

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ И ГАЗОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА В ТРАНСПОРТНОМ ПРОЦЕССЕ

¹*Василий Матейчик*, ²*Виктор Захарчук*, ²*Олег Захарчук*

¹*Национальный транспортный университет*

²*Луцкий национальный технический университет*

¹*г. Киев, ул. Суворова*, ²*г. Луцк, ул. Львовская 75*

¹*Vasyl Maeichyk*, ²*Victor Zakharchu*, ²*Oleh Zakharchuk*

¹*National Transport University*

²*Lutsk National Technical University*

Аннотация. Приведены результаты исследований показателей колесного трактора с газовым двигателем в характерных режимах транспортного процесса.

Выбраны и обоснованы рациональные значения параметров управления трансмиссией и газовым двигателем во время разгона трактора и установившегося движения по критериям минимальных удельных расходов топлива и вредных выбросов.

Ключевые слова: колесный трактор, газовый двигатель, математическая модель, транспортный процесс, параметры управления.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Общеизвестно, что сельскохозяйственная техника оборудована дизелями, которые имеют хорошую топливную экономичность, являются неприхотливыми в эксплуатации и обслуживании. Однако, рост требований к экологическим показателям транспортных машин, в том числе сельскохозяйственного назначения, требует усовершенствования их конструкции, которое обеспечит существенное уменьшение выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Как показали предыдущие научные исследования [1, 2, 3, 4, 5], одним из эффективных способов улучшения экологических показателей тракторов с дизелями есть их переоборудование для работы на сжатом природном газе (СПГ), в том числе с возможностью работы на биометане, который является продуктом самого сельскохозяйственного производства.

Переоборудованием и доведением дизелей для работы на СПГ, на сегодняшний день, занимаются ведущие научные, научно-исследовательские и двигателестроительные организации и компании: MAN, Scania, Nissan, Mercedes-Benz, CUMMINS, Iveco, МАДИ, ВНИИГАЗ, НАМИ, ХНАДУ, ИП-Маш и др. [6, 7, 8, 9]. Анализ режимов работы двигателей колесных тракторов в условиях эксплуатации показал, что около 40–45% объема всех выполняемых тракторами работ составляют транспортные работы [10]. При выполнении этих работ двигатели работают преимущественно на неустановившемся режиме, в которых существенное влияние на топливную экономичность и экологические показатели машин имеют параметры управления трансмиссией и двигателем.

Анализ результатов исследований транспортных средств с двигателями, переоборудованными из дизелей для работы на СПГ, показал, что не выполнялись исследования влияния параметров управления трансмиссией и газовым двигателем на эксплуатационные показатели таких машин в транспортном процессе.

Поэтому исследование влияния параметров управления трансмиссией трактора и переоборудованным из дизеля газовым двигателем на показатели трактора во время движения в эксплуатационных режимах является актуальной научно-технической задачей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью работы является исследование закономерностей изменения расхода топлива и вредных выбросов колесного трактора с газовым двигателем в зависимости от парамет-

ров управления трансмиссией и газовым двигателем во время выполнения транспортной работы и обоснования выбора рациональных значений этих параметров.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Выбор рациональных параметров управления трансмиссией и газовым двигателем при разгоне трактора и выбор целесообразных скоростей установившегося движения осуществлялся путем моделирования на математической модели движения трактора с прицепом в принятом ездовом цикле [11] «разгон – движение с установившейся скоростью – замедления», которое отвечает эксплуатационным условиям работы трактора в транспортном процессе и описывает режимы движения [12].

Математическая модель представлена рядом дифференциальных и алгебраических уравнений, описывающих закономерности изменения скорости трактора, расхода топлива и выбросов вредных веществ в отработавших газах на каждой элементарной области ездового цикла. Входными параметрами математической модели приняты величина открытия $\varphi_{др}$ и скорость $V_{др}$ открытия дроссельных заслонок газоздушного смесителя, передаточное число U_i коробки передач и частота вращения двигателя n_{dk} , при которой оператор включает более высокую передачу при разгоне. Заданные оператором $\varphi_{др}$, $V_{др}$ и n_{dk} определяют разрежение во впускном трубопроводе Δp_k . Разрежением во впускном трубопроводе и частотой вращения определяются режимы работы двигателя, часовые расходы газа $G_{газ}$ и воздуха $G_{в}$, содержание в отработавших газах оксидов углерода CO , углеводородов C_mH_n и оксидов азота NO_x .

Исходным параметром двигателя является крутящий момент M_k , величина которого при заданном оператором положении дроссельных заслонок определяется условиями на выходе: характеристиками дороги (продольный уклон i , коэффициент сопротивления качению колес трактора и прицепа f_0), собственной массой трактора M_0 и массой груза M_z , выбранной оператором передачи U_i фактором сопротивления воздуха kF , так как эти условия определяют скорость движения

трактора и, соответственно, частоту вращения коленчатого вала двигателя.

В математической модели имитируется движение колесного трактора с прицепом по дороге, определяются в каждый момент выполнения цикла режимы работы его двигателя (частота вращения и разрежение за дроссельными заслонками газоздушного смесителя), на основании которых по экспериментально определенным характеристикам с учетом особенностей работы двигателя в неустановившихся режимах рассчитывается расход топлива, вредные выбросы, тягово-скоростные свойства трактора на элементарном участке пути, в целом в режиме и за весь цикл движения трактора.

Уточненная математическая модель движения трактора с газовым двигателем в ездовом цикле, который имитирует транспортный процесс, позволяет исследовать влияние параметров управления трансмиссией и газовым двигателем на экономические и экологические показатели и выбрать целесообразную скорость установившегося движения [13, 14].

Проверка адекватности математической модели движения трактора проводилась путем сравнения расчетных скоростей с данными экспериментальных исследований, полученных при реализации ездового цикла на тракторе и сравнений расходов топлива [15].

Теоретические исследования показателей трактора с газовым двигателем проводились согласно алгоритму определения рациональных значений параметров управления трансмиссией и газовым двигателем, который показан на рис. 1.

Алгоритм позволяет определять целесообразный порядок переключения передач в зависимости от эксплуатационных условий по критерию минимального удельного расхода топлива и рациональную максимальную частоту вращения двигателя, при которой происходит переключение передач, а также рациональные значения величины и скорости открытия дроссельных заслонок в процессе разгона по критерию минимальных суммарных выбросов вредных веществ и установить целесообразные скорости установившегося движения трактора в зависимо-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ И ГАЗОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА В ТРАНСПОРТНОМ ПРОЦЕССЕ

сти от коэффициента сопротивления качению.



Рис. 1. Алгоритм определения рациональных значений параметров управления трансмиссией и газовым двигателем колесного трактора

Fig. 1. The algorithm of determination of expedient values of parameters of the conducting by transmission and gas engine of the wheeled tractor

Первым этапом исследования было определение целесообразного порядка переключения передач в процессе разгона трактора. При этом принимались максимальные значения параметров управления газовым двигателем. На этом этапе выбор порядка переключения передач осуществлялся по критерию минимального удельного расхода газа

$g_{газ}$. На математической модели моделировался разгон трактора с разными вариантами переключения передач и выбирался тот порядок, при котором наблюдается наименьший расход газа за 1 км разгона.

Разгон трактора при выборе целесообразного переключения передач имитировался при коэффициенте сопротивления качению колес $f_0 = 0,016$, который характерный для сухой асфальтобетонной и цементобетонной дороги в хорошем состоянии и при $f_0 = 0,03$, который характерный для сухой грунтовой дороги, масса груза составляла 4000 кг.

Минимальный удельный расход топлива наблюдается при переключении передач порядком 6-8-9 при $f_0 = 0,016$. А при $f_0 = 0,03$ порядком 6-7-8.

Следующим этапом исследования было определение рациональных параметров управления газовым двигателем. Этими параметрами являются: частота вращения коленчатого вала двигателя $n_{ок}$ в момент переключения передач, положение дроссельных заслонок $\varphi_{др}$ на каждой передаче и скорость открытия дроссельных заслонок газовоздушного смесителя $V_{др}$ с учетом рациональных параметров управления, которые были определены в предыдущих этапах исследований. Выбор параметров управления осуществлялся по критерию минимального удельного расхода газа и минимальных суммарных удельных выбросов вредных веществ, приведенных к оксиду углерода g_{CO} . При выборе учитывался целесообразный порядок переключения передач и поэтапный учет рациональных значений управления газовым двигателем.

С использованием математической модели определен целесообразный порядок переключения передач во время разгона трактора с газовым двигателем.

С использованием рекомендаций относительно целесообразного порядка переключения передач можно достичь снижения расхода топлива на 3,9...9,8 %.

Определены рациональные значения параметров управления газовым двигателем при разгоне трактора. Установлено, что для достижения минимальных удельных выбросов вредных веществ рекомендуется обеспе-

чивать максимальную частоту вращения двигателя, при которой происходит переключение передач, в диапазоне 1400...1500 мин⁻¹, величину открытия дроссельных заслонок в диапазоне 50...60 % (Рис. 2) при скорости открытия дроссельных заслонок, которая не превышает 75 %/с.

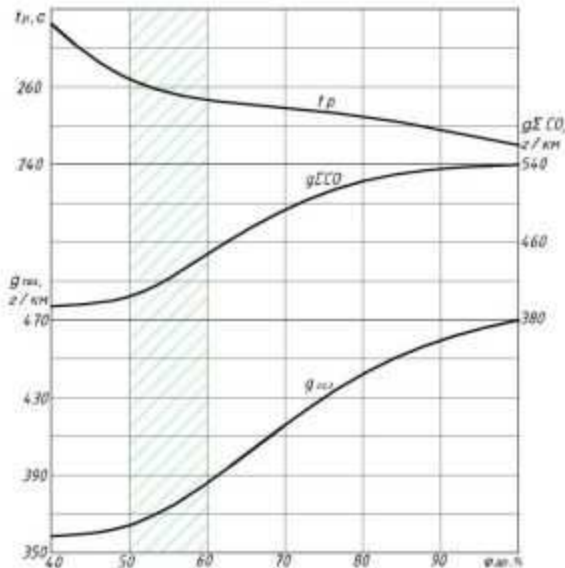


Рис. 2. Зависимости показателей трактора от угла открытия дроссельных заслонок
Fig. 2. Dependences of indexes of the tractor in function of corner of opening of chokers

Последним этапом исследования стало установление целесообразных скоростей установившегося движения на соответствующих участках ездового цикла в зависимости от величины коэффициента сопротивления качению колес с учетом рациональных значений параметров управления трансмиссией и газовым двигателем.

Установлены целесообразные скорости установившегося движения трактора с газовым двигателем в ездовом цикле в зависимости от коэффициента сопротивления качению колес. В частности, показано, что достичь минимального удельного расхода топлива и минимальных суммарных выбросов вредных веществ на дороге с сухим асфальтобетонным покрытием возможно, выполняя ездовой цикл с постоянной скоростью 20...24 км/час, а на сухой грунтовой дороге – с постоянной скоростью 10...13 км/час (рис. 3).

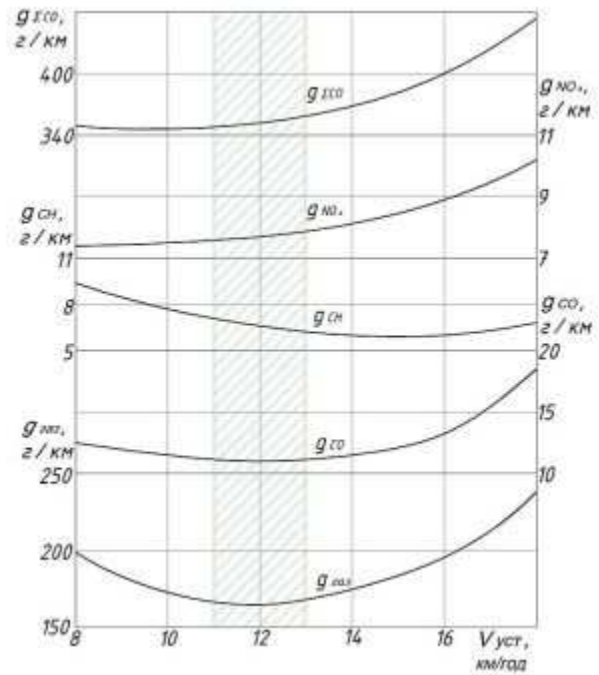


Рис. 3. Зависимости расхода газа и выбросов вредных веществ от скорости установившегося движения трактора при коэффициенте сопротивления качения $f_0 = 0,03$

Fig. 3. Dependences of gas consumption and harmful emission in function of the tractor speed (coefficient of road resistance $f_0 = 0,03$)

ВЫВОДЫ

С использованием уточненной математической модели движения колесного трактора в транспортном процессе определены рациональные значения параметров управления трансмиссией и газовым двигателем в режимах разгона и установившегося движения трактора по критериям минимальных удельных расходов топлива и вредных выбросов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Mateichyk V. P., Zakharchuk V. I., Kozachuk I. S., Zakharchuk O. V. 2008. Osoblyvosti vykorystannia pryrodnogo gazu dlia transportnyh zasobiv // Visnyk Nacional'nogotransportnogo universytetu. – K: NTU, – 127–130.
- Zakharchuk V. I., Tkachuk V. V., Zakharchuk O. V. 2011. Ekologichni pokaznyky dyzelia pry roboti na al'ternatyvnyh palyvah / Ekologia plias. – №1.– 16–19.
- Zakharchuk V., Kozachuk I. 2005. Design experiment investigation of the gas engine made of the tractor diesel // MOTROL. Commission

- of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 7. 229–236.
4. Zakharchuk V., Tkachuk V. 2010. Biodiesel fuel on the basis of izopropil esters of rape oil // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12. 188–193.
5. Zaharchuk V., Tkachuk V., Zakharchuk O. 2011. Estimation of biodiesel fuel on the basis of rape oil and isopropylalcohol // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 450–456.
6. Gazovie dvigateli // Zhurnal «Avtomaisternnia». – 2006. – № 12. – 30–32.
7. Kamel M., Duggal V. Cummins B5.9G Natural Gas Engine // NGV'94 International Conference. Toronto, Ontario, Canada.
8. Yutaka T., Matsuda H., Iioka K. Development of an Urban Bus with a Turbocharger and Aftercooled Lean // Burn CNG Engine for low Emissions. NGV'94 International Conference. Toronto, Ontario, Canada.
9. Nylund N., Laurikko J., Ikonen M. 2002. Pathways For Natural Gas Into Advanced Vehicles, – Brussel: IANGV, 105 .
10. Bilokon' Y. Y., Okocha A. I. 2002. Traktory i avtomobili, – K.: Urozhai, – 324.
11. Gutarevich Y. F. 1991. Snizhenie vrednyh vybrosov avtomobil'ia v ekspluatsionnyh uslovi'ah. – K: Vyshcha shkola, – 179.
12. Mateichyk V. P., Zakharchuk V. I., Sitovskiy O. P., Zakharchuk O. V. 2010. Dorogni vyprobuvannia kolisnogo traktora z gazovym dvygunom // Technika ta tehnologii APK, – №1. – 22–26.
13. Zakharchuk O. V., Sitovskiy O. P. 2010. Eksperymentalni doslidennia kolisnogo traktora pry roboti na alternatyvnomupalyvi // Visnyk Skhidnoukrainskogo nacionalnogo universytetu imeni V. Dalia. – №6. –114–117.
14. Zakharchuk V., Plizga K. 2004. Matematicheskaia model dlia issledovaniia vlianiia razlicnyh faktorov na ekonomicheskije i ekologicheskije pokazateli kolesnogo traktora // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. 302–309.
15. Mateichyk V. P., Yanovskiy V.V. Zakharchuk O. V. 2012. Perevirka adekvatnosti matematychnoi modeli ruhu kolisnogo traktora z gazovym dvygunom u jizdovomu cykli // Naukovi notatky: mizhvuzivs'kyi zbirnyk za napriamom “Inzhenerna mekhanika”. Lutsk, – 200–203.

**DETERMINATION OF RATIONAL
VALUES OF CONDUCTING PARAME-
TERS OF TRANSMISSION AND GAS EN-
GINE OF THE WHEELED TRACTOR IN
A TRANSPORT PROCESS**

Summary. The results of theoretical re- searches of indexes of the wheeled tractor with a gas engine in the characteristic modes of a transport process are given.

The rational conducting parameters of trans- mission and gas engine of the wheeled tractor after the criteria of minimum specific fuel con- sumption and harmful emission are chosen and grounded.

Key words: wheeled tractor, gas engine, ma- thematical model, transport process, rational parameters.