

Экспериментальное исследование работы дизельного двигателя на смесевом топливе

Д-р техн. наук С. А. НАГОРНОВ, инж-ры Ю. В. МЕЩЕРЯКОВА, А. Г. МЕЩЕРЯКОВ
(ВНИИТиН, yulya-belova@yandex.ru)

Аннотация. Проведены испытания смесового дизельного топлива на тракторе ЮМЗ-Л6. Использовалось нефтяное дизельное топливо (ДТ) и 5–20 % биодобавки на основе микроводоросли хлорелла. Измерялись тягово-скоростные и топливно-экономические показатели дизельного двигателя при нагрузке в полевых условиях, а также дымность и токсичность отработавших газов (ОГ).

Ключевые слова: биотопливо, дизельное топливо, дымность, микроводоросль, отработавшие газы, токсичность, тяговое усилие на крюке, мощность на крюке.

Experimental research of performance of diesel engine operating on mixed fuel

S. A. NAGORNOV, Yu. V. MESCHERYAKOVA, A. G. MESCHERYAKOV (All-Russian Research and Technology-and-Design Institute for the Use of Equipment and Oil Products in Agriculture, yulya-belova@yandex.ru)

Summary. Tests of mixed fuel have been carried out on the ЮМЗ-Л6 tractor. This fuel consisted of diesel fuel and 5–20 % supplement based on *Chlorella vulgaris* microalgae. Measurements of traction-speed and fuel-economic parameters of diesel engine under load in the field have been performed. Smokiness and toxicity of exhaust gases have been measured as well.

Keywords: biofuel, diesel fuel, smokiness, microalgae, exhaust gases, toxicity, traction power.

С каждым годом потребление ДТ возрастает. Кроме того, происходит ужесточение требований к качеству топлив. В связи с этим появляется необходимость разработки новых технологий для производства ДТ из возобновляемого сырья. В 2012 г. утверждена "Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года", где запланировано достичь использования 10 % моторного биотоплива к 2020 г. [1].

Использование биотоплива стало официально возможным после разработки ГОСТ Р 52368—2005 [2], в котором говорится о применении ДТ с присутствием в нем метиловых эфиров жирных кислот (до 5 %). Таким образом, улучшить экологические свойства ДТ можно с помощью добавки на основе биодизельного топлива (сложного метилового эфира растительного масла).

Выделяют три поколения биотоплив в зависимости от используемого сырья [3–5]: 1) пищевых масло- и сахаросодержащих наземных растений; 2) непищевых целлюлозосодержащих растений; 3) непищевых водных растений (микроводорослей). Последние обладают значительными преимуществами, так как не требуют использования посевных площадей и имеют высокую продуктивность.

Проведены испытания ДТ и смесового топлива на тракторе ЮМЗ-Л6 с двигателем Д-65Н по параметрам рабочего цикла, мощностным, экономическим и экологическим показателям. Использовалось нефтяное ДТ и 5–20 % биодобавки на основе метиловых эфиров растительного масла. В биотопливной композиции № 1 биодобавка составляла 5 %, № 2 — 10 %, № 3 — 20 %. Измеряли тягово-скоростные и топливно-экономические

показатели при нагрузке в полевых условиях, а также дымность и токсичность ОГ.

Полевые испытания проводились в сухую ясную погоду на горизонтальном непаханом поле. Вспашка производилась плугом ПН-3-35, предварительно прошедшим наладку на глубину 0,22 м, припашку и контрольную проверку регулировки навесного оборудования для вспашки на заданную глубину. В бак заливали определенное количество топлива, после окончания эксперимента остатки сливали, по разнице определяли расход топлива в текущем эксперименте. Перед заливкой образца топлива в бак проводили замену фильтров грубой и тонкой очистки. Измерение и регистрацию параметров осуществляли после прокачки всей топливной системы. Двигатель проработал под нагрузкой и в транспортном режиме одинаковое количество времени для каждого вида топлива, общее время работы составило 15 мин.

Время вспашки составило 1 мин. Результаты измерений заносились в протокол испытаний в трехкратной повторности для данного вида топлива (рис. 1).

Расход топлива G_T , кг/ч, определялся по формуле:

$$G_T = \frac{\Delta G_T}{\Delta \tau}, \quad (1)$$

где ΔG_T — навеска топлива, кг; $\Delta \tau$ — время, за которое расходуется навеска топлива, ч.

Удельный часовой расход топлива q , кг/(кВт·ч):

$$q = \frac{G_T}{N_{кр}}, \quad (2)$$



Рис. 1. Работа трактора на ДТ и смешевом топливе в полевых условиях



Рис. 2. Измерение дымности ОГ

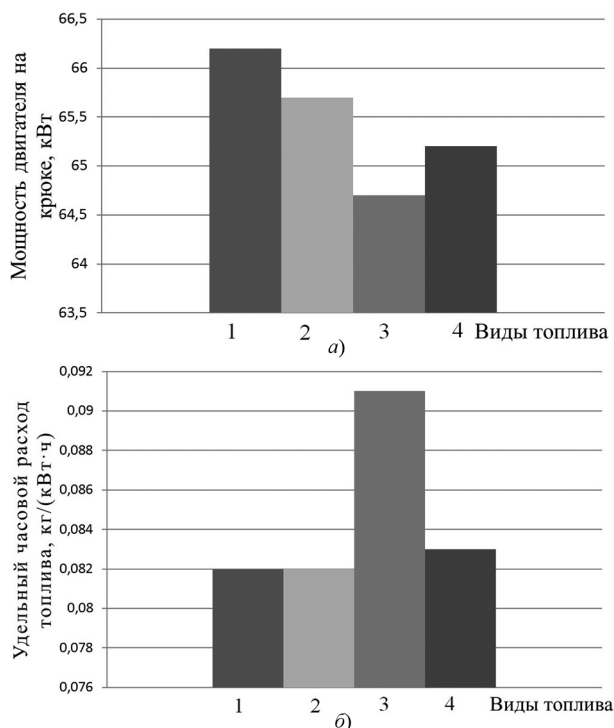


Рис. 3. Мощностные (а) и скоростные (б) показатели работы двигателя на разных видах топлива:

1 — ДТ; 2 — биотопливная композиция № 1; 3 — биотопливная композиция № 2; 4 — биотопливная композиция № 3

где $N_{кр}$ — мощность двигателя на крюке, кВт.

$$N_{кр} = P_{кр} v_{ср}, \quad (3)$$

где $v_{ср}$ — средняя скорость движения, км/ч; $P_{кр}$ — усилие на крюке, кН.

Средняя скорость трактора $v_{ср}$, км/ч:

$$v_{ср} = \frac{S}{t}, \quad (4)$$

где S — путь, пройденный трактором, км; t — время опыта, ч.

Усилие на крюке $P_{кр}$, кН:

$$P_{кр} = B k_{гр} h, \quad (5)$$

где B — ширина захвата плуга, м; $k_{гр}$ — удельное сопротивление грунта, кН/м²; h — глубина вспашки, м.

Условный тяговый КПД:

$$\eta = \frac{N_{кр}}{N_0}, \quad (6)$$

где N_0 — максимальная мощность двигателя, кВт.

Для измерения дымности ОГ (рис. 2) использовали прибор "Инфраклар Д". Измерение объемной доли монооксида углерода и углеводородов в ОГ проводили с помощью прибора "Инфраклар М".

Газозаборный зонд с пробоотборным шлангом устанавливали в выхлопную трубу трактора. Измерение производили в режиме свободного ускорения. Педаль подачи топлива перемещали равномерно за 0,5–1 с до упора и держали в этом положении 2–3 с, затем отпускали и через 8–9 с приступали к новому измерению. На дисплее пульта управления отображалась бегущая линия для выдержки времени цикла измерения. Циклы свободного ускорения повторялись 6 раз, результат измерения выводился на дисплее и распечатывался.

При испытании трактора на ДТ и разных видах смешанного топлива существенной разницы в тягово-скоростных и топливно-экономических показателях не наблюдалось (табл. 1). За одинаковое время при одинаковой нагрузке трактор вспахал одинаковое расстояние,

при этом мощностные характеристики не изменились (рис. 3).

Основной нормируемый показатель дымности ОГ — коэффициент k поглощения света, вспомогательный — коэффициент N ослабления света. Результаты измерения дымности и фракционного состава ОГ представлены в табл. 2 и на рис. 4.

ОГ дизельных двигателей могут включать продукты полного сгорания (водяной пар, диоксид углерода, диоксид серы), продукты неполного сгорания (альдегиды, несгоревшие углеводороды, оксид углерода, сажу и др.), избыточный кислород и оксиды азота. Неполное сгорание топлива в дизелях проявляется главным образом в выделении сажи и оксида углерода.

Дымность ОГ всех топливных композиций не превышала норм, допустимых по ГОСТ 17.2.2.02—98. Дымность биотопливных композиций на основе микроводорослей несколько ниже, в среднем на 11 %. Самый низкий показатель дымности получен при использовании биотопливной композиции № 2.

При анализе показателей дымности следует учитывать, что щелочные металлы могут сильно снижать образование сажи при неполном сгорании в диффузионном пламени. Эти металлы способствуют ионизации частиц сажи, уменьшая таким образом их коагуляцию и облегчая их окисление. А при синтезе биотоплива используются такие катализаторы, как гидроксиды щелочных металлов.

Таблица 1

Тягово-скоростные и топливно-экономические показатели работы двигателя Д-65Н на разных видах топлива

Показатель	ДТ	Композиция № 1	Композиция № 2	Композиция № 3
G_T , л/ч	5,4	5,4	5,92	5,4
$P_{кр}$, кН	9,19	9,19	9,19	9,19
$v_{ср}$, км/ч	7,2	7,15	7,05	7,09
$N_{кр}$, кВт	66,2	65,7	64,7	65,2
q , л/(кВт·ч)	0,082	0,082	0,091	0,083
η	0,86	0,85	0,84	0,85

Таблица 2

Экологические показатели двигателя Д-65Н, работающего на разных видах топлива

Показатель	ДТ	Композиция № 1	Композиция № 2	Композиция № 3
N , %	56	53	47	54
k^{M-1}	1,9	1,75	1,5	1,8
CO, %	0,6	0,5	0,45	0,59
CH, %	0,0017	0,0015	0,0012	0,0019

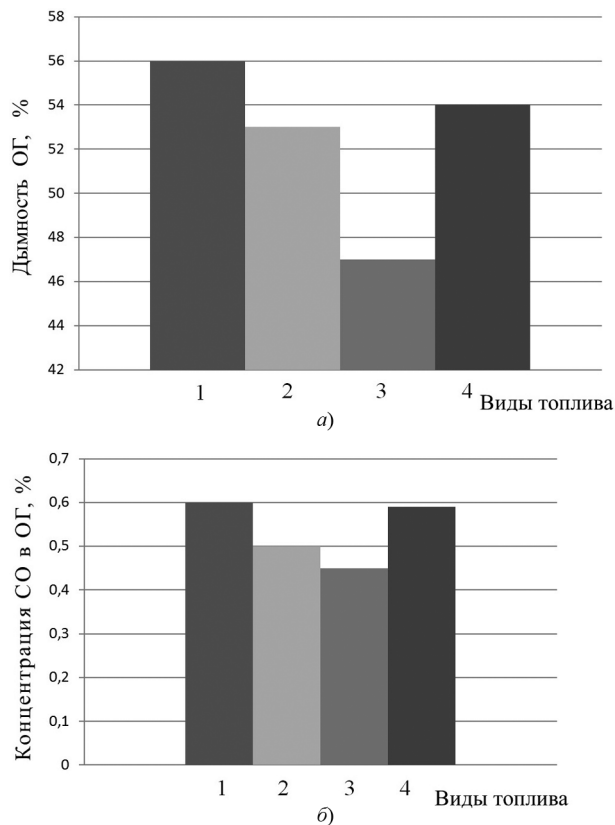


Рис. 4. Дымность ОГ (а) и содержание в них монооксида углерода (б):

1 — ДТ; 2 — биотопливная композиция № 1; 3 — биотопливная композиция № 2; 4 — биотопливная композиция № 3

При использовании топливной композиции № 1 концентрация оксида углерода составила 0,5 %, № 2 — 0,45 %, № 3 — 0,59 %. Наилучший результат достигнут при использовании биотопливной композиции № 2.

Заключение

Результаты проведенных исследований подтверждают возможность использования в дизельных двигателях биотоплив, получаемых из растительных масел. При этом тягово-скоростные и топливно-экономические показатели не изменяются, а экологические показатели улучшаются.

Литература и источники

1. **Комплексная** программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года. — М., 2012.
2. **ГОСТ Р 52368—2005** (ЕН 590:2004). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2005.
3. **Назаренко Л. В.** Биотопливо: история и классификация видов биотоплива // Вестник МГПУ. Сер. Естественные науки. — 2012, № 2 (10).
4. **Митусова Т. Н., Калинина М. В.** Перспективы использования биодизельного топлива // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. — 2005, № 5.
5. **Нагорнов С. А.** и др. Микроводоросли хлорелла как сырье для производства биотоплива третьего поколения // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: Сб. науч. статей / Под общ. ред. А. Т. Лебедева. — Ставрополь: АГРУС, 2015.