

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА РАПСОВОМ МАСЛЕ С ПОДАЧЕЙ ВОДЫ НА ВПУСКЕ

Ф. А. НОВОКШАНОВ¹, аспирант
А. Л. БИРЮКОВ¹, канд. техн. наук, доцент
П. Ю. МАЛЫШКИН², ст. преподаватель

¹Вологодская государственная молочнохозяйственная академия
имени Н. В. Верещагина,
Вологда, Российская Федерация,

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В технических науках экспериментальные исследования имеют большое, а зачастую и определяющее значение, ввиду большой сложности изучаемых процессов и недостатка эмпирического материала для математического моделирования [6–8, 10].

Более ста сорока лет назад английский химик и физик, один из основателей электрохимии Гемфри Дэви сказал, что «один хороший эксперимент стоит больше изобретательности ньютоновского ума». Эта фраза часто повторяется и по сей день. Буквально Г. Дэви сказал: «One good experiment is worth more than the ingenuity of a brain like Newton's» (1799 г.)». Очевидно, что, придавая большое значение эксперименту, нельзя отрицать и значение теории. При адекватном (достаточном) согласии полученных экспериментальных данных с результатами теоретических исследований математическая модель позволяет заменить дорогостоящие и длительные эксперименты – компьютером (программные расчеты).

Основная часть. Испытания дизельного двигателя Д-21 были проведены с целью определения влияния подачи воды на эксплуатационные показатели двигателя при работе на рапсовом масле [3]. В основу проведенных исследований были положены рекомендации ГОСТ 18509-88. В процессе проведения испытаний были сняты регуляторные и внешние скоростные характеристики двигателя при различных объемах (количествах) подачи воды в цилиндры двигателя с проведением его индицирования на всех исследуемых режимах.

Опыты проводились в диапазоне частот вращения коленчатого вала от режима максимального холостого хода до режима максимального крутящего момента (1500–2000 мин⁻¹).

В начале эксперимента проводились опыты без подачи воды (работа на чистом дизельном топливе), затем опыты с применением рапсового масла и подачей воды во впускной коллектор двигателя [2, 9]. Количество воды изменялось ступенчато, с интервалом в 10 %, от массы подаваемого топлива. Максимальное количество подаваемой воды составляло 50 % [1, 4]. Данный предел был установлен по данным исследований и перепроверен серией предварительных испытаний.

В результате проведенных испытаний были получены данные и в программе Microsoft Excel, определены следующие эмпирические зависимости (1, 2) по изменению эффективных показателей работы двигателя Д-21 на рапсовом масле с подачей воды на впуске (рис. 1) с коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0,9997$.

Развиваемый крутящий момент, двигателем при работе на рапсовом масле с подачей воды на впуске достаточно точно определяется по формуле:

$$M_k' = A \cdot W^3 + B \cdot W^2 + C \cdot W + M_k, \quad (1)$$

где M_k' – крутящий момент двигателя при работе на рапсовом масле с подачей воды на впуске, Н·м;

A, B, C – эмпирические коэффициенты $A = 56,5; B = 102; C = 76,1$;

W – количество подаваемой воды, доли;

M_k – крутящий момент двигателя при работе на чистом дизельном топливе, Н·м.

Также эффективная мощность, развиваемая двигателем при работе на рапсовом масле с подачей воды на впуске, достаточно точно определяется по формуле:

$$N_e' = A \cdot W^3 + B \cdot W^2 + C \cdot W + N_e, \quad (2)$$

где N_e' – эффективная мощность двигателя при работе на рапсовом масле с подачей воды на впуске, кВт;

A, B, C – эмпирические коэффициенты $A = 10,6; B = 19,2; C = 14,3$;

W – количество подаваемой воды, доли;

N_e – эффективная мощность двигателя при работе на чистом дизельном топливе, Н·м.

Полученные зависимости позволяют определить повышение мощности и крутящего момента двигателя при подаче воды на впуске при подаче воды до $W_{\max} = 56,8$ %. Наибольшие значения эффективных показателей дизеля наблюдается при подаче воды в диапазоне

25–35 %, Оптимальное значение $W = 30\%$ позволяет увеличить крутящий момент двигателя на 14,76 % ($M_k = 94,37 \text{ Н м}$).



Рис. 1. Зависимость изменения крутящего момента (МК) и эффективной мощности (N_e) двигателя от количества воды W подаваемой на впуске

Таким образом, полученные значения достаточно хорошо согласуются с исследованиями И. И. Сторожева, согласно которым цикловая подача составляет 32 % от цикловой подачи топлива, и с исследованиями О. И. Быстрова, где максимально возможная цикловая подача воды была установлена равной 33 % или равной третьей части от цикловой подачи топлива [5].

Заключение. На основании проведенных исследований можно принять, что оптимальная цикловая подача воды должна составлять 25–30 % от цикловой подачи дизельного топлива (17–19 мг/ц на номинальном режиме работы двигателя Д-21). Максимально допустимая подача воды на впуске $W_{\max} = 56,8\%$. Оптимальное значение $W = 30\%$ позволяет увеличить крутящий момент двигателя на 14,76 % ($M_k = 94,37 \text{ Н м}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков, А. Л. Улучшение эксплуатационных и экологических показателей бензиновых двигателей путем применения топливно-водных смесей: дисс. ... канд. техн. наук / А. Л. Бирюков. – СПб., 2011. – 177 с.
2. Бирюков, А. Л. Модернизация системы подачи топлива дизельного двигателя для работы на растительном масле с подачей воды / А. Л. Бирюков, Ф. А. Новокшанов, Т. Г. Булавина // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производства: технология и надежность машин, приборов и оборудования. – Вологда, 2020. – С. 342–346.
3. Бирюков, А. Л. Оценка некоторых экологических показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле / А. Л. Бирюков, Ф. А. Новокшанов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 163–167.
4. Бирюков, А. Л. Экологическая оценка последствий увеличения количества автомобильного транспорта / А. Л. Бирюков, В. А. Коптяев, С. В. Мартынов // Наука – агропромышленному комплексу. – Вологда: ВГМХА, 2009. – С. 177–181.
5. Исследование работы автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом / С. А. Плотников [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 1 (25). – С. 110–118.
6. Карташевич, А. Н. Использование смесевых топлив на основе рапсового масла для сельскохозяйственных тракторов / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2012. – 210 с.
7. Карташевич, А. Н. Применение методики планирования эксперимента в исследованиях свойств биотоплива / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 200–207.
8. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Авангард, 2014. – 144 с.
9. Способ и устройство для получения и подачи топливно-водной смеси в ДВС / А. Л. Бирюков, В. А. Коптяев, С. Р. Ножнин // Патент 2382229 РФ, МПК F-02 М 25/022 (2006.01).
10. Шипин, А. И. Способ создания многокомпонентного биотоплива для применения в автотракторном дизеле / А. И. Шипин, П. Ю. Малышкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 239–242.

Аннотация. Применение топливно-водных смесей является одним из действенных методов комплексного улучшения эксплуатационных и экологических показателей ДВС. Исследованиями установлено, что при их использовании возможно увеличение эффективной мощности и крутящего момента двигателя.

Ключевые слова: дизельный двигатель, рапсовое масло, вода.