



УДК 621.436:62-531.9:62-543.4

ПЕРЕДУМОВИ ПОКРАЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ДИЗЕЛЯ МТА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕТОДУ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИЛІНДРІВ І ЦИКЛІВ

Р.Л. Швець, аспірант Національного університету біоресурсів і природокористування України

Проведено огляд та аналіз методів покращення експлуатаційних показників машинних агрегатів, окреслені основні переваги і недоліки розглянутих методів.

Запропоновано конструкцію системи регулювання потужності ДВЗ відключенням циліндрів і циклів.

Система, регулювання, потужність, відключення, циліндр, цикл, холостий хід, навантаження

Постановка проблеми. Під час експлуатації машинно-тракторних агрегатів (МТА) дизелі тривалий час працюють на режимах малих навантажень і холостого ходу (ХХ). Завантаження двигуна коливається також при виконанні однотипних робіт. Встановлено, що в умовах експлуатації протягом річного циклу тракторний двигун працює у всьому діапазоні крутного моменту, причому 33...52 % робочого часу із завантаженням двигуна нижче 60 %, 5...25 % часу затрачується на ХХ агрегату, де завантаження двигуна складає всього 12...20 %, а від 3 до 15 % часу двигун працює на ХХ. Чергування режимів повних і часткових навантажень характерне для будь-яких умов експлуатації. На цих режимах погіршується робочий процес, хоча регулювання потужності відбувається тільки за рахунок зміни кількості палива, що впорскується в камеру та згоряє при практично однаковій кількості повітря в суміші. Тому на режимах ХХ і невеликих навантажень малі циклові подачі палива обумовлюють надмірне збідніння паливної суміші з коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha \geq 3$. Робота на таких режимах як правило характеризується зниженням теплового стану дизеля і його камери згорання, часто зниженою частотою обертання валу дизеля, погіршеним розпилюванням та розподілом палива, збільшенням затримки займання і погіршенням процесів сумішоутворення – згорання, підвищеною нерівномірністю обертання валу, нестабільністю режиму спільної роботи дизеля із споживачем, тобто порушенням стійкості режиму і т.д. Як наслідок, зазначені вище умови призводять до погіршення паливної економічності МТА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. в світовому двигунобудуванні одним з методів підвищення економічності та ефективності, зниження токсичності ДВЗ є метод відключення циліндрів і циклів. Доцільність застосування цього методу істотно залежить від видів експлуатаційних режимів даної установки і від можливості застосування модернізованих рішень проблеми.. Запас потужності двигунів V6, V8 або V12 такий, що при русі з постійною швидкістю в середньому вони працюють тільки на 25% своєї потужності. При цьому виявляються недоліки «великих» моторів: часткове наповнення циліндрів свіжим зарядом, низький тиск у них, малий механічний ККД – все це й веде до перевитрати палива.

Якщо при частковому навантаженні багаточиліндрового двигуна вимкнути кілька циліндрів, то інші будуть працювати при більшому навантаженні з кращим ККД. Так, при роботі двигуна із частковим навантаженням весь об'єм повітря можна направити лише до половини циліндрів, їх навантаження збільшиться удвічі і ефективний ККД двигуна підвищиться. Охолоджуюча поверхня камер згорання менша, тому кількість теплоти, відведена системою охолодження, знижується, і витрата палива може зменшитися на 25%.

Мета і завдання дослідження. проаналізувати можливості підвищення економічних і екологічних якостей дизеля з використанням методу відключення циліндрів і циклів. Дати аналіз можливостей вдосконалення методу відключення циліндрів і циклів. Провести дослідження

СЕКЦІЯ 1

«Технічні інновації та практика в управлінні якістю вищої освіти» «Науково-технічний прогрес у розвитку вищої освіти України»»



економічних характеристик машинного агрегату, вдосконалення показників роботи дизеля на режимах малих навантажень і холостого ходу, шляхом зниження витрати палива, покращення стабільності і стійкості режимів.

Результати дослідження. Одним із способів усунення зазначених вище недоліків є метод регулювання потужності дизеля шляхом відключення циліндрів і циклів, відомий в двигунобудуванні, перш за все, як засіб підвищення економічності роботи дизелів на режимах малих навантажень і ХХ. Дослідження в цій галузі показали застосовність методу для покращення економічності дизелів. Якщо при частковому навантаженні багатциліндрового двигуна вимкнути кілька циліндрів, то інші будуть працювати при більшому навантаженні з кращим ККД. Так, при роботі двигуна із частковим навантаженням весь об'єм повітря можна спрямувати лише до половини циліндрів, їх навантаження збільшиться удвічі і ефективний ККД двигуна підвищиться. Площа поверхонь камер згоряння менша, тому кількість теплоти, відведена системою охолодження, знижується, і витрата палива може зменшитися на 25 %.

Зниження витрати палива на режимах часткових навантажень може бути досягнуто за рахунок більш ефективного перебігу процесу згоряння при меншій кількості відпрацьованих газів і більшому тиску заряду. При деяких засобах відключення циліндрів знижуються втрати на газообмін під час такту впуску і внутрішні втрати, що також сприяє зменшенню питомої витрати палива. Сутність даного методу полягає в тому, що в міру зменшення (або збільшення) навантаження за рахунок припинення подачі палива в різні циліндри відключається частина робочих циклів, що забезпечує отримання необхідної в даному режимі потужності.

Запропоновано конструкцію для 6-ти циліндрових дизелів розроблені схеми систем з виключенням з роботи циліндрів і циклів за рахунок припинення подачі палива в них. Така схема відключення дала можливість, без додаткових складних систем керування роботою клапанів механізму газорозподілу виконати автоматичне відключення циліндрів дизеля. Крім того, вона забезпечує підтримку їх у робочому стані й зниження температурних напружень при включенні в роботу (прийнятті навантаження).

Сутність його полягає в тому, що при відключенні частини циліндрів, ті що залишилися працюють під навантаженням, близьким до оптимального (при мінімальній питомій витраті палива), зі збільшеними цикловими подачами палива, а виходить, без надмірного збіднення паливоповітряної суміші і з підвищеним коефіцієнтом корисної дії. Звичайно, виключення циліндрів по одному а тим більше відключення окремих робочих циклів істотно розширює зону роботи з оптимальним навантаженням.

Найбільш досконалою з розглянутих схем є схема системи автоматичного регулювання потужності багатциліндрового дизеля, приведена на рис. 1

Недоліком вказаної системи є значна зміна конструкції головки штатного ПНВТ. У зв'язку з цим, в даній роботі запропоновано замість зворотних електромагнітних клапанів, вмонтованих в ПНВТ встановити зворотні електромагнітні клапани, що монтуються в лінії високого тиску між секціями ПНВТ і форсунками.

Крім звичайних складових елементів паливної системи дизеля, таких як паливний бак, фільтр грубої очистки палива, паливний насос низького тиску, фільтр тонкої очистки палива, паливний насос високого тиску (ПНВТ), форсунки, всережимний регулятор частоти обертання колінчастого валу двигуна та паливопроводів високого і низького тиску в даній схемі представлені зворотні електромагнітні клапани (їх кількість відповідає кількості секцій ПНВТ) до складу системи входять: безконтактні синхронізуючі датчики, датчик початку дії регулятора, електронний блок керування зворотніми електромагнітними клапанами, та гідрокомпенсатор.

Ці клапани монтуються в головці ПНВТ. Їх кількість відповідає кількості секцій ПНВТ.

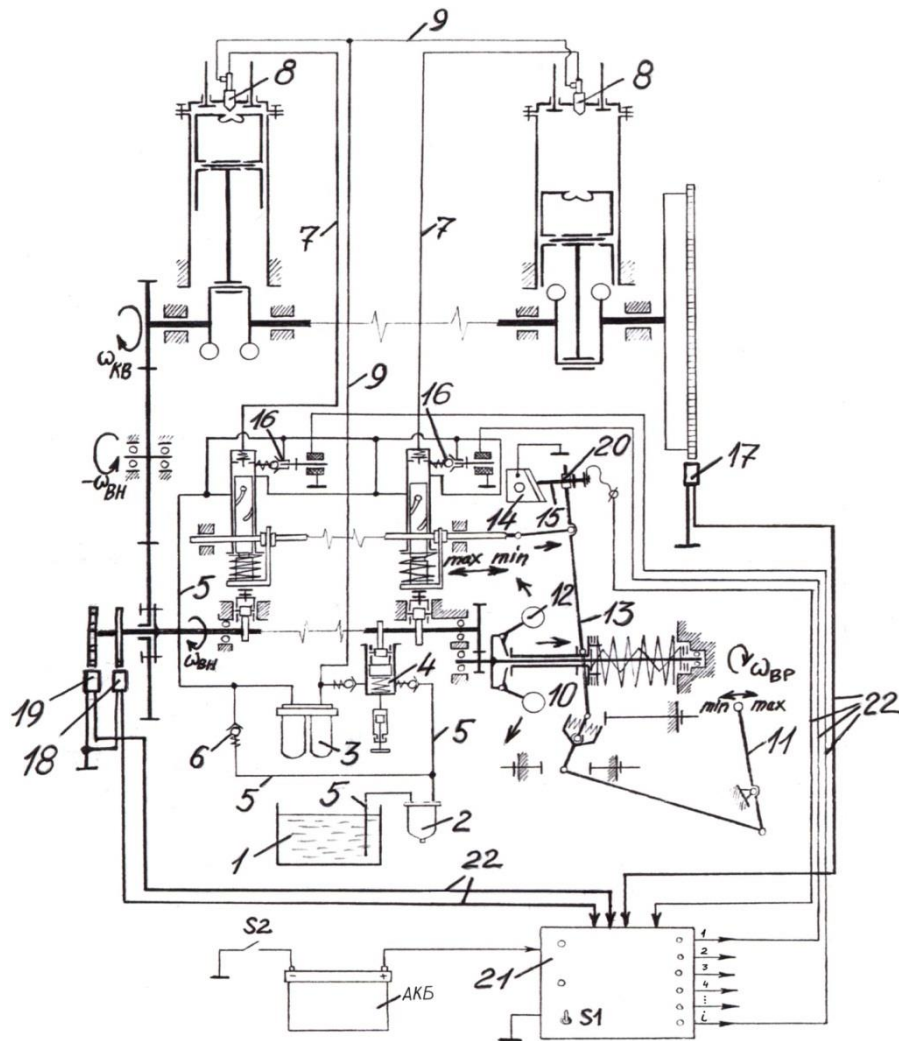


Рис. 1 Схема системи автоматичного регулювання потужності багаточилндрового двигуна

Клапани можуть застосовуватись як в системі регулювання потужності шестициліндрового дизеля ЯМЗ-236Д з відключенням циліндрів і циклів (ДРЦ), так і в будь-якій іншій системі регулювання.

Ці клапани монтується в головці ПНВТ. Їх кількість відповідає кількості секцій ПНВТ. Один з можливих варіантів конструктивного виконання перепускних клапанів з електроприводами приведено на рис 2

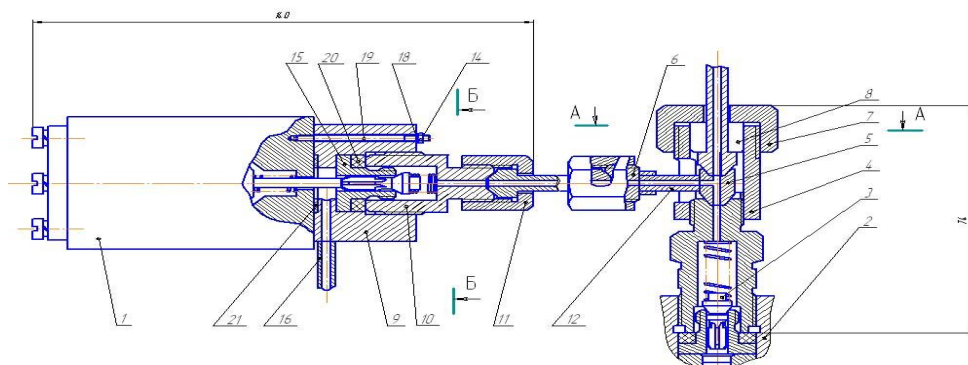


Рис. 2 Конструктивне рішення зворотного електромагнітного клапана

СЕКЦІЯ 1

«Технічні інновації та практика в управлінні якістю вищої освіти» «Науково-технічний прогрес у розвитку вищої освіти України»



Розглянутий принцип дії запропонованої системи безконтактні синхронізуючі датчики утворюють високочастотні сигнали синхронно частоті обертання вала двигуна. Сигнали датчиків надходять у комутатор циклів, за допомогою якого здійснюється керування відключенням окремих робочих циклів, що дозволяє регулювати потужність двигуна. Комутатор циклів дозволяє здійснити відключення циклів в той момент, коли від датчика початку дії регулятора надходить сигнал високого рівня.

З комутатора циклів електричний сигнал надходить у підсилювач і далі в електронний блок управління зворотніми електромагнітними клапанами, за допомогою яких електричний сигнал формується і підсилюється до рівня керування ключовою схемою електромагнітними клапанами.

Коли обмотка електромагніта 1 зворотного клапана знеструмлена ($I_c = 0$) і його запірний елемент 14 знаходиться у закритому стані, паливо, що нагнітається плунжером ПНВТ даної секції насоса, надходить через нагнітальний клапан 3, зворотній електромагнітний клапан до форсунки і, долаючи тиск її пружини, впорскується в циліндр двигуна.

Коли ж на обмотку електромагніта від блоку керування зворотніми клапанами подано електричний імпульс високого рівня ($I_c = I_n$), запірний елемент 14 зворотного клапана відкривається і паливо, що нагнітається плунжером даної секції насоса, стравлюється в ЛНТ, впорскування в циліндр не відбувається і робочий цикл відключається.

Хоч зворотній клапан і має електропривод, однак на відміну від раніше відомих систем відключення циліндрів перед електромагнітним приводом не ставиться задача відкриття клапана в певний момент, тобто додання залишкового тиску в ЛВТ, витримуючи фази початку відкриття і т.д., а ставиться задача лише утримання клапана у відкритому стані (що забезпечує перепуск палива в ЛНТ під час чергового нагнітального ходу насоса, а отже, й відключення окремих робочих циклів). Відкриття зворотного клапана відбуватиметься за допомогою хвилі розрідження, що формується в ЛВТ під час відсікання подачі і посадці нагнітального клапана 3 з розвантажувальним пояском в сідло, закриття – хвилею тиску і зворотною пружиною 13 після зняття живлення із обмотки електромагніта.

Розглянута математична модель робочого процесу дизельного ДРЦ і проведення уточнена математична модель динаміки дизельного ДРЦ.

Проведені теоретичні дослідження процесу згоряння робочого циклу, наступного після n -ої кількості послідовно відключених циклів на ПК Згідно з поставленим завданням були розроблені програма (алгоритм) відключення циліндрів і циклів та методика досліджень.

Кількісна оцінка основних показників робочого циклу, наступного після одного, двох, трьох та чотирьох послідовно відключених циклів

Коефіцієнт надлишку повітря (рис. 3) робочого циклу, наступного після одного відключеного циклу, збільшився на 8,6 % (з 1,65 до 1,7913), після двох, трьох і чотирьох послідовно відключених циклів – на 9,4 %. Тобто стабілізація робочого циклу по параметру α встановлювалась після двох послідовно відключених циклів.

Коефіцієнт залишкових газів для звичайного циклу $\gamma^0 = 0,0315$, для циклів, наступних після одного, двох, трьох і чотирьох послідовно відключених – відповідно $\gamma^I = 0,00243$, $\gamma^{II} = 0,00002$, $\gamma^{III} = \gamma^{IV} = 0$.

Коефіцієнт залишкових газів для звичайного циклу $\gamma^0 = 0,0315$, для циклів, наступних після одного, двох, трьох і чотирьох послідовно відключених – відповідно $\gamma^I = 0,00243$, $\gamma^{II} = 0,00002$, $\gamma^{III} = \gamma^{IV} = 0$.

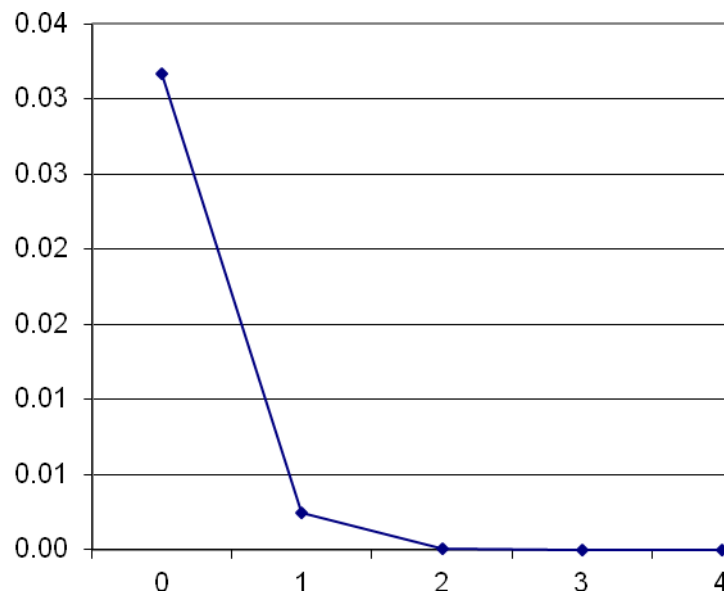


Рис. 3 Коефіцієнт надлишку повітря робочого циклу, наступного після одного, двох, трьох та чотирьох послідовно відключених циклів

Коефіцієнт залишкових газів для звичайного циклу $\gamma^0 = 0,0315$, для циклів, наступних після одного, двох, трьох і чотирьох послідовно відключених – відповідно $\gamma^I = 0,00243$, $\gamma^{II} = 0,00002$, $\gamma^{III} = \gamma^{IV} = 0$.

Тобто після одного відключеного циклу циліндр майже повністю очистився від залишкових газів.

Коефіцієнт наповнення циклу, наступного після одного відключеного циклу, зріс на 5,8 %, після двох – на 14,6 %, після трьох і чотирьох – стабілізувався і збільшився на 15,5 %.

В робочому циклі, наступному після двох, трьох і чотирьох послідовно відключених циклів, максимальна температура зменшилась по відношенню до звичайного циклу на 2,8 % (з 2080 до 2022 К), а в при більшій кількості – до 2020 К і на цьому рівні стабілізувалася.

Максимальний тиск згоряння після одного пропущеного циклу збільшився з 7,88 до 8,03 МПа (на 2 %), а після двох і більше відключених циклів – до 8,11 МПа (ще на 1 %) і далі лишився на тому ж рівні, що свідчить про те що після двох і більше пропущених циклів по всіх параметрах і показниках робочого циклу відбувається стабілізація

Залежності питомої індикаторної g_i та ефективної g_e витрат палива від кількості послідовно відключених циклів перед досліджуваним робочим циклом n (рис.4)

Свідчить про те що наступний робочий цикл після одного пропущеного циклу матиме кращу питому витрату палива, а після двох і більше відключених циклів спостерігається погіршення питомої витрати палива, і перевищує g_i , g_e ніж при постійній роботі. Максимальний тиск згоряння після одного пропущеного циклу збільшився з 7,88 до 8,03 МПа (на 2 %), а після двох і більше відключених циклів – до 8,11 МПа (ще на 1 %) і далі лишився на тому ж рівні, що свідчить про те що після двох і більше пропущених циклів по всіх параметрах і показниках робочого циклу відбувається стабілізація.

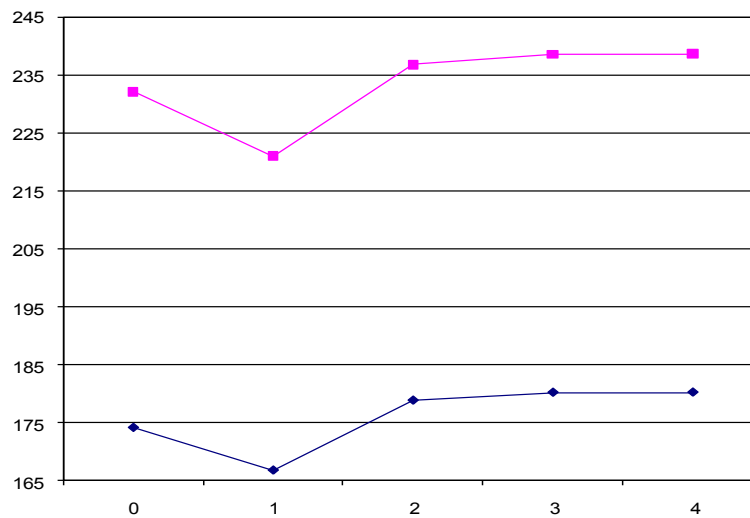


Рис. 4 Залежність питомої індикаторної g_i та ефективної g_e витрат палива від кількості послідовно відключених циклів перед досліджуваним робочим циклом n .

Висновки: Економія палива при використанні даного методу на режимах часткових навантажень становить 15...25 %. На режимі ХХ витрата палива зменшується майже вдвічі.

Для реалізації потенційних можливостей покращення паливної економічності МТА, для його практичного застосування необхідні подальші всебічні дослідження методу регулювання потужності дизеля відключенням окремих робочих циліндрів і циклів як теоретичного, так і практичного характеру.

Список літератури

1. Агеев Л.Е. Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы машинно-тракторных агрегатов. – Л.: Колос, 1978. – 296 с.
2. Бешун О.А. Вплив регулювання потужності дизеля відключенням окремих робочих циклів на його економічні, екологічні та динамічні показники: Дис... К-та. Техн. Наук: 05.05.03. – К., 1996. – 460 с.
3. Двигатель внутреннего сгорания с пропуском рабочих циклов: А.с. 1334830 А1 СССР, М.Кл.³ F 02 D 17/02 / А.З. Филиппов, В.С. Вербовский, Н.Е. Атаманенко, Н.М. Сторчевой (СССР). – №3498771/25-06; Заявл. 11.10.82; Не опубл.
4. Леонов И.В., Леонов Д.И., Марков В.А., Сиротин Е.А. Управление фазами газораспределения дизелей транспортного назначения // Грузовик &. – 2002. – №4. – С. 34–39.
5. Линник А.В. Повышение эксплуатационной топливной экономичности транспортных дизелей путём автоматического регулирования числа работающих цилиндров: Дис... канд. техн. наук.: 05.04.02. – Х., 1983. – 134 с.
6. Патрахальцев Н.Н., Андрес Вальдеррама Ромеро, Хуан Градос Калдерон. От отключения цилиндров – к отключению циклов // Автомобильная промышленность. – 1995. – №11. – С. 23–24.
7. Патрахальцев Н.Н., Костиков А.В., Вальдерама Ромеро А. Отключение цилиндров и циклов как способ повышения динамических качеств дизель-генераторов // Автомобильная промышленность. – 2001. – №8. – С. 14–16.
8. Патрахальцев Н.Н., Эмиль М.В. Уравнение двигателя внутреннего сгорания как регулируемого объекта с отключением цилиндров // Известия вузов: Машиностроение. – 1995. – №7–9. – С. 49–51.



**Матеріали Міжнародної студентської науково-практичної конференції
«Перспективи розвитку аграрної вищої освіти України очима молодих науковців»**

9. Семёнов Б.Н., Иванченко Н.Н. Задачи повышения топливной экономичности дизелей и пути их решения // Двигателестроение. – 1990. – №11. – С. 3–7.
10. Стефановский Б.С., Скобцов Е.А., Корси Е.К. и др. Испытание двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1972. – 368 с.
11. Трепенников И.И., Сафронов С.С. О топливной экономичности машинно-тракторных агрегатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1984. – №1. – С. 1-3.
12. Филиппов А.З. Повышение экономических и экологических показателей ДВЗ отключением отдельных рабочих циклов: Дис... Д-ра техн. Наук: 05.04.02. – К., 1996. – 460 с.