

УДК 621.43.004  
UDC 621.43.004

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОРОЖНИХ ВИПРОБОВУВАНЬ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ НЕУСТАЛЕНИХ РЕЖИМІВ РУХУ

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

## THE RESULTS OF ROAD TESTS OF AWHEELED VEHICLE UNDER UNBALANCED CONDITIONS OF MOVEMENT

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ ДОРОЖНИХ ИСПЫТАНИЙ КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В УСЛОВИЯХ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ

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

Для колісних транспортних засобів (КТЗ) сільськогосподарського призначення, а також тих які задіяні в інших галузях народного господарства при виконанні транспортних чи технологічних операцій, стан мікропрофіля дороги або ділянки поля є основною причиною виникнення збуджуючих коливань крутного моменту двигуна КТЗ. Переважна більшість двигунів універсальних тракторів оснащена всережимними механічними регуляторами частоти обертання колінчастого валу, для підтримування приблизно постійної швидкості руху ( $V=\text{const}$ ) при виконанні технологічних сільськогосподарських операцій незалежно від стану мікропрофіля ділянки поля чи ґрунтової дороги.

Одною з основних особливостей роботи двигунів КТЗ сільськогосподарського призначення з всережимним регулятором є те, що через невелику (4-8%) ступінь нерівномірності регулятора вони мають високий коефіцієнт підсилення (відношення амплітуди коливань регульованого параметра до амплітуди збуджуючої дії), тобто всережимні регулятори можуть збільшувати амплітуду коливань крутного моменту двигуна, що в свою чергу, приводить до розсіювання частини енергії на гасіння коливань і, як наслідок, до збільшення витрати палива [1,2,3].

Колівання крутного моменту  $M_e$  в системі регулювання, спричинені станом мікропрофіля дороги, можуть призвести до накладання власних і збуджуючих коливань, тобто до виникнення биття.

Биття – явище наперемінного підсилення і послаблення коливань, що проявляється при накладанні двох коливань з близькою частотою. Залежно від стану мікропрофіля дороги биття може мати усталений характер або проявлятися епізодично. Епізодичні прояви биття зазвичай пов'язані з появою збуджуючих коливань КТЗ від імпульсних нерівностей.

Робота двигуна з всережимним регулятором в режимі биття є типовою але вкрай небажаною, як з огляду збільшення витрати палива так і наростання навантажень, що виникають в елементах трансмісії.

Постійне биття може бути спричинено чергуванням декількох нерівностей приблизно однакового розміру чи окремими нерівностями, які відокремлені одна від одної рівними ділянками дороги. Крім того биття може виникати в системі регулювання двигуна, що зумовлено типом регулятора, який застосовують і його конструктивними особливостями. Крім биття в системі регулювання двигуна з всережимним регулятором можуть виникати й інші небажані явища, наприклад, ненавмисний примусовий холостий хід. Суть якого полягає в тому, що при роботі двигуна в навантажувальному режимі, через надмірні коливання рейки паливного насоса, виникає епізодичне відключення палива, що призводить до втрати енергії на примусовий холостий хід і, в кінцевому результаті, збільшує витрату палива двигуном. Ненавмисний примусовий холостий хід може бути спричинений пороговими нерівностями мікропрофіля дороги.

Для усунення вище названих недоліків на кафедрі «Двигуни та теплотехніка» НТУ розроблено універсальний регулятор (що може виконувати функції всережимного, гранично-всережимного, однорежимного та комбінованого регуляторів) [4], що забезпечує можливість зміни способу регулювання двигуном залежно від виду виконуваних робіт і стану мікропрофіля дороги чи ділянки поля.

Продовжуючи дослідження універсального регулятора було проведено дорожні випробовування трактора МТЗ-80 на ґрунтовій дорозі з різними значеннями нерівностей мікропрофіля. При проведенні дорожніх випробувань здійснювали безперервну реєстрацію миттєвої витрати палива витратоміром моделі EDM 1403 і переміщення рейки паливного насоса високого тиску, за шкалою проградуєваною значенням крутного моменту двигуна.

Рух КТЗ здійснювався з приблизно постійною швидкістю за фіксованого положення важеля керування подачею палива.

На рис. 1 та 2, як приклад, показано осцилограми зміни крутного моменту двигуна (коливання рейки паливного насоса) і гістограми миттєвої витрати палива при русі трактора МТЗ-80 з причепом ґрунтовою дорогою з незначними нерівностями на третій передачі: з всережимним регулятором, середня витрата палива  $q_{cp}=4,99$  л/год (рис. 1) та гранично-всережимним регулятором, середня витрата палива  $q_{cp}=4,46$  л/год (рис. 2).

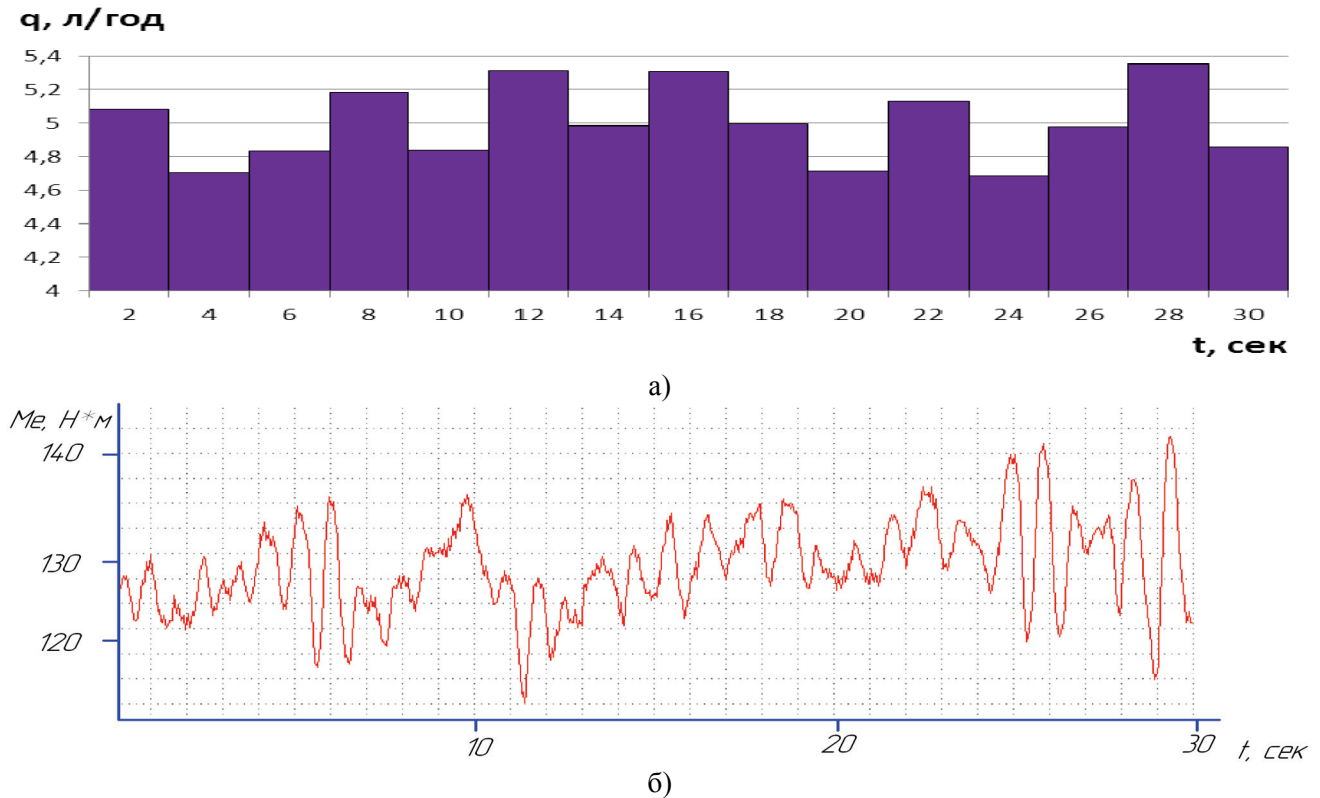
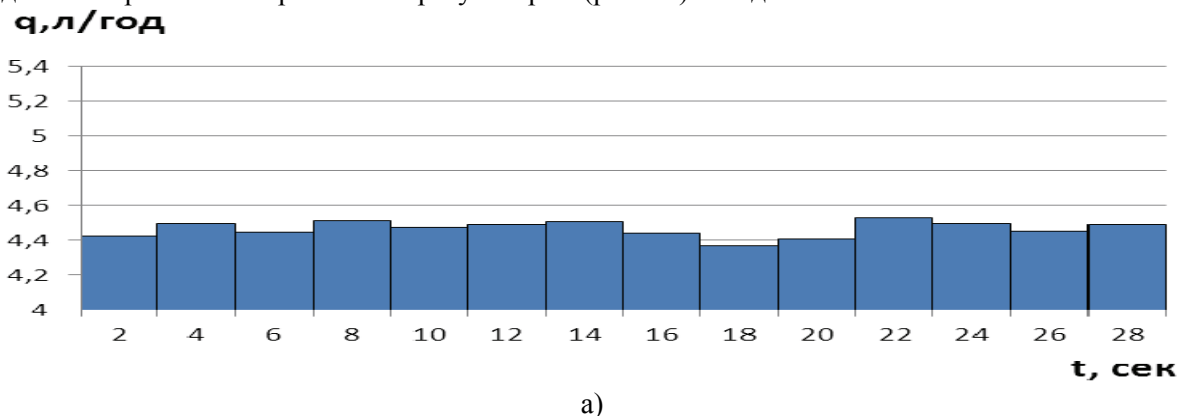


Рисунок 1 – Гістограма витрати палива та осцилограма зміни крутного моменту при русі трактора з всережимним регулятором

Збільшення миттєвої витрати палива через биття в розглянутому прикладі порівняно з відносною середньою витратою палива при русі трактора цією ж ділянкою дороги з тією ж швидкістю з гранично-всережимним регулятором (рис. 2а) складає 20%.



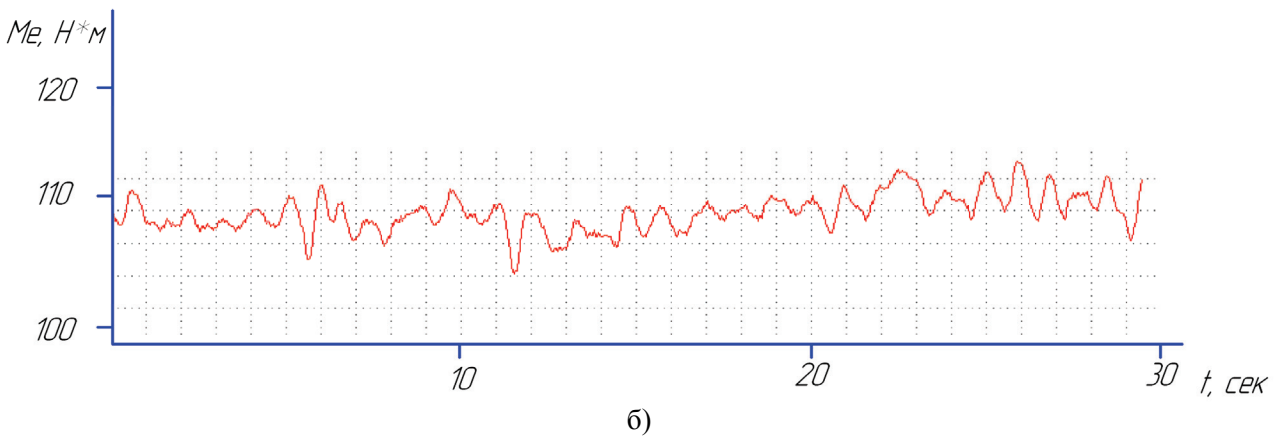


Рисунок 2 – Гістограма витрати палива та осцилограма зміни крутного моменту при русі трактора з гранично-всережимним регулятором

На рис. 3 показані гістограми витрати палива та фрагменти осцилограм з ділянками епізодичного биття крутного моменту  $M_e$  двигуна з всережимним регулятором трактора МТЗ-80, що рухається на третій передачі, по ґрунтовій дорозі з незначним (рис. 3а) та значними нерівностями (рис. 3б), а також цього ж трактора з причепом, що переміщується на третій передачі ґрунтовою дорогою з незначними нерівностями (рис. 3в).

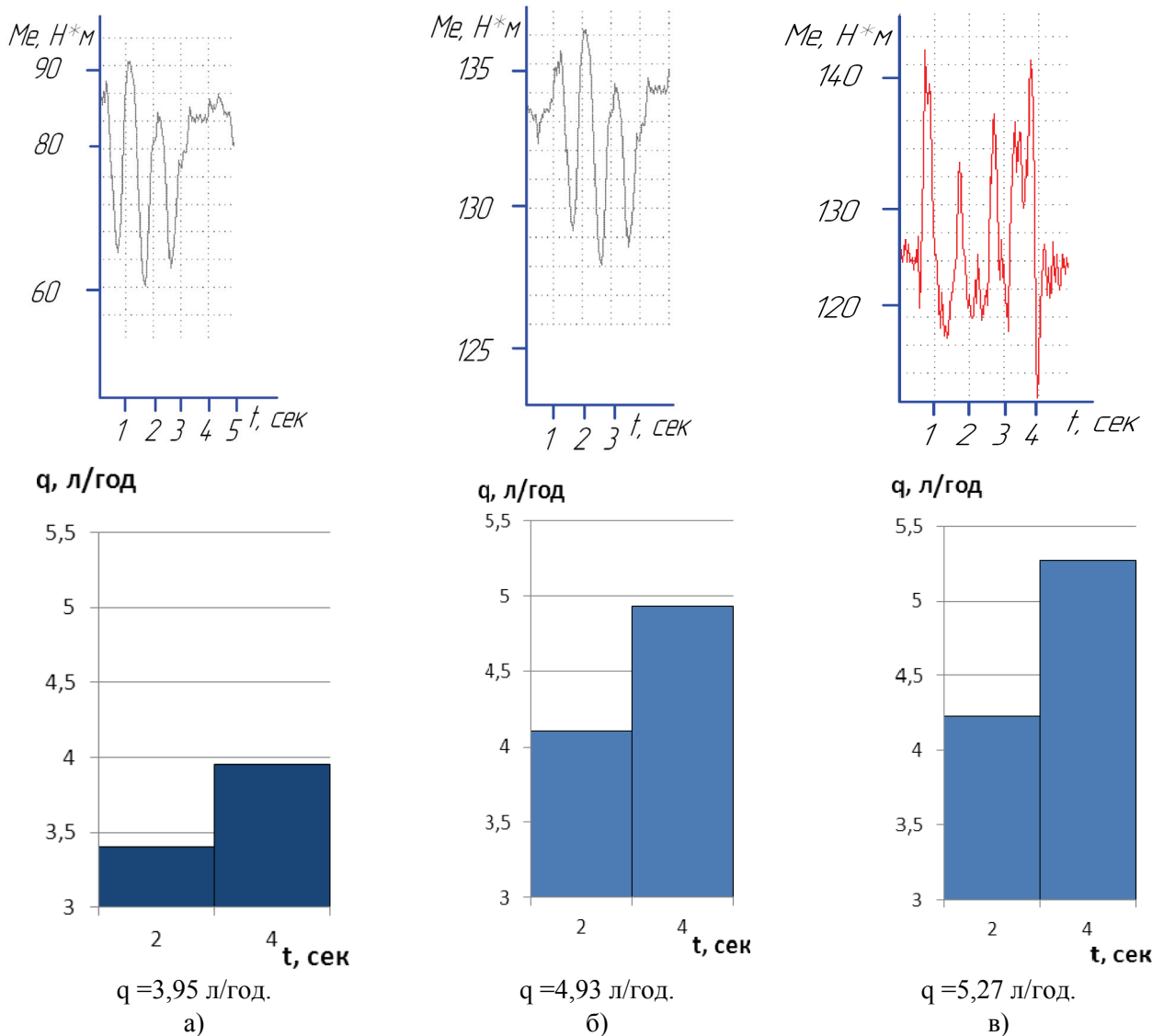


Рисунок 3 – Осцилограми зміни координати рейки в режимі биття та гістограми витрати палива на ділянках биття.

Аналіз осцилограм зміни координати рейки на ділянках биття та гістограм витрати палива показав, що при русі трактора на третій передачі по ґрунтовій дорозі з незначним нерівностями (рис. 3а) витрата палива внаслідок биття зростає на 14%, при русі по ґрунтовій дорозі із значними нерівностями (рис. 3б) витрата палива зростає на 16,5%, а при русі на третій передачі з причепом по ґрунтовій дорозі з незначними нерівностями (рис. 3в) витрата палива зростає на 19,7%.

На рис. 4 наведено осцилограми коливань крутного моменту і гістограми миттєвої витрати палива двигуном при подоланні трактором перешкод з пороговими нерівностями мікропрофілю дороги: з всережимним регулятором (рис. 4а) та гранично-всережимним регулятором (рис. 4б).

У разі застосування всережимного регулятора при подоланні перешкод з пороговими нерівностями мікропрофіля дороги в системі регулювання виникають високі амплітуди коливання рейки паливного насосу, що спричиняє режим ненавмисного примусового холостого ходу (рис. 4а).

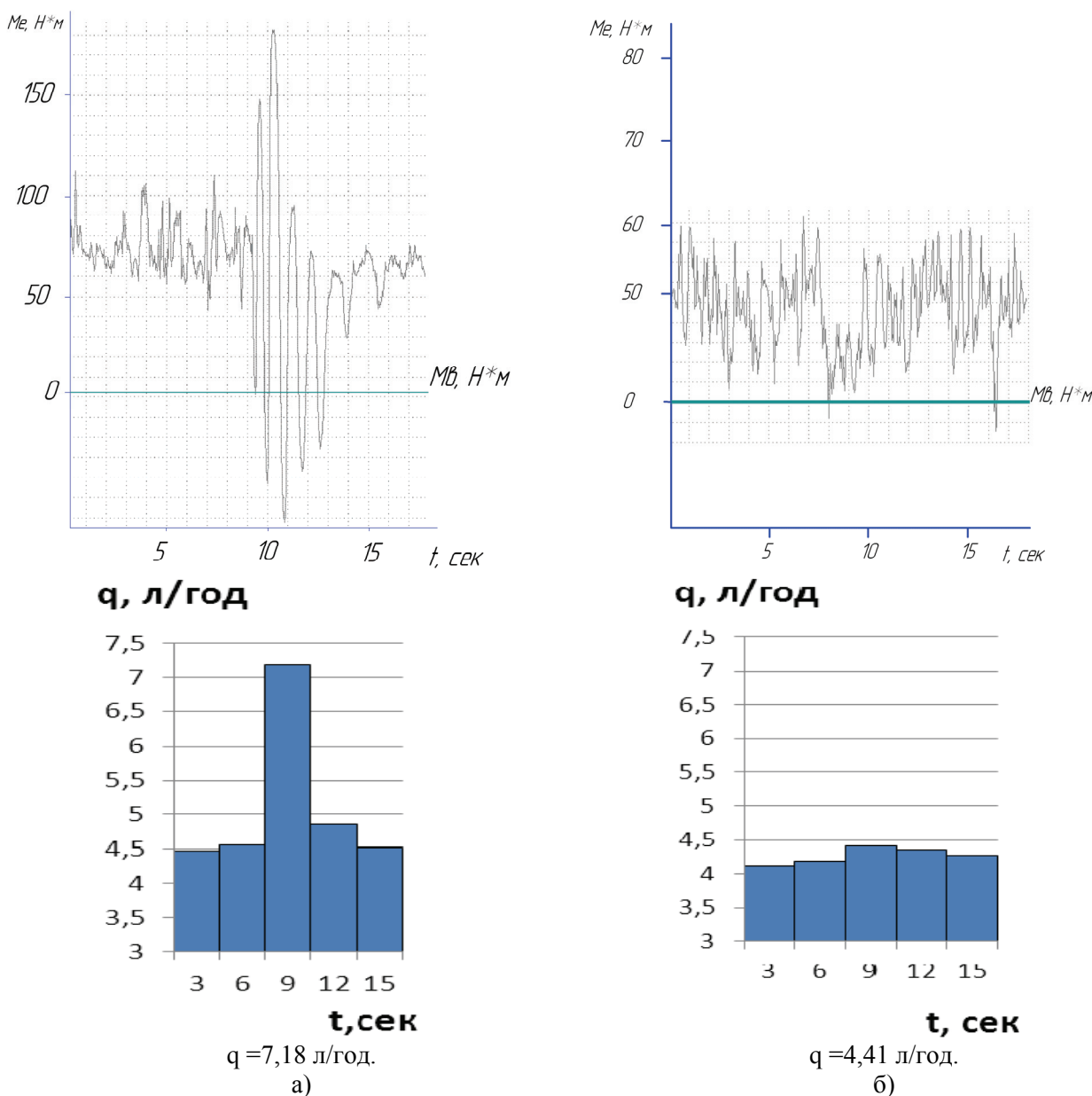


Рисунок 4 – Осцилограми зміни крутного моменту та гістограми витрати палива при подоланні перешкод з пороговими нерівностями мікропрофілю дороги

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що під час руху КТЗ з всережимним регулятором в режимі ненавмисного примусового холостого ходу при подоланні порогових нерівностей значення миттєвої витрати палива може сягати суттєвих значень. В розглянутому прикладі (подолання залізничного переїзду) миттєва витрата палива двигуна з всережимним регулятором на 62,8%, більша за витрату палива двигуном з гранично-всережимним регулятором.

Аналіз досліджень щодо визначення впливу способу регулювання частоти обертання двигуна КТЗ (всережимного чи гранично-всережимного) на витрату палива при русі з епізодичним биттям за постійної швидкості і фіксованого положення важеля керування подачею палива по ґрунтовій дорозі показали, що витрата палива двигуном КТЗ з гранично-всережимним регулятором менша ніж з всережимним на 14% при русі по ґрунтовій дорозі з незначними нерівностями, а із значними нерівностями – зниження витрати палива складає 16,5%.

Крім того, слід зауважити, що в режимі усталеного биття збільшення витрати палива двигуном з всережимним регулятором при русі КТЗ по ґрунтовій дорозі з незначними нерівностями може сягати до 20%.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Говорун А.Г. Результати польових випробувань трактора МТЗ-80 з різними способами регулювання дизеля /Говорун А.Г., Корпач А.О., Сельский М.П., Куций П.В.// Вісті Автомобільно-дорозного інституту. - №1 (10). – С. 110-115.
2. Говорун А.Г., Вплив способу регулювання двигуна КТЗ на витрату палива за умов неусталених режимів руху// Говорун А.Г., Куций П.В., Павловський М.В. // Вісник НТУ – 2013 - №28. – С. 104-110.
3. Говорун А.Г. Вплив стану дорозного покриття на витрату палива.//Говорун А.Г., Куций П.В.// Автошляховик України.2014. - № 1. - стор. 14-17.
4. Регулятор частоти обертання двигуна внутрішнього згоряння. / Говорун А.Г., Корпач А.О., Куций П.В.// Патент на корисну модель UA №58405, МПК, F02D 1/04. Заявка №u201011574 від 29.09.2010, опубл. Бюл. №7, 11.04.2011.

#### REFERENCES

1. Govorun A.G. Results of field study of the tractor MTZ-80 with different modes of diesel governing/ Govorun A.G., Korpach A.O, Selskiy M.P., Kutsyy P.V.//Visti Avtomobilno-dorozhnogo instytutu. - №1 (10). – С. 110-115. (Ukr)
2. Govorun A.G. Influence of a wheeled vehicle engine control mode on fuel consumption under unbalanced conditions of movement.// Govorun A.G., Pavlovskiy M.V., Kutsyy P.V.// Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28. – p. 104-110 (Ukr).
3. Govorun A.G. Influence of road covering on fuel consumption.// Govorun A.G., Kutsyy P.V.// Avtoshliahovuk Ukrainu – Kyiv.: 2014. – Vol. 1. – p. 14-17 (Ukr).
4. Regulator chastoty obertannia dvyguna vnutrshniogo zgoriannia. / Govorun A.G., Korpach A.O., Kutsyi P.V. // Patent na korysnu model UA №58405, МПК, F02D 1/04. Zaiavka №u201011574 vid 29.09.2010, opubl. Biul №7, 11.04.2011. (Ukr).

#### РЕФЕРАТ

Говорун А.Г. Результати дорозних випробувань колісного транспортного засобу в умовах неусталених режимів руху / А.Г. Говорун, Л.П. Мержиєвська, П.В. Куций // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

В статті наведено результати дорозних випробувань трактора МТЗ-80 по ґрунтовій дорозі з різними значеннями нерівностей мікропрофіля. В результаті проведених випробувань, було зафіксовано явище биття, тобто накладання власних коливань КТЗ та збуджуючих коливань, що викликані станом мікропрофіля дороги, яке призводило до значного збільшення коливань крутного моменту  $M_e$ .

Результати проведених випробувань показали, що при використанні гранично-всережимного регулятора зниження миттєвої витрати палива, за рахунок зменшення биття, по відношенню до миттєвої витрати палива при русі трактора по цій же ділянці дороги з тією ж швидкістю зі всережимним регулятором може складати до 20%.

Аналіз осцилограм зміни координати рейки на ділянках биття та гістограм витрати палива показав, що при русі трактора на третій передачі по ґрунтовій дорозі з незначними нерівностями витрата палива внаслідок биття зростає на 14%, при русі по ґрунтовій дорозі із значними нерівностями витрата палива зростає на 16,5%, а при русі на третій передачі з причепом по ґрунтовій дорозі з незначними нерівностями витрата палива зростає на 19,7%.

У разі застосування всережимного регулятора при подоланні перешкод з пороговими нерівностями мікропрофіля дороги в системі регулювання виникають високі амплітуди коливання

рейки паливного насосу, що спричиняє режим ненавмисного примусового холостого ходу. Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що під час руху КТЗ з всережимним регулятором в режимі ненавмисного примусового холостого ходу при подоланні порогових нерівностей значення миттєвої витрати палива може сягати суттєвих значень. В розглянутому прикладі (подолання залізничного переїзду) миттєва витрата палива двигуна з всережимним регулятором на 62,8%, більша за витрату палива двигуном з гранично-всережимним регулятором.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КОЛІСНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, РЕГУЛЯТОР, СТАН МІКРОПРОФІЛЮ ДОРОГИ, БИТТЯ.

#### ABSTRACT

Govorun A.G., Merzhievskaya L.P., Kutsyy P.V. The results of road tests of a wheeled vehicle under unbalanced conditions of movement. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31).

The article presents results of road tests of a tractor MTZ-80 on a country road with different rate of microprofile inequalities. As the results of the tests carried out was established the phenomenon of whipping, namely overlapping of own oscillations of a wheeled vehicle with inducing oscillations that are caused by road microprofile condition leading to increased torque oscillations  $M_e$ .

The results of tests showed that when using a marginal all-range governor the decrease in immediate fuel consumption at the expense of decrease in whipping in comparison with the movement of a tractor along the same road section with the same speed and with an all-range governor can account up for 20%.

Analysis of oscillograph charts of change of rail coordinates in areas of whipping as well as fuel consumption bar charts showed that during the movement of a tractor on the third gear on a country road with minor microprofile inequalities fuel consumption increases by 14% due to whipping, during the movement on a country road with significant microprofile inequalities fuel consumption increases by 16,5%, while during the movement on the third gear with a trailer on a country road with minor microprofile inequalities fuel consumption increases by 19.7%.

In case of using an all-range governor in the process of overcoming obstacles with marginal road microprofile inequalities in the regulating system emerge high amplitudes of fuel pump rail oscillations causing unintended forced flitting run regimes. Analysis of the results obtained indicates that during the movement of a wheeled vehicle with an all-range governor under unintended forced flitting run mode while overcoming marginal inequalities the value of immediate fuel consumption may be significant. In the example provided (railway crossing) immediate fuel consumption of an engine with an all-range governor is 62.8% higher than fuel consumption by an engine with a marginal all-range governor

**KEY WORDS:** WHEELED VEHICLE, ROAD MICROPROFILE CONDITION, GOVERNOR, WHIPPING.

#### РЕФЕРАТ

Говорун А.Г. Результаты дорожных испытаний колесного транспортного средства в условиях неустановившихся режимов движения / А.Г. Говорун, Л.П. Мержиевская, П.В. Куций // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2015. – Вып. 1 (31).

В статье приведены результаты дорожных исследований трактора МТЗ-80 по грунтовой дороге с различными значениями неровностей микропрофиля. В результате проведенных исследований, было зафиксировано явление биения, это наложение собственных колебаний КТС и возбуждающих колебаний, что вызваны состоянием микропрофиля дороги, что производило к значительному увеличению колебаний крутящего момента  $M_e$ .

Результаты проведенных исследований показали, что при использовании предельно-всережимного регулятора снижение мгновенного расхода топлива, за счет уменьшения биения, по отношению к мгновенному расходу топлива при движении трактора поэтому же участку дороги с той же скоростью со всережимным регулятором может становить до 20%.

Анализ осцилограм изменения координаты рейки на участках биения и гистограмм расхода топлива показал, что при движении трактора на третьей передаче по грунтовой дороге с незначительными неровностями расход топлива из-за биения увеличивается на 14%, при движении по грунтовой дороге со значительными неровностями расход топлива увеличивается на 16,5%, а при движении на третьей передаче с прицепом по грунтовой дороге с незначительными неровностями расход топлива увеличивается на 19,7%.

В случае использования всережимного регулятора при преодолении преград с граничными неровностями микропрофиля дороги в системе регулирования возникают высокие амплитуды колебаний рейки топливного насоса, что приводит к возникновению режима непреднамеренного принудительного холостого хода. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что во время движения КТС со всережимным регулятором в режиме непреднамеренного принудительного холостого хода при преодолении пороговых неровностей значение мгновенного расхода топлива может достигать значительных значений. В рассматриваемом примере (переезд железнодорожного переезда) мгновенный расход топлива двигателя со всережимным регулятором на 62,8% больше за расход топлива двигателя с предельно-всережимным регулятором.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** КОЛЕСНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, РЕГУЛЯТОР, СОСТОЯНИЕ МИКРОПРОФИЛЯ ДОРОГИ, БИЕНИЕ.

**АВТОРИ:**

Говорун Анатолий Григорович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Двигунів та теплотехніки», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com, тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Мержиевська Любов Павлівна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «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.

Куций Петро Вікторович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «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.

Merzhievska 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 Анатолий Григорьевич, 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 Любовь павловна, 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.

Куций Петр Викторович, 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 технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Автомобілі», Київ, Україна.

Волков О.Ф., кандидат технических наук, заступник завідувача ЛДВПЕ ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ», Київ, Україна.

**REVIEWER:**

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

Volkov O.F., Engineering (Ph.D.), deputy head LDVPE DP "DERZHAUTOTRANSNDIPROJECT", Kyiv, Ukraine.