

ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ НА РАПСОВОМ МАСЛЕ

А.Н. Карташевич, д.т.н., проф., В.С. Товстыка, асп.
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия
С.А. Плотников, к.т.н., доц.

Московский государственный индустриальный университет, филиал в г. Кирове

Проведены стендовые испытания тракторного дизеля на дизельном топливе и его смесях с рапсовым маслом. Определены мощностные и экономические показатели дизеля на основных режимах его работы. Экспериментально подтверждена возможность применения рапсового масла в качестве моторного топлива.

Использование в дизелях смесей рапсового масла (РМ) с дизельным топливом (ДТ) в качестве моторного топлива вносит определенные изменения в эксплуатационные показатели и показатели процесса сгорания. На кафедре «Тракторы и автомобили» Белорусской ГСХА длительное время проводятся исследования и испытания дизелей 4Ч11,0/12,5 (Д-243) и 4ЧН11,0/12,5 (Д-245.5С2) на смесях рапсового масла с дизельным топливом [2, 3]. Для приготовления топливной смеси используется дизельное топливо марки Л и рапсовое масло холодного отжима. Исследования выполнены в процессе реализации научной программы «Биотопливо».

Известно, что рапсовое масло по своим физико-химическим свойствам отличается от дизельного топлива повышенными значениями вязкости, плотности и температуры воспламенения, а также пониженными значениями низшей расчетной теплоты сгорания и цетанового числа [1, 5, 7]. Поэтому при впрыскивании рапсового масла в цилиндр дизеля предполагается рост среднего диаметра капель при одновременном увеличении дальности и угла распыливания топливного факела. Это, в свою очередь, повлечет снижение доли топлива, участвующего в объемном смесеобразовании, повышение неоднородности смеси и, в конечном итоге, увеличение продолжительности периода процесса самовоспламенения. Ухудшение качества процесса смесеобразования одновременно с ухудшением характеристик воспламеняемости приводят к повышению жесткости процесса сгорания и изменению эффективных показателей работы дизеля.

Для предварительной оценки характера работы дизеля на рапсовом масле были разработаны оригинальные методики исследования, реализованные в качестве программ для ЭВМ [6]. Особенностью этих методик является учет конструктивных, режимных и регулировочных параметров двигателя. Значения параметров, характеризующих рабочее тело, принимались для случая, когда двигатель работает только на рапсовом масле.

На рис. 1 представлены расчетные значения периода задержки воспламенения (ПЗВ) при работе дизеля на различных скоростных режимах.

Установлено, что с увеличением статического угла опережения подачи топлива ($\theta_{оп.впр}$) период задержки воспламенения сокращается. Так, при $\theta_{оп.впр} = 18$ град ПКВ до ВМТ его рост в рассматриваемом скоростном диапазоне составляет 2,1 градуса (от 6,56 до 8,66), а при $\theta_{оп.впр} = 26$ град ПКВ до ВМТ — 0,52 градуса соответственно (от 11,87 до 12,39). Как и предполагалось, указанное обстоятельство может быть вызвано снижением однородности топливо-воздушной смеси из-за увеличения давления в цилиндре в момент начала впрыскивания [4].

На рис. 2 представлены номинальные нагрузочные характеристики дизеля Д-243 при работе на дизельном и смесевом топливе с концентрацией рапсового масла в смеси 20 и 40 % при оптимальном значении угла опережения впрыскивания топлива $\theta_{оп.впр} = 20$ град ПКВ до ВМТ.

Как видно из графиков, во всем диапазоне изменения нагрузки растет суммарный часовой

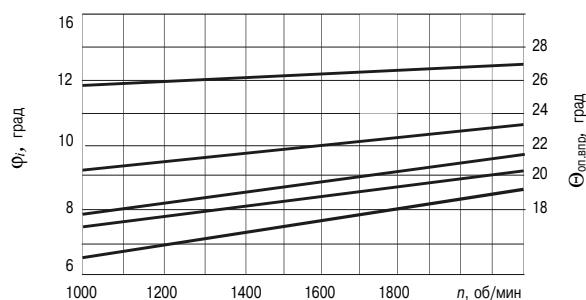


Рис. 1. Номограмма для определения ПЗВ при работе дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) на рапсовом масле при различной частоте вращения

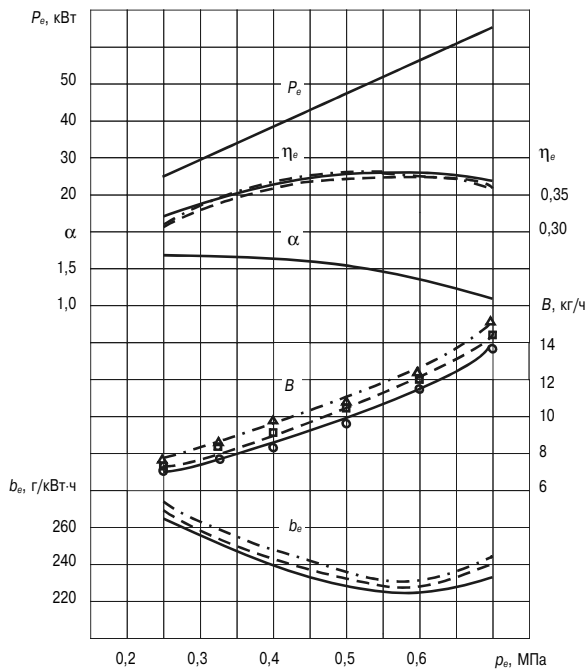


Рис. 2. Нагрузочные характеристики дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) при $n = 2200$ об/мин:
 — 100 % ДТ; ---- 80 % ДТ + 20 % РМ;
 - · - · - 60 % ДТ + 40 % РМ

расход смешанного топлива, в то время как расход дизельного топлива уменьшается за счет замещения его рапсовым маслом. Так, при максимальной нагрузке ($p_{me} = 0,69$ МПа) расход дизельного топлива составляет $B_{дт} = 13,65$ кг/ч, а при переходе на смешанное топливо с содержанием рапсового масла 20 и 40 % его расход возрастает до 14,1 и 14,54 кг/ч соответственно. При этом расход дизельного топлива в смеси снизился до 11,28 кг/ч при концентрации рапсового масла 20 % и до 8,74 кг/ч при концентрации масла 40 %. Экономия составила 17,4 и 36 % соответственно.

Значения удельного эффективного расхода топлива b_e возрастают пропорционально содержанию рапсового масла в смеси с $b_{e \min} = 228$ г/кВт·ч (дизельное топливо) до $b_{e \min} = 235$ и 243 г/кВт·ч (смешанное топливо). Увеличение удельного эффективного и часового расходов топлива при сохранении мощностных показателей дизеля на уровне, установленном заводом-изготовителем, вызвано меньшей теплотой сгорания рапсового масла по сравнению с дизельным топливом [1, 5, 7, 8].

Эффективный КПД двигателя, рассчитанный по значениям удельной теплоты сгорания дизельного и смешанных топлив, остается практически неизменным и составляет $\eta_e = 0,371$.

Влияние рапсового масла в топливе на изменение эффективных показателей дизеля при работе по внешней скоростной характеристике приведено на рис. 3. Работа дизеля на смесях

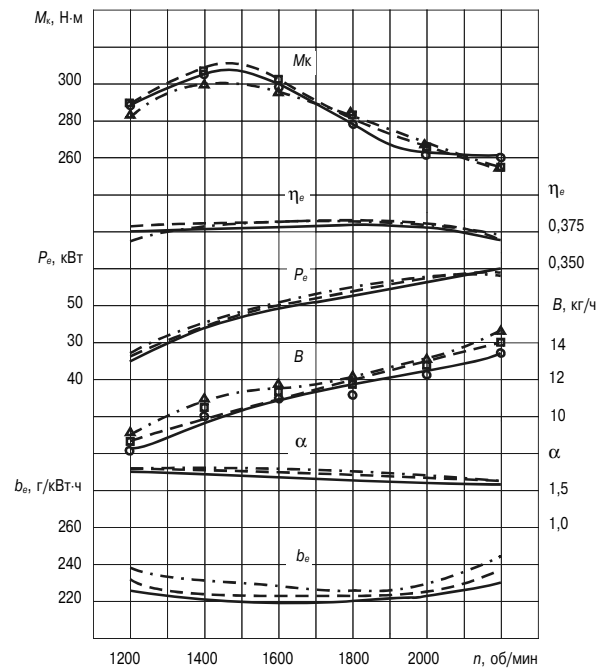


Рис. 3. Внешние скоростные характеристики дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) на номинальной нагрузке:
 — 100 % ДТ; ---- 80 % ДТ + 20 % РМ;
 - · - · - 60 % ДТ + 40 % РМ

рапсового масла с дизельным топливом не изменяет его эффективных показателей: эффективной мощности P_e ; крутящего момента M_k ; эффективного КПД η_e , которые практически совпадают с аналогичными характеристиками, полученными при работе на дизельном топливе. Часовой и удельный расходы смешанного топлива увеличиваются во всем диапазоне изменения частоты вращения. Для топлива с концентрацией РМ 20 % увеличение составляет 2–3,3 %, а для топлива с концентрацией РМ 40 % — от 5 до 6,5 %. При этом экономия дизельного топлива составляет 30,3 % при $n = 1200$ об/мин и 31,1 % при $n = 2200$ об/мин.

Дальнейшие испытания были проведены на дизеле 4ЧН11,0/12,5 (Д-245.5С2) с наддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха, устанавливаемом на тракторе «Беларусь 921.3».

На рис. 4 представлены внешние скоростные характеристики дизеля 4ЧН11,0/12,5 при работе на смешанных топливах. При проведении стендовых испытаний дизель был укомплектован штатной системой топливоподачи.

Как видно из приведенных графиков, при работе дизеля с наддувом на смешанном топливе характер изменения его эффективных показателей качественно аналогичен изменению показателей безнаддувного дизеля. Количественно экономия дизельного топлива составляет от 18,5 до 35 %, при росте удельного эффективного расхода

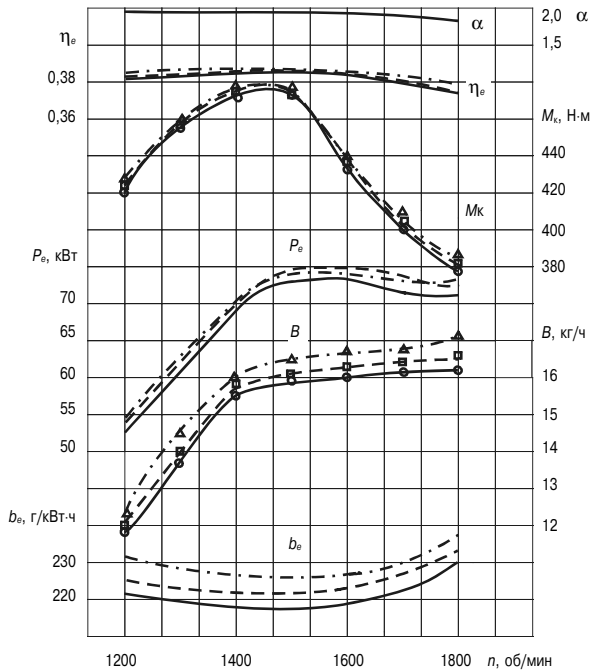


Рис. 4. Скоростные характеристики дизеля 4ЧН11,0/12,5 (Д-245.5С2) на номинальной нагрузке:
 — 100 % ДТ; ---- 80 % ДТ + 20 % РМ;
 - · - · - 60 % ДТ + 40 % РМ

смесевое топливо на 3,8 и 4,5 % для смесей с 20 и 40 % рапсового масла соответственно.

Изменения эффективной мощности, крутящего момента и эффективного КПД дизеля на всех рассмотренных скоростных режимах незначительны и не превышают 2 %, что во всех случаях находится в пределах допустимой погрешности.

Следовательно, можно констатировать удовлетворительную сходимость результатов стендовых испытаний наддувного и безнаддувного дизелей.

На основании полученных результатов испытаний можно сделать следующие выводы.

➤ Работа дизеля на смесях рапсового масла и дизельного топлива сопровождается некоторым увеличением периода задержки воспламенения в сравнении с работой на дизельном топливе.

➤ Подача смеси рапсового масла и дизельного топлива в цилиндры дизеля может осуществляться с использованием штатной топливной аппаратуры. При работе дизеля по внешней скоростной

характеристике с сохранением заданного заводом-изготовителем закона ввода теплоты в цилиндры возможна регулировка максимального значения цикловой подачи топлива.

➤ Эффективные показатели дизеля не ухудшаются. Максимальное значение эффективного КПД остается на уровне 0,32–0,37, что соответствует показателям серийного дизеля. Значения эффективной мощности и крутящего момента при испытаниях имеют расхождение в пределах допустимой ошибки эксперимента.

➤ Экспериментально подтверждена работоспособность дизеля на смесях рапсового масла и дизельного топлива. Использование смесей РМ и ДТ в качестве моторного топлива позволяет экономить 17–30% дизельного топлива.

Литература

1. *Карташевич А.Н., Товстыка В.С.* Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие. — Горки: БГСХА, — 2007. — 264 с.
2. *Карташевич А.Н., Товстыка В.С., Плотников С.А.* Анализ результатов работы топливного насоса высокого давления на смесях рапсового масла с дизельным топливом // *Агропанорама*. — 2009. — № 2(72). — С. 34–37.
3. *Карташевич А.Н., Товстыка В.С., Плотников С.А.* Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле // *Тракторы и сельхозмашины*. — 2011. — № 3. — С. 13–16.
4. *Колчин А.И., Демидов В.П.* Расчет автомобильных и тракторных двигателей. — М.: Высшая школа, 2002. — 496 с.
5. *Марков В.А., Гайворонский А.И., Девянин С.Н., Пономарев Е.Г.* Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля // *Автомобильная промышленность*. — 2006. — № 2.
6. *Плотников С.А., Бузиков Ш.В., Карташевич А.Н., Товстыка В.С.* Программа расчета параметров подготовительной фазы процесса сгорания при работе дизелей ММЗ на рапсовом масле (ППФ-ММЗ-РМ) // *Свидетельство об офици. регистр. progr. для ЭВМ № 2009612778 от 29.05.2009.*
7. *Производство и применение биодизеля: справочное пособие / А.Р. Аблаев и др.* — М.: АПК и ППРО, 2006. — 80 с.
8. *Савельев Г.С.* Применение газомоторного и биодизельного топлив в автотракторной технике. — М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2009. — 216 с.