

# ВЕСТНИК

## БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

Научно-методический журнал  
Издается с января 2003 г.  
Периодичность издания – 4 раза в год

2010 № 4

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь журнал включен в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным, ветеринарным, экономическим (вопросы аграрной экономики) и техническим (сельскохозяйственное машиностроение) наукам

### СОДЕРЖАНИЕ

#### *АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА*

<b>Г.В. Миренкова, Т.Н. Троцко.</b> Экономическая оценка использования ресурсного потенциала Могилевской области при возделывании зерна.....	5
<b>Е.В. Грузинская.</b> Концепция применения функций кредита в системе кредитования.....	8
<b>В.В. Васильев, И.В. Шафранская.</b> Моделирование оптимального использования водохозяйственных систем.....	17
<b>Н.В. Пушко.</b> Современное состояние обеспеченности села механизаторскими кадрами и эффективность сельскохозяйственного производства.....	23
<b>С.А. Нестеренко.</b> Продовольственная безопасность – критерии оценки.....	27
<b>П.В. Ковель.</b> Практические аспекты экономической оценки влияния природного и трудового факторов на результаты сельскохозяйственных предприятий.....	32
<b>Бартош Мицкевич.</b> Общая сельскохозяйственная политика в Европейском Союзе в настоящее время и в перспективе на 2020 год.....	42

#### *ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО*

<b>Н.Н. Петрова, С.В. Кравцов, Т.В. Кардис.</b> Наследование генетико-физиологических систем гибридами озимой пшеницы.....	47
<b>Н.Н. Цыбулько, А.В. Ермоленко, С.С. Лазаревич.</b> Влияние степени гидроморфности и систем основной обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы на содержание в ней форм <sup>137</sup> Cs.....	56
<b>Г.И. Витко, Г.И. Тарануха.</b> Характеристика коллекционных образцов люпина по длине вегетационного периода и наследование скороспелости в поколениях гибридов.....	60
<b>С.В. Егоров, Т.В. Кардис.</b> Оценка сортовых качеств семян зерновых культур методом электрофореза проламинов.....	67
<b>П.А. Саскевич, Е.И. Гурикова, С.Н. Козлов.</b> Экономический порог вредоносности сорного ценоза в посевах ярового рапса.....	71
<b>Н.Н. Петрова, С.В. Кравцов, Е.А. Блохина.</b> Проявление гетерозиса у первого поколения гибридов озимой мягкой пшеницы.....	78
<b>А.А. Шелюто, Б.В. Шелюто, Т.К. Нестеренко.</b> Особенности формирования вертикальной структуры травостоя люцерны посевной ( <i>Medicago sativa</i> L.) под влиянием препаратов diaзотрофных микроорганизмов.....	84

<b>Г.И. Витко, Г.И. Таранухо.</b> Урожайность и структура зеленой массы коллекционных и селекционных образцов узколистного и желтого люпина .....	89
<b>В.Г. Таранухо.</b> Влияние гербицидов на урожайность кормового люпина и элементы ее структуры .....	93

### ***ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА***

<b>М.П. Пучка, А.А. Москалев, М.И. Муравьева.</b> Эффективность использования комплексной минеральной фосфорсодержащей кормовой добавки (КМФКД) в кормлении молодняка крупного рогатого скота .....	98
<b>А.Н. Шершнев.</b> Оптимальная сила пчелиной семьи и ее расчет .....	102
<b>Н.Н. Гадлевская, М.М. Усов.</b> Аппарат «Амур» как устройство для подращивания личинок щуки .....	105
<b>А.Ф. Карпенко, А.Л. Мостовенко, Е.В. Дубежинский.</b> Создание сенокосов и пастбищ для скота частного сектора – эффективный прием снижения в молоке радионуклидов .....	109
<b>А.А. Москалев, М.П. Пучка, М.И. Муравьева.</b> Продуктивность и гематологические показатели ремонтных телок в зависимости от технологических решений их содержания .....	112
<b>А.И. Портной.</b> Улучшение санитарно-гигиенических свойств молока на стадии его первичной обработки при доении коров в стойлах на доильных установках, оборудованных молокопроводом .....	116

### ***МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО***

<b>С.М. Комлева.</b> Анализ уровня радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель Могилевской области .....	121
<b>А.В. Колмыков.</b> Организация эколого-технологических энергетически эффективных севооборотов .....	125
<b>Ф.У. Жураев.</b> Экспериментальное обоснование применения некоторых мелиоративных машин в условиях орошаемого земледелия .....	130

### ***МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ***

<b>А.С. Добышев, О.А. Бобер, К.Л. Пузевич.</b> Параметры и режимы работы комбинированного рабочего органа почвообрабатывающего приспособления к плугу .....	135
<b>А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка.</b> Влияние смесового топлива на эксплуатационные показатели дизеля при различных режимах работы .....	138
<b>И.И. Пиуновский.</b> Агротехнические основы обоснования технических параметров кормоуборочных комбайнов .....	142
<b>Н.И. Дудко, В.Р. Петровец.</b> Исследование устойчивости распределения минеральных удобрений сошниками на упругих стойках .....	146
<b>А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка.</b> Результаты работы устройства регулирования состава смесового топлива на основе рапсового масла в условиях эксплуатации .....	151

### ***ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ***

<b>В.С. Щур, В.В. Ивчик.</b> Социологическая индикация производственной практики студентов БГСХА .....	156
--	-----

### ***ПАМЯТЬ***

<b>А.П. Курдеко, А.Р. Цыганов, В.И. Желязко, П.У. Равовой, М.Г. Голченко.</b> Памяти Владислава Филипповича Карловского .....	162
<b>А.П. Курдеко, П.А. Саскевич, Н.И. Гавриченко, А.А. Шелюто, Г.И. Таранухо, Е.В. Равков, А.З. Латыпов (1927–2010 гг.)</b> .....	163
<b>Сведения об авторах</b> .....	165

УДК 629.114.2.004:621.436

**А.Н. КАРТАШЕВИЧ, В.С. ТОВСТЫКА**

**ВЛИЯНИЕ СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
ДИЗЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ**

*(Поступила в редакцию 02.11.10)*

*В статье приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию необходимости изменения концентрации рапсового масла в смешанном топливе в зависимости от режима работы дизеля. Приводится аналитическая зависимость, связывающая динамическую испаряемость топлива с приведенным вихревым отношением, частотой вращения и крутящим моментом дизеля. В статье описаны результаты экспериментальных исследований устройства, позволяющего реализовать регулирование состава смешанного топлива по необходимому закону в зависимости от режима работы дизеля.*

*The article presents results of theoretical and experimental research into the basing of the necessity of change in the concentration of rape oil in mixed fuel depending on the mode of work of diesel. We have presented analytical dependence, which connects dynamic volatility of oil with presented vertical relation, frequency of rotation and torsion torque of diesel. The article describes results of experimental research into a device, which helps to regulate composition of mixed fuel according to necessary law depending on the mode of work of diesel.*

## Введение

Применение альтернативных моторных видов топлива изменяет организацию рабочего процесса дизеля, так как изменяются свойства топлива: цетановое число, плотность, испаряемость, вязкость, низшая расчетная теплота сгорания и др. Поскольку адаптировать новые топлива к существующим моделям дизелей достаточно сложно, целесообразно оценить приспособляемость дизелей к альтернативным видам топлив. С этой целью необходимо выявить зависимости показателей работы дизеля от показателей качества топлива. В настоящее время одним из перспективных моторных видов топлива является рапсовое масло и его смеси с дизельным топливом. Опыты по использованию рапсового масла как топлива проводил еще Рудольф Дизель. Рапсовое масло имеет ряд достоинств: оно не токсично и не огнеопасно, не содержит сернистых соединений, является возобновляемым топливом [1, 2].

## Основная часть

Практически во всех существующих дизелях, реализующих смесеобразование от объемного до пристеночного, процесс смешения топлива с воздухом является определяющим для обеспечения полного и эффективного сгорания. Горение в дизелях можно в основном охарактеризовать как процесс, регулируемый смешением топлива, так как время, требуемое для этой стадии, больше времени химического реагирования [3, с. 176].

Анализируя процессы смесеобразования, используем относительную оценку его совершенства как условие достижения минимального удельного расхода топлива, а также минимального содержания сажи в ОГ [3].

Известно [3, 4], что любую существующую модель дизеля с присущими ей параметрами смесеобразования, топливоподачи и конструкции можно оценить по степени доведенности рабочего процесса или совершенства смесеобразования, т.е. степени согласования интенсивности вихревого движения заряда, длительности впрыскивания и угла раскрытия топливных струй. В работе [5] предложено для оценки степени доведенности рабочего процесса использовать отношение  $\delta/\delta_0$ . Для дизелей с наддувом это соотношение примет вид [3, с. 149]:

$$k = \delta \cdot \sqrt[4]{\pi_k} / \delta_0, \quad (1)$$

где  $\delta$  – приведенное вихревое отношение,  $\pi_k$  – степень повышения давления при наддуве.

При работе на чистом ДТ для дизелей существует частота вращения, при которой удельный расход топлива и содержание сажи в отработавших газах стремятся к минимуму. Так же можно предположить, что на этом режиме и другие токсичные компоненты ОГ будут минимальны. Для этого режима с достаточной степенью точности справедливо выражение [3; 5, с. 149, с. 179]:

$$k = \delta \cdot \sqrt[4]{\pi_k} / \delta_0 \rightarrow 1. \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что существует соотношение между скоростью вихревого движения заряда в КС, количеством и степенью испарения топлива, обеспечивающее оптимальное смесеобразование и наименьшие параметры топливной экономичности и токсичности ОГ.

В работе [4] предложено это соотношение характеризовать параметром:

$$\omega_{kc} / (m_v / q_{v})_{впр}, \quad (3)$$

где  $\omega_{kc}$  – максимальная скорость вихря в КС в ВМТ;  $m_v$  – количество испарившегося топлива в момент окончания впрыскивания.

При изменении режима работы дизеля изменяется и значения этого параметра. Однако при переходе на другие частоты вращения должно выполняться условие:

$$\delta n / (m_v / q_{v})_{впр} \approx \text{idem}, \quad (4)$$

где  $(m_v / q_{v})_{впр}$  – динамическая испаряемость топлива за время, соответствующее  $\varphi_{впр}$  [6, с. 58].

Рассмотренные нами соотношения свидетельствуют о том, что при изменении режима работы дизеля или при переходе его для работы на других видах топлива нарушается оптимальное протекание процессов смесеобразования и сгорания. Достижение минимального значения  $g_e$  в этих случаях будет наблюдаться при выполнении условия (4). При этом значение безразмерного параметра  $\delta n / i_{v,i}$  нужно выбирать для режима, где  $k \rightarrow 1$  [3].

Приведенное вихревое отношение можно определить из выражения, согласно [5]:

$$\delta = (\omega_{kc} / \omega_{ov}) \cdot (d_{kc} / d)^2, \quad (5)$$

где  $d$  – диаметр цилиндра;  $d_{kc}$  – диаметр камеры сгорания;  $\omega_{ov} = \pi n / 30$  – угловая частота вращения коленчатого вала двигателя;  $\omega_{kc}$  – максимальная скорость вихря в КС в ВМТ, определяется из выражения [3].

$$\omega_{kc} = \omega_{\pi} (d / d_{kc})^2 \times (d_{kc} / d)^{(0,047 \Gamma_{cp})^{0,83}} \times 0,77 d^{0,05} / (1 + \gamma_{ост}), \quad (6)$$

где  $\gamma_{ост}$  – коэффициент остаточных газов;  $\Gamma_{cp}$  – циркуляция вектора скорости [3, с. 142].

$$\Gamma_{cp} = \frac{1}{2} \pi \cdot \omega_{\pi} \cdot d^2, \quad (7)$$

где  $\omega_{\pi}$  – угловая скорость вращения заряда в цилиндре в конце такта впуска.

Параметр  $\delta_0$  определяется по формуле [5]:

$$\delta_0 = \sqrt{\delta_{co} \cdot \delta_y}, \quad (8)$$

где  $\delta_{co}$  – приведенное вихревое отношение, соответствующее повороту вихря за время впрыскивания, равно:

$$\delta_{co} = 360 / (i_{co} \varphi_{emp}), \quad (9)$$

где  $i_{co}$  – число сопловых отверстий штатной форсунки;  $\varphi_{emp}$  – угол п.к.в., соответствующий впрыскиванию;  $\delta_\gamma$  – приведенное вихревое отношение, соответствующее  $\gamma_\varepsilon$ , равно:

$$\delta_\gamma = 2 / \pi \cdot S / d \cdot \ln(90 / (180 - \gamma_\varepsilon)), \quad (10)$$

где  $S$  – ход поршня;  $\gamma_\varepsilon$  – суммарный угол раскрытия топливных струй (в шатре).

Суммарный угол раскрытия топливных струй определяется по формуле [5]

$$\gamma_\varepsilon = 180 - 90 \exp[-d_{kc} / d(1 + \pi/2 \cdot d/s \cdot \delta)]. \quad (11)$$

Результаты расчетов по формулам (4–9) сведем в табл. 1.

Таблица 1. Данные расчета параметров взаимосвязи показателей качества топлива с параметрами рабочего цикла дизеля.

n, мин <sup>-1</sup>	d <sub>кв</sub> , м	d, м	i <sub>co</sub>	ω <sub>кв</sub> , с <sup>-1</sup>	ω <sub>вв</sub> , с <sup>-1</sup>	δ	γ <sub>ε</sub> , градус	δ <sub>γ</sub>	δ <sub>co</sub>	δ <sub>o</sub>	k
1800	0,038	0,11	5	1478	188,4	1,96	165,92	1,34	4	2,32	1,0081
1700	0,038	0,11	5	1368	177,9	1,92	165,53	1,32	4	2,30	0,9952
1600	0,038	0,11	5	1297	167,5	1,94	165,67	1,33	4	2,31	0,9979
1500	0,038	0,11	5	1208	157,0	1,92	165,55	1,32	4	2,30	0,9854
1400	0,038	0,11	5	1116	146,5	1,90	165,35	1,31	4	2,29	0,9731
1200	0,038	0,11	5	1068	125,6	2,13	167,43	1,42	4	2,39	1,0314

Анализ данных расчета параметра  $k$  по выражениям (4–9), приведенных в табл. 1, показывает справедливость зависимости (2). Действительно, значение  $k$  наиболее близко к 1 при частоте вращения 1600 мин<sup>-1</sup>, что согласуется со стендовыми испытаниями двигателя. При данной частоте вращения удельный расход топлива минимален и низкие значения выбросов токсичных компонентов.

Перевод дизеля на работу на смесевые топлива на основе РМ будет сопровождаться неизбежным нарушением оптимального процесса смесеобразования.

В работе [5] показано, что уменьшение испаряемости топлива при утяжелении его фракционного состава позволяет повысить потребную скорость движения воздушного заряда.

Согласно [7], изменение удельного расхода топлива по скоростной характеристике меняется в зависимости от испаряемости топлива примерно в соответствии с выражением:

$$\omega_{kc} \cdot i_{v,i} \approx idem, \quad (12)$$

где  $i_{v,i} \approx m_{v,i} / q_u$  – доля испарившегося топлива за ПЗВ (динамическая испаряемость топлива) [6, с. 58].

Минимум удельного расхода топлива по скоростной характеристике с утяжелением фракционного состава топлива смещается в сторону больших частот вращения.

Согласно [3, с. 233] динамическая испаряемость дизельного топлива  $i_{v,i,DT} = 0,68$ . Оценить сравнительную испаряемость смесевого топлива на основе рапсового масла и дизельного топлива можно по изменению температуры выкипания 50% топлива по кривой разгонки [3, с. 233]:

$$\frac{i_{v,i,DT}}{i_{v,i,CM}} = \frac{T_{50,CM}}{T_{50,DT}}, \quad (13)$$

где  $i_{v,i,DT}$ ,  $i_{v,i,CM}$  – динамическая испаряемость дизельного и смесевого видов топлива;  $T_{50,DT}$ ,  $T_{50,CM}$  – температуры выкипания 50% дизельного и смесевого видов топлива.

Преобразуя выражение (13), получим формулу для расчета динамической испаряемости смесевых топлив на основе рапсового масла:

$$i_{v,i,CM} = \frac{i_{v,i,DT} \cdot T_{50,DT}}{T_{50,CM}}. \quad (14)$$

В работе [3] показано, что при переходе дизеля для работы с ДТ на топливо с другим фракционным составом условие достижения минимального удельного расхода топлива выражается зависимостью вида:

$$i_{v,i} \cdot n \cdot \delta / \delta_o = idem. \quad (15)$$

Однако изменение рабочего цикла дизеля с целью снижения удельного расхода топлива обычно приводит к уменьшению содержания в ОГ сажи (твердых частиц) и СО [1, с. 200]. Поэтому выполнение выражения (15) при переходе дизеля на топливо с другим фракционным составом будет также являться условием достижения минимального значения экологических показателей работы дизеля.

Выражение (15) не позволяет достоверно оценивать изменение эксплуатационных показателей работы дизеля по нагрузочным характеристикам. Для того чтобы иметь возможность оценить влияние нагрузки на двигатель при одинаковой частоте вращения, в формулу (15) необходимо ввести показатель значения крутящего момента на валу дизеля  $M_{кр}$ . С уменьшением нагрузки на двигатель снижается цикловая подача топлива, следовательно, уменьшается среднее давление впрыска форсункой, что приводит к снижению качества распыла топлива, и соответственно будет требоваться повышение интенсивности вихревого движения в цилиндре двигателя. В связи с этим предположим, что при переходе дизеля для работы с ДТ

на топливо с другим фракционным составом условие достижения минимального удельного расхода топлива и низких значений токсичных компонентов выражается зависимостью вида

$$N = i_{v,i} \cdot n \cdot M_{кр} \cdot \delta / \delta_0 = idem. \quad (16)$$

Произведем расчет по формуле (16) на режимах 8 ступенчатого испытательного цикла правил ЕЭК ООН №96 и при частоте вращения  $1600 \text{ мин}^{-1}$  по внешней скоростной характеристике для ДТ и смесевых топлив с содержанием РМ 10%, 20%, 30% и 40% (табл. 2).

Таблица 2. Данные расчета параметра N на режимах 8 ступенчатого испытательного цикла.

n, мин <sup>-1</sup>	M <sub>кр</sub> , Н·м	Значение параметра N = i <sub>v,i</sub> · n · M <sub>кр</sub> · δ / δ <sub>0</sub>				
		100% ДТ	90% ДТ + 10% РМ	80% ДТ + 20% РМ	70% ДТ + 30% РМ	60% ДТ + 40% РМ
1800	377,9	466233	450589	436271	414798	391665
1800	283,6	316378	305762	296047	281476	265778
1800	189,1	190318	183932	178088	169323	159880
1800	37,8	32913	31809	30798	29282	27649
1400	471,8	437061	422395	408974	388845	367159
1400	353,4	294989	285091	276032	262446	247810
1400	235,9	171665	165905	160634	152727	144210
830	2,9	1106	1069	1035	984	929
1600	434,5	471757	455927	441441	419713	396306

Данные расчетов показывают, что при работе дизеля на смесевом топливе, состоящем из 40% РМ и 60% ДТ, значение параметра N при расчете формулой (16) составляет 391665 при работе дизеля на номинальном режиме и 396306 при частоте вращения  $1600 \text{ мин}^{-1}$  по внешней скоростной характеристике. При  $n=1800 \text{ мин}^{-1}$  и снижении нагрузки до 10% от номинального значения показатель N уменьшается до 27649. Повысить значение и тем самым улучшить смесеобразование можно, увеличив динамическую испаряемость топлива, т.е. переведя дизель с работы на смесевом топливе на чистое ДТ, при этом показатель N будет составлять 31809.

Из формулы (16) следует, что при работе дизеля на смесевых видах топлива на основе РМ для сохранения параметров работы дизеля на высоком уровне при уменьшении нагрузки и частоты вращения коленчатого вала дизеля необходимо уменьшить концентрацию РМ в смесевом топливе (динамическая испаряемость топлива  $i_{v,i}$  будет снижаться).

Для подтверждения теоретических исследований была разработана и изготовлена система регулирования состава смесевоего топлива на основе рапсового масла [8] и проведены ее моторные испытания на дизеле Д-245.5С2, по результатам которых мы получили характеристику распределения состава смесевоего топлива в зависимости от режима работы дизеля (рис. 1). Максимально возможное количество рапсового масла в смесевом топливе было ограничено на уровне 40% из условия сохранения долговечности работы топливной аппаратуры и самого дизеля.

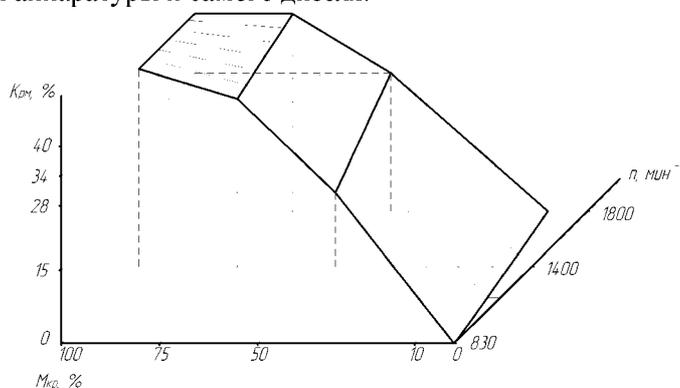


Рис. 1. Распределение состава смесевоего топлива дизеля Д-245.5С2 при работе с системой регулирования в зависимости от частоты вращения и нагрузки.

Предложенная система регулирования позволяет снизить выбросы вредных веществ с отработавшими газами (ОГ). Так, количество сажи в ОГ при установке разработанного устройства снижается на 38,3% (0,371 г/кВт·ч против 0,229 г/кВт·ч) по сравнению с работой двигателя на чистом ДТ. При сравнении работы дизеля на смеси, состоящей из 60% ДТ и 40% РМ, с работой дизеля, оборудованного системой регулирования, мы наблюдаем снижение выбросов сажи на 2,1% (0,234 г/кВт·ч против 0,229 г/кВт·ч). Выбросы оксида углерода снижаются на 13,8% (2,626 г/кВт·ч против 2,264 г/кВт·ч) при сравнении работы двигателя на чистом ДТ и с устройством регулирования состава смесевоего топлива (СТ) и на 3,5% (2,346 г/кВт·ч против 2,264 г/кВт·ч) при сравнении устройства регулирования с смесевым топливом, состоящим из 60% ДТ и 40% РМ. Установка устройства на двигатель снижает выбросы оксидов азота. Так, по сравнению с работой на смесевом топливе, содержащем 40% РМ, устройство позволяет уменьшить выбросы  $\text{NO}_x$  на 2,8% (6,575 г/кВт·ч против 6,392 г/кВт·ч), однако по сравнению с дизельным процессом выбросы увеличиваются на 0,5% (6,359 г/кВт·ч против 6,392 г/кВт·ч).

## Заключение

1. Приводится аналитическая зависимость, позволяющая обосновать необходимость изменения концентрации рапсового масла в смесевом топливе в зависимости от режима работы дизеля и связывающая динамическую испаряемость топлива с приведенным вихревым отношением, частотой вращения и крутящим моментом дизеля.

2. Разработана и изготовлена система регулирования состава смесевоего топлива на основе рапсового масла, позволяющая изменять концентрацию масла в смеси в зависимости от режима работы двигателя. Экспериментальные исследования системы на моторном стенде показали снижение выбросов сажи на 38,3% и оксида углерода на 13,8%, выбросы оксидов азота по сравнению с дизельным процессом увеличились на 0,5%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка. Горки: БГСХА, 2007. 264 с.
2. Карташевич, А. Н. Анализ некоторых свойств смесевых видов автотракторных дизельных топлив на основе рапсового масла / В.С. Товстыка, И.Д. Кузьмич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Горки. 2009. №1. С. 133–138.
3. Камфер, Г. М. Научные основы эффективного применения топлив различного состава в автотракторных дизелях: дис. ... д-ра техн. наук: 05.04.02 / Г.М. Камфер. М., 2004. С. 369.
4. Камфер, Г. М. Сравнительный анализ процессов испарения в дизелях с различными способами смесеобразования / Г.М. Камфер // Двигателестроение. 1985. С. 3–7.
5. Камфер, Г. М. Комплексный показатель смесеобразования для дизелей с камерой в поршне / Г.М. Камфер // Двигателестроение. 1986. №4. С. 1–6.
6. Камфер, Г. М. Математическое моделирование процесса сгорания спиртосодержащего топлива в дизеле / Г.М. Камфер, С.А. Плотников. Киров: Авангард, 2005. 106 с.
7. Эфрос, В. В. Дизели с воздушным охлаждением Владимирского тракторного завода / В.В. Эфрос [и др.]. М.: Машиностроение, 1976. 277 с.
8. Система регулирования состава смесевоего топлива для дизельного двигателя с наддувом: пат. на полезную модель №6626 / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка; заявитель и патентообладатель Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Зарегистрирована в государственном реестре полезных моделей 29.06.2010; опубл.: 30.10.2010 // Афіцыйны бюлетэнь: Вынаходніцтвы. Карысныя мадэлі. Прамысловыя узоры. Минск: Дзяржаўны патэнтны камітэт Рэспублікі Беларусь, 2010. №5.