

Гутаревич Ю.Ф., д.т.н., Добровольський О.С., інж., Сельський М.П., інж.

ДВНЗ «НТУ», м. Київ

ПОКАЗНИКИ РУХУ АВТОМОБІЛЯ З ДИЗЕЛЕМ ЗА РЕЖИМАМИ ЇЗДОВОГО ЦИКЛУ ПРИ РІЗНИХ ТИПАХ РЕГУЛЯТОРА

Наведено порівняльні результати дорожніх випробувань і розрахунку на математичній моделі показників вантажного автомобіля, обладнаного дизелем з різними системами автоматичного регулювання частоти обертання.

Вступ

В теперішній час дизелі широко використовуються на тракторах, автомобілях, дорожньо-будівельній техніці, автобусах, на агрегатах різного призначення (дизель-електростанції, дизель-насосні станції, дизель-зварювальні агрегати). Разом з тим, відповідних автомобільних дизелів промисловість України не випускає. Крім того, тракторні дизелі є значно дешевшими в порівнянні з автомобільними дизелями, вони забезпечують значне покращення паливної економічності в порівнянні з бензиновими двигунами. Паливна економічність транспортного засобу з тракторним дизелем у порівнянні з транспортним засобом з бензиновим двигуном вища на 20-30 %. На тракторних двигунах застосовують систему всережимного регулювання, яка не забезпечує оптимальне управління при встановленні тракторного дизеля, наприклад, на автомобіль. Вимоги до систем регулювання транспортних і тракторних дизелів відрізняються. На транспортному засобі, зокрема автомобілі, система регулювання дизеля повинна забезпечити динамічні показники транспортного засобу у відповідності з дорожніми умовами.

Основна частина

На кафедрі “Двигуни і теплотехніка” розроблено і запатентовано зразок однорежимного регулятора частоти обертання на базі штатного всережимного регулятора паливного насоса 4УТНМ.

Для перевірки працездатності однорежимної системи регулювання проведено стендові моторні та безмоторні дослідження, під час яких визначалась низка характеристик насоса високого тиску і дизеля Д-243. В ході проведення моторних досліджень на дизелі Д-243 був встановлений серійний паливний насос 4УТНМ із всережимним регулятором, а потім — той же паливний насос з однорежимним регулятором. Проведені дослідження показали працездатність даної системи регулювання [1, 2, 3].

Тип регулятора є одним із чинників, які в умовах експлуатації визначають паливну економічність і токсичність відпрацьованих газів автомобіля з дизелем.

Методику дослідження експлуатаційних властивостей дорожнього транспортного засобу в системі “водій — автомобіль — дорога” було розроблено в Національному транспортному університеті [4]. Обмеження, які накладено на систему, також приведено у вищезгаданій роботі. На основі даної методики була розроблена математична модель руху вантажного автомобіля, обладнаного дизелем, повною масою більше 3,5 т за міським та магістральним їздовими циклами, які регламентовано згідно ГОСТ 20306-90 [5]. В цій моделі враховується тип регулятора, який встановлено на дизель.

При аналізі обраних їздових циклів, які відповідають вимогам цього ГОСТу, визначені типові режими руху автомобіля та відповідно режими роботи дизеля:

1. Робота дизеля в режимі мінімальної частоти обертання активного холостого ходу (міський цикл).
2. Розганяння дизеля автомобіля в режимі активного холостого ходу (міський цикл).

3. Розганяння автомобіля з дизелем при буксуючому зчепленні.
4. Розганяння автомобіля при заблокованому зчепленні (розганяння дизеля автомобіля при роботі в режимі часткових навантажень або при повному навантаженні).
5. Рух автомобіля при перемиканні передач.
6. Усталений рух автомобіля.
7. Уповільнення автомобіля з приєднаним до трансмісії двигуном.
8. Уповільнення автомобіля з від'єднаним від трансмісії двигуном.
9. Уповільнення автомобіля з використанням гальмів (гальмування).
10. Зупинка автомобіля та робота дизеля в режимі мінімальної частоти обертання активного холостого ходу.

Для проведення імітаційних досліджень для їздового циклу чи його частини необхідно послідовно розрахувати роботу дизеля в кожному режимі в порядку, який відповідає даному циклу. Для переважної більшості типових режимів робота двигуна та автомобіля описується диференціальними рівняннями чи їх системами [6], які можна розрахувати шляхом числового інтегрування за допомогою сучасних обчислювальних засобів, наприклад, оболонки MathCAD. Оскільки, як правило, кінцевий час інтегрування, який відповідає досягненню певної частоти обертання двигуна або швидкості автомобіля, невідомий, його можна визначити шляхом підбору (ітерацій).

Математична модель дозволяє розрахувати не лише витрату палива, що відносно легко визначається експериментально, а й викиди шкідливих речовин, експериментальне визначення яких є складною задачею.

Для визначення годинної витрати палива, повітря, індикаторного крутного моменту, циклової подачі палива, відновлюючої сили регулятора, концентрації оксидів вуглецю (CO), вуглеводнів (C_mH_n), оксидів азоту (NO_x), димності відпрацьованих газів (N), складені поліноми за робочими таблицями відповідно до результатів стендових досліджень двигуна з різними системами регулювання частоти обертання.

Для отримання достовірних значень витрати палива і викидів шкідливих речовин в процесі розрахунку на математичній моделі необхідно перевірити її адекватність на відповідність експериментальним даним.

З метою перевірки адекватності математичної моделі було проведено розрахунок руху автомобіля ГАЗ-53-12, обладнаного дизелем Д-243 з різними системами автоматичного регулювання частоти обертання, за фрагментом міського їздового циклу для вантажного автомобіля повною масою більше 3,5 т (рис. 1) та проведені реальні дорожні випробування.

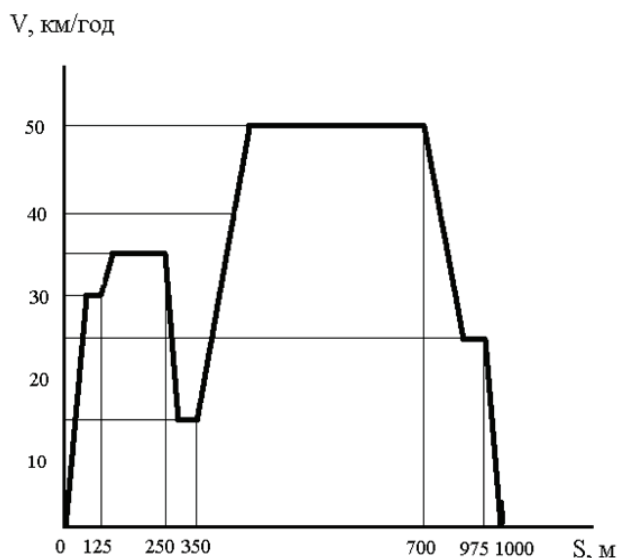


Рис 1. Фрагмент міського їздового циклу для вантажного автомобіля згідно ГОСТ 20306-90

Порівняльні результати розрахунку на математичній моделі та дорожніх випробувань для різних значень завантаженості автомобіля наведено в табл. 1 та 2.

Таблиця 1

Показники руху за їздовим циклом вантажного автомобіля, обладнаного дизелем з різними системами регулювання (маса вантажу 0 кг)

Тип системи регулювання	Максимальне положення важеля керування	Дорожні випробування		Розрахунок на мат. моделі		Похибка по витраті палива, %
		час, с	витрата палива, г/км	час, с	витрата палива, г/км	
Всережимна	100	121,83	135,43	116,64	129,2	4,6
	70	122,3	137,13	116,68	128,7	6,15
Однорежимна	100	122,67	134,58	116,99	128,7	4,37
	70	125,0	128,35	118,42	124,74	2,81

Таблиця 2

Показники руху за їздовим циклом вантажного автомобіля, обладнаного дизелем з різними системами регулювання (маса вантажу 2000 кг)

Тип системи регулювання	Максимальне положення важеля керування	Дорожні випробування		Розрахунок на мат. моделі		Похибка по витраті палива, %
		час, с	витрата палива, г/км	час, с	витрата палива, г/км	
Всережимна	100	123,13	177	119,53	169,34	4,33
	70	122,83	177	119,6	168,62	4,74
Однорежимна	100	125	179,9	119,92	168,94	6,09
	70	127	171,4	121,7	165,15	3,65

Перевірку адекватності математичної моделі виконано порівнянням витрати палива та тривалості виконання циклу отриманих за розрахунком із застосуванням математичної моделі та в експериментальних дослідженнях. Розбіжність результатів за витратою палива не перевищує 6,2, за часом заїзду — 5,3 %.

Як видно з отриманих результатів, при всережимному регулюванні частоти обертання дизеля незалежно від положення важеля керування паливоподачею, витрата палива і час заїзду практично однакові, що показали дорожні випробування і розрахунок на математичній моделі, при цьому похибка по витраті палива між частковим і максимальним положенням важеля керування складає 0,4 % при масі вантажу 2000 кг і 0,3 % при масі вантажу 0 кг.

При однорежимному регулюванні частоти обертання дизеля в залежності від положення важеля керування паливоподачею, витрата палива і час заїзду різні. Дорожні випробування і розрахунок на математичній моделі показали, що при русі транспортного засобу при часткових положеннях важеля керування паливоподачею час заїзду збільшується приблизно на 1,4 % а витрата палива зменшується на 2,24 % при масі вантажу 2000 кг, а за рухом автомобіля без вантажу час заїзду збільшується на 1,2 %, а витрата палива зменшується на

3,07 %. Таким чином, підтверджена можливість управління режимами роботи двигуна при використанні одно режимного регулятора, наслідком чого є економія палива.

Розрахункова зміна параметрів руху автомобіля ГАЗ-53-12 з дизелем Д-243 з вантажем масою 2000 кг для різних систем регулювання частоти обертання двигуна та різних значень максимального положення органу керування показана на рис. 2 та 3. На них показано швидкість транспортного засобу V_a (м/с), положення рейки паливного насосу h (мм), положення важеля керування паливopoдачею φ_p (%), годинна витрата палива G_n (кг/год), частота обертання двигуна n (хв⁻¹).

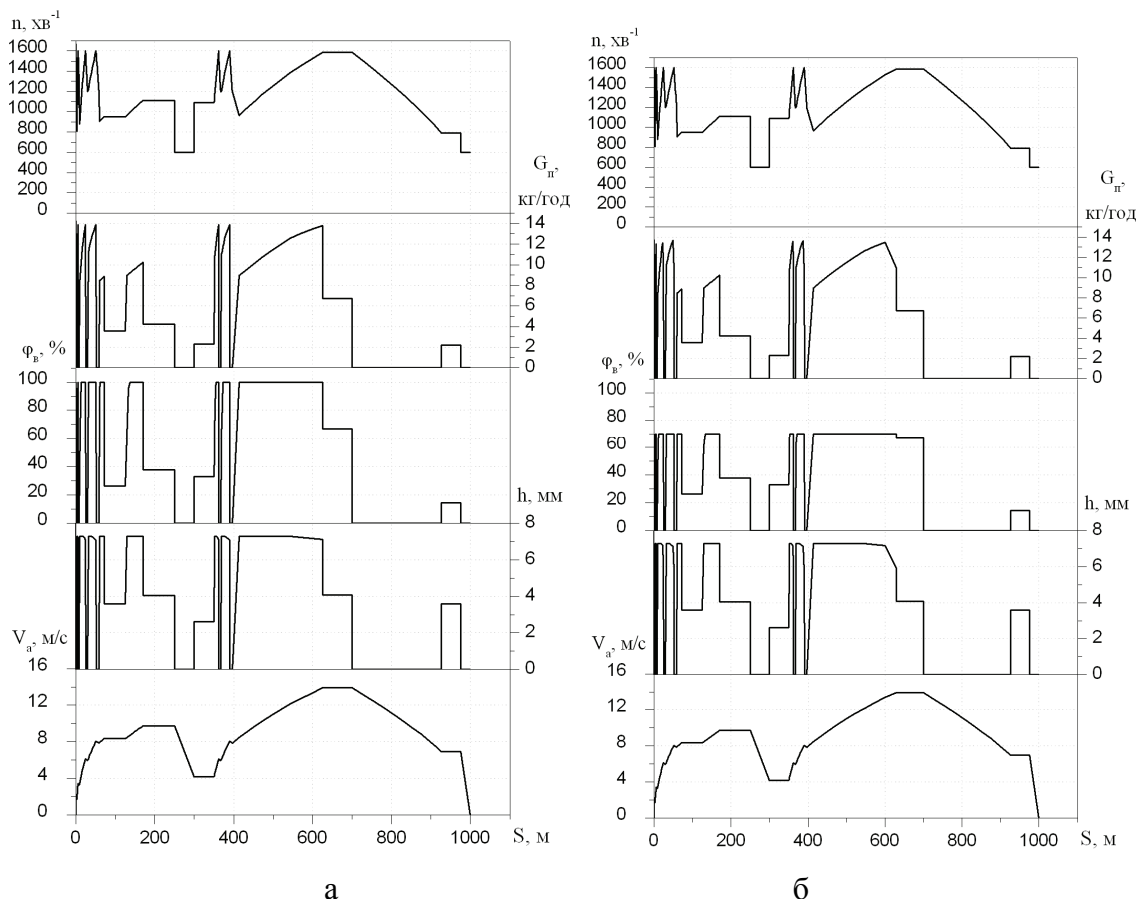


Рис. 2. Рух автомобіля ГАЗ-53-12, обладнаного дизелем Д-243 з всережимним регулятором частоти обертання:

а — 100 % максимального положення органу керування; б — 70 % максимального положення органу керування

Як видно з показаних залежностей рис. 2, при всережимному регулюванні незалежно від положення важеля керування паливopoдачею розгін і рух транспортного засобу відбувається по зовнішній швидкісній характеристиці (положення рейки $h = 7$ мм, що відповідає максимальній подачі палива).

При однорежимному регулюванні в залежності від положення важеля керування паливopoдачею розгін відбувається по часткових швидкісних характеристиках і лише при максимальному положенні важеля — по зовнішній (рис. 3), (положення рейки при переході від $\varphi_p = 100$ % до $\varphi_p = 70$ % змінюється від $h = 7$ мм до $h = 6$ мм). Такою закономірністю руху рейки при різних типах регуляторів і пояснюється можливе зниження витрати палива.

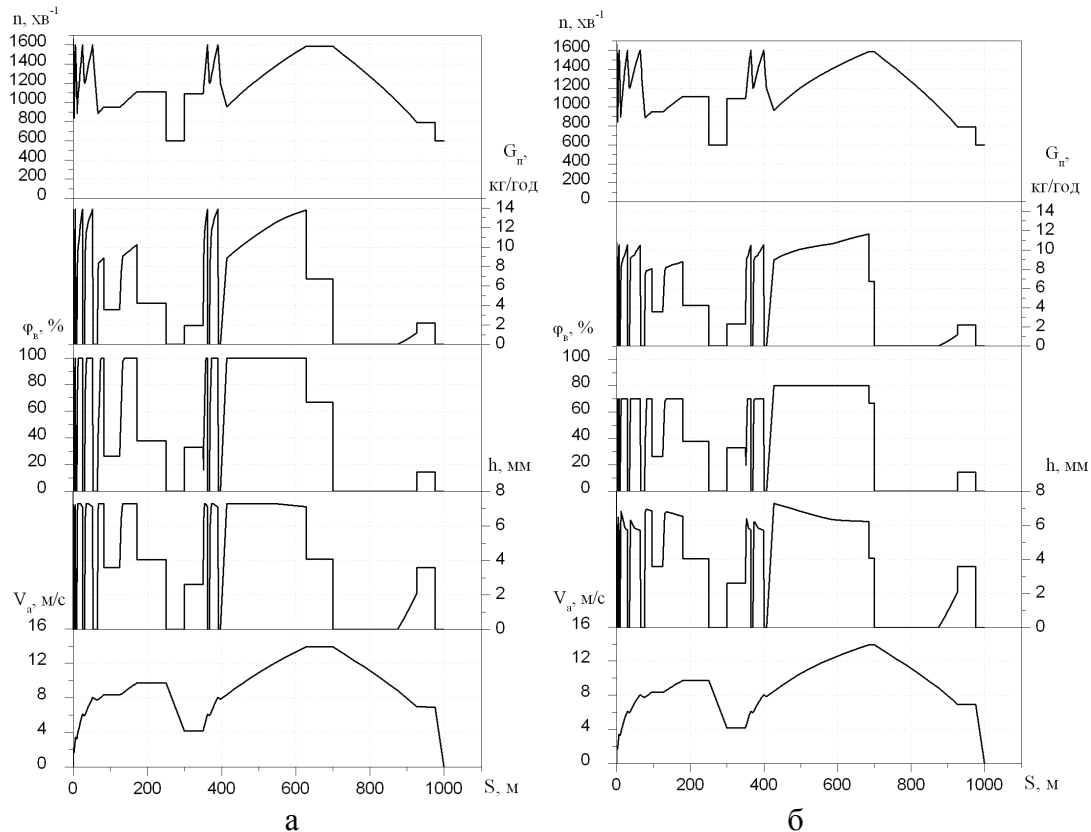


Рис. 3. Рух автомобіля ГАЗ-53-12, обладнаного дизелем Д-243 з однорежимним регулятором частоти обертання:
 а — 100% максимального положення органу керування; б — 70% максимального положення органу керування

Висновки

В цілому дорожні дослідження автомобіля з імітацією руху за режимами їздового циклу і розрахунок на математичній моделі показали, що перехід до однорежимного регулювання дозволяє управляти інтенсивністю розгону автомобіля в залежності від умов руху в більш широкому діапазоні, в результаті чого можна отримати покращення паливної економічності.

Список літератури

1. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Добровольський О.С. Розробка і дослідження однорежимного регулятора швидкості для транспортного дизеля // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. — 2006. — № 6(41). — Ч. 1. — С. 67-69.
2. Гутаревич Ю.Ф., Мороз В.В., Добровольський О.С. Вплив одно-та дворежимного регулювання на протікання часткових характеристик циклової подачі палива // Вісник Національного транспортного університету. — 2006. — № 13. — Ч. 1. — С. 67-71.
3. Говорун А.Г., Корпач А.О., Мороз В.В., Добровольський О.С. Порівняльні дослідження дизеля з однорежимним та всережимним регулятором швидкості // Вісник Національного транспортного університету. — К., 2007. — Вип. 14. — С. 69-73.
4. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путём оптимизации эксплуатационных факторов: Дисс.... докт. техн. наук. — Киев. — 1985. — 533 с.
5. ГОСТ 20306-90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. — М., 1990.
6. Добровольський О.С. Математична модель розгону автомобіля з дизелем при однорежимному регулюванні // Проблеми транспорту. — Київ: НТУ, 2008. — Вип. 5. — С. 106-109.

Стаття надійшла до редакції 04.06.08
 © Гутаревич Ю.Ф., Добровольський О.С., Сельський М.П., 2008