуються дизельним маслом, яке заливають у корпуси насоса і регулятора. Плунжерні пари насоса змащуються паливом. [3,4]

Керують роботою насоса, з місця водія за допомогою педалі, яка з'єднана системою тяг і важелів з важелем регулятора. Регулятор, у свою чергу, діє на рейку паливного насоса. Щоб зупинити дизель треба натиснути на кнопку, яка з'єднана тросом із скобою зупинника. При витягуванні кнопки скоба повертається вниз і через важільну систему регулятора пересуває рейку до відказу в бік зменшення подачі палива, внаслідок чого плунжери всіх секцій насоса встановлюються в положення нульової подачі

Підкачувальний насос

У системі живлення дизеля установлюють поршневий підкачувальний насос. Його корпус 38 (рис. 2.2) кріпиться до корпусу 17 насоса високого тиску» У корпусі підкачувального насоса вміщено поршень 36 з пружиною 37, шток 35 і роликівий штовхач 33 з пружиною 34.



- 2 - поршень ручної підкачки, 3 - корпус насоса ручної підкачки,
32- кулачковий вал насоса високого тиску, 33 - роликівий штовхач,
34 - пружина, 35 - шток, 36 - поршень, 37 - пружина поршня,
38 - корпус, 43 - випускний клапан, 44 - впускний клапан

Рис. 2.2 – Підкачувальний насос

Підкачувальний насос працює так. Поршень 36 поділяє внутрішній простір циліндра на порожнини А і Б. Порожнина з'єднується з впускним каналом, який перекривається впускним клапаном 44, і з випускним каналом, що перекривається випускним клапаном 43. Обидва клапани за допомогою пружин утримуються в закритому положенні. Ділянка випускного каналу після клапана сполучається перепускним каналом 46 з порожниною В, Поршень приводиться в дію за допомогою кулачкового вала 32 насоса високого тиску. Коли виступ кулачка набігає на ролик штовхача 33, штовхач, шток 35 і поршень переміщуються бік порожнини А (рис. 2.2, а вгору). Після того як виступ кулачка повернеться і не діятиме на ролик штовхача, пружини

37 і 34 повертають поршень, штовхач і шток у початкове положення.

Рухаючись угору, поршень витісняє паливо з порожнини А через випускний клапан 43, який відкрився під тиском палива, і перепускний клапан 46 у порожнину Б, об'єм якої внаслідок переміщення поршня вгору збільшиться. Під час руху вниз поршень витісняє паливо з порожнини Б до вихідного отвору насоса, звідки воно по паливопроводу поступає у фільтр тонкої очистки і далі до насоса високого тиску. Одночасно об'єм порожнини А збільшується, і в ній створюється розрідження, впускний клапан 41 під тиском палива з боку вхідного отвору відкривається і порожнина А заповнюється паливом, яке надходить з бака. Під час наступних ходів поршня описаний цикл роботи насоса повторюється.

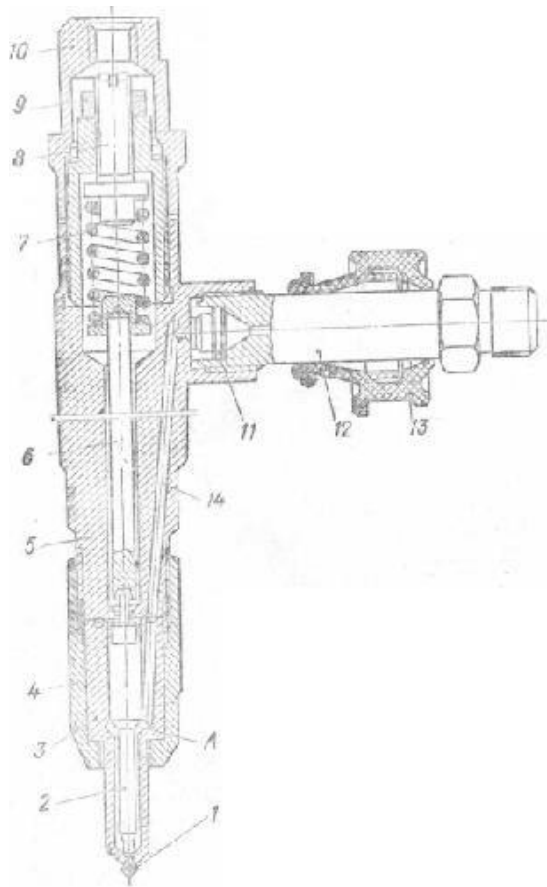
Тиск, який створюється підкачувальним насосом, залежить від сили пружності пружини 37 поршня і при закритому вихідному отворі насоса може досягти 0,6 МПа. У паливній системі за підкачувальним насосом підтримується тиск 0,16...0,17 МПа.

Зверху на корпусі підкачувального насоса встановлено насос ручного підкачування палива, який використовують для наповнення системи паливом і видалення повітря, що випадково туди потрапило.

Цей насос складається з корпусу, циліндра, поршня з штоком і рукоятки. Коли поршень за допомогою рукоятки переміщують угору, в порожнину А підкачувального насоса і в циліндр через клапан всмоктується паливо з бака. Під час переміщення вниз поршень витісняє паливо з циліндра через порожнину А і випускний клапан підкачувального насоса в паливопровід, який через фільтр тонкої очистки з'єднано з насосом високого тиску. Після користування насосом рукоятку накручують до відказу на різьбу циліндра; при цьому поршень, який щільно притиснутий до прокладки, роз'єднує порожнини підкачувального насоса, і циліндра насоса ручного підкачування, що усуває можливість підсмоктування повітря в систему через насос ручного підкачування.

Форсунки

Форсунки тонко розпилюють паливо, яке подає насос високого тиску в камери згоряння циліндрів дизеля. До корпусу форсунки за допомогою гайки кріпиться розпилювач з чотирма розпилювальними отворами, в який встановлена голка. Голка силою пружності пружини, яка передається через штангу, притискується до внутрішньої конічної поверхні розпилювача і перекриває вихід палива з порожнини до отворів розпилювача.



- 1 - розпилювальні отвори, 2 - голка розпилювача, 3 - розпилювач,
4 - гайка кріплення розпилювача, 5 - корпус форсунки, 6 - штанга,
7 - пружина, 8 - регулювальний гвинт, 9 - контргайка, 10 - ковпак,
11 - фільтр, 12 - вхідний штуцер, 13 - гумовий ущільнювач,
14 - паливний канал

Рис. 2.3 – Форсунка

Під час нагнітального ходу плунжера насоса високого тиску паливо від насоса поступає через вхідний штуцер 12, фільтр і канал у кільцеву порожнину розпилювача. Під тиском палива голка піднімається і порожнина розпилювача сполучається з розпилювальними отворами, через які паливо впорскується в циліндр. У момент відсікання кінця подачі палива насосом тиск у порожнинах форсунки падає і пружина опускає голку. Вихід палива з отворів розпилювача припиняється. Тиск на початку впорскування палива в циліндри дизеля повинен бути 15 МПа. Тиск регулюють, змінюючи натяг пружини обертанням гвинта, при цьому ковпак знято і контргайка послаблена. Форсунки кріплять в отворах головок циліндрів дизеля накладними скобами і болтами, штуцери форсунок проходять через отвори на стику головок і кришок циліндрів; в отворах встановлено гумові ущільнювачі. До штуцерів приєднують паливопроводи високого тиску, а до отворів у торцях ковпаків - дренажні трубки для відведення з порожнин у верхній частині корпусу форсунок палива, що просочується через зазори між голкою і розпилювачем. По трубці паливо з дренажних трубок зливається в бак автомобіля.

Несправності в системі живлення дизелів. Якщо в системі живлення виникли несправності, то утруднюється запуск, знижується потужність дизеля, підвищується витрата палива, виникають перебої в роботі циліндрів, збільшується димність. Основними причинами цього, витікання на дива або підсмоктування в систему живлення повітря через негерметичність з'єднань паливопроводів і приладів; забруднення паливних фільтрів; несправність підкачувального насоса; спрацювання плунжерів і гільз насоса високого тиску; порушення моменту початку і рівномірності подачі палива секціями насоса; зменшення сили пружності пружини голки форсунки; негерметичність або зависання голки; забруднення отворів розпилювача форсунки.

Дизельний двигун, на відміну від карбюраторного, при роботі

всмоктує в свої циліндри атмосферне повітря. В циліндрах повітря сильно стискається, температура при цьому зростає до 700 градусів Цельсія, а тиск доходить до 90 МПа. Цього цілком достатньо, щоб запалало дизельне паливо, з деяким випередженням впорскується в циліндри двигуна. Це позбавляє дизель від необхідності застосовувати для займання пального досить примхливі і не дуже надійні свічки запалювання, які використовуються в карбюраторних двигунах.

Однак, вирішивши одну проблему, зіткнулися з іншого - для нормальної, рівномірної роботи дизеля вкрай необхідне електронне впорскування дизельного палива. І нинішнє, досить широке поширення дизелів, стало можливим тільки після розробки і впровадження надійних і порівняно недорогих електронних систем, що регулюють подачу палива в циліндри двигуна.

Електронна система управління подачею палива дизеля має помітні переваги:

- по - перше, вбудована система самодіагностики управління дизельним двигуном дає можливість швидко виявляти несправності та оперативно їх усувати.

- по-друге, електронний контроль дозування палива, що впорскується в циліндри дизельного двигуна (інакше званий електронний впорскування палива), помітно знижує питому витрату при одночасному скороченні викиду в атмосферу шкідливих речовин у відпрацьованих вихлопних газах.

- по-третє, електронікою автоматично регулюються обороти холостого ходу і обмежується число оборотів двигуна.

В дизельний двигун повітря надходить з атмосфери через повітряний фільтр. У випадку, коли трактор обладнаний турбокомпресором, то він стискає повітря, яке надходить в інтеркулер. В інтеркулері повітря охолоджується після нагріву, яке є результатом його стиснення в турбокомпресорі. Це дозволяє краще заповнити циліндри повітрям для підвищення крутного моменту і відповідного збільшення потужності двигуна

без збільшення його обсягу.

З метою зниження вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах їх оснащують спеціальними дизельними окисними каталітичними перетворювачами. Відчутно знижує вміст окислів азоту у вихлопних газах система рециркуляції. Вона працює в такий спосіб: вихлопні гази змішуються з атмосферним повітрям, який всмоктує дизель, і це знижує вміст кисню, що надходить в його циліндри.

У свою чергу, це затримує займання паливної суміші і сприяє її згорянню при зниженій температурі, що і скорочує викид окислів азоту в атмосферу.

Однак рециркуляція вихлопних газів повинна бути дуже точно дозована, інакше кіптява, як результат неповного згорання дизельного палива, залишить за автомобілем ясно видимий димний слід і залучить до нього найпильнішу увагу екологічної інспекції. Тому об'єм повітря, що надходить в систему рециркуляції, визначається електронним вимірювальним блоком, що і дозволяє з достатньою точністю регулювати весь складний процес рециркуляції.

Процес надходження пального (впорскування дизельного палива) безпосередньо в камеру згорання, він відбувається за наступною схемою: надходить у камери згорання паливо проходить через вихрові камери, що знаходяться в днищах поршнів, які, відповідно своїй назві, і забезпечують його завихрення для найкращого змішування з повітрям і найбільш повного згорання.

Для управління прогріванням двигуна в холодному стані використовується блок управління дизелем. Наприклад, у випадку, якщо двигун не прогрітий, то блок управління зміщує момент упорскування. Крім того, відбувається управління свічок розжарювання. А свічки розжарювання, в свою чергу, присутні в кожному циліндрі, і їх включення відбувається ще до запуску двигуна, і спрацьовують вони, як тільки двигун провертається стартером, і потім ще працюють якийсь період часу після запуску. Саме

свічки розжарювання роблять запуск холодного двигуна не таким складним, спрощують його. Запуск холодного двигуна можна зробити лише після того, як сигнальна лампа (на приладовій панелі) спочатку загориться (свічки розжарювання включені), а потім згасне. Але при досить низькій температурі повітря свічки відключаються не відразу, а працюють ще якийсь час після того, як двигун запущений. Саме це сприяє стабільній роботі двигуна і зниження шкідливих домішок, присутніх в його вихлопних газах.

Безсумнівними перевагами дизельних двигунів, особливо цінним у наших широтах, є здатність порівняно легко заводитися при низьких температурах, і тому використання попереднього напруження необхідно лише в ситуаціях, коли стовпчик термометра падає нижче десяти градусів морозу.

Для нормальної роботи дизельного двигуна, взагалі-то не дуже вибагливого до якості палива, все ж потрібно, щоб воно не містило води та інших домішок, його забруднюючих. Тому паливний фільтр, що видаляє з дизельного палива все те, чого там не повинно бути в принципі, - необхідна частина двигуна. Важливо лише постійно стежити за його станом і своєчасно міняти фільтруючий елемент.

2.2 Розробка блоку керування подачі палива

Для пропонованого насоса пропонується розробити електронний блок керування на основі швидкодіючого мікроконтролера AT90S8535 фірми «Atmel» (один машинний цикл становить 0,0625 нс) [9,10]. Основні характеристики контролера наведено в таблиці 2.1

Функціональна схема блоку керування представлено на рисунку 2.4.

Моментом, тривалістю й регулярністю з'єднань ліній високого й низького тисків системи паливоподачі управляє електромагніт пропускного клапана 1 через процесор 3 електронного блоку керування II і комутатор 2 відповідно до сигналів, що надходять від датчиків III і IV. Одержувані

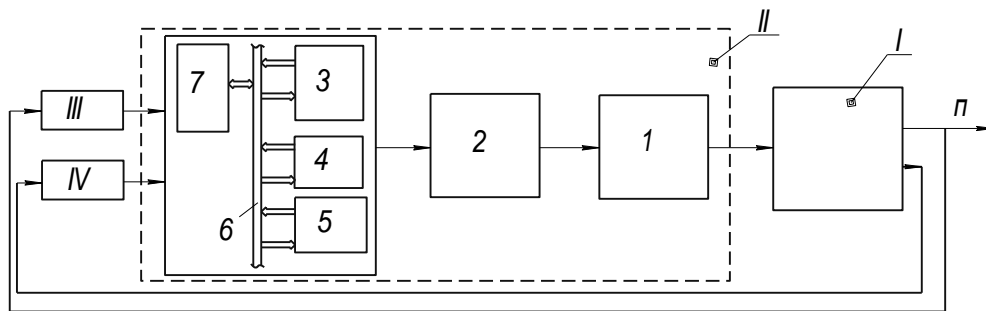
сигнали попередньо перетворюються в цифровий код аналого-цифровим перетворювачем 7. Потім процесор 3 обчислює адресу значення числа пропусків подач палива, оптимального для даного режиму роботи двигуна в постійно запам'ятовувальній пристрої 5 і зчитує значення через шину 6.

При випередженні θ датчик IV виробляє імпульс і процесор 3 формує пропуск або подачу струму до обмотки електромагніту пропускного клапана 1 тривалістю $\tau_{и}$.

Для зниження часу спрацьовування пропускного клапана на обмотку електромагніту подається струм, що *форсує*, I_f з *випередженням* τ_1 до початку підйому клапана. Через час τ_{u1} , з метою зниження споживаного струму й перегріву електромагніту пропускного клапана 1, процесор 3 виробляє сигнали тривалістю τ_{u2} для забезпечення утримуючого струму I_y .

Таблиця 2.1 – Основні характеристики контролера AT90S8535

Характеристики	Значення
Тактова частота, МГц	16
Пам'ять ПЗУ (FLASH), Кбайт	8
Максимальний струм виводів Vcc і GND, мА	300
Параметри АЦП:	
Розрядність, Біт	10
Абсолютна погрішність при VREF=4У и fadc=250 кГц, МЗР	2
Інтегральна нелінійність при VREF>4В, МЗР	0,5
Помилка зсуву, МЗР	0,5
Час перетворення, мкс	65
Вхідний опір аналогового входу, МОм	100

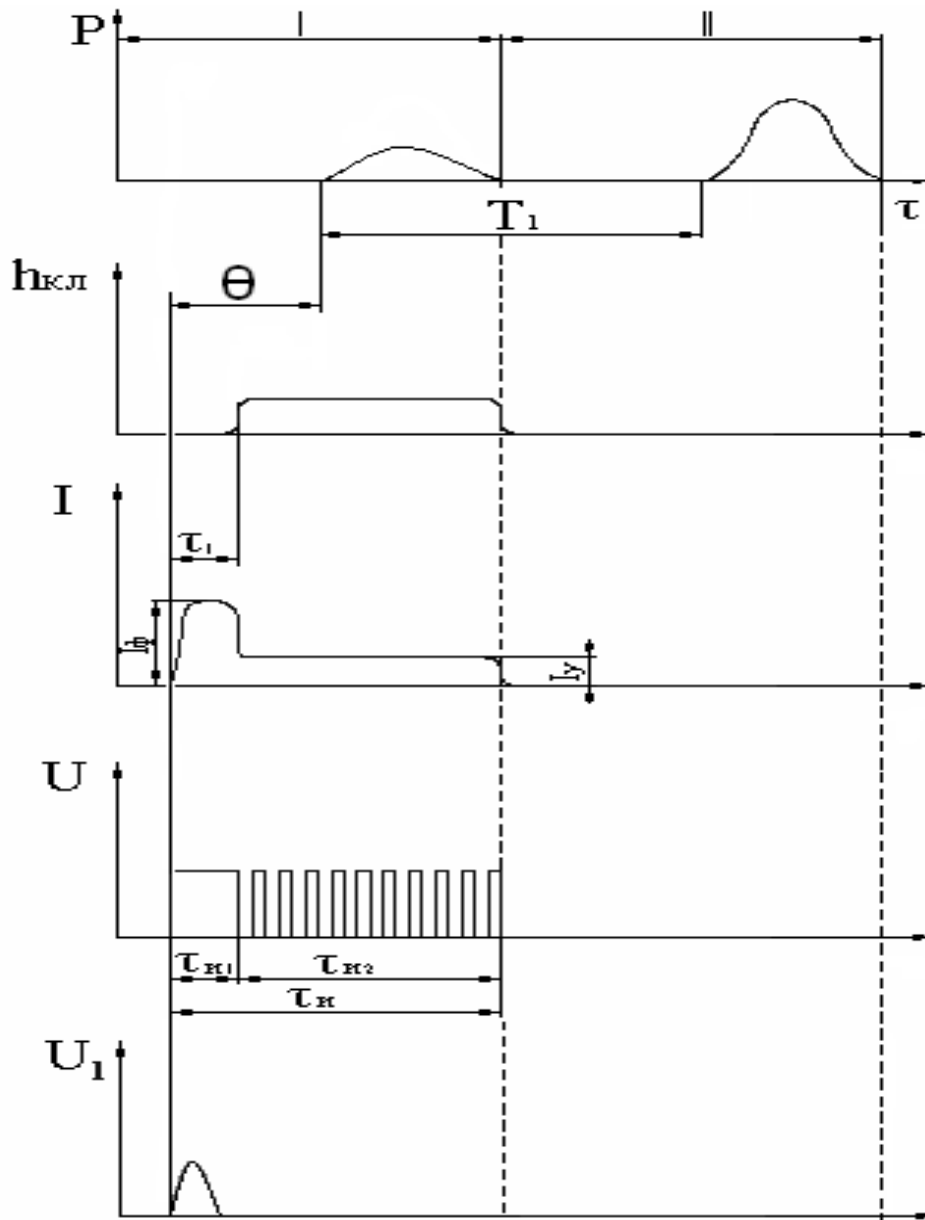


- I*- дизель; *II* - Електронний блок керування; *III* і *IV* - датчики частоти обертання й кутового положення колінчатого вала;
- 1 - електромагнітний клапан; 2 - комутатор; 3 - мікропроцесор;
- 4 - оперативно- запам'ятовувальний пристрій;
- 5- постійно-запам'ятовувальний пристрій; 6 - шина;
- 7 - аналого-цифровий перетворювач.

Рис. 2.4 – Функціональна схема електронного регулятора пропуску подачі палива для дизеля

Мікроконтролер запрограмований мовою «Assembler». Програма керування роботою «прошита» у постійно запам'ятовувальному пристрої 5. При підключенні блоку керування до джерела живлення (акумуляторна батарея) мікроконтролер по «прошитій» програмі робить налаштування портів введення й виводу для їхнього функціонування. Далі по інструкціях програми відбувається зчитування інформації з датчиків частоти обертання й положення педалі. Процесор обробляє отриману інформацію з датчиків і обчислює адреси ПЗУ.

Отримана інформація обробляється процесором і видається на рідкокристалічний дисплей.



P - тиск у штуцера форсунки; $h_{кп}$ - хід клапана; I - струм; U - напруга;
 U_1 - напруга, вироблюване датчиком 16; τ - період між подачами НВД;
 θ - випередження подачі імпульсу до початку появи тиску P ;
 τ_l - випередження подачі імпульсу, що форсує, до електромагніту пропускного
клапана; $\tau_{и1}$ - тривалість основного імпульсу; $\tau_{и2}$ - тривалість імпульсу, що
забезпечує утримуючий струм; $\tau_{и}$ - тривалість керуючого імпульсу; I_{ϕ} , I_y -
форсує й утримуючий струми.

Рис. 2.5 – Умовні осцилограми процесів перепуску палива
(ділянка I) і паливоподачі (ділянка II)

ВИСНОВКИ

При вдосконалюванні двигунів у будь-якому напрямку неминуче виникають питання подальшого поліпшення конструкції й технічного обслуговування їх окремих механізмів і систем, особливо це стосується паливної системи.

Це пояснюється тим, що саме показники роботи паливної системи визначають робочий процес двигуна й, як наслідок, його економічні показники та показники потужності, надійність, зручність обслуговування, гучність роботи, токсичність відпрацьованих газів.

Завдання подальшого підвищення техніко-економічних показників роботи двигунів висуває вимогу оптимізації процесів керування режимами їх роботи. Під оптимізацією роботи систем керування й регулювання мається на увазі здатність систем відшукувати й підтримувати оптимальне значення того або іншого показника, що характеризує роботу двигуна, наприклад економічні показники, токсичність відпрацьованих газів.

Нині застосовувані механічні регулятори відцентрового типу не дозволяють повністю реалізувати потенційні можливості двигуна.

У процесі дипломного проектування розроблена система подачі палива дизеля, з метою зниження токсичності вихлопних газів.

Розрахунки показують, що його застосування дозволить одержати річний економічний ефект 9408 грн, і суттєво зменшити димність і токсичність відпрацьованих газів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антони Ю.Х., Краснокутский, В.В. Повышение эффективности использования тракторного транспортного агрегата путем отключения части цилиндров двигателя. Пути повышения эффективности с.-х. пр-ва. Челябинск. 1998. С.153-156.
2. Арсеньев Е.С. Обеспечение работы дизельного двигателя на холостом ходу методом выключения цилиндров. Науч.-техн. сб. № 4. Москва, 1980. С.56-60.
3. Астахов И.В. Топливные системы и экономичность дизелей. М.: Машиностроение, 1990. 288с.
4. Баширов Р.М. Топливные системы автотракторных и комбайновых дизелей. Уфа: БГАУ, 2004. 232с.
5. Валиев М.М. Магнитные цепи и электромагнитные устройств. Уфа: БГАУ, 2000. 88с.
6. Гуревич А.М. Тракторы и автомобили. М.:Колос, 1974. 396с.
7. Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1979. 615с.
8. Габитов, И.И. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей. – Уфа: БГАУ, 2008. – 240 с.
9. Грехов, Л.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей. – М.: Легион-Автодата, 2013. – 292 с.
10. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением. – М.: Легион-Автодата, 2009. – 176 с.
11. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. М.: Колос, 1984. 335с.
12. Фаинлейб Р.С. Топливная аппаратура автотракторных дизелей. Справочник. Л.: Машиностроение, 1974. 264с.
13. Болтянський О.В. Вплив цінового фактора на економічні переваги газобалонних автомобілів. Праці Таврійської державної агротехнічної

академії: Наукове фахове видання. - Вип.7, Т.1. –Мелітополь: ТДАТА, 2007.- С.115-118.

14. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності / Н.І. Болтянська // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Наукове фахове видання. – Вип.89.- Харків: 2009.-С. 106-111.

15. Болтянський О.В. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки / О.В. Болтянський, Н.І. Болтянська // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання. – Вип.11. Т.2 .- Мелітополь: ТДАТУ, 2011.-С. 97-102.

16. Болтянський О.В. Аналіз основних тенденції розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва / О.В. Болтянський, Н.І. Болтянська // Науковий вісник національного університету біоресурсів та природокористування. Серія „Техніка та енергетика АПК“. К.,2011– Вип.166, ч.1 .- С. 255-261.

17. Болтянський О.В. Поліпшення екологічних і економічних показників автомобільних двигунів шляхом вдосконалення газорозподільного механізму / О.В. Болтянський, Н.І. Болтянська // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання. – Вип.11. Т.1 .- Мелітополь: ТДАТУ, 2011.-С. 97-102.

18. Болтянський О.В. Аналіз розвитку українського зернового ринку в контексті розвитку світового ринку зерна / О.В. Болтянський, Н.І. Болтянська // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання. – Вип.12. Т.3 .- Мелітополь: ТДАТУ, 2012.-С. 94-102.

19. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування / Н.І. Болтянська // Науковий вісник національного університету біоресурсів та природокористування. Серія „Техніка та енергетика АПК“ .К., 2014– Вип.196, ч.1 .- С. 239-245.

20. Болтянський О.В. Аналіз шляхів підвищення ефективності використання машино-тракторного парку / О.В. Болтянський, Н.І. Болтянська

// Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – Вип. 14. Т.4, 2014. – С. 204–209

21. Рогач Ю.П. Пожежна безпека. Сімферополь: Таврія-Плюс, 2001. 123 с.
22. Шкрабак В.С. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве. М.: Колос, 2004. 285 с.
23. Керб Л.П. Основи охорони праці: Навчальний посібник. К.: КНЕУ 2004. 215 с.
24. Ткачук К.Н. Основи охорони праці. К.: Основа, 2006. 448 с.
25. Жидецький, В.Ц. та ін. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2006. 347 с.
26. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. 417с.
27. Ткачук А.І., Пуляк О.В. Цивільний захист. Навчальний посібник. Кропивницький: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард", 2017. 144 с.
28. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Підручник. К.: Знання, 2004. 490 с.