

УДК 621.43.004
UDC 621.43.004

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОЕФІЦІЄНТА РОЗСИВАННЯ ЕНЕРГІЇ

Говорун А.Г., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Мержієвська Л.П., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Куций П.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

ENERGY DISSIPATION COEFFICIENT CALCULATION RESEARCH RESULTS

Govorun A.G., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Merzhuyevska L.P., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Kutsyy P.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОЕФФИЦИЕНТА РАССЕЙВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Говорун А.Г., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Мержієвская Л.П., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Куций П.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Загально відомим фактом є те, що при русі трактора в неусталених режимах в системі регулювання виникають коливання крутного моменту двигуна M_e [1], що спричиняють кутові коливання в елементах трансмісії. Як результат, в системі виникають втрати енергії, яка розсіюється у вигляді теплоти.

Момент розсіювання енергії (демпфування), що діє на коливальну систему, визначається за залежністю:

$$M_d = \xi \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t} \quad (1)$$

де ξ - коефіцієнт розсіювання енергії (величина демпфування), що враховує усі види втрат енергії;

φ - кут закручування мас, що здійснюють поступальний і обертальний рухи, зведених до осі колінчатого валу.

За отриманими даними під час дорожніх випробовувань [2, 3], розрахунковим методом визначено коефіцієнт розсіювання енергії за методикою [4] та його вплив на паливну економічність дизеля при русі КТЗ в неусталених режимах ґрунтовою дорогою з різними значеннями нерівностей її мікропрофіля з всережимним та гранично-всережимним регуляторами.

Відомо [5, 6], що основною, по відношенню до трансмісії, зовнішньою збуджуючою дією є крутний момент двигуна, який однозначно визначає координата рейки паливного насосу h . Для спрощення аналізу приймемо, що зміна амплітуди коливань крутного моменту двигуна ідентична зміні амплітуди коливань рейки паливного насосу.

В табл. 1 наведено приклад результатів обробки експериментальних даних дорожніх випробувань трактора МТЗ-80 при його русі з постійною швидкістю ґрунтовою дорогою з різними значеннями нерівностей її мікропрофіля на третій передачі за фіксованого положення важеля керування подачею палива, а також результати розрахунку коефіцієнта розсіювання енергії для прийнятих умов руху трактора МТЗ-80, які імітують умови руху КТЗ в сільськогосподарських технологічних процесах.

Розрахунок виконано для трактора МТЗ-80 за такими вихідними даними: маса $m_{тр}=3770$ кг; зведена до колінчастого валу жорсткість трансмісії $s_{пр}=67,937$ Нм/рад; швидкість руху $V=4,7$ км/год; частота обертання двигуна $n=1500$ хв⁻¹.

Таблиця 1 - Результати розрахунку коефіцієнта розсіювання енергії за результатами дорожніх випробувань трактора МТЗ-80

Перевитрата палива, $\Delta G_{п}$, кг/год.	Перевитрата палива, $\Delta G_{п}$, %	Втрата теплоти, ΔQ , Дж	Втрата поужності, ΔNe , Вт	Втрата моменту, ΔMe , Н·м	Частота коливань, f , Гц	Період коливань, T , сек.	Приріст амплітуди коливань крутного моменту, ΔA_{Me} , Нм	Приріст коефіцієнта розсіювання енергії, $\Delta \xi$, Нм·с/рад	Приріст кута закручування, $\Delta \varphi_{ср}$, рад
0,143	5,30	6067,30	421,34	2,68	0,3956	2,528	6,44	17,88	0,09479
0,161	6,01	6878,60	477,70	3,04	0,2381	4,2	7,34	29,74	0,10804
0,194	7,22	8254,35	573,21	3,65	0,2660	3,76	8,74	26,85	0,12865
0,281	10,46	11958,2	830,40	5,29	0,3259	3,068	12,54	21,98	0,1846
0,361	13,46	15379,9	1068,04	6,8	0,2535	3,944	16,14	28,24	0,2376
0,372	13,80	15803,2	1097,40	6,99	0,4310	2,32	16,59	16,59	0,244196
0,381	14,20	16226,5	1126,80	7,17	0,3634	2,752	17,04	19,68	0,25082
0,480	17,80	20424,2	1418,35	9,03	0,3571	2,8	21,32	20,14	0,3138
0,532	19,78	22611,3	1570,20	9,03	0,3165	3,16	23,54	22,79	0,34649
0,581	21,60	24727,8	1717,20	10,90	0,4931	2,028	25,68	14,65	0,377996

Приріст коефіцієнта розсіювання енергії визначили також за перевитратою палива $\Delta G_{п}$ та приростом амплітуди коливань крутного моменту ΔA_{Me} двигуна з всережимним регулятором порівняно з гранично-всережимним [1, 2].

Найбільш поширеним неусталеним режимом руху КТЗ є його рух пересіченою місцевістю. Рух за таких умов викликає безперервний вплив САРЧ на рейку паливного насосу, що змінює подачу палива в циліндри дизеля та зумовлює неперервні перехідні процеси, які супроводжуються зміною потужності двигуна і втратами енергії на демпфування [1, 2, 3].

Для визначення впливу неусталеного характеру зовнішнього навантаження на амплітуду коливань крутного моменту двигуна вибрано закон зміни опору руху $\pm \Delta M_{оп}$ у вигляді симетричної прямокутної функції рис. 1. Середнє значення приросту амплітуди ΔA_{Me} декількох періодів коливань приймаємо таким, як в усталеному режимі руху. Вплив такого режиму руху КТЗ на амплітуду коливань рейки паливного насосу визначено для найбільш поширених частот зовнішньої збуджуючої дії.

Розрахунками на динамічній математичній моделі та результатами експериментальних досліджень встановлено, що амплітуда коливань крутного моменту двигуна (рейки паливного насосу) з гранично-всережимним регулятором значно менша, ніж при роботі двигуна з всережимним регулятором. Останнє пояснюється тим, що в гранично-всережимному регуляторі передбачено керований обмежувач переміщення рейки в сторону збільшення подачі палива.

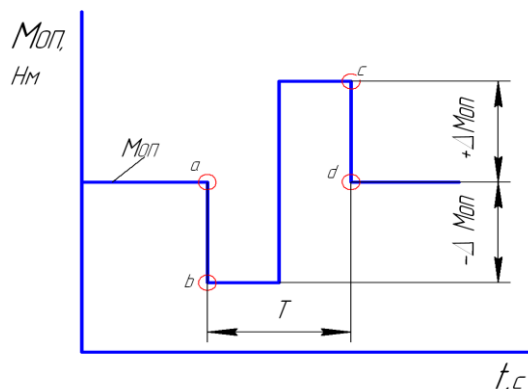
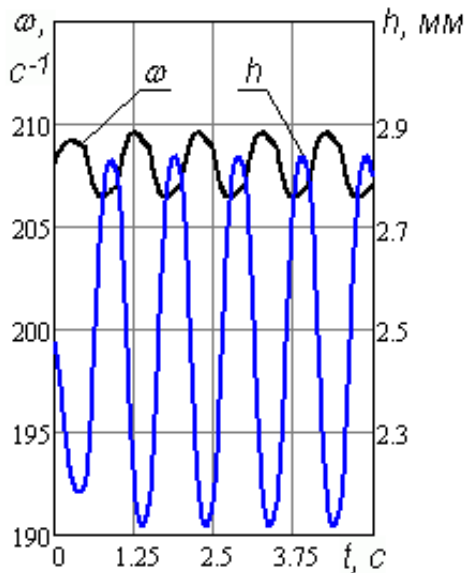
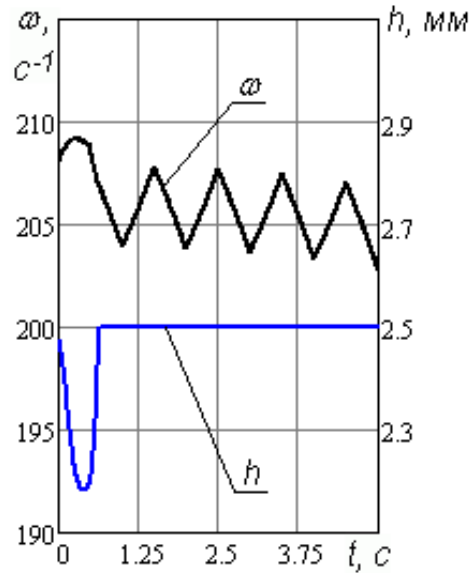


Рисунок 1 – Симетрична прямокутна функція зміни моменту опору руху

Для наочності на рис. 2 та 3 наведено приклади розрахунків на математичній моделі перехідних процесів в системах автоматичного регулювання дизеля з штатним всережимним і гранично-всережимним регуляторами частоти обертання колінчастого вала дизеля. З рис. 2 та 3 видно, що амплітуда коливань рейки паливного насоса з гранично-всережимним регулятором або майже відсутня, або значно менша порівняно з амплітудою коливань рейки паливного насоса з всережимним регулятором.

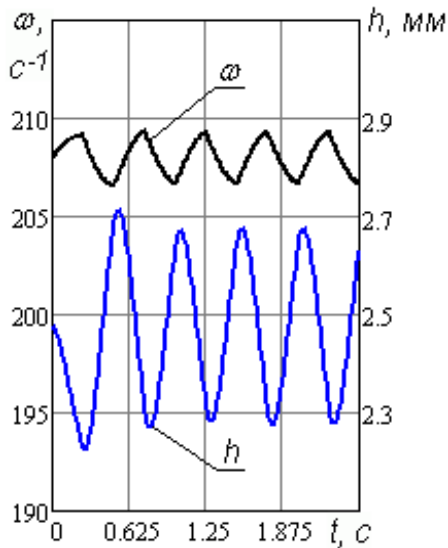


а) штатний всережимний регулятор

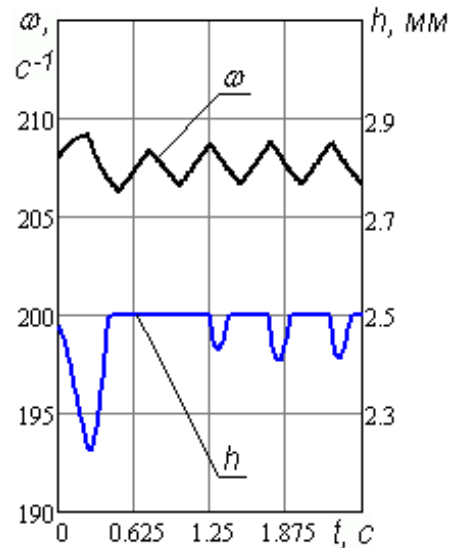


б) гранично-всережимний регулятор

Рисунок 2 - Приклади перехідних процесів в САРЧ дизеля Д-241 при прямокутно-симетричній періодичній зміні опору ($T = 1$ с; $\Delta M_{оп} = 19$ Н·м).



а) штатний всережимний регулятор



б) гранично-всережимний регулятор

Рисунок 3 - Приклади перехідних процесів в САРЧ дизеля Д-241 при прямокутній періодичній зміні опору ($T = 0,5$ с; $\Delta M_{оп} = 19$ Нм).

Отже, обмеження вимушених коливань рейки паливного насоса високого тиску забезпечує зниження амплітуди коливань рейки паливного насоса, тобто крутного моменту двигуна.

На рис. 4, як приклад, показано залежність зміни приросту коефіцієнта розсіювання енергії $\Delta \xi$ від приросту амплітуди коливань крутного моменту ΔA_{Me} двигуна Д-241 при русі трактора МТЗ-80 на третій передачі ґрунтовою дорогою за різних значень нерівностей її мікропрофіля.

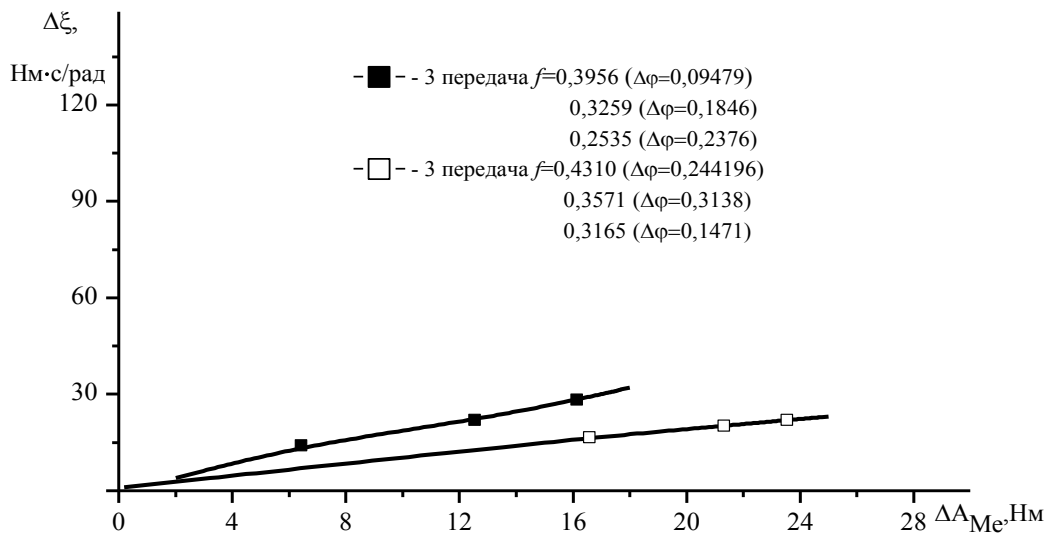
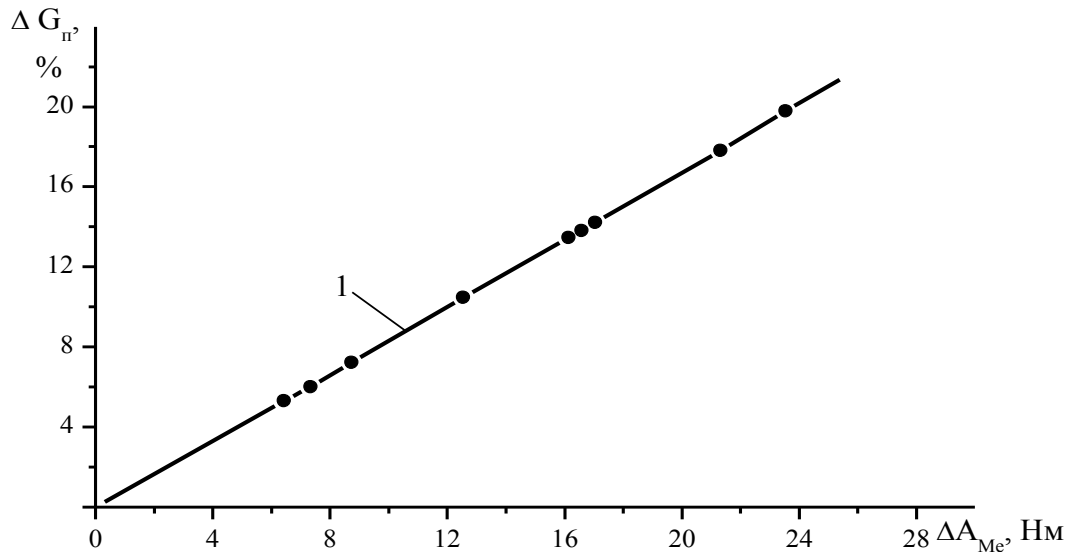


Рисунок 4 - Зміна коефіцієнта розсіювання енергії від амплітуди і частоти коливань крутного моменту трактора МТЗ-80 при русі ґрунтовою дорогою з різними степенями нерівностей

Аналіз залежностей, наведених на рис. 4 показує, що приріст коефіцієнта $\Delta \xi$ практично пропорційно зростає із збільшенням приросту амплітуди коливань ΔA_{Me} крутного моменту, а із збільшенням частоти коливань крутного моменту приріст коефіцієнту $\Delta \xi$ зменшується.

А на рис. 5, також в якості прикладу, наведено залежність зміни частки перевитраченого палива $\Delta G_{п}$, % від приросту амплітуди коливань крутного моменту ΔA_{Me} дизеля трактора МТЗ-80. Порівняльна витрата палива визначалась також при русі трактора на третій передачі ґрунтовою дорогою з постійною швидкістю за різних значень нерівностей її мікропрофіля з всережимним регулятором та гранично-всережимним регулятором.



1 - розрахунково-експериментальне значення збільшення приросту годинної витрати палива при русі трактора МТЗ-80 на 3-ій передачі.

Рисунок 5 - Залежність збільшення частки (%) перевитраченого палива при русі трактора МТЗ-80 ґрунтовою дорогою з різними значеннями нерівностей її мікропрофіля з всережимним регулятором від амплітуди коливань крутного моменту

З рис. 5 чітко видно, що збільшення частки палива, що перевитрачена двигуном Д-241 трактора МТЗ-80 при його русі зі всережимним регулятором пропорційно залежить від приросту амплітуди коливань крутного моменту ΔA_{Me} двигуна.

Тобто за результатами експериментальних досліджень, з огляду на витрату палива, встановлено, що чим гірший стан мікропрофіля дороги, тим більша ефективність використання в

умовах неусталених режимів руху КТЗ гранично-всережимного регулятора ніж всережимного.

Абстрагуючи результати експериментальних досліджень витрати палива (рис. 5) за амплітудою коливань крутного моменту A_{Me} двигуна, можна зробити висновок, що при русі КТЗ ґрунтовою дорогою з постійною швидкістю за різних значень нерівностей її мікропрофіля при використанні гранично-всережимного регулятора зменшення витрати палива складає 2...4%.

Таким чином, аналіз проведених досліджень показує, що коефіцієнт розсіювання енергії зростає пропорційно збільшенню амплітуди коливань крутного моменту двигуна при русі КТЗ для вище зазначених умов руху.

Крім того, встановлено, що із збільшенням амплітуди коливань крутного моменту при русі КТЗ за постійної швидкості з всережимним регулятором в умовах змінних навантажень частка розсіяної енергії зростає. Під час руху КТЗ з гранично-всережимним регулятором, вона залишається практично незмінною, як результат отримуємо, чим гірший стан мікропрофіля дороги, тим вища ефективність використання гранично-всережимного регулятора.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Говорун А.Г. Вплив способу регулювання двигуна КТЗ на витрату палива за умов неусталених режимів руху / А.Г. Говорун, М.В. Павловський, П.В. Куций // Вісник НТУ Ч.1 – К.:НТУ, 2013.– Випуск 28.–с.104-110.
2. Говорун А.Г. Вплив стану дорожнього покриття на витрату палива / А.Г. Говорун, П.В. Куций // Автошляховик України, №1 (237),Київ, 2014 р., с. 14-16.
3. Говорун А.Г. Результати дорожніх випробувань колісного транспортного засобу з універсальним регулятором частоти обертання колінчастого валу дизеля / А.Г. Говорун, О.А. Клименко, П.В. Куций // Автошляховик України, №6 (242),Київ, 2014 р., с. 2-5.
4. Говорун А.Г. Результати польових випробувань трактора МТЗ-80 з різними способами регулювання дизеля / А.Г. Говорун, А.О. Корпач, М.П. Сельский, П.В. Куций // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. - №1 (10). – С. 110-115
5. Багиров Д.В. Двигатели внутреннего сгорания дорожных и строительных машин. / Д.В. Багиров, А.В. Златопольский // М.: Машиностроение, 1974г. 202 с.
6. Вихерт М.М. Топливная аппаратура автомобильных дизелей: конструкция и параметры. / М.М. Вихерт, М.В. Мазинг // – М.: Машиностроение, 1978. – 176 с.

REFERENCES

1. Govorun A.G., Pavlovskiy M.V., Kutsyy P.V. Influence of a wheeled vehicle engine control mode on fuel consumption under unbalanced conditions of movement Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28. – p.p. 104-110 (Ukr).
2. Govorun A.G., Kutsyy P.V. Influence of road covering on fuel consumption. Avtoshliahovuk Ukrainu – Kyiv.: 2014. – Vol. 1. – p.p. 14-17 (Ukr).
3. Govorun A.G., Klymenko O.A., Kutsyy P.V. Results of road tests of a wheeled vehicle with a universal regulator of speed of the crankshaft of a diesel Avtoshliahovuk Ukrainu – Kyiv.: 2014. – Vol. 6. – p.p. 2-5 (Ukr).
4. Govorun A.G., Korpach A.O., Selskiy M.P., Kutsyy P.V. Results of field study of the tractor MTZ-80 with different modes of diesel governing Visti Avtomobilno-dorozhnogo instytutu. - №1 (10). – p.p. 110-115. (Ukr)
5. Bagirov D.V., Zlatopolskiy A.V. Road and construction machines internal combustion engines M., Mashynosroenye. 1974. – p. 202 (Rus)
6. Vihert M.M., Mazing M.V. Automotive diesel fuel injection equipment: design and parameters M., Mashynosroenye. 1978. – p. 176 (Rus)

РЕФЕРАТ

Говорун А.Г. Результати розрахункових досліджень коефіцієнта розсіювання енергії. / А.Г. Говорун, Л.П. Мержиєвська, П.В. Куций // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. - Вип. 2 (32).

В статті, за отриманими даними під час експериментальних досліджень, розрахунковим методом визначено коефіцієнт розсіювання енергії та його вплив на паливну економічність при русі КТЗ в неусталених режимах ґрунтовою дорогою з різними значеннями нерівностей її мікропрофіля з всережимним та гранично-всережимним регуляторами.

За результатами розрахункових досліджень побудовано залежність зміни приросту коефіцієнта

розсіювання енергії $\Delta\xi$ від приросту амплітуди коливань крутного моменту ΔA_{Me} двигуна Д-241 при русі трактора МТЗ-80 на третій передачі ґрунтовою дорогою за різних значень нерівностей її мікропрофіля. Аналіз отриманих залежностей показує, що приріст коефіцієнта розсіювання енергії $\Delta\xi$ практично пропорційно зростає із збільшенням приросту амплітуди коливань ΔA_{Me} крутного моменту. Також в статті наведено залежність зміни частки перевитраченого палива $\Delta G_{П}$, % від приросту амплітуди коливань крутного моменту ΔA_{Me} дизеля трактора МТЗ-80. За отриманими даними чітко видно, що збільшення частки палива, що перевитрачається двигуном Д-241 трактора МТЗ-80 при його русі зі всережимним регулятором пропорційно залежить від приросту амплітуди коливань крутного моменту ΔA_{Me} двигуна. Зі збільшенням амплітуди коливань крутного моменту частка перевитраченого палива зростає.

За результатами проведених розрахункових досліджень встановлено, що із збільшенням амплітуди коливань крутного моменту при русі КТЗ за постійної швидкості з всережимним регулятором в умовах змінних навантажень частка розсіяної енергії зростає. Під час руху КТЗ з гранично-всережимним регулятором, навпаки, чим гірший стан мікропрофіля дороги, тим вища ефективність використання гранично-всережимного регулятора.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОЛІСНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, РЕГУЛЯТОР ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ, КОЕФІЦІЄНТ РОЗСІЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ, АМПЛІТУДА КОЛИВАНЬ КРУТНОГО МОМЕНТУ.

ABSTRACT

Govorun A.G. Merzhyyevska L.P., Kutsyy P.V. Energy dissipation coefficient calculation research results. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. - Kyiv. National Transport University, 2015. - Issue 2 (32).

In the article in accordance with the data obtained during the experimental studies, applying a computational method, is defined energy dissipation rate and its impact on fuel efficiency during the movement of a wheeled vehicle under unbalanced conditions along the country road with marginal road microprofile inequalities with all-range and marginal all-range governors.

As a result of computational research was built dependence of the growth rate of energy dissipation coefficient $\Delta\xi$ from growth of vibrations amplitude of the engine torque ΔA_{Me} – D - 241 during the movement of a tractor MTZ-80 on the third gear along the country road with different rates of its microprofile inequalities. Analysis of the dependences obtained shows that the growth of the coefficient $\Delta\xi$ almost proportionally increases with increase in the amplitude of oscillations ΔA_{Me} of the torque. Also the article presents the dependence of the share of overused fuel $\Delta G_{P}\%$ on the increase of the amplitude of oscillation of torque ΔA_{Me} of a diesel of a tractor MTZ-80. According to the data obtained it is evident that increase in the share of overused fuel by the engine D 241 of a tractor MTZ-80 when it is moved by an all-range governor depends proportionally on the increase in the amplitude of oscillation of the torque A_{Me} of an engine. With increasing amplitude of oscillation of the torque the share of overused fuel increases.

In accordance with the results of computational research it is established that with increased oscillation amplitude of the torque when driving the wheeled vehicle at the constant speed with an all-range governor under variable loading conditions the share of dissipated energy increases. When driving a wheeled vehicle with a marginal all-range governor, on the contrary, the worse condition of the road microprofile, the higher the efficiency of the marginal all-range governor application.

KEY WORDS: WHEEL VEHICLE, GOVERNOR OF CRANKSHAFT ROTATION FREQUENCY, ENERGY DISSIPATION COEFFICIENT, AMPLITUDE OF TORQUE OSCILLATION.

РЕФЕРАТ

Говорун А.Г. Результаты расчетных исследований коэффициента рассеивания энергии / А.Г. Говорун, Л.П.Мержиевская, П.В. Куций // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2015. - Вып. 2 (32).

В статье, по полученным данным при экспериментальных испытаниях, расчетным методом определен коэффициент рассеивания энергии и его влияние на топливную экономичность при движении КТС в неустановившихся режимах ґрунтовой дорогой с различными значениями неровностей ее микропрофіля со всережимным и предельно-всережимным регуляторами.

По результатам расчетных исследований построено зависимость изменения прироста коэффициента рассеивания энергии $\Delta\xi$ от прироста амплитуды колебаний крутящего момента ΔA_{Me} двигателя Д-241 при движении трактора МТЗ-80 на третьей передаче ґрунтовой дорогой при разных значениях неровностей ее микропрофіля. Анализ полученных зависимостей показывает, что прирост

коефіцієнта рассеивания энергии $\Delta\xi$ практически пропорционально увеличивается с увеличением прироста амплитуды колебаний крутящего момента ΔA_{Me} . Также в статье приведена зависимость изменения доли перерасходованного топлива $\Delta G_{П}$, % от прироста амплитуды колебаний крутящего момента ΔA_{Me} дизеля трактора МТЗ-80. По полученным данным четко видно, что увеличение доли топлива, что перерасходуется двигателем Д-241 трактора МТЗ-80 при его движении со всережимным регулятором пропорционально зависит от прироста амплитуды колебаний крутящего момента ΔA_{Me} двигателя. С увеличением амплитуды колебаний крутящего момента доля перерасходованного топлива увеличивается.

По результатам проведенных расчетных исследований установлено, что с увеличением амплитуды колебаний крутящего момента при движении КТС при постоянной скорости с всережимным регулятором в условиях переменных нагрузок доля рассеянной энергии увеличивается. При движении движения КТС с предельно-всережимным регулятором, наоборот, чем хуже состояние микропрофиля дороги, тем выше эффективность использования предельно-всережимного регулятора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КАЛЕСНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, РЕГУЛЯТОР ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА, КОЭФФИЦИЕНТ РАССЕИВАНИЯ ЭНЕРГИИ, АМПЛИТУДА КОЛЕБАНИЙ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА.

АВТОРИ:

Говорун А.Г., кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри «Двигунів та теплотехніки», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com, тел.. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Мержієвська Л.П., кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Двигунів та теплотехніки», e-mail: lpm.dvz@gmail.com, тел.. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.303,а.

Кущий П.В., Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Двигунів та теплотехніки», e-mail: Petro.Kutsyi@gmail.com, тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

AUTHORS:

Govorun Anatoliy G., Ph.D., associate professor, National Transport University, professor department of engines and heating, e-mail: kafedradvzntu@gmail.com tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303 a.

Merzhievskaya Lubov P., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department of engines and heating, e-mail: lpm.dvz@gmail.com, tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

Kutsyy Petro V., National Transport University, postgraduate department of engines and heating, e-mail: Petro.Kutsyi@gmail.com, tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303 a.

АВТОРЫ:

Говорун А.Г., кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com тел.. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г. Київ, ул. Суворова 1, к. 303а.

Мержиевская Л.П., кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: lpm.dvz@gmail.com, тел.. +38 044 280-56-21, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к.303а.

Кущий П.В., Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: Petro.Kutsyi@gmail.com, тел. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г. Київ, ул. Суворова 1, к. 303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Автомобілі», Київ, Україна.

Новікова А.М., доктор економічних наук, заступник директора з наукової роботи ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСПОРТПРОЕКТ», Київ, Україна.

REVIEWER:

Sahno V.P., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of motor vehicles, Kyiv, Ukraine.

Novikova A.M., Economics (Dr.), deputy director for science DP "DERZHAUTOTRANSNDIPROJECT", Kyiv, Ukraine.