

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИЗЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА ТОПЛИВАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

O.W. Klus*, I.P. Vasilev**

* Akademia Morska w Szczecinie, Polska

**Dal East Ukrainian National University, Lugansk, Ukraine

Аннотация. В статье рассмотрены „топливные” севообороты, предназначенные для получения масел и использования их в дизелях. Приведены экспериментальные данные по применению различных масел в смеси с дизельным топливом в вихрекамерном дизеле.

Ключевые слова: дизель, топлива растительного происхождения

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время борьба за владение источниками энергии, в частности, нефти значительно обострилась. Польша и Украина в этом плане не могут составить конкуренцию развитым странам. В тоже время они обладают плодородными землями, на которых возможно выращивание сельскохозяйственных культур для получения топлив растительного происхождения, пригодных для использования в двигателях внутреннего сгорания. По оптимистическим прогнозам в будущем Украина и Польша могут стать для Европы экспортером экологически чистого возобновляемого топлива на основе растительных масел [Збірник тезисів 2002].

Существуют два направления по адаптации топлив растительного происхождения в двигателях.

Первое – это выращивание культур для получения пищевых масел с дальнейшей переработкой в эфиры в результате реакции масел с метанолом в присутствии катализатора [Lotko 2000, Котельников и Погромская 2000]. Это объясняется тем, что большинство существующих двигателей не адаптированы для работы на сырых маслах. Для этого направления характерны следующие недостатки: использование метанола, который является сильным ядом. Требуется выполнение особых требований по его транспортировке, хранению и охране.

Второе направление – адаптация конструкции двигателя для работы на сырых растительных топливах, что обеспечивается повышением температуры элементов камер сгорания и специальной организацией движения воздушного заряда. В

качестве примера выполнения такого двигателя можно привести дизель фирмы Elsbett [Elsbett G. и Elsbett K. 1995]. В этом двигателе даже охлаждение обеспечивается растительным маслом, что имеет определенные преимущества.

В Польше наблюдается возрождение интереса к переработке рапсового масла по первому варианту, но в автономных установках, рассчитанных на отдельные фермерские хозяйства [Grąckowiak 2002].

При этом прослеживается тенденция приблизить переработку масел в топлива к производителю, к земле. Перспективно оценивается децентрализованная переработка масел в топлива растительного происхождения, что приводит к сокращению транспортных расходов, уменьшению энергозатрат и сохранению рабочих мест в сельском хозяйстве.

Поэтому целью проведенных совместных исследований является расширение энергетической базы топлив растительного происхождения путем использования в качестве топлив различных растительных масел при минимальных затратах на транспортировку.

РАЗРАБОТКА „ТОПЛИВНЫХ” СЕВООБОРОТОВ

Выращивание монокультуры в больших объемах чревато известными недостатками – резкое падение урожаев, распространение вредителей, истощение земли и т. д. В настоящее время наблюдается некоторое противопоставление одной масличной культуры, например, рапса другим. Но его выращивание и получение высоких урожаев в некоторых климатических зонах связано с повышенным риском. Например, Восток Украины, характерен малоснежными зимами, с частыми оттепелями и кратковременными резкими падениями температуры до минус 20°C при отсутствии снежного покрова. Летом наблюдаются засухи.

Озимый рапс предпочтителен для выращивания, так как имеет большую масличность. Но растение повреждается ледяной коркой, для него губительны зимние оттепели, отсутствие снежного покрова, уязвима корневая шейка [Гольцов и др. 1983].

Чтобы не ориентироваться на одну масличную культуру коллективом кафедры „Земледелия” Луганского национального аграрного университета разработаны севообороты для разных районов Украины, предназначенных для выращивания высокой относительной доли масличных культур [Решетняк и др. 2003]. При этом рапс также включен в севооборот, поскольку при соответственном учете климатических условий он может давать хорошие урожаи.

В табл. 1 приведен севооборот, предназначенный для Лесостепи, зоны характерной для Востока Украины.

Предложенный севооборот позволяет в два раза повысить выход масла, по сравнению с существующими.

Для расширения энергетической базы на основе топлив растительного происхождения возможно увеличить перечень растений для получения масел. Это могут быть лен, сафлор и т. д. [Технические культуры 1991].

Расширить сырьевую базу топлив растительного происхождения возможно за счет вовлечения в севообороты культур, выращивание которых ограничено из-за возможности получения из них наркотиков (конопля, мак) или они относятся к сорнякам. В Германии к такой культуре относят коноплю

[http://moarcc.aris.ru/N/WIN_R/PRESS/PVC/EFIR/agro3006.htm]. Для этого необходимо проводить работы по снижению содержания наркотических веществ в этих культурах [Вировец и др. 1991].

Таблица 1. „Топливный” севооборот для Лесостепи
Table 1. „Fuel” crops rotation on loes steppe

Культура	Урожайность, ц/га	Содержание масла, %	Выход масла, ц/га	Топливный эквивалент, (ДТ) л/га
Пар	—	—	—	—
Рапс	12	45	5,4	569
Занятый пар (кукуруза)	120	—	—	—
Соя	14	22	3,1	327
Рапс озимый	12	45	5,4	569
Подсолнечник	15	51	7,6	806
Средний выход масла и соответствующий ему топливный эквивалент в год			4,17	440

Более широкие возможности в этом направлении открываются при генетическом преобразовании растений. В настоящее время наблюдается настороженное отношение к продуктам питания, полученных на основе генетически преобразованных растений, что возможно имеет под собой основания. Но генетически измененные культуры, предназначенные только для получения топлива не должны вызывать такой опасности. Такие изменения позволят кардинально и быстро изменять свойства масел для использования в двигателях.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ

Перед проведением испытаний определялись характеристики топливных смесей: дизельного топлива (ДТ), подсолнечного (ПМ_р), соевого (СМ_р) и кукурузного (КМ_р) масел и их смесей с дизельным топливом: массовым способом — плотность смеси (ρ), с помощью вискозиметра ВПЖ-4 — кинематическая вязкость (ν) при 20°C, температура вспышки в закрытом тигле ($T_{вз}$) и температура воспламенения в открытом тигле ($T_{восп}$). Расчетным методом — массовая теплотворная способность смесей (Q_H). Теплотворная способность масел принималась согласно сертификатам равной 37000 кДж/кг. Характеристики сведены в таб. 2.

Данные смеси хорошо перемешиваются и не расслаиваются уже в течение двух лет.

Таблица 2. Характеристики топлив

Table 2. Characteristics of fuels

Показатели	ДТ	ПМ _р	СМ _р	КМ _р	ПМ _р :ДТ- 30:70	СМ _р :ДТ -30:70	КМ _р :ДТ -30:70
ρ , г/см ³	0,83	0,917	0,916	0,915	0,856	0,856	0,853
$\nu \cdot 10^6$ м ² /с, (сСт)	5,3	74,3	59,8	77,4	11,7	11,2	10,9
Q_H , кДж/кг	42700	37000	37000	37000	40990	40990	40990
$T_{вс}$, °C	55	—	—	—	59	79	84
$T_{воспл}$, °C	69	—	—	—	80	91	95

Как показывают приведенные в таб. 1 данные, у смесей при практическом равенстве плотностей наблюдается уменьшение вязкости в ряду:

$$ДТ < КМ_r:ДТ < СМ_r:ДТ < ПМ_r:ДТ.$$

Как ранее было определено, если плотности смесей подчиняются линейному закону, то вязкости не подчиняются законам аддитивности.

Также было зафиксировано увеличение температуры вспышки и воспламенения в ряду:

$$КМ_r:ДТ > СМ_r:ДТ > ПМ_r:ДТ > ДТ.$$

Согласно ГОСТу 6356–87 для топлив определяется температура вспышки в закрытом тигле, характеризующая потенциальную пожарную опасность, что объясняется наличием легковоспламеняемых фракций.

Для масел согласно ГОСТу 4333–87 – температура вспышки и воспламенения в открытом тигле. Температура вспышки характеризует содержание в отработанном масле топливной фракции.

Учитывая, что при исследованиях в качестве топлив используются смеси дизельного топлива с растительными маслами, то представляет интерес определить отмеченные параметры с дальнейшим их анализом воздействия на показатели дизеля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При исследованиях была выполнена экспериментальная проверка возможности работы дизеля согласно приведенным севооборотам на смесях дизельного топлива с рафинированными маслами. Состав смесей был следующий: ПМ_р:ДТ–30:70, СМ_р:ДТ–30:70 и КМ_р:ДТ–30:70.

Испытания проводились на стенде с вихрекамерным дизельным двигателем 2Ч8,5/11, описанном в работе [Zlobin и др. 2002] с распылителем РШ 6×1×0° при угле опережения впрыскивания топлива 18° по нагрузочной характеристике.

При испытаниях определялись приведенный расход топлива ($g_e^{\text{прив}}$), являющийся аналогом эффективного КПД, температура отработавших газов ($T_{\text{ог}}$), коэффициент избытка воздуха (α), концентрации CO_2 (Рис. 1, 2, 3, 4).

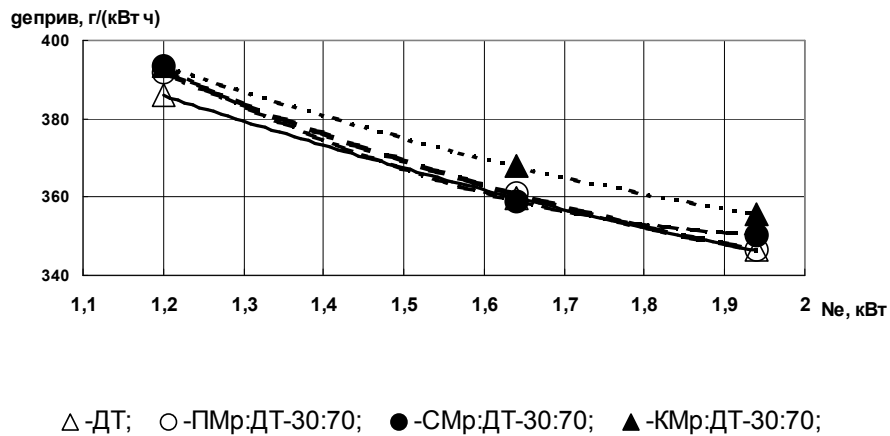


Рис.1. Приведенный расход топлива дизеля при работе на топливных смесях
Fig. 1. Example of specific fuel consumption of a diesel engine operating on fuel mixtures

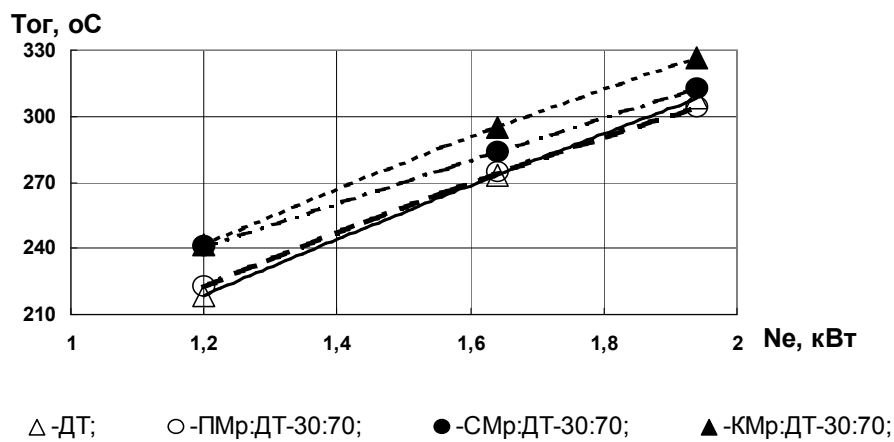


Рис. 2. Тог дизеля при работе на топливных смесях
Fig. 2. Temperatures of the exhaust gases of a diesel engine operating on fuel mixtures

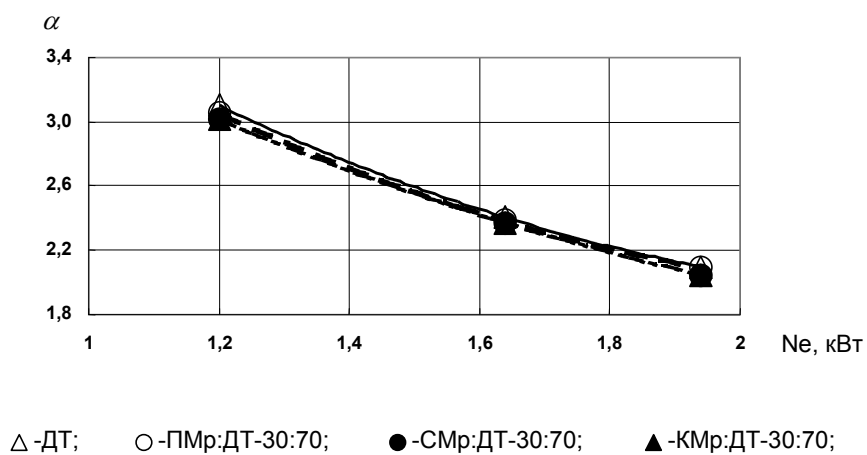
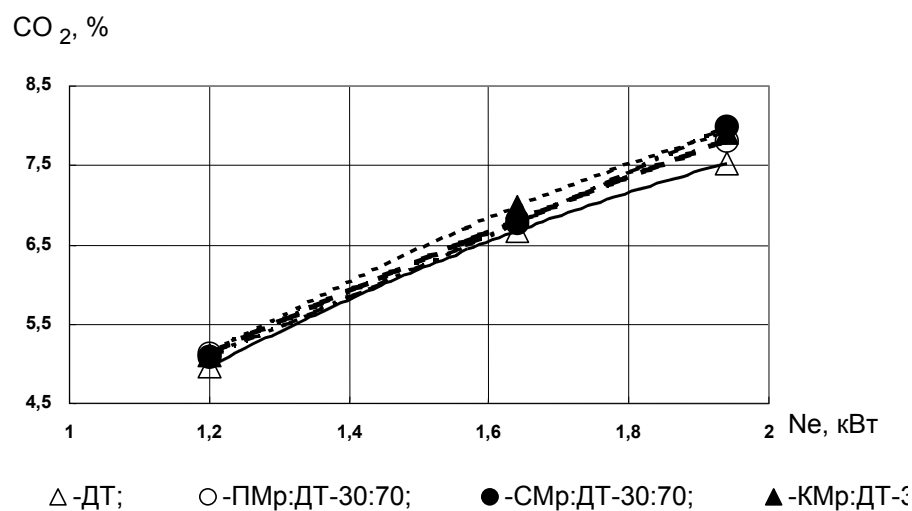


Рис. 3. Коэффициент избытка воздуха дизеля при работе на топливных смесях

Fig. 3. Coefficient of air excess during operation on fuel mixtures

Рис. 4. Выделение CO₂ дизелем при работе на топливных смесяхFig. 4. Emission of CO₂ by a diesel engine operating on fuel mixes

Наибольший интерес представляет сравнение изменения $g_e^{\text{прив}}$ для ДТ и смесей. Статистическая обработка результатов с вероятностью 0,95 выявила, что отличие для ДТ и смеси ПМр:ДТ-30:70 кроме нагрузки $N_e = 1,2$ кВт не

существенны. Для ДТ и смеси КМ_р:ДТ–30:70 отличия существенны по всей нагрузочной характеристике даже с вероятностью 0,99.

При сравнении ПМ_р:ДТ–30:70 с СМ_р:ДТ–30:70 отличия незначительны, но по отношению к КМ_р:ДТ–30:70 отличие существенно с вероятностью 0,95 и даже 0,99.

Поэтому возможно заключить, что $g_e^{прив}$ смеси КМ_р:ДТ–30:70 хуже, чем других испытываемых смесей. Это также подтверждается более высокой температурой отработавших газов, меньшим значением коэффициента избытка воздуха и повышенным выделением CO₂.

Одной из причин может являться более высокие температуры вспышки и воспламенения, которые характеризуют уменьшенное количество в смеси легковоспламеняемых фракций.

Предполагаем, что данные показатели могут использоваться в экспресс анализах смесевых топлив.

ВЫВОДЫ

1. Предложены масла растительного происхождения, которые могут быть получены в одном фермерском хозяйстве путем использования специальных „топливных” севооборотов, что исключает недостатки, характерные для выращивания монокультур. Аналогичные севообороты могут быть разработаны в разных странах, исходя из климатических и природных условий.

2. Экономические показатели двигателя при работе на указанных маслах в смеси с 70 % дизельного топлива практически одинаковы, за исключением смеси с кукурузным маслом. Это объясняется увеличением температуры вспышки и воспламенения и характеризуют уменьшенное содержание легковоспламеняемых фракций.

3. В настоящее время в качестве топлив растительного происхождения используются масла, полученные из культур, предназначенных для получения пищевых масел. Уже в настоящее время необходимо направить исследования по созданию культур, предназначенных для получения „топливных” масел, путем проведения селекционных и генетических работ.

ЛИТЕРАТУРА

- Вировец В. Г., Ситник В. П., Щербань И. И. 1991: Основные результаты селекционно-семеноводческой работы с коноплей. Технические культуры селекция, технология, переработка. ВАСХНИЛ, М., Агропромиздат, 235–250.
- Гольцов А. А., Колос М., Ковальчук А. М., Абрамов В. Ф, Милащенко Н. З. 1983: 192 с.
- Elsbett Guenter, Elsbett Klaus 1995: Future trends of biofuel engines with Elsbett-technology, Elaeis Special Issue, Nov., 35–41.
- Frackowiak P. 2002: Technika i technologia produkcji na małą skalę biopaliwa rzepakowego do silników z zapłonem samoczynnym, 5th International Scientific Conference on Combustion Engines KONSSPAL'. Alternative feeding of diesel engines problems of maintenance of power units, Tadeusz Kościuszko Military Academy, Wrocław, 14–15 May 2002, 55–64.

- Lotko W. 2000: Studium zastosowań paliw alternatywnych w silnikach o zapłonie samoczynnym, Radom, Politechnika Radomska, 228.
- http://moarcc.aris.ru/N/WIN_R/PRESS/PVC/EFIR/agro3006.htm: Проблемы агропромышленного комплекса, Автомобильное горючее из конопли.
- Котельников Б. П., Погромская В. А. 2000: Разработка и испытание метиловых эфиров рапсового масла в качестве альтернативного дизельного топлива, Хімічна промисловість України, 4, 72–76.
- Решетняк Н. В., Петренко А. Е., Токаренко В.Н., Корчанова Ю. А., Васильев И. П. 2003: Разработка севооборотов, насыщенных масличными культурами, для получения растительного топлива, Матеріали міжнародної науково-практичної конференції – Актуальні проблеми сучасного землеробства (до 100-річчя з дня народження д. с. н. проф. Лубовського М. П.), Т. 1, 319–325.
- Технические культуры: Селекция, технология, переработка, ВАСХНИЛ, М., Агропромиздат, 1991, 272 с.
- Збірник тезисів докладів Першої Міжнародної конференції з Біодизелю: Київ, 2002, 30с.
- Zlobin V. N., Bannikov M. G., Vasilev I. P., Cherkasov J. A., Gawrilenko P. N. 2002: Potential of use of ion implantation as a means of catalyst manufacturing. Automobile Engineering, 216, 5, 385–390.

RESULTS OF VEGETABLE FUEL ENERGY UTILIZATION IN DIESEL ENGINES

Summary. The paper considers fuels generated from crops rotation producing oils for application in diesel engines. Experimental data is given on application of various oils mixed with diesel fuel in diesel engines with a swirl chamber.

Key words: diesel engines, vegetable fuel

Reviewer: Janusz Mysłowski, D. Sc. Eng.