

УДК 629:631.3

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-191-195

Результаты исследований по повышению крутящего момента двигателя**Вячеслав Анатольевич Сенников¹, Наталья Николаевна Сенникова²,
Андрей Вячеславович Сенников³**^{1,2,3} Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия¹ Sennikovva@mail.ru, ² Sennikovan.n@mail.ru, ³ Tres_25_06@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований, посвященные повышению крутящего момента двигателя. В настоящее время вопрос повышения эффективности использования энергоносителей является особенно актуальным. Это объясняется тем, что цены на них постоянно возрастают. Особенно остро этот вопрос стоит там, где в эксплуатации находятся энергетические средства, имеющие срок службы более 10–15 лет, а именно, в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах. Один из вопросов, стоящих перед товаропроизводителями – изыскание путей увеличения производительности. Особенно это касается производителей сельскохозяйственной продукции, так как величина производительности во многом зависит от природно-климатических условий, которые очень трудно заранее предвидеть. Следовательно, выполнить весь объём запланированных работ в строго отведённые сроки не всегда представляется возможным. Несоблюдение сроков влечёт за собой снижение урожайности, что, в конечном итоге, увеличивает величину затрат на единицу полученной продукции. В этих условиях необходимо находить пути решения, и одним из таких путей является повышение производительности имеющихся машинно-тракторных агрегатов. Поэтому, в данной ситуации необходимо изыскивать возможность повышения эффективности использования таких энергетических средств за счёт внедрения новых технических решений. В то же время при внедрении новых технических решений необходимо уделять должное внимание вопросу экологии. Один из способов решения данной проблемы состоит в изыскании альтернативных источников энергии, которые при сравнительно небольшой себестоимости давали бы возможность повысить эффективность использования энергетических средств за счёт улучшения эксплуатационных показателей (крутящий момент двигателя).

Ключевые слова: двигатель, крутящий момент, энергетическое средство, эффективная мощность, газодизельная смесь

Для цитирования: Сенников В. А., Сенникова Н. Н., Сенников А. В. Результаты исследований по повышению крутящего момента двигателя // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 191–195. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-191-195.

Results of studies on engine torque increase**Vyacheslav A. Sennikov¹, Natalia N. Sennikova², Andrey V. Sennikov³**^{1,2,3} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia¹ Sennikovva@mail.ru, ² Sennikovan.n@mail.ru, ³ Tres_25_06@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies devoted to increase of engine torque. Currently, the issue of efficiency increase of energy use is very urgent. This is due to the fact that their prices are constantly rising. This issue is especially acute, where energy resources are in operation, having a service life of more than 10–15 years, namely in small peasant farms. One of the questions facing manufacturers is finding ways to increase productivity. This is especially true for agricultural producers, since the value of productivity largely depends on natural and climatic conditions, which are very difficult to foresee in advance. Consequently, it is not always possible to complete the entire scope of the planned work within the strictly allotted time frame. Failure to comply with the terms entails, as a consequence, a decrease in yield, which, ultimately, increases

the cost per unit of received product. In these conditions, it is necessary to find solutions, and one of the ways is to increase the productivity of the existing machine and tractor units. Therefore, in this situation, it is necessary to seek the possibility of efficiency increase of the use of such energy resources through the introduction of new technical solutions. At the same time, when introducing new technical solutions, it is necessary to pay due attention to the issue of ecology, since much attention is currently paid to this issue. One of the ways to solve this problem is to search for alternative energy sources, which, at a relatively low cost, would make it possible to increase the efficiency of using energy resources by improving performance indicators (engine torque).

Keywords: engine, torque, energy mean, effective power, gas-diesel mixture

For citation: Sennikov V. A., Sennikova N. N., Sennikov A. V. Results of studies on engine torque increase. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 191–195. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-191-195.

Введение. Используемые в настоящее время в сельскохозяйственном производстве энергетические мощности, в частности, тракторы работают на дизельном топливе. При этом необходимо отметить, что цены на топливо с каждым годом возрастают. В период 2010–2021 гг. дизельное топливо подорожало с 19 до 53 рублей за литр или практически в три раза. При этом необходимо учесть, что в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах используются тракторы, срок службы которых составляет выше нормативного срока эксплуатации в несколько раз. Поэтому, одним из способов повышения эффективности использования таких тракторов является их перевод на газодизельную систему питания [1, 2, 3].

В настоящее время использование газодизельной системы питания двигателя представляется практически единственным эффективным способом снижения расходов на дизельное топливо. При таком подходе дизельное топливо используется лишь как запальная доза для воспламенения смеси, так как на дизельных двигателях нет искровой системы зажигания.

Как показывают исследования, наилучшие экономические показатели достигаются при использовании в виде второго топлива сжатого природного газа (метан). Максимальный процент замещения при использовании метана составляет 85 %, средний процент замещения – 70 %. При этом необходимо отметить, что при сжигании метана выброс вредных веществ в атмосферу значительно ниже, чем при сжигании дизельного топлива. В связи с этим были проведены исследования по использованию газодизельной смеси.

Цель работы состоит в увеличении эффективности использования энергетических средств за счёт повышения крутящего момента двигателя.

Условия и методы исследований. При проведении исследований учитывались требования, изложенные в государственных стандартах:

1. ГОСТ 14846–2020. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний.

2. ГОСТ 21393–75. Автомобили с дизелями. Дымность отработанных газов. Нормы и методы измерений. Требования безопасности.

Использование данных стандартов позволило всесторонне и объективно раскрыть искомые зависимости и достоверно установить взаимосвязи, характеризующие процессы сгорания газодизельной смеси в двигателе.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на тормозном стенде (рис. 1). При проведении испытаний фиксировались следующие параметры: показания дымомера «Инфракар Д1», показания динамометра, обороты двигателя, время опыта, расход газа и дизельного топлива за опыт. Полученные результаты обрабатывались на персональном компьютере с использованием программ *KPS* и *Statistika-7*.

Результаты исследований. Крутящий момент двигателя является одним из показателей, характеризующих эффективность работы двигателя. Это объясняется тем, что он в дальнейшем оказывает влияние на ведущий момент трактора и, как следствие, на тяговое усилие, развиваемое трактором.

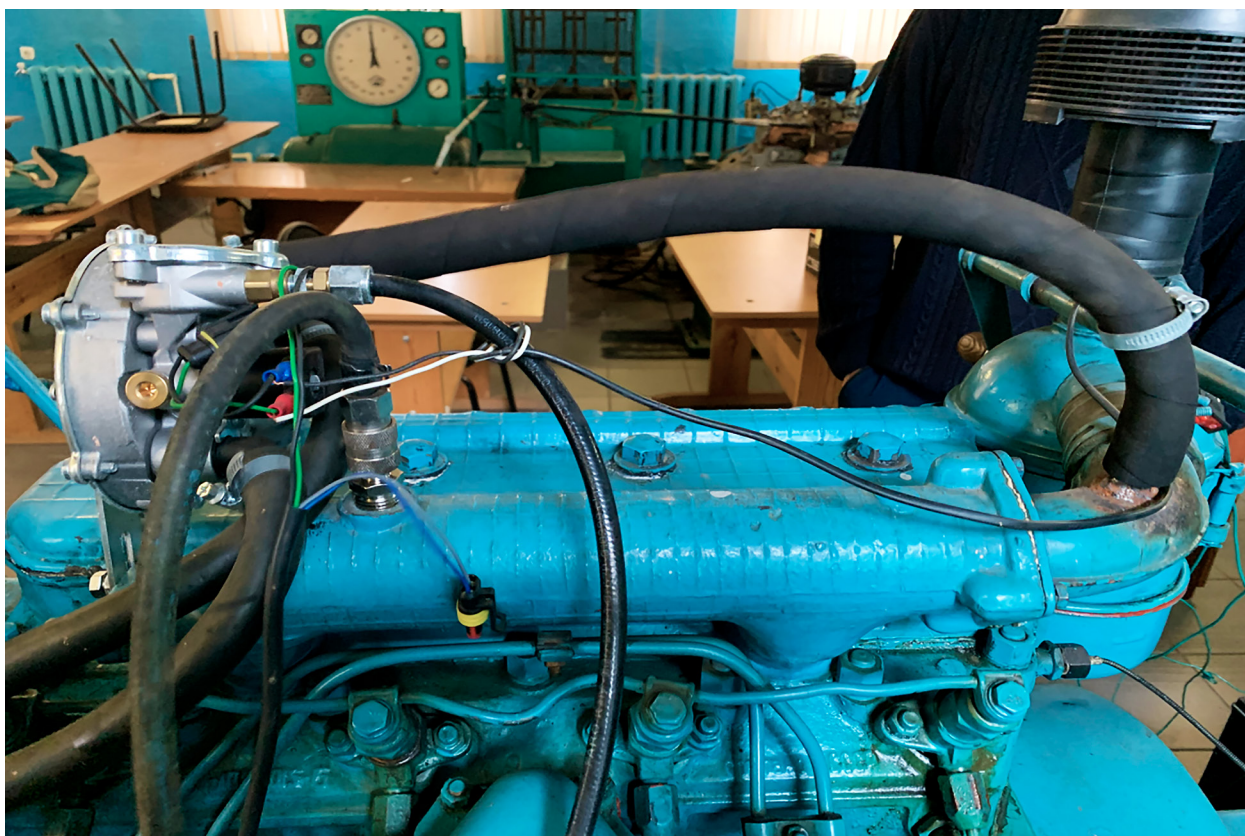


Рисунок 1 – Общий вид двигателя с устройством для подачи газа, установленном на тормозном стенде

На основании проведенных теоретических исследований были получены формулы для определения эффективной мощности двигателя (в киловатт), работающего в серийном варианте (1), и двигателя, работающего на газодизельной смеси (2) [2]:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i \cdot \eta_e \cdot P_c \cdot Q_H}{8,314 \cdot M_e \cdot T_c \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_i \cdot 30 \cdot \tau}, \quad (1)$$

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i \cdot \eta_e \cdot P_c \cdot (Q_{HD} + Q_{HG})}{8,314 \cdot M_e \cdot T_c \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_i \cdot 30 \cdot \tau} \quad (2)$$

где P – среднее эффективное давление, МПа;
 V_h – рабочий объём цилиндра двигателя, л;
 n – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹;
 i – число цилиндров двигателя;
 η_e – эффективный коэффициент полезного действия;
 P – давление конца сжатия, МПа;
 Q_H – низшая теплота сгорания топлива, кДЖ/кг;
 Q_{HD} – низшая теплота сгорания дизельного топлива, кДЖ/кг;

Q_{HG} – низшая теплота сгорания природного газа, кДЖ/кг;
 M_e – число молей перед началом сгорания, кмоль/кг;
 T_c – температура конца сжатия, К;
 ε – степень сжатия;
 P_i – среднее индикативное давление, МПа;
 τ – коэффициент тактности.

Между эффективной мощностью двигателя и крутящим моментом существует зависимость (3):

$$N_e = \frac{M_g \cdot n}{9550} \quad (3)$$

где M_g – крутящий момент, Нм.

Выразим величину крутящего момента двигателя формулой (4):

$$M_g = \frac{N_e \cdot 9550}{n} \quad (4)$$

Решив совместно уравнения (1), (2) и (4), получим величину крутящего момента

двигателя (в ньютон-метрах), работающего в серийном варианте (5), и двигателя, работающего на газодизельной смеси (6):

$$M_g = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i \cdot \eta_e \cdot P_c \cdot Q_{HD} \cdot n}{8,314 \cdot M_e \cdot T_c \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_i \cdot 30 \cdot \tau \cdot 9550} \quad (5)$$

$$M_g = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i \cdot \eta_e \cdot P_c \cdot (Q_{HD} + Q_{HF}) \cdot n}{8,314 \cdot M_e \cdot T_c \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_i \cdot 30 \cdot \tau \cdot 9550} \quad (6)$$

После анализа полученных формул (5) и (6) видно, что крутящий момент у двигателя, работающего на газодизельной смеси, выше, чем у двигателя, работающего на дизельном топливе.

С целью подтверждения полученных теоретических зависимостей были проведены экспериментальные исследования по определению крутящего момента двигателя в лабораторных условиях для трёх вариантов работы:

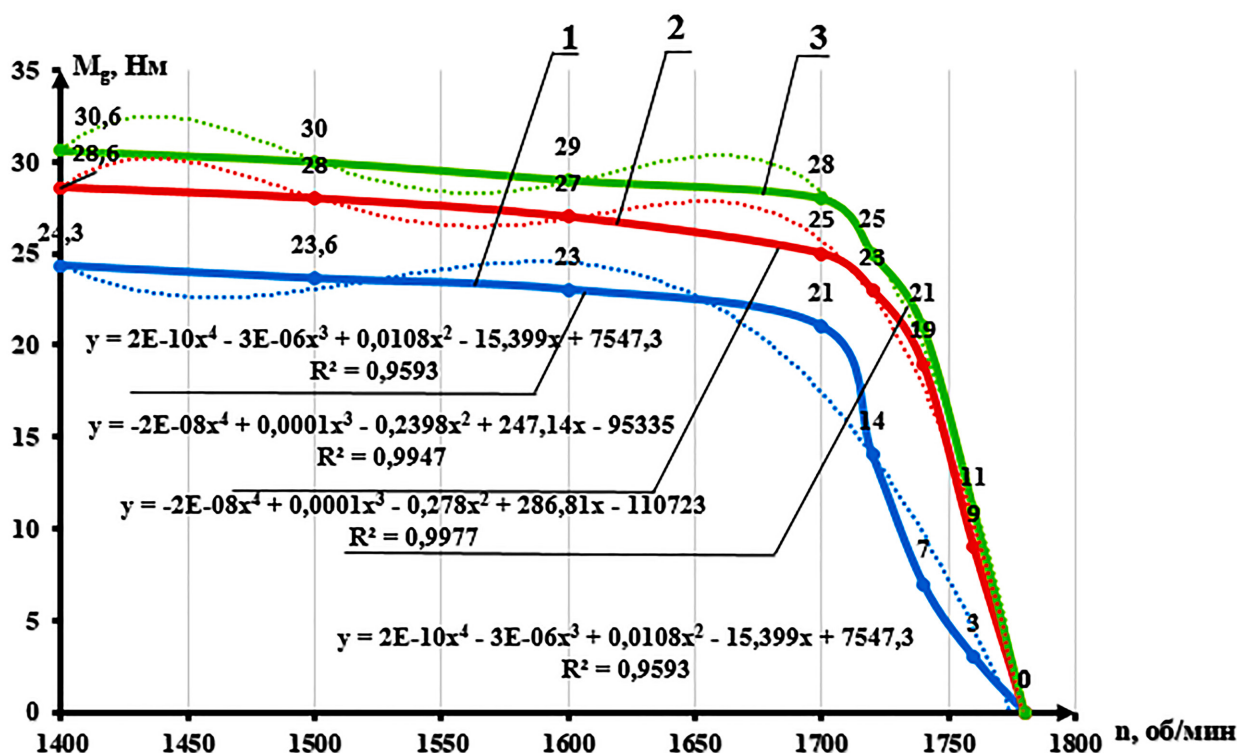
1) двигатель, работающий на дизельном топливе;

2) двигатель, работающий на газодизельной смеси;

3) двигатель, работающий на газодизельной смеси с дополнительной подачей воздуха.

Полученные результаты представлены на рисунке 2. Анализ данных показывает, что крутящий момент двигателя, работающего на газодизельной смеси и газодизельной смеси с дополнительной подачей воздуха выше по сравнению с крутящим моментом двигателя, работающего на дизельном топливе. При 1700 оборотов в минуту крутящий момент двигателя, работающего на газодизельной смеси увеличился с 21 Нм до 28 Нм, то есть на 33,3 %.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что использование газодизельной смеси позволяет повысить крутящий момент двигателя и, как следствие, ведущий момент и тяговое усилие трактора.



1 – крутящий момент серийного двигателя, работающего на дизельном топливе; 2 – крутящий момент экспериментального двигателя, работающего на газодизельной смеси; 3 – крутящий момент экспериментального двигателя, работающего на газодизельной смеси с дополнительной подачей воздуха

Рисунок 2 – Регуляторная характеристика крутящего момента двигателя

Список источников

1. Панов А. В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования. М. : Академия, 2006. 160 с.
2. Результаты исследований по использованию комбинированного топлива / В. А. Сенников [и др.] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2021. № 4. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/4/st_404.pdf (дата обращения: 25.08.2021).
3. Сенников В. А., Щитов С. В., Сенников А. В. Зависимость производительности машинно-тракторных агрегатов от вида используемого топлива // Наука и современность: материалы 60-й междунар. науч. конф. Евразийского Научного Объединения (Москва, февраль 2020). М. : Евразийское Научное объединение, 2020. С. 339–341.

References

1. Panov A. V. *Ustanovka i ekspluatatsiya gazoballonnoho oborudovaniya [Installation and operation of gas equipment]*, Moskva, Academy, 2006, 160 p. (in Russ.).
2. Sennikov V. A., Sennikova N. N., Sennikov A. V., Shchitov S. V. Rezul'taty issledovaniy po ispol'zovaniyu kombinirovannogo topliva [The results of research on the use of combined fuel]. *AgroEkoInfo – AgroEkoInfo*, 2021; 4. Retrieved from http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/4/st_404.pdf (Accessed 25 August 2021) (in Russ.).
3. Sennikov V. A., Shchitov S. V., Sennikov A. V. Zavisimost' proizvoditel'nosti mashinno-traktornykh agregatov ot vida ispol'zuemogo topliva [Dependence of machine-tractor unit productivity on the type of used fuel]. Proceedings from Science and modernity: 60-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya Evrazijskogo Nauchnogo Ob"edineniya (fevral' 2020 g.) – 60th International Scientific Conference of the Eurasian Scientific Association. (PP. 339–341), Moskva, Evrazijskoe Nauchnoe ob"edinenie, 2020 (in Russ.).

© Сенников В. А., Сенникова Н. Н., Сенников А. В., 2021

Статья поступила в редакцию 20.09.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 03.12.2021.

The article was submitted 20.09.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 03.12.2021.

Информация об авторах

Сенников Вячеслав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, Sennikovva@mail.ru;

Сенникова Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры физики и информатики, Дальневосточный государственный аграрный университет, Sennikovan.n@mail.ru;

Сенников Андрей Вячеславович, соискатель, Дальневосточный государственный аграрный университет, Tres_25_06@mail.ru

Information about authors

Vyacheslav A. Sennikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, Sennikovva@mail.ru;

Natalia N. Sennikova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Computer Science, Far Eastern State Agrarian University, Sennikovan.n@mail.ru;

Andrey V. Sennikov, Degree-Seeking Student, Far Eastern State Agrarian University, Tres_25_06@mail.ru