

## BIODIESEL AND ITS BLENDS WITH MINERAL DIESEL CONSUMPTION ANALYSIS WHEN FUELLING TRACTORS OF SMALL AND AVERAGE CAPACITY

### Summary

The rising Lithuanian economy has the impact on the increase of the number of diesel engines which drive transport means. The fuel consumption of tractor's diesel engine is often estimated according to such parameters as certificate data about comparative effective fuel consumption and effective coefficient of efficiency when tractor operates in the mode of nominal power. However, such an estimation is not exact and comprehensive when describing the exploitation conditions. In order to characterize tractor's diesel engine one must have exact data about its long-term exploitation in uneconomical and auxiliary modes with different loads. Those reasons caused the need to carry out research of the few tractors which were exploited mostly profitable in Lithuania.

## ANALIZA ZUŻYCIA PALIWA BIODIESEL I JEGO MIESZANEK Z MINERALNYM OLEJEM NAPĘDOWYM PRZEZ CIĄGNIKI MAŁEJ I ŚREDNIEJ MOCY

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań pracy ciągników rolniczych o mocy 18 i 58 kW (T-25A i MTZ-82) przy zasilaniu paliwem biodiesel (rapso-metylowym esterem RME) i różnymi jego mieszankami z olejem napędowym. Ustalono zużycie czasowe i względne (g/kWh) przy przygotowaniu gleby do siewu z kombinowanym agregatem przy różnych obciążeniach ciągnika i różnych mieszankach paliwowych. Przy pracy ciągnika zasilanego paliwem biodiesel oraz jego mieszankami z mineralnym olejem napędowym zużycie paliwa było większe niż przy zasilaniu samym olejem napędowym. Zużycie paliwa biodiesel było o 8,9-12,0% większe. Przy zasilaniu z dodatkiem 50% oleju napędowego zużycie wzrastało o około 6%, a przy dodaniu 70% oleju napędowego – o około 4%. Dla silników mniejszej mocy ( $\leq 18$  kW) stwierdzono większe zużycie paliwa biodiesel.

A. Kraujalis, V. Liubarskij, L. Raslavichjus  
Литовский институт сельскохозяйственной инженерии

## АНАЛИЗ РАСХОДА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ЕГО СМЕСЕЙ С МИНЕРАЛЬНЫМ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ ПРИ РАБОТЕ ТРАКТОРОВ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

### Резюме

В этой статье представлены результаты испытаний тракторов T-25A и MTZ-82, используя биодизельное топливо (РМЭ) и его смеси с минеральным дизельным топливом. Установлено, что при одинаковых условиях эксплуатации, тракторные агрегаты мощностью в 18 и 58 кВт развивают одинаковую силу тяги при работе на чистом РМЭ и его смесях с минеральным дизельным топливом. В зависимости от режима нагрузки, удельный расход топлива возрастает при работе на РМЭ – на 8,9-12%, на смеси 50% РМЭ и 50% минерального дизельного топлива – на 5,8-6,0% и на смеси 30% РМЭ и 70% минерального дизельного топлива – на 3,9-4,1%. Тракторные агрегаты малой мощности (18 кВт) потребляют больше РМЭ, чем агрегаты средней мощности.

### Введение

Ограниченные запасы ископаемого углеродного топлива и повышенные требования к охране окружающей среды заставляют искать новые альтернативные виды жидкого топлива для двигателей внутреннего сгорания. Поиск в этом направлении интенсивно ведется в странах ЕС и США. По мнению многих исследователей на ближайшие 10-20 лет наилучшие перспективы у биодизельного топлива, изготовляемого на основе рапсового масла путем его переэтерификации спиртами – метиловым или этиловым в присутствии щелочных катализаторов. Производство рапсового метилоэфира (РМЭ) особенно интенсивно развивается в ФРГ, где оно за последние годы практически

удвоилось, достигнув 1 млн. т в год. РМЭ можно использовать в чистом виде или в смеси с обычным дизельным топливом.

Производители автотракторной техники ведущих фирм Западных стран выдают специальные разрешения на использование РМЭ, однако в Литве в настоящее время в основном используются трактора старых марок, их в хозяйствах имеется около 100 000, изготовленных еще в СССР, или новые трактора типа MTZ, которые неадаптированы к биотопливу. В связи с этим возникает задача провести лабораторно-производственные исследования работы несертифицированной техники на биотопливе и его смесях с минеральным дизельным топливом.

## Обзор литературы

Согласно директивам ЕС, к 2010 году 5,75% используется в стране жидкого топлива должно быть заменено биотопливом [1]. Испытания работы тракторов и автомобилей на чистом РМЭ и его смеси с минеральным топливом проведены в ФРГ, Австрии, Чехии, Польше и ряда других стран [2, 3, 4]. Большинство исследователей отмечают отсутствие негативного воздействия биодизельного топлива на технические и эксплуатационные показатели испытываемой техники, за исключением того, что расход топлива увеличивается в среднем на 5-10%, а развиваемая двигателем мощность снижается до 5%.

Однако, существует и другое мнение. Биотопливо оказывает разрушительное воздействие на пластмассовые и резиновые детали топливной системы и лакокрасочные покрытия. Это явление было установлено и нами при проведении исследований возможностей применения растительных масел в гидросистах сельскохозяйственной техники [5].

Ряд исследователей указывают на повышение токсичности выхлопа при длительном применении биотоплива, объясняя это засорением форсунок. При этом возрастает расход топлива и двигатель перегревается [6].

В дизелях тракторов МТЗ-80 и Т-25А горючая смесь готовится непосредственно в камере сгорания. Мощность развиваемая двигателем и расход топлива зависят от качества его распыления, характеристики форсунки, давления развиваемого топливным насосом в надплунжерном пространстве и в форсунке у иглы распылителя, формы камеры сгорания, теплоты сгорания топлива, состава его смеси [7].

Эффективная мощность двигателя описывается следующим выражением:

$$P = \frac{Q}{L} \frac{V \cdot i}{\pi \cdot \varepsilon} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \rho \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \omega, \quad (1)$$

где:

$P$  - эффективная мощность двигателя, кВт;

$Q$  - теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$L$  - расход воздуха необходимый для сжигания 1 кг топлива, кг;

$V$  - рабочий объем цилиндра, м<sup>3</sup>;

$i$  - число цилиндров;

$\varepsilon$  - число тактов;

$\eta_i$  - индикаторный КПД (0,38-0,5);

$\alpha$  - коэффициент избытка воздуха;

$\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$\eta_v$  - коэффициент наполнения цилиндров (для дизельных двигателей без наддува 0,8-0,9, с наддувом 0,8-0,95);

$\eta_m$  - механический КПД ( $\eta_m = 0,7-0,9$ );

$\omega$  - частота вращения коленвала ( $\omega = 200 \dots 400 \text{ с}^{-1}$ ).

В свою очередь, эффективный удельный расход топлива

$$q_e = 3.6 / Q \eta_e, \quad (2)$$

где:

$q_e$  - эффективный удельный расход топлива, кг/кВт.ч;

$\eta_e$  - эффективный КПД ( $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0.35 \dots 0.4$ ).

Из приведенных выражений следует, что эффективная мощность и удельный расход топлива прямопропорциональны теплоте сгорания топлива, числу цилиндров двигателя и их объему, а также ряду других рабочих параметров. Можно предположить, что из-за более низкой теплоты сгорания РМЭ по сравнению с минеральным дизельным топливом, эффективный удельный расход первого будет на 13% выше. Значения других параметров двигателя остаются неизменными и не зависят от вида используемого топлива.

Цель исследования – определить энергетическую эффективность использования РМЭ и его смесей с минеральным дизельным топливом в несертифицированных тракторах мощностью 18 кВт (Т-25А) и 58 кВт (МТЗ-82).

## Объект и методика исследования

Программой работ предусматривается – определить удельный расход топлива при выполнении сельскохозяйственных работ тракторными агрегатами с тракторами мощностью 18 кВт (Т-25А) и 58 кВт (МТЗ-82). В качестве топлива использованы: чистый РМЭ, смесь РМЭ с минеральным дизельным топливом в пропорции 30:70 и 50:50, а также обычное минеральное дизельное топливо. При проведении исследований двигатели тракторов работали с нагрузкой 50-100%.

Удельный и часовой расход топлива определяли при предельном культивировании вспаханной почвы агрегатом с трактором мощностью 58 кВт (МТЗ-82) и при культивировании стерни трактором мощностью 18 кВт (Т-25А). Силу тяги измеряли с использованием тензометрической системы - силового звена с пределом измерения 1,5 т и измерительного блока ЭМА- ПМ. Расход топлива – весовым методом, подключив систему питания двигателя к специальной съемной измерительной емкости.

Опыты проводили по пахоте и стерне. Длина загона 100-200 м. Повторность измерений – трехкратная. Тракторные агрегаты испытывали на четырех скоростных режимах. Рабочую скорость определяли по времени прохождения мерного участка. Одновременно на этом участке фиксировали силу тяги и расход топлива. Твердость почвы определяли пентометром RIMIL - CP.20, используя стандартный конус диаметром 12,5 мм и цилиндрический наконечник с площадью поверхности 3,0 см<sup>2</sup>. Кроме твердости, по стандартной методике определяли влажность почвы и ее гранулометрический состав.

## Результаты исследования

В табл. 1 приведены данные опытов с трактором мощностью 58 кВт при подготовке почвы к севу. Влажность почвы – 16,5%, твердость – 730 кПа. На рис. 1 показаны зависимости удельного расхода топлива от силы тяги при максимальном значении мощности двигателя  $P_{\max}$  и номинальном скоростном режиме при использовании различных видов топлива.

Таблица 1. Сила тяги и удельный расход топлива тракторного агрегата мощностью 58 кВт  
 Table 1. 58 kW capacity tractor's with agricultural implements traction force and fuel consumption rate

Пере- дача	V, м/с	R, кН	P <sub>max</sub> , кВт	q, г/кВт.ч				δ, %
				М	30	50	100	
3	1.5	18.0	27.0	538				25.2
3	1.6	18.4	29.4		560			26.0
3	1.5	18.6	27.9			571		28.0
3	1.7	17.9	30.4				602	27.0
4	2.0	15.0	30.0	472				19.1
4	1.8	16.1	29.0		491			20.0
4	1.9	15.0	28.5			500		19.1
4	2.0	15.2	30.4				528	18.0
5	2.3	13.7	31.5	451				13.8
5	2.4	13.5	32.4		469			13.8
5	2.4	13.1	31.4			478		13.0
5	2.2	13.6	29.9				505	14.1
6	2.5	11.2	28.0	466				10.2
6	2.6	11.0	28.6		484			10.0
6	2.5	10.8	27.0			495		9.5
6	2.7	10.4	28.1				522	11.2

Примечание: V – рабочая скорость агрегата; R – сопротивление силе тяги; P<sub>max</sub> – максимальная тяговая мощность; q – удельный расход топлива; δ - буксование; М – минеральное дизельное топливо; 100 – 100% РМЭ; 30 – 30% РМЭ; 50 -50% РМЭ

Таблица 2. Сила тяги и удельный расход топлива тракторного агрегата мощностью 18 кВт  
 Table 2. Tractor's with 18 kW capacity traction force and fuel consumption rate

Пере- дача	V, м/с	R, кН	P <sub>max</sub> , кВт	q, г/кВт.ч				δ, %
				М	30	50	100	
1	1.3	8.1	11.02	226				12.1
1	1.2	7.9	9.5		230			11.8
1	1.4	7.8	10.9			243		11.5
1	1.3	7.6	9.9				260	10.9
2	1.8	6.2	11.1	210				7.1
2	1.9	6.0	11.4		213			7.5
2	2.0	6.1	12.2			229		8.0
2	1.8	6.1	11.1				248	7.3
3	2.1	5.1	10.7	212				6.2
3	2.2	5.0	11.0		217			6.0
3	2.1	4.8	10.1			233		6.8
3	2.3	5.1	10.7				249	6.5
4	2.8	3.2	8.6	230				5.1
4	2.7	3.0	8.1		246			5.3
4	2.6	2.9	7.5			267		4.8
4	2.7	3.2	8.6				290	5.4

Минимальные значения удельного расхода топлива получены при максимальной силе тяги P<sub>max</sub> = 31,5-32,4 кН и рабочей скорости V = 2,3-3,4 м/с. Они соответственно равны: М – 451 ± 7 г/кВт.ч; 30 – 469 ± 8 г/кВт.ч; 50 – 478 ± 10 г/кВт.ч. и 100 – 505 ± 9 г/кВт.ч. Уровень достоверности P = 0,95.

Таким образом, удельный расход чистого РМЭ на 8,9% выше чем минерального дизельного топлива. При работе со смешанным топливом (содержание РМЭ 50% и 30%) его расход был соответственно на 6,0% и 4,0% выше.

Результаты исследования, тракторного агрегата мощностью 18 кВт при культивировании стерни

приведены в табл. 2. Влажность почвы – 17,0%, твердость – 810 кПа. На рис. 2 показаны зависимости удельного расхода топлива от силы тяги при максимальном значении мощности двигателя P<sub>max</sub> и номинальном скоростном режиме при использовании различных видов топлива. Исследования проведены при движении агрегата на четырех передачах со скоростью 1,2-2,7 м/с.

Наименьшие значения удельного расхода топлива всех видов получены при силе тяги P<sub>max</sub> = 11,1- 12,2 кН и рабочей скорости агрегата V =1,8-2,1 м/с. Они соответственно равны: М – 210 ± 3 г/кВт.ч; 30-213 ± 2 г/кВт.ч; 50 – 229 ± 4 г/кВт.ч. и 100 – 248 ± 3 г/кВт.ч.

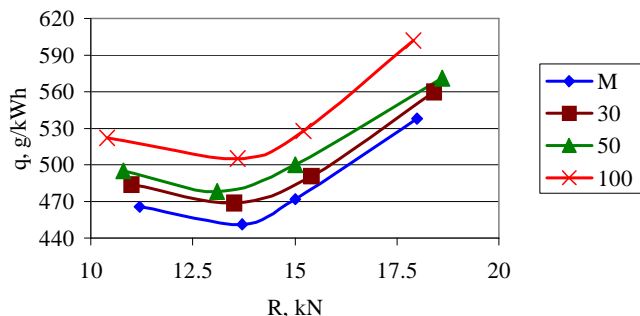


Рис. 1. Зависимость удельного расхода топлива  $q$  от силы тяги  $R$  при испытании тракторного агрегата мощностью 58 кВт

*Fig. 1. 58 kW capacity tractor's with agricultural implements comparative fuel consumption rate dependence on traction force, working with maximum traction power*

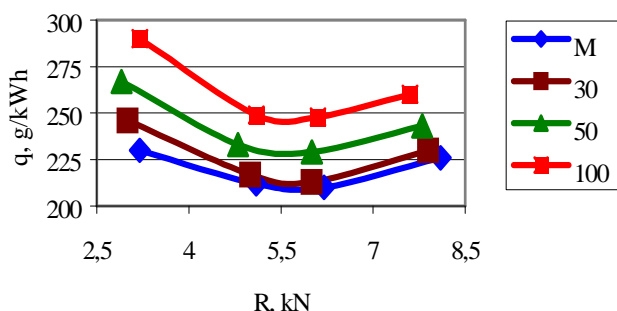


Рис. 2. Зависимость удельного расхода топлива  $q$  от силы тяги  $R$  при испытании тракторного агрегата мощностью 18 кВт

*Fig. 2. 18 kW capacity tractor's with agricultural implements comparative fuel consumption rate dependence on traction force, working with maximum traction power*

При использовании РМЭ, удельный расход топлива увеличился на 12% по сравнению с минеральным дизельным топливом. При использовании смесей, получены следующие результаты: 50 – 5,8% и 30 – 3,9%. При работе тракторных агрегатов мощностью 58 кВт и 18 кВт с минимальной нагрузкой (30% и менее), различие в удельном расходе топлива не было столь существенным и составило всего 1-3%.

## Выводы

1. При одинаковых условиях эксплуатации тракторы мощностью 18 и 58 кВт при работе на РМЭ и его смесях с минеральным дизельным топливом при максимальной мощности развивают ту же силу тяги.
2. В зависимости от нагрузки, удельный расход топлива при работе на РМЭ на 8,9-12,0%, при работе на смеси 50% РМЭ и 50% минерального дизельного топлива на 5,8-6,0% и при работе на смеси с содержанием РМЭ 30% - на 3,9-4,1% больше чем при работе на обычном дизельном топливе. Тракторы меньшей мощности (18 кВт) при работе на РМЭ расходуют больше топлива, чем тракторы мощностью 58 кВт.
3. При минимальной нагрузке (на разворотах, холостом ходу) разница в расходе РМЭ и минерального дизельного топлива незначительна.

## Literatura

- [1] CES, commissions of the European Communities, Council regulations – EEC No 1765/92 of June – establishing a support of producers of certain arable crops. Brussels, 1992.
- [2] F. Culshaw, C. Butler. A Review of the Potential of Biodiesel as a Transport Fuel. Energy Technology Support Unit, Haiwell, 1993.
- [3] Desantes J.M., Arrègle J., Ruiz S., Delage A. Characterization of the Injection-Combustion Process in a D.I.Diesel Engine Running with Rape Oil Methyl Ester. SAE paper No. 1999-01-1497.
- [4] Badania polowe ciagnika rolniczego napędzanego paliwem rzepakowym oraz laboratoryjna produkcja paliwa. DLAW/W CELOW. Nr. Tematu: 66/96/BG. Poznań, 1996.
- [5] Любарский В. и др. Возможность применения растительных масел в гидросистемах тракторов. Agricultural Engineering. PIMR-Poznan, 1997. Research papers of LI AgEng & LU of Ag, 1997, No 2.
- [6] Prankl H., Wrgetter M. The Introduction of Biodiesel as a Blending Component to Diesel Fuel in Austria: Final Report of NTB-net Phase IV, Ademe, France, March 2000.
- [7] Архангельский В. М. и др. Автомобильные двигатели.- М., 1977. 590 с.