

**ZESZYTY NAUKOWE NR 1(73)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE**

EXPLO-SHIP 2004

Олег Ключ, Игорь Васильев

**Расширение энергетической базы топлив растительного
происхождения для использования в двигателях
внутреннего сгорания**

Ключевые слова: севооборот, подсолнечное масло, соевое масло, кукурузное
масло, вихрекамерный дизель, расход топлива

*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.*

**Expansion of Vegetable Fuels Energy Utilization in Engines
of Internal Combustion**

Key words: diesel engines, fuel injection system, vegetable fuel

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

Введение

В настоящее время в мире обостряется борьба за владение источниками энергии, в частности, нефти. Украина в этом плане не может составить конкуренцию развитым странам. В тоже время она обладает плодороднейшими 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 может стать для Европы экспортером экологически чистого возобновляемого топлива на основе растительных масел [1].

В историческом плане крестьянин всегда кормил тягловую силу со своей земли. И в настоящее время использование части продукции сельского хозяйства для выполнения полевых работ, позволяет возвратиться к естественному, устоявшемуся в веках, замкнутому циклу, но уже на более высоком уровне.

В настоящее время существуют два направления по адаптации топлив растительного происхождения в двигателях.

Первое направление это выращивание культур для получения пищевых масел с дальнейшей переработкой в эфиры в результате реакции масел с метанолом в присутствии катализатора [2, 3]. 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 это адаптация конструкции двигателя для работы на сырых растительных топливах, что обеспечивается повышением температуры стенок камер сгорания и специальной организацией движения воздушного заряда. В качестве примера выполнения такого двигателя можно привести дизель фирмы Elsbett [4]. 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 [5].

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 данной работы является расширение энергетической базы топлив растительного происхождения путем использования в качестве топлив различные растительные масел при минимальных затратах на транспортировку.

1. Разработка „топливных” севооборотов

Выращивание монокультуры в больших объёмах чревата известными недостатками (это резкое падение урожая, 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 [6].

Чтобы не ориентироваться на одну масличную культуру коллективом кафедры «Земледелия» Луганского национального аграрного университета разработаны севообороты для разных районов Украины, предназначенные для выращивания высокой относительной доли масличных культур [7]. При этом рапс также включен в севооборот. При 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. [8].

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 [9].

Таблица 1

„Топливный” севооборот для Лесостепи
"Fuel" crops rotation on loes steppe

№ п/п	Культура	Урожайность, ц/га	Содержание масла, %	Выход масла, ц/га	Топливный эквивалент, (ДТ) л/га
1	Рапс	12	45	5,4	569
2	Подсолнечник	15	51	7,65	806
3	Занятый пар (кукуруза)	120	–	–	–
5	Соя	14	22	3,1	327
Средний выход масла и соответствующий ему топливный эквивалент в год				4,17	440

Для этого необходимо проводить работы по снижению содержания наркотических веществ в этих культурах [10].

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 топлив не должны вызывать такой настороженности. Такие изменения позволят кардинально и быстро изменять свойства масел для использования в двигателях.

2. Характеристики топливных смесей

Перед проведением испытаний определялись характеристики топливных смесей: дизельного топлива (ДТ) с подсолнечным (ПМ_р), соевым (СМ_р) и кукурузным (КМ_р) маслами. Массовым способом – плотность смеси (ρ), с помощью вискозиметра ВПЖ-4 – кинематическая вязкость (ν) при 20°C, температура вспышки в закрытом тигле (Т_{вз}) и температура воспламенения в открытом тигле (Т_{восп}). Расчетным методом – массовая теплотворная способность смесей (Q_н). Теплотворная способность масел принималась согласно сертификатам равной 37000 кДж/кг. Характеристики сведены в таб. 2.

Таблица 2

Характеристики топлив
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
ν·10 ⁶ м ² /с, (сСт)	5,3	74,3	59,8	77,4	11,7	11,2	10,9
Q _н , кДж/кг	42700	37000	37000	37000	40990	40990	40990
T _{вс} , °С	55	–	–	–	59	79	84
T _{воспл} , °С	69	–	–	–	80	91	95

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

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

$$\text{ДТ} < \text{КМ}_р : \text{ДТ} < \text{СМ}_р : \text{ДТ} < \text{ПМ}_р : \text{ДТ}.$$

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

Также было зафиксировано увеличение температуры вспышки и воспламенения в ряду:

$$\text{КМ}_р : \text{ДТ} > \text{СМ}_р : \text{ДТ} > \text{ПМ}_р : \text{ДТ} > \text{ДТ}.$$

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.

3. 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 [11] с распылителем РШ 6×1×0° при угле опережения впрыскивания топлива 18° по нагрузочной характеристике.

При испытаниях определялись приведенный расход топлива ($g_e^{прив}$), являющийся аналогом эффективного КПД, температура отработавших газов ($T_{от}$), коэффициент избытка воздуха (α), концентрации CO₂ (Рис. 1, 2, 3, 4).

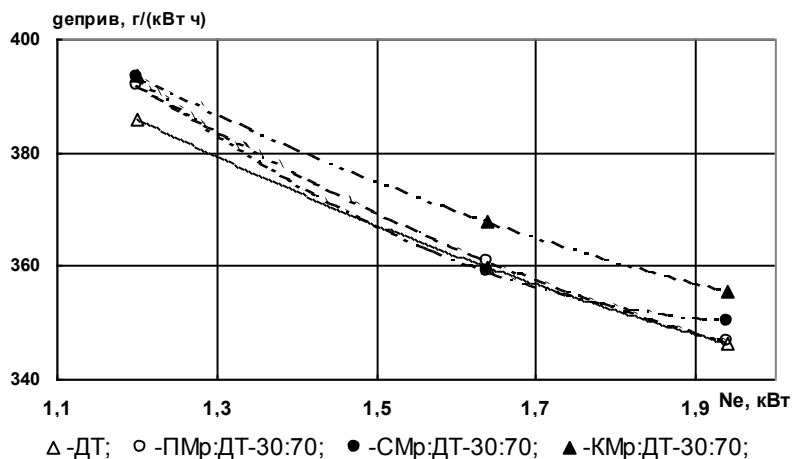


Рис. 1. Приведенный расход топлива дизеля при работе на топливных смесях
 Fig. 1. Example of specific fuel oil consumption of a diesel engine operating of fuel mixtures

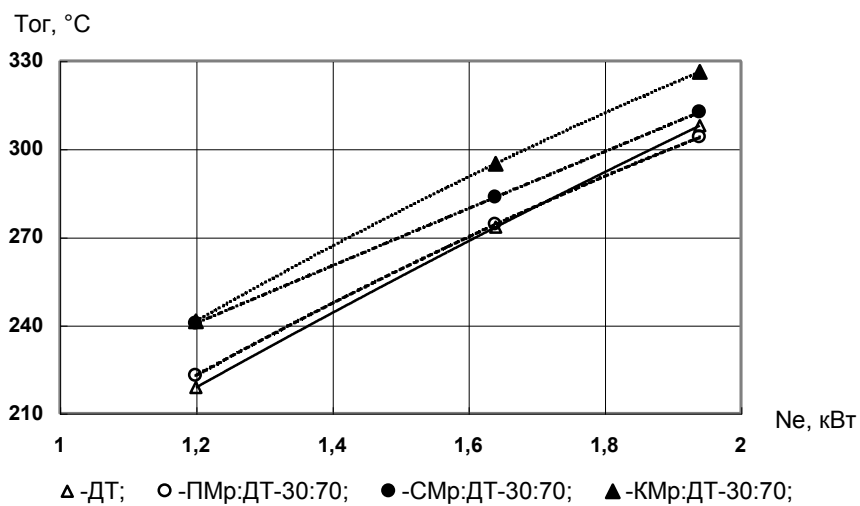


Рис. 2. $T_{ог}$ дизеля при работе на топливных смесях
 Fig. 2. Temperatures of the exhaust gases of a diesel engine operating on fuel mixtures

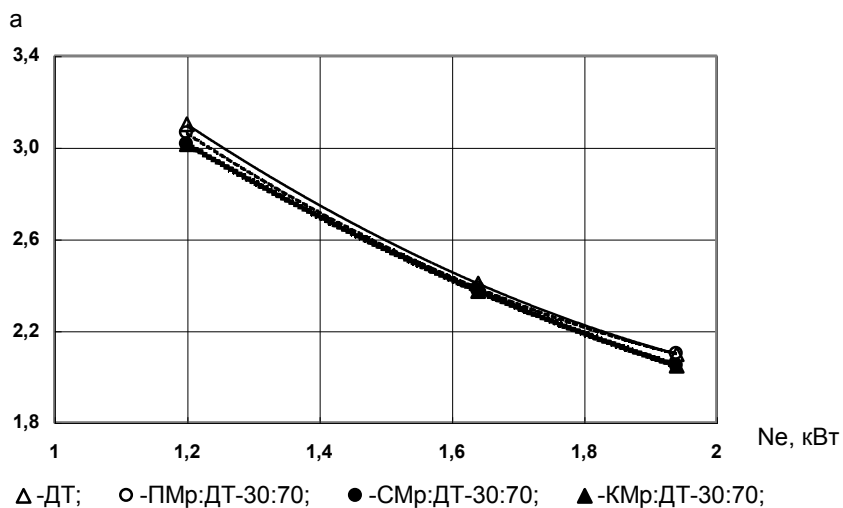


Рис. 3. Коэффициент избытка воздуха дизеля при работе на топливных смесях
 Fig. 3. Coefficient of air excess during operation on fuel mixtures

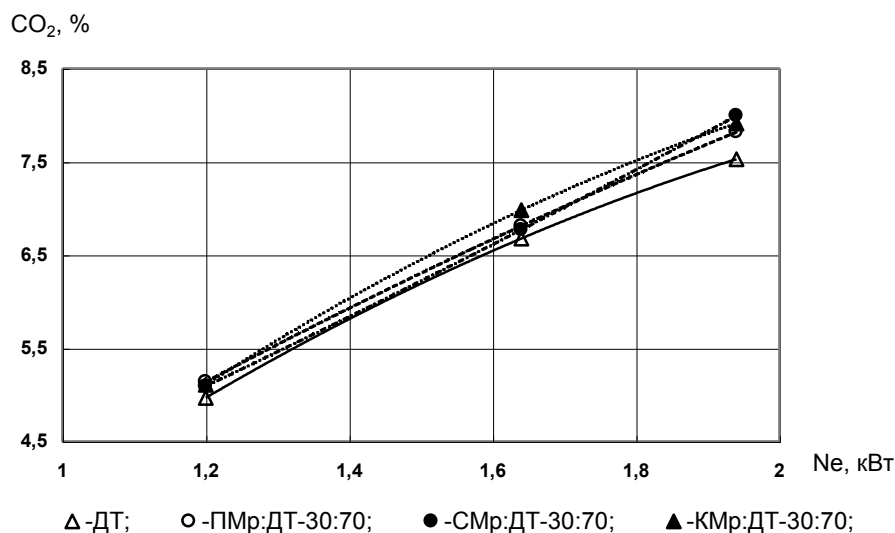


Рис. 4. Выделение CO_2 дизелем при работе на топливных смесях
 Fig. 4. Emission of CO_2 by a diesel engine operating on fuel mixtures

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 ПМ_р: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 несущественны, но по отношению к КМ_р:ДТ-30:70 отличие существенно с вероятностью 0,95 и даже 0,99.

Поэтому возможно заключить, что $g_e^{\text{прив}}$ 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 CO_2 .

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 монокультуры. 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

1. Збірник тезисів докладів Першої Міжнародної конференції з Біодизелю, Київ, 2002, 30 с.
2. Lotko W., *Studium zastosowań paliw alternatywnych w silnikach o zapłonie samoczynnym*, Politechnika Radomska, Radom 2000, 228 s.
3. Котельников Б. П., Погромская В. А., *Разработка и испытание метиловых эфиров рапсового масла в качестве альтернативного дизельного топлива*, Хімічна промисловість України, 2000, №4, С. 72-76.
4. Elsbett G., Elsbett K., *Future trends of biofuel engines with Elsbett-technology*, *Elaeis Special Issue*, 1995, November, p. 35 – 41.
5. Frąckowiak P., *Technika i technologia produkcji na małą skalę biopaliwa rzepakowego do silników z zapłonem samoczynnym*, 5th International scientific conference on combustion engines KONSSPAL' 2002 'ALTERNATIVE FEEDING OF DIESEL ENGINES PROBLEMS OF MAINTENANCE OF POWER UNITS', Tadeusz Kościuszko Military Academy, Wrocław, 14-15 May 2002, p. 55 – 64.
6. *Ранс, сурепица*, Гольцов А. А., Ковальчук А. М., Абрамов В. Ф., Милащенко Н. З.: Под общ. ред. А. А. Гольцова, М., Колос, 1983, 192 с.

7. Решетняк Н. В., Петренко А. Е., Токаренко В.Н., Корчанова Ю. А., Васильев И. П., *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.), Том 1, Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2003, с. 319 – 325.
8. *Технические культуры, Селекция, технология, переработка*, ВАСХНИЛ, М., Агропромиздат, 1991, 272 с.
9. http://moarcc.aris.ru/N/WIN_R/PRESS/PVC/EFIR/agro3006.htm:
Проблемы агропромышленного комплекса, Автомобильное горючее из конопли.
10. Вировец В. Г., Ситник В. П., Щербань И. И., *Основные результаты селекционно-семеноводческой работы с коноплей*, Технические культуры селекция, технология, переработка, ВАСХНИЛ, М., Агропромиздат, 1991, с. 235 – 250.
11. Zlobin V. N., Bannikov M. G., Vasilev I. P., Cherkasov J. A., Gawrilenko P. N., *Potential of use of ion implantation as a means of catalyst manufacturing*, Automobile Engineering, 2002, Vol. 216, № D5, p. 385 – 390.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.

Recenzenci

dr hab. inż. Benedykt Litke, prof. PS
dr hab. inż. Jerzy Listewnik, prof. AM

Adresy Autorów

dr hab. inż. Oleh Klyus, prof. AM
Akademia Morska w Szczecinie
Instytut Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych
70-500 Szczecin, ul. Wały Chrobrego 1/2

doc. dr inż. Igor Vasil'ev
Wschodnio-Ukraiński Państwowy Uniwersytet w Ługańsku
Ługańsk, kv. Molodezhny 20a, Ukraina