

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 629.114.2.004:631.95

ТОВСТЫКА  
Виктор Станиславович

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПУТЕМ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА

Автореферат  
Диссертации на соискание ученой степени  
Кандидата технических наук  
По специальности 05.05.03 – колесные и гусеничные машины



Работа выполнена в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель

**Карташевич Анатолий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Официальные оппоненты:

**Ким Валерий Андреевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» ГУВПО «Белорусско-Российский университет»;  
**Бармин Виталий Александрович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры двигателей внутреннего сгорания Белорусского национального технического университета.

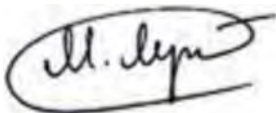
Оппонирующая организация: ПО «Минский тракторный завод»

Защита состоится «1» июля 2011 г. в 13<sup>00</sup> часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.18.01 при Белорусско-Российском университете по адресу: 212030, г. Могилев, пр. Мира. 43, ком. 323. E-mail: [lustenko@yandex.ru](mailto:lustenko@yandex.ru). телефон ученого секретаря (0222) 25-36-71.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГУВПО «Белорусско-Российский университет».

Автореферат разослан «30» мая 2011 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертации



М.Е. Лустков



## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Повышения эксплуатационных показателей современных энергонасыщенных тракторов и комбайновой техники можно достичь путем решения задач по улучшению ревокации максимальных сцеплений ведущих колес с опорной поверхностью, уменьшению потерь мощности на буксование, и в минимизации выброса токсичных компонентов отработавших газов (ОГ) в атмосферу. существенно снижающих урожайность, качество кормовых растений мясомолочной продукции, продуктивность животноводства. Следовательно, рост эксплуатационных показателей мобильной сельскохозяйственной техники необходимо также теснейшим образом увязывать с решением задач повышения сё экологических показателей. Перспектива улучшения эксплуатационных показателей тракторов и комбайнов видится в решении задач повышения эффективности использования альтернативных возобновляемых топливных ресурсов. например рапсового масла (Р.М). что позволит отчасти снизить зависимость Республики Беларусь от углеводородного топлива, а в итоге повысить доходность сельского хозяйства.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Снизь работы с крупными научными программами и темами.

Выбранная тема соответствует приоритетным направлениям научных исследований в Республике Беларусь. Она отвечает следующим нормативным актам:

- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 1339 «Об утверждении перечня государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований в области естественных, технических, гуманитарных и социальных наук на 2006-2010 годы» (программа №6 «Энергобезопасность»);

- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 мая 2005г № 512 «Об утверждении перечня приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006 2010 годы» (1. Энергообеспечение, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, энергосбережение и эффективное использование энергии);

- Указ Президента Республики Беларусь от 6 июля 2005 г. № 315 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь» (1.1. новые материалы и новые источники энергии).

- Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «Экономия п бережливость - главные факторы экономической безопасности государства» («...внедрение инновационных проектов, направленных на ис-



пользование новых источников энергии и нетрадиционных ресурсов углеродородного сырья...»),

- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 7 сентября 2006 г. № 1155 «Об утверждении стратегии снижения выбросов и увеличения абсорбции поглотителями парниковых газов в Республике Беларусь на 2007-2012 годы» («стимулирование использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии»).

Исследования в диссертационной работе проведены по заказу Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь в рамках договора № 60 от 14 марта 2008 г. по теме: «Использование альтернативных видов топлив на основе рапсового масла, метанола, этанола и биогаза в системах питания энергетических сельскохозяйственных установок»

### **Цель и задачи исследования.**

*Цель* - улучшить эксплуатационные показатели колесного трактора путем использования смесового топлива.

Для достижения заданной цели были поставлены следующие *задачи*:

- теоретически обосновать и экспериментально подтвердить улучшение эксплуатационных показателей колесного трактора (экологические и тягово-динамические показатели) при работе на смесовом топливе (смесь рапсового масла с дизельным топливом);

- разработать методику и провести исследования по влиянию состава смесового топлива на эксплуатационные показатели дизеля, позволяющие установить закономерность изменения концентрации рапсового масла в смесовом топливе в зависимости от режима его работы и разработать устройство дозирования, позволяющее его включение в штатную систему питания трактора для реализации полученной закономерности;

- разработать методику для проведения стендовых и натурных испытаний устройства регулирования состава смесового топлива на дизельном двигателе Д-245.5С2 и машинотракторном агрегате, на базе трактора «БЕЛАРУС 922» с целью улучшения его эксплуатационных показателей;

- произвести сравнительную экономическую оценку эффективности применения штатной топливной системы трактора и топливной системы с устройством регулирования состава смесового топлива.

*Объекты исследования* - силовые установки тракторов Д-243, Д-245.5С2 и машинотракторный агрегат, на базе трактора «БЕЛАРУС 922» с установленной системой регулирования состава смесового топлива на основе рапсового масла.

*Предмет исследования* - улучшение эксплуатационных показателей колесного трактора: экологических и тягово-динамических,

### **Положения, выносимые на защиту:**

- результаты теоретических и экспериментальных исследований, подтверждающие улучшение эксплуатационных показателей колесного трактора (экологические и тягово-динамические показатели) при работе на смешанном топливе.

- методика и результаты исследований влияния состава смешанного топлива на эксплуатационные показатели дизеля, позволившие установить закономерность изменения концентрации рапсового масла в смешанном топливе в зависимости от режима его работы.

- устройство регулирования состава смешанного топлива, которое может быть включено в штатную систему питания трактора и реализовать полученную закономерность изменения концентрации рапсового масла в смешанном топливе в зависимости от режима работы трактора;

- методика и результаты стендовых испытаний устройства регулирования состава смешанного топлива на дизеле Д-245 5С2 и результаты его натурных испытаний на машиннотракторном агрегате, на базе трактора «БЕЛАРУС 922», подтвердивших улучшение эксплуатационных показателей трактора

**Личный вклад соискателя** заключается в самостоятельном выполнении теоретических исследований, разработке устройства регулирования состава смешанного топлива на основе рапсового масла, разработке установок для проведения лабораторных и полевых исследований, проведении экспериментальных исследований, обработке полученных результатов. Научный руководитель принимал участие в постановке задач исследования, их предварительном анализе, а также в обсуждении полученных результатов.

Доцент Кузьмич И.Д. принимал участие в обсуждении результатов экспериментальных исследований свойств смешанных валов топлива. Доцент, кап. техн. наук Белоусов В.А. и ассистенты Турков Г.Н., Астапенко И.М. принимали участие в настройке оборудования для проведения стендовых испытаний. Доцент, кап. техн. наук Плотиков С.А. принимал участие в обсуждении результатов стендовых испытаний смешанных видов топлива.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения диссертационной работы и результаты исследований докладывались на следующих конференциях:

- Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: Международная научно-практическая конференция Минск. 12-13 июня 2008 г.;

- Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Международная научно-техническая конференция. Могилев. 17-18 апреля 2008 г.;

- Тракторы, автомобили. мобильные энергетические средства: проблемы и перспективы. Международная научно-техническая конференция Минск. 11-14 февраля 2004 г.;

- Молодежь и инновации 2009 г.: Международная научно-практическая конференция Горки, 3-5 июня 2009 г. (По результатам конференции получен диплом 1-й степени);

- Тракторы и автомобили Международная научно-практическая конференция. Горки, 24-25 сентября 2009 г.;

- Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Международная научно-техническая конференция. Могилев, 22-23 апреля 2010 г.

**Опубликованность результатов диссертации.** По теме диссертации опубликованы 44 печатные работы (28.8 авторского листа), в том числе статей в рецензируемых журналах, включенных в список научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, - 14, научно-практических пособий - 1, в зарубежных изданиях - 5. материалов ши тезисов докладов научных конференции – 8, патентов на полезную модель – 9, свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ - 2, учебно-методических указаний и лекций - 5.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка литературных источников (133 Нацменования, из них 36 на иностранном языке) и приложений. Она изложена на 156 страницах машинописного текста, включает 56 рисунков и 22 таблицы. Приложения приведены на 24 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

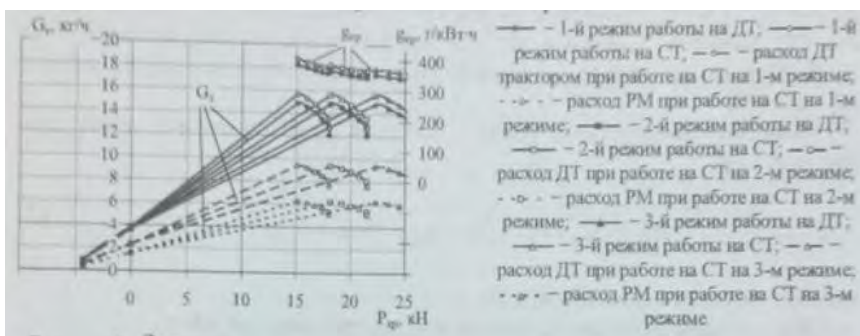
**Во введении** описано негативное воздействие тракторов на окружающую среду и выделены направления, позволяющие улучшить их эксплуатационные показатели, обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цель и задачи исследований.

**В первой главе** рассмотрены тяговые, топливо-экономические качества трактора, его влияние на окружающую среду и изучены мировые тенденции по использованию рапсового масла в качестве топлива для автотракторной техники.

Значительный вклад в развитие теории трактора внесли такие ученые, как П.А. Амельченко. В.Я. Анилович. Ф.С'. Беспальй. В.П. Бойков. П.А. Бондаренко. Ю.Т. Водолажченко. В.В. Гуськов. В.А. Ким. Г.О. Котиев, И.П. Ксеневич. А.Н. Максименко, А.М. Машенский. И.С. Сазонов. А.Т. Скойбеда. А.С. Солонский. В.П. Тарасик. И.ф. Троицкий. М. G. Bekker. и др. На основании их работ выполнен анализ эксплуатационных показателей трактора.

Нами были выполнены теоретические исследования влияния смесового топлива на тяговые качества колесного трактора по теоретической тяговой характеристике. Расчеты произведены при работе трактора «БЕЛАРУС 922» на трех режимах (рисунок 1):

- 1) трактор «БЕЛАРУС 922» работает на 2-й передаче 1-го диапазона с включенным мультипликатором,
- 2) трактор «БЕЛАРУС 922» работает на 3-й передаче 1-го диапазона.
- 3) трактор «БЕЛАРУС 922» работает на 2-й передаче 1-го диапазона



**Рисунок 1 - Зависимость часовой и удельного расхода топлива трактора «БЕЛАРУС 922» от силы тяги на крюке при работе на ДТ м СТ, состоящем из 60 % ДТ и 40 % РМ**

В связи с тем, что РМ имеет теплоту сгорания ниже, чем ДТ, для поддержания неизменной крюковой мощности трактора при переводе его работы с дизельного топлива (ДТ) на смесовое топливо (СТ) необходимо увеличивать часовой расход СТ, соответственно удельный крюковой расход топлива увеличится на 5.1 %. Однако применение СТ позволит сократить расход чистого ДТ (рисунок 1). Значение часовой расхода ДТ при работе трактора на СТ по отношению к его значению при работе на чистом ДТ можно рассчитать по формуле:

$$G_{ч} = (1 - b)H_{дт} / \left( (1 - b) \cdot H_{дт} + b \cdot H_{рм} \right), \quad (1)$$

где  $b$  - относительное содержание РМ в СТ;

$H_{дт}, H_{рм}$  - низшая расчетная теплота сгорания ДТ и РМ. МДж/кг;

Так, в случае содержания РМ в смеси в количестве 10, 20, 30 и 40 % экономия ДТ не будет превышать соответственно 8,9; 18; 27,3 и 36.9 %.

Нами были проведены натурные испытания трактора «БЕЛАРУС 922» с трехкорпусным плугом ПЛН-3-35 на ДТ и СТ, состоящем из 60% ДТ и 40% РМ. Двигатель трактора работал на номинальном режиме. При этом тяговое усилие трактора составило 18,32 кН при работе на чистом ДТ и 18.77 кН при работе на

СТ. Удельный крюковой расход топлива при переходе на смесевое топливо увеличился на 5 %.

Требования к уровню токсичности отработавших газов тракторов постоянно ужесточаются. Совместно с анализом тяговых показателей трактора при его работе на СТ также были исследованы его экологические показатели.

При переходе работы трактора с ДТ на СТ сохраняются параметры его тягового класса и улучшаются геологические показатели. Результаты замеров вредных выбросов в окружающую среду при работе машинотракторного агрегата на ДТ и СТ показали возможность значительного снижения токсичности ОГ: дымность снизилась на 37,4 %, содержание оксида углерода - на 25 %. Однако произошло увеличение количества выбросов оксидов азота в ОГ на 8,4%.

Уравнение мощностного баланса трактора при испытаниях имеет следующий вид:

$$N_e = N_{mp} + N_{\psi} + N_{\delta} + N_{кр} + N_{ВОМ} + N_{воз}, \quad (2)$$

где  $N_e$  – мощность двигателя

$N_{mp}$  - величина потерь мощности в углах трансмиссии, кВт;

$N_{\psi}$  - мощность, расходуемая на преодоление суммарных сопротивлений, кВт;

$N_{\delta}$  - мощность, расходуемая на буксование ведущих колес, кВт;

$N_{кр}$  - мощность, расходуемая на преодоление тяговых сопротивлений агрегатируемых с трактором машин и орудий, кВт;

$N_{ВОМ}$  - мощность, расходуемая на вращение и привод механизмов, присоединенных к валу отбора мощности (ВОМ), кВт.

$N_{воз}$  - мощность, расходуемая на преодоление сопротивления воздуха, кВт.

При испытаниях трактор работал на горизонтальном участке на установленном режиме номинальной мощности в безветренную погоду, без использования ВОМ. В этих условиях испытаний тяговый КПД выражается зависимостью:

$$\eta_m = \frac{N_{кр}}{N_e}. \quad (3)$$

Поддержание неизменной крюковой мощности трактора за счет увеличения удельного расхода топлива при переходе его работы с ДТ на СТ свидетельствует о неизменном значении тягового КПД на этих топливах.

На основании обзора работ Д. Б. Бубнова, М. П. Р. Вальехо, С. Н. Девянина, А. А. Ефанова, А. А. Зенина, Н. А. Иващенко, Д. А. Коршунова, С. П. Кулма-



накова, В. А. Маркова. Д. Д. Матиевского. А. В. Шашева. К. R. Kaufman. M. Ziejewski и др. выполнен анализ влияния СТ на тяговые, топливно-экономические, экологические показатели тракторов и их надежность.

Длительное использование растительных масел в тракторах без ухудшения их надежности возможно при условии: глубокой очистки растительного масла, подбора сорта масла с необходимым жирнокислотным составом, использования не чистого растительного масла, а его смеси с нефтяным ДТ, добавления в растительное масло присадок, снижающих нагарообразование, и добавления антиокислительных присадок в моторное масло, подбора оптимальной камеры сгорания силовой установки.

СТ отличаются по свойствам от ДТ, и исследователями предлагаются различные системы топливоподачи автотракторной техники, в основе которых лежат идеи подачи в двигатель подогретого РМ, увеличение диаметра топливopроводов, оптимизация конструкции форсунки, впрыск порции растительного топлива во впускной коллектор, применение систем регулирования.

Нами были проанализированы известные системы и предложен ряд усовершенствований, на которые было получено 9 патентов.

На основании анализ тучной литературы и сравнения результатов теоретических исследований тяговых показателей и натурных испытаний трактора «БЕЛАРУС 922» на дизельном и смесевом топливе можно сделать вывод, что добавление в топливо рапсового масла приводит к улучшению эксплуатационных показателей трактора и счет снижения количества выбросов вредных веществ в окружающую среду. Однако для получения минимальных значений токсичных компонентов отработавших газов требуется установление оптимальной концентрации рапсового масла в смесевом топливе.

**Во второй главе** приводятся методика и результаты экспериментальных исследований свойств смесевых видов топлива, работы топливной аппаратуры тракторов, моторных стендовых испытания дизелей Д-243. Д-245.5С2 на смесевых видах топлива на основе РМ, описание используемого оборудования, конструкции оригинальной системы регулирования состава смесевое топлива и результаты её стендовых испытаний на тракторном дизеле Д-245.5С2.

Для того чтобы оценить возможность применения СТ в тракторах, необходимо провести исследования и сравнить свойства ДТ и СТ, показатели впрыска форсункой, работу топливного насоса высокого давления (ТНВД) и дизелей на СТ по сравнению с работой на ДТ.

Анализ экспериментальных исследований свойств СТ показал, что РМ и его смеси с ДТ по своим свойствам близки к свойствам ДТ и их возможно использовать в тракторах. Повышение концентрации РМ в СТ увеличивает вязкость смеси, понижает температуры помутнения и застывания, уменьшает пожароопасность топлива.



Исследование работы ТНВД на СТ провалилось на комплексном стенде для регулировки топливной аппаратуры КИ-15711-01. Использовались серийные форсунки с пятидырчатым распылителем закрытого типа 171.1112010-02 (ЗАО «АЗИИ») и топливный насос 4УТНМ.

Анализ результатов испытаний показал, что применение смесей РМ с ДТ не вызывает нагревов, задигов, повышенных износа в и других отказов топливного насоса. Применение СТ изменяет показатели работы ТНВД.

Стендовые испытания двигателей Д-243 и Д-245.5С2 провалились в аккредитованной научно-исследовательской лаборатории испытания двигателей внутреннего сгорания и топлив УО «БГСХА» (регистрационный номер ВУ/112 02.1.0.1609). Вначале определялись оптимальные регулировки системы топливоподачи и двигателя, затем снимались нагрузочные и скоростные характеристики. Для тракторного дизеля Д-245.5С2 испытания проводились также в соответствии с правилами ЕЭК ООН №96.

Дымность и токсичность ОГ измерялась газоанализатором «MGT 5» (Германия) и дымомером «MDO 2 LON» (Германия). Крутящий момент измерялся весовым механизмом гастрического маятникового испытательного стенда

Моторные стендовые испытания дизеля Д-243 показали, что оптимальным течением установочного угла опережения впрыскивания топлива при работе на ДТ и СТ с содержанием РМ до 40% является угол  $\theta = 2^\circ$ . При данном угле применение СТ с содержанием РМ до 40% не приводит к изменению мощности дизеля, однако ведет к увеличению удельного расхода топлива на 3.4%, существенно снижает эмиссию в ОГ основных токсичных компонентов: сажи - на 22.5% и оксидов азота - на 6.3% на всех скоростных и нагрузочных режимах. Содержание оксида углерода в ОГ увеличивается с 0.023% для ДТ до 0.04% для топлива, состоящего из 60% ДТ и 40% РМ. При этом наблюдается различная в зависимости от режима работы дизеля величина изменения токсичных компонентов.

При испытании тракторного дизеля Д-245.5С2 был реализован полный трехфакторный эксперимент, по результатам которого получены регрессионные модели, отражающие зависимость эффективного КПД, содержания сажи и оксидов азота в ОГ от крутящего момента, частоты вращения и содержания РМ в топливе:

$$\begin{aligned}
 Y_{c,\%} = & 84,343979 + 68,64087 \cdot X_1 - 0,1160745 \cdot X_2 - 13,5082 \cdot 10^{-3} \cdot X_3 - 6,0134 \cdot X_1 \cdot X_2 \\
 & - 92,8358 \cdot X_1 \cdot X_3 - 1,1905 \cdot 10^{-5} \cdot X_2 \cdot X_3 + 26,5571 \cdot 10^{-5} \cdot X_1^2 + 3,9467 \\
 & \cdot 10^{-5} \cdot X_2^2 + 36,1111 \cdot 10^{-4} \cdot X_3^2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{NOx,ppm} = & -1211,986928 + 4,874189042 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 + 1,772348343 \cdot X_2 - 0,262434727 \cdot X_3 \\
 & - 0,000986462 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,002252943 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,001029761 \cdot X_2 \cdot X_3 \\
 & - 0,004717469 \cdot X_1^2 - 0,00061126 \cdot X_2^2 + 0,058125 \\
 & \cdot X_3^2; \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{КПД} = & 0,018832939 + 219,6554 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 + 10,2188 \cdot 10^{-5} \cdot X_2 - 12,6394 \cdot 10^{-5} \cdot X_3 - 13 \cdot 10^{-8} \\
 & \cdot X_1 \cdot X_2 - 27,859947 \cdot 10^{-8} \cdot X_1 \cdot X_3 + 23,05475 \cdot 10^{-8} \cdot X_2 \cdot X_3 - 322,7 \cdot 10^{-8} \\
 & \cdot X_1^2 - 3,361925 \cdot 10^{-8} \cdot X_2^2 - 470,7 \cdot 10^{-8} \cdot X_3^2; \quad (6)
 \end{aligned}$$

где  $Y_{C,\%}$  - содержание сажи в ОГ. %;

$Y_{NOx,ppm}$  - содержание оксидов азота. ppm.

$Y_{КПД}$  - эффективный КПД двигателя;

$X_1$  - крутящий момент на валу двигателя. Н м;

$X_2$  - частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>;

$X_3$  - содержание рапсового масла в топливе, %;

Анализ моделей показывает, что изменение токсических показателей зависит от режима работы дизеля. При высоких нагрузках увеличивается концентрации РМ в смесевом топливе до 40 % сопровождается снижением дымности с 26% до 17%, а на режиме холостого хода - повышением с 2% до 5%.

Значит, дальнейшее улучшение экологических показателей работы трактора может быть осуществлено за счет изменения количества РМ в СТ в зависимости от режима работы трактора.

Предложено использовать систему регулирования состава СТ на основе РМ, которая позволит подавать на режимах с повышенной нагрузкой и частотой вращения топливо, состоящее из 60 % ДТ и 40 % РМ. При снижении нагрузки и частоты вращения концентрация РМ в смеси снижается и на холостом ходу, и на режимах, близких к нему, в силовую установку трактора должно подаваться чистое ДТ. Изменение концентрации РМ в зависимости от режима работы трактора позволит улучшить его экологические показатели при сохранении тягового класса трактора.

Необходимость регулирования состава СТ в зависимости от режима работы трактора связала с изменением параметров смесеобразования смесевое топлива.

Расчетным путем установлено, что применение устройства регулирования состава СТ в зависимости от режима работы дизеля позволит улучшить параметры впрыска топлива с добавлением РМ, уменьшив максимальный диаметр капель с 41 мкм для смеси с концентрацией рапсового масла 40% до 34,1 мкм. соответствующий впрыску чистого ДТ и увеличив минимальный угол распыла с 9,4° до 11,3° соответственно.

Для определения необходимого соотношения компонентов смесевое топлива для каждого из режимов работы дизеля Д-245 5С2 были разработаны методики многокритериальной оптимизации состава СТ и определения базовой

характеристики оптимизации соотношения компонентов СТ. Оптимизируя состав СТ, необходимо учитывать показатели токсичности и топливной экономичности дизельного двигателя, поэтому задача оптимизации СТ является многокритериальной. Оценка токсичности была проведена по удельным выбросам нормируемых токсичных компонентов (сажа  $e_s$ , оксиды азота  $e_{NOx}$ , оксид углерода  $e_{CO}$ ). Топливную экономичность тракторного дизеля можно оценить по удельному эффективному расходу топлива, но так как СТ имеют низшую теплоту сгорания ниже, чем чистое ДТ, то экономичность силовой установки трактора будем оценивать по эффективному КПД дизеля. Показатель, обобщающий эффективный КПД дизеля на восьми режимах испытательного цикла, назвали условным эффективным КПД  $\eta_{eусл}$ .

Используя метод свертки, многокритериальную задачу сведём к однокритериальной, в которой присутствует обобщенный критерий оптимизации  $K_o$  в виде суммы частных критериев:

$$K_o = a_{\eta_e} \cdot K_{\eta_e} + a_c \cdot K_c + a_{NOx} \cdot K_{NOx} + a_{CO} \cdot K_{CO}, \quad (7)$$

где  $K_{\eta_e}, K_c, K_{NOx}, K_{CO}$  - частные критерии оптимизации;  
 $a_{\eta_e}, a_c, a_{NOx}, a_{CO}$  - весовые коэффициенты.

Для выявления Наиболее оптимальной концентрации рапсового масла в смесевом топливе в зависимости от режима работы тракторного дизеля Д-245.5С2 были проведены испытания по 8-ступенчатому испытательному циклу согласно правилам ЕЭК ООН №96.

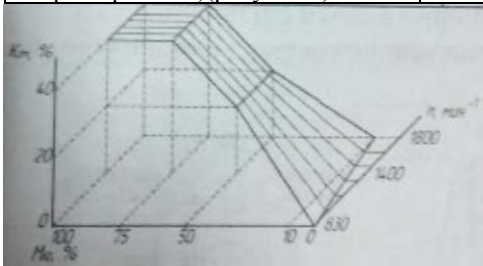
Испытания показали, что использование смеси дизельного топлива с концентрацией рапсового масла до 40% позволяет уменьшить удельные выбросы сажи на 36,9% с 0.371 до 0.234 г/кВт-ч. Также наблюдается уменьшение количества оксида углерода на 10,7 %. При добавлении РМ в СТ в количестве 20 % выбросы оксидов азота снижаются на 1,1 %, однако с возрастанием концентрации РМ до 40 % наблюдается увеличение удельных выбросов оксидов азота на 3,4 %.

С использованием экспериментальных данных и предложенной методики проведена оптимизация состава СТ и получена базовая характеристика оптимизации соотношения компонентов СТ (рисунок 2). Результаты расчетов условного эффективного КПД дизеля и удельных массовых выбросов токсичных компонентов для различных видов топлива приведены в таблице 1.



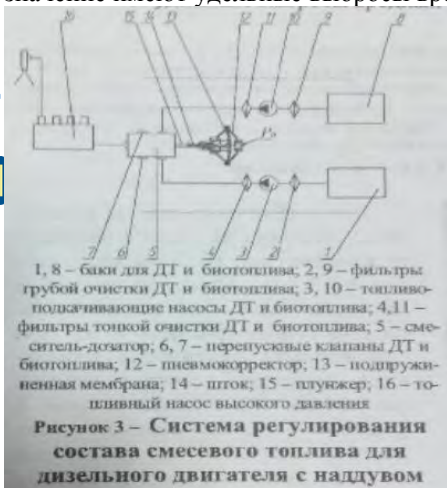
Таблица 1 – Значения параметров работы дизеля Д-245.5С2 и обобщенного критерия оптимальности для исследуемых видов топлив

Тип топлива	$\eta_{\text{еусл}}$	Выбросы вредных веществ, г/кВт*ч			$K_0$
		$e_C$	$e_{NOx}$	$e_{CO}$	
ДТ	0,365	0,371	6,359	2,626	3,362
Смесь 80% ДТ и 20% РМ	0,366	0,261	6,287	2,541	3,054
Смесь 60% ДТ и 40% РМ	0,366	0,234	6,573	2,346	2,989
СТ переменного состава(базовая характеристика)(рисунок 2)	0,366	0,229	6,358	2,242	2,928



**Рисунок 2 – Распределение оптимального состава смешанного топлива дизеля Д-245.5С2 в зависимости от частоты вращения и нагрузки**

Из таблицы 1 видно, что минимум обобщенного критерия оптимальности ( $K_0=2.928$ ) приходится на СТ переменного состава, при этом более низкое значение имеют удельные выбросы вредных веществ.



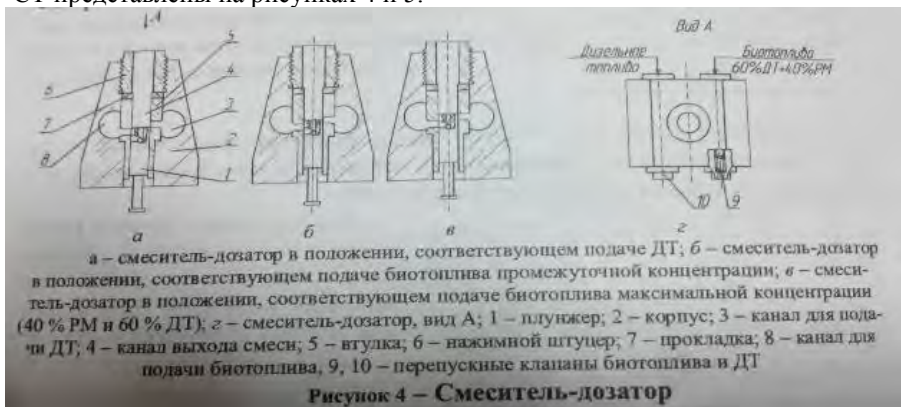
Для реализации базовой характеристики оптимизации соотношения компонентов СТ было разработано устройство регулирования состава СТ в зависимости от режима работы дизеля (рисунок 3).

Система регулирования состава смешанного топлива работает следующим образом. Дизельное топливо поступает из бака 1, через фильтр грубой очистки 2, топливоподкачивающий насос 3, фильтр тонкой очистки 4 к смесителю-дозатору 5, а биотопливо (смесь, содержащая 60% ДТ и 40% РМ) поступает к смесителю- дозатору 5 из бака 8 через

фильтр грубой очистки 2, топливоподкачивающий насос 10, фильтр тонкой очистки 11. В смесителе-дозаторе 5 происходит смешивание и дозирование ДТ и биотоплива. Смесь

по топливопроводу подаётся в ТНВД 16. Излишки ДТ и биотоплива со смесителя-дозатора 5 через перепускные клапаны 6 и 7 по топливопроводам сливаются в баки 1 и 8 соответственно. При работе двигателя на режиме холостого хода давление наддувочного воздуха ( $P_n$ ) малое и положение подпружиненной мембраны 13 пневмокорректора 12 и соответственно плунжера 15 не изменяется, что соответствует подаче чистого ДТ к ТНВД 16. При повышении частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель давление наддувочного воздуха ( $P_n$ ) будет возрастать, подпружиненная мембрана 13 будет прогибаться, воздействовать на шток 14 и перемещать плунжер 15, что вызовет увеличение концентрации биотоплива в смеси с ДТ.

Схема смесителя-дозатора и общий вид устройства регулирования состава СТ представлены на рисунках 4 и 5.



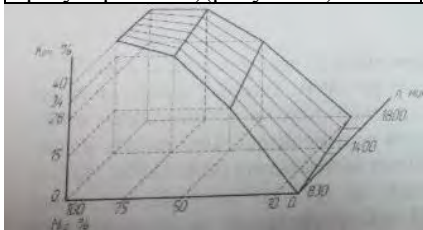
При работе двигателя на режиме холостого хода плунжер 1 занимает положение, при котором канал для подачи ДТ 3 полностью открыт, а канал для подачи биотоплива 8 полностью закрыт (рисунок 4, а). При перемещении плунжера 1 изменяются проходные сечения каналов для подачи ДТ 3 и биотоплива 8 (рисунок 4, б), что изменит состав смеси в канале 4. При работе дизельного двигателя на повышенных нагрузках плунжер 1 займет свое

крайнее положение, при котором канал 8 полностью открыт, а канал 3 закрыт (рисунок 4. в).

Испытания, пропоеенные на дизеле Д-245.5С2, показали, что устройство регулирования состава СТ. позволяет получить характеристику регулирования, близкую к базовой (таблица 2. рисунок 6).

Таблица 2 – Значения параметров работы дизеля Д-245.5С2 и обобщенного критерия оптимальности для характеристик регулирования

Тип топлива	$\eta_{еусл}$	Выбросы вредных веществ, г/кВт*ч			$K_0$
		$e_c$	$e_{NOx}$	$e_{CO}$	
СТ переменного состава(базовая характеристика)(рисунок 2)	0,366	0,229	6,385	2,242	2,928
СТ переменного состава(характеристика с системой регулирования)(рисунок 2)	0,365	0,229	6,392	2,264	2,937

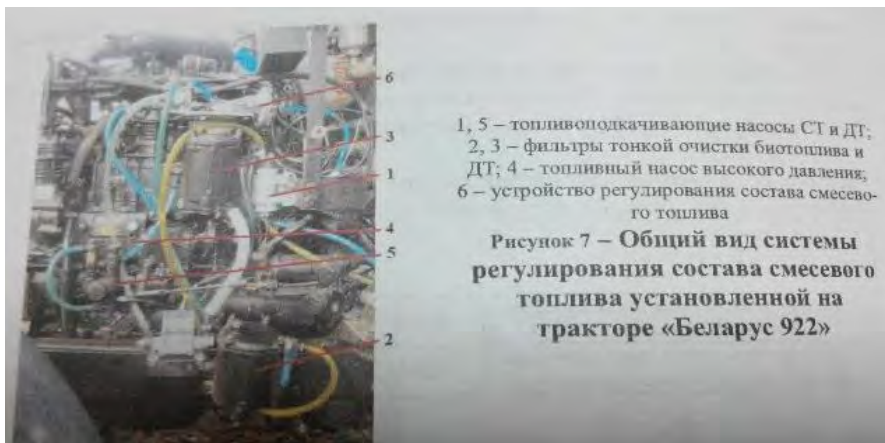


**Рисунок 6 – Распределение состава смешеного топлива дизеля Д-245.5С2 в зависимости от частоты вращения и нагрузки при работе двигателя с системой регулирования**

Работа силовой установки трактора с устройством регулирования (рисунок 6) позволяет снизить обобщенный критерий оптимизации по сравнению с работой на ДТ на 12.6%(3,362 против 2,937). по сравнению с работой на смеси, состоящей из 60% ДТ и 40% РМ. - на 1.7 % (2.989 против 2,937), что привело к снижению выбросов сажи на 38,3 % (0,371 против 0.229 г/кВт ч). оксида углерода - на 13.8% (2,626 против 2,264 г/кВт ч). Установка устройства на двигатель снижает выбросы оксида азота. Так, по сравнению с работой на СТ, содержащем 40 % РМ, устройство позволяет уменьшить выбросы NO<sub>x</sub> на 2.8 % (6,373 против 6,392 г/кВт ч), однако по сравнению с дизельным процессом выбросы увеличены на 0.5 % (6,359 против 6.392 г/кВт ч).

**В третьей главе** приводятся результаты натурных испытаний разработанного устройства регулирования состава смешеного топлива на тракторе «БЕЛАРУС 922» (рисунок 7) с трехкорпусным плугом ПЛН-3-35 (рисунок 8) и с агрегатом, комбинированным широкозахватным АКШ-3, 6-01.

Тяговое сопротивление трактора измерялось динамометрической автоцепкой с измерительным усилителем Spider 8.



1, 5 – топливоподкачивающие насосы СТ и ДТ;  
2, 3 – фильтры тонкой очистки биотоплива и ДТ; 4 – топливный насос высокого давления;  
6 – устройство регулирования состава смешанного топлива

**Рисунок 7 – Общий вид системы регулирования состава смешанного топлива установленной на тракторе «Беларус 922»**

Натурные испытания системы регулирования на тракторе «БЕЛАРУС 922» показали её работоспособность в реальных условиях. Тяговое усилие трактора с установкой системы регулирования практически не изменилось. При работе машиннотракторного агрегата («БЕЛАРУС 922» с плугом) на ДТ его значение составило 12.69 кН. с системой регулирования - 12.81 кН. При работе «БЕЛАРУС 922» с АКШ-3.6-01 на ДТ тяговое усилие трактора составляет 10.53 кН. а с системой регулирования - 10,62 кН. При этом погектарный расход топлива с установкой



**Рисунок 8 – Трактор «БЕЛАРУС 922» с трёхкорпусным плугом ПЛН-3-35**

устройства регулирования увеличился по сравнению с работой на ДТ как при работе с плугом (12.54 против 11.86 кг/га), так и при работе с АКШ (4.862 против 4,605кг/га). Анализируя изменение расхода чистого дизельного топлива можно увидеть что на вспашке он снизился на 36,6 %, а при работе с АКШ - на 36.7%. Выбросы твердых частиц снизились с 11.2 до 8,04 г/га на вспашке и с 6.52 до 4,04 г/га при предпосевной обработке почвы. Наблюдалось снижение выбросов СО при работе трактора с АКШ-3.6-01 с 60.7 до 45,6 г/га. На вспашке количество выбросов оксида углерода не изменилось. Однако при применении устройства регулирования произошло увеличение выбросов оксидов азота при работе с плугом на 28.8 г (с 344.4 до 373,2 г/га), а при работе с АКШ - на 13.1 г (с 137,9 до 151 г/га).



**В четвертой главе** проводится методика определения и результаты расчетов экономической эффективности применения устройства регулирования состава смесового топлива. Необходимые данные для сопоставления экономической эффективности использования трактора без системы регулирования и с системой регулирования представлены в таблице 3. Таблица 3 - Техники- экономические показатели и результаты расчета сравнительной экономической эффективности применения системы регулирования состава смесового топлива

Показатели	Обозна - чение	Значение	
		Штатная ТС	Система регулирования
Балансовая стоимость, руб.	$C_p$	-	439800
Повышение затрат на ремонт и ТО, руб	$Z_{pиТО}$	-	5065
Годовая наработка, ч	$H_r$	1000	
Планируемый ресурс, ч	$T_p$	8000	
Комплексная цена одного литра ДТ, руб	$Ц_{дт}$	2475	
Комплексная цена одного литра РМ, руб	$Ц_{рм}$	-	1673
Годовой расход ДТ, кг	$G_{дт}$	9385	6610
Годовой экологический эффект, р	$У$	-	3498
Годовой экономический эффект, р	$Э_{гэ}$	-	1102484

При условии внутривозвратного производства рапсового масла ожидаемый головой экономический эффект при применении системы регулирования составит 1102484 руб. на один трактор, за счет снижения годового расхода дизельного топлива на 29.6 % и улучшения экологических показателей трактора.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. На основе анализа результатов теоретических исследований тяговых показателей и натуральных испытаний трактора «БЕЛАРУС 922» на дизельном и смесовом топливе установлено, что при добавлении в топливо рапсового масла наблюдается сохранение параметров тягового класса трактора при улучшении его экологических показателей, например дымность снизилась на 37.4% содержание оксида углерода в отработавших газах - на 25 %, выбросы оксидов азота увеличились на 8.4 %, но для получения максимального эффекта требуется установление оптимальной концентрации смешиваемых компонентов [11,12,17, 23].

2. Разработанная методика и результаты испытаний дизеля Д-245.5С2 позволили установить закономерность изменения концентрации рапсового масла в смесовом топливе в зависимости от режима работы трактора, соглас-



но которой на номинальном режиме в двигатель должно подаваться смесевое топливо, содержащее 40% рапсового масла, с уменьшением нагрузки концентрация рапсового масла в смесевом топливе должна снижаться и на режиме холостого хода в двигатель должно подаваться чистое дизельное топливо [12, 16, 27].

3. Разработано оригинальное устройство регулирования состава смесового топлива в зависимости от режима работы трактора, позволяющее изменять концентрацию рапсового масла в дизельном топливе в соответствии с изменением давления наддувочного воздуха во впускном коллекторе дизельного двигателя [11, 36].

4. Стендовые испытания устройства регулирования состава смесового топлива на дизеле Д-245.5С2 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 % [10, 36]. Натурные испытания устройства регулирования на машинотракторном агрегате, на базе трактора «БЕЛАРУС 922» показали сохранение параметров тягового класса трактора и снижение выбросов сажи на 28,2 - 38 %, выбросов оксида углерода - до 24,9 %. Однако при применении устройства регулирования наблюдалось увеличение выбросов оксида азота на 8,3 - 9,5 % и повышение погектарного расхода смесового топлива на 5,7 %. При этом годовой расход дизельного топлива уменьшится на 29,6 %. что позволит при условии внутрихозяйственного производства рапсового масла получить годовой экономический эффект в размере 1102484 руб. на трактор [11].

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Устройство регулирования состава смесового топлива после некоторых регулировок может быть установлено на любой трактор с турбированным двигателем. Устройство регулирования автоматически изменяет концентрацию РМ в смесовом топливе, что освобождает оператора сельскохозяйственной машины от необходимости и контроля за его работой. При этом максимальная концентрация рапсового масла в смесовом топливе не превышает 40 %.

2. Результаты теоретических и экспериментальных исследований доложены, одобрены и приняты к использованию ОАО «Минский моторный завод», ОАО «Вятское машиностроительное предприятие «Авитек» и внедрены в учебный процесс подготовки инженерных кадров по специальностям 1-74 06 01 — Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ [39-44].

## Список опубликованных работ по теме диссертации

### В научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Карташевич. А.Н. Перспективные сорта рапса для производства биодизельного топлива / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка. А.А. Корнейчук // Вестник Белорус гос. с.-х. акад. - 2008. - № 1. - С. 126-129.
2. Карташевич. А.Н. Экспериментальные исследования работы дизеля Л-243 при подаче на впуске рапсового масла / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка. В.А. Белоусов // Вестник Белорусско-Российского ун-та. - 2008. № 4. - С.28-33.
3. Карташевич. А.Н. Анализ некоторых свойств смесевых видов авто-тракторных лительных топлив на основе рапсового масла • А.Н. Карташевнч, В.С. Товстыка. И.Д. Кузьмнч // Вестник Белорус, гос. с.-х. акад. - 2009. - №1.-С. 133-138
4. Карташевич. А.Н. Анализ результатов работы топливного насоса высокого давления на смесях рапсового масла с дизельным топливом / АН. Карташевич. В.С. Товстыка. С.А. Плотников // Агро панорама. - 2009. - №2 (72). - С. 34-37.
5. Карташевич. А.Н. Дифференциальные уравнения изменения давления и воспламенения в дизеле / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка. С.А. Плотников // Вестник Белорус, гос. с.-х. акад. - 2009. - №2. С. 132-138.
6. Карташевич, А.Н. Технично-экономические показатели работы двигателя Л-243 на рапсовом масле и дизельном топливе / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка. Г.Н. Турков // Вестник Полоцкого гос. ун-та. - 2009. - № 8. - С. 49-53.
7. Карташевич, А.Н. Сравнительный анализ экологических показателей дизеля Д-243 при работе на рапсовом масле и дизельном топливе / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка. Г.Н. Турков // Вестник Бслорусско-Российского ун-та.-2008. -№4 -С 28-33.
8. Карташевич, А.Н. Расчетно-теоретические исследования влияния состава смесевых топлив на основе рапсового масла на эксплуатационные показатели тракторного дизеля Д-245 5S2 / А.Н. Карташсаич, В.С. Товстыка // Вестник Белорус. Гос. с.-х. акад. - 2010. - № 3. - С. 126-131.
9. Карташевич, А.Н. Анализ теоретических зависимостей для расчета свойств смесевых видов автотракторных дизельных топлив на основе рапсового масла / А. Н. Карташевич. В.С. Товстыка. И.Д. Кузьмич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. - 2010.-№ 3. -С. 136-140.
10. Карташевич. А.Н. Влияние смесевоего топлива на эксплуатационные показатели дизеля при различных режимах работы / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка // Вестник Белорус, гос. с.-х. акад. - 2010. - № 4. - С. 138-142.





11.Карташевич. А.Н. Результаты работы устройства регулирования на основе рапсового масла в условиях эксплуатации / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка // Вестник Белорус гос. с-х. акад. - 2010. -№ 4. -С. 151-156.

12.Карташевич. А.Н. Влияние смесового топлива на основе рапсового масла на эксплуатационные показатели колесного трактора / А.Н. Карташевич. В. С. Товстыка // Вестник Белорус, гос. с-х. акад. - 2011. - №1 . - С. 142-146.

13.Товстыка. В.С. Улучшение рабочего процесса силовой установки трактора регулированием состава смесового топлива / В.С. Товстыка // Вестник Белорус, гос. с-х. акад. - 2011. - №1. - С. 153-157.

14. Карташевич. А.Н. Оптимизация параметров топливopодачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка. С.А. Плотников // Тракторы и сельхозмашины. 2011. -№3. - С. 13-16.

### **Зарубежные научные издания**

15. Карташевич. А.Н. Изменение экологических показателей дизеля при использовании в системе питания рапсового масла / А.Н. Карташевич. В. А Белоусов. В.С. Товстыка // Human and Nature safety, fourteenth international scientific-practical conference Akademija (Kauno r.), 14\*17 may and 12,13 June 2008 / editorial board: P AharaviH [and others]. - Kauno. 2008 - С. 53-55.

16.Товстыка. В.С. Регулирование состава топлива как способ улучшения экологических показателей дизеля / В.С. Товстыка // Современные проблемы, перспективы и инновационные тенденции развития аграрной науки: Междунар. науч -практ. конф.. Махачкала, 25-26 ноября 2010г. / орг. ком.. З.М. Джамбулатов [и др] - Махачкала. 2010. - Ч. 2. - С. 496-502.

17.Исследованнс работы двигателя Д-243 на смесях рапсового масла и дизельного топлива / А.Н. Карташевич. В. А. Белоусов. В.С. Товстыка. И. М. Астапенко. Г.Н. Турков // Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф.. Санкт-Петербург, 22-23 марта 2008г. / Санкт-Петерб. гос. ун-т; рея- кол.: В.Л. Тишкин. Э.П. Бабенко. АП. Картошкин. - СПб., 2008. - С. 70-75.

18. Товстыка. В.С. Влияние смесового топлива на изменение параметров топливного факела в силовой установке трактора // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ междунар. науч -техн. конф.. Брянск. 22-23 марта 2011г. / Брянская гос с.х. акад . ред. совет: А.А. Тюре\*л. РН. Куприенко. - Брянск. 2011. – С. 85-90.

19.Товстыка. В.С. Оценка степени доведенности рабочего процесса силовой установки трактора при использовании смесового топлива // Конструирование. использование и надежность машин сельскохозяйственного назна-

чения: сб. науч. работ междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 22-23 марта 2011г. / Брянская гос. с.-к. акад. ред. совет: А.А. Тюрева, Р.Н. Куприенко. - Брянск. 2011.-С. 80-85

### **Статьи и доклады в сборниках научных трудов и в материалах научно-технических конференций**

20. Техничко- экономическне и экологические показатели работы двигателя Л-243 на смесях рапсового масла и дизельного топлива / А.Н. Карташевич. В. А. Белоусов, В С. Товстыка. И.М. Астапенко. Г.Н. Турков // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады Междунар. науч.-практ. конф.. Минск. 12-13 июня 2008г. / Белорус, гос. аграр техн ун-т; редкол.: Н.В. Казаровец [и др] - Минск. 2008 -Ч. 1.-С. 87-92.

21. Карташевич. А.Н. Использование рапсового масла в системах питания дизельных двигателей / А Н. Карташевич. В.А. Белоусов. В.С. Товстыка // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии материалы Междунар. науч.-техн. конф.. Могилев 17-18 апреля 2008г.: в 3 ч. / Белорусско-Российский ун-т, редкол.: И.С. Сазонов [и др.]. Могилев, 2008. - Ч. 3. - С. 28-29.

22. Товстыка. В.С. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизельных двигателей / В.С. Товстыка. А.Н. Карташевич // Научный поиск молодежи XXI века: материалы IX Междунар. науч. конф. студентов и магистрантов. Горки, 24-26 октября 2007г. / Белорус гос. с.-х. акад. - Горки. 2008 - Т 1.4.2. -С. 40-42.

23. Товстыка. В.С. Рапсовое масло - более экологически чистое топливо для дизеля / В.С. Товстыка // Содружество наук: материалы V Междунар. науч.- практ конф. молодых исследователей, Барановичи. 21-23 мая 2009г. / Барановичский гос, ун-Г. редкол.: В Н. Зуев [к др] - Барановичи. 2009. - С. 29-30.

24. Товстыка. В.С. Требования к организации движения воздушного заряда при использовании в качестве топлива рапсового масла / В.С. Товстыка // Молодежь и инновации 2009: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 170-летию УО «БГСХА». Горки. 3-5 июня 2009г.: в 3 ч. / Белорус. гос. с. \*, акад.; редкол.: А.П. Курдеко [и др.]. - Горки. 2009. - Ч. 2. - С. 131-133.

25. Товстыка. В.С. Подача этилового спирта в дизель как способ улучшения его экологических показателей / В.С. Товстыка. Г.Н Турков // Молодежь и инновации - 2009; материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. посвящ. 170-летию УО «БГСХА». Горки. 3-5 июня 2009г.: в 3 ч. / Бело-



рус. гос. с.-х. акад, редкол.: А.П. Курлско [и др.]. - Горки. 2009. - Ч. 2. — С. 41-43.

26. Карташевич. А.Н. Добавление рапсового масла в дизельное топливо, как способ регулирования физико-химических свойств топлива / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка, Г.Н. Турков // Тракторы и автомобили материалы Междунар науч.-практ. конф.. Горки, 24-25 сентября 2009г.: в 2 ч. / Белоруск, гос. с.-х. акад, редкол А.Н. Карташевич [и др.]. -Горки. 2009. -Ч. 2. -С. 57-62.

27. Товстыка. В.С. Влияние добавки рапсового масла в дизельное топливо на эксплуатационные показатели дизеля / В.С. Товстыка // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф, Могилев. 22-23 апреля 2010г.: в 2 ч. / Белорусско-Российский ун-т; редкол : И.С. Сазонов [и др.]. - Могилев. 2010. - Ч. 2. - С. 89-90.

### Патенты

28. Система подачи двух топлив в дизельный двигатель: пат. 4827 Респ Беларусь. МПК7 F 02M 43.00 / А Н Карташевич, В.С. Товстыка; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад - № и 20070806, заявл 15.11.2007; опубл. 30.12.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал уласнасці. - 2008. - Л» 6 - 2 с.

29. Система подогрева и подачи дополнительного вязкого топлива в дизельный двигатель с охлаждением наддувочного воздуха: пат. 4829 Респ. Беларусь. МПК7 F 02M 43-00. F 02M 53.00 / А Н. Карташевич. В.С. Товстыка, заявитель Белорус, гос. с.-х. акад. - №6 и 20080274; заявл. 04.04.2008; опубл. 30.12.2008 // Афіцыйны бол. / Нац. центр інтэлектуал уласнасці - 2008. - №6. - 3 с.

30. Топливоподающая секция топливного насоса высокого давления рас-пределительного пила для подачи смесового топлива: пат. 4830 Респ. Беларусь. МПК7 F 02M 49/00 А Н. Карташевич. В.С. Товстыка; заявитель Белорус. гос. с.-х акад. -№ и 20080275; заявл 04.04.2008; опубл. 30.12.2008 // Афіцыйцы бюл. / Нал титр інтэлектуал. уласнасці - 2008. - >66. - 3 с.

31. Система подачи смесового топлива в дизельный двигатель с наддувом: пат. 4901 Респ Беларусь, МПК7 F 02M 43/00 / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка. заявитель Белорус, гос. с.-х. акад - >6 и 20080386; заявл. 13.05.2008; опубл 30.12.2008 // Афіцыйцы бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. - 2008 - №6. -2 с.

32. Бак транспортного средства для смесового топлива: пят. 5237 Респ. Беларусь. МПК7 В 60К 15/03 / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка; заявитель Белорус. гое с.-х. акад. - >6 и 20080738; заявл. 30.09.2008; опубл 30.04.2009 // Афіцыйцы бюл. / Нац. центр інтэлектуал уласнасці - 2009. - №2. - 2 с



33. Система подачи смеси рапсового масла и дизельного топлива в дизельный двигатель: пат. 52X6 Респ. Беларусь, МПК7 F 02M 43,00 / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка; заявитель Белорус, гос. с.-х. акад. - Ю и 2СЮ80737; заявл. 30.09.2008, опубл. 30.06.2009 // Афіцыйны бюл / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. - 2009. - №3. - 4 с.

34. Система подогрева и подачи дополнительного вязкого топлива в дизельный двигатель с использованием тепла отработавших газов: пат. 5287 Респ. Беларусь, МПК7 F 02M 43/00 / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка Г.Н. Турков; заявитель Белорус, гос. с.-х. акад. - Х» и 20080776; 16.10.2008; опубл. 30.06.2009 // Афіцыйны бюл / Нац. цэнтр уласнасці. - 2009. - №3. - 3 с.

35. Система подогрева и подачи рапсового масла в дизель: пат. 528К Респ. Беларусь. МПК7 F 02M 43/00 / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка, А.С. Лобышев. Г.Н. Турков; заявитель Белорус, гос. с.-х. акад. - № о 200Я0777; заявл. 16.10.2008; опубл. 30.06.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. - 2009. - №3. - 3 с.

36. Система регулирования состава смесового топлива для дизельного двигателя с наддувом пат. 6626 Респ. Беларусь. МПК7 F 02M 43/00 / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка; заявитель Белорус, гос. с.-х. акад. - № у 20100003; заявл. 04.01.2010; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. «2010. - Ю5. - 4 с.

### **Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ**

37. Программа расчета параметров подготовительной фазы процесса сгорания при работе дизелей МП на рапсовом масле (ППФ-ММЗ-РМ) / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка. С.А. Плотников. Ш.В. Бутиков // Свидетельство об офиц. регистр. прогр. для ЭВМ № 2009612778 от 29.05.2009. РФ.

38. Программа расчета параметров фазы быстрого горения при работе дизелей ММЗ на рапсовом масле (ФБГ-ММЗ-РМ) / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка, С.А. Плотников. Ш.В. Бутиков // Свидетельство об офиц. регистр. прогр. для ЭВМ № 2009612779 от 29.05.2009. РФ.

### **Научно-практическое пособие**

39. Карташевич. А.Н. Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А.Н. Карташевич. В.С. Товстыка. - Горки: БГСХА. 2007. - 264 с.



## Учебно–методические указания

40. Карташевич, А.Н. Применение альтернативных топлив для ДВС: лекция / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка; БГСХА. - Горки. 2007. - 32 с.

41. Комплексная оценка основных свойств топлив для дизельных двигателей: метод, указ. / БГСХА; сост.: А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка, И.Л. Кузьмич. - 2-е изд., испр. и доп. - Горки, 200X. - 40 с.

42. Комплексная оценка основных свойств автомобильного бензина: метод указ. / БГСХА; сост.: А.Н. Карташевичем, И.Л. Кузьмин, В.С. Товстыка. - 2-е изд., испр. и доп. - Горки, 2008. - 24 с.

43. Контроль качества нефтепродуктов с помощью полевых лабораторий: метод указ. / БГСХА; сост.: И.Д. Кузьмин, В.С. Товстыка - Горки. 2010. - 20 с.

44. Оценка экологических показателей двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств: метод, указ. / БГСХА; сост.: А.Н. Карташевич, В. А. Белоусов, В.С. Товстыка. - Горки, 2009. - 36с.



## Паляпшэнне эксплуатацыйных паказчыкаў калеснага трактару шляхам выкарыстання сумесевага паліва

**Ключавыя славы:** сумеснае паліва, рапсавое масла, трактар, дызель, рэгуляванне, альтэрнатыўнае паліва, пнеумакарэктар, таксічнасць, экалагічныя паказчыкі.

**Мэта работы:** палепшыць эксплуатацыйныя паказчыкі калеснага трактару шляхам выкарыстання сумесевага паліва.

**Метады даследавання:** разлікова-эксперыментальныя, аснованыя на сучасных даследчых метадыках з выкарыстаннем вылічальнай тэхнікі.

**Апаратура.** Даследаванне праводзілася ў акрэдытаванай лабараторыі з выкарыстаннем наступных прылад: дымаметр (МДО 2 LON), газааналізатар (MGT5), тахометр электроны (ТЭСА), расходамер паліва (АІР-50), электрычны маятнікавы выпрабавальны стэнд (SAK-N670), датчык расходу дызельнага паліва (ДРТ-5 з тэрміналам СКРТ 31), дынаметрычная аутасцэпка, вымяральны узмацняльнік (Spider 8), стэнд для выпрабавання ТНВД (КИ-15711-01), вісказіметры (ВПЖ-2, ВПЖ-4), тэрмометры, прыбор для высвятлення тэмпературы успышкі (ПВНЭ), аналізатар фракцыйнага саставу (АФСА-2), прыбор для высвятлення тэмпературы памутнення і застывання.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна.** Тэарэтычна і эксперыментальна падцвержана паляпшэнне эксплуатацыйных паказчыкаў калеснага трактара пры рабоце на сумесевам паліве; распрацавана метадыка і праведзены выпрабаванні дызеля Л-245.5.С2, дазволіўшыя выявіць заканамернасці змены канцэнтрацыі рапсавага масла ў сумесевам паліве ў залежнасці ад рэжыму работы трактара і распрацаваць канструкцыю дазіравання, якая можа быць уключана ў штатную сістэму сілкавання трактара і рэалізаваць атрыманую заканамернасць; вынікі выпрабавання канструкцыі рэгулявання на дызелі Д-245.5.С2 і трактары "Бсларус-922", падцвердзіўшыя паляпшэнне эксплуатацыйных паказчыкаў трактара.

**Ступень выкарыстання.** Вынікі тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў дакладзены, адобраны і прыняты да выкарыстання ААТ «Мінскі матарны завод». ААТ «Вятскае машынабудаўнічае прадпрыемства «Авітэк», і укаранёныя ў учебны працэс УА «БГСХА» і Кіраўскага філіялу МГІУ.

**Галіна прымянення:** трактара- і рухавікабудаванне.

**Улучшение эксплуатационных показателей колёсного трактора  
путём использования смесового топлива**

**Ключевые слова:** смесовое топливо, рапсовое масло, трактор, дизель. регулирование, альтернативное топливо, пневмокорректор, токсичность, экологические показатели.

**Цель работ:** улучшить эксплуатационные показатели колёсного фактора путём использования смесового топлива.

**Методы исследования:** расчетно-экспериментальные, основанные на современных исследовательских методиках с использованием вычислительной техники.

**Аппаратура.** Исследования проводились в аккредитованной лаборатории с использованием следующих приборов: дымометр (MDO 2 LON), газоанализатор (MGT 5), тахометр электронный (ТЭСА), расходомер топлива (АИР-50), электрический маятниковый испытательный стенд (SAK-N670), датчик расхода дизельного топлива (ДРТ-5 с терминалом СКРТ 31), динамометрическая автосцепка, измерительный усилитель (Spider 8), стенд для испытания ТНВЛ (КИ - 15711-01), вискозиметры (ВПЖ-2. ВПЖ-4), термометры, прибор для определения температуры вспышки (ПВНЭ), анализатор фракционного состава (АФСА-2). прибор для определения температуры помутнения и застывания.

**Полученные результаты и их новизна.** Теоретически и экспериментально подтверждено улучшение эксплуатационных показателей колёсного трактора при работе на смесовом топливе; разработана методика и проведены испытания дизеля Д-245.5С2, позволившие установить закономерность изменения концентрации рапсового масла в смесовом топливе в зависимости от режима работы трактора и разработать устройство дозирования, которое может быть включено в штатную систему питания трактора и реализовать полученную закономерность; результаты испытаний устройства регулирования на дизеле Л-245.5С2 и тракторе «БЕЛАРУС 922», подтвердившие улучшение эксплуатационных показателей фактора.

**Степень использования.** Результаты теоретических и экспериментальных исследований доложены, одобрены и приняты к использованию ОАО «Минский моторный завод». ОАО «Вятское машиностроительное предприятие «Авитек» и внедрены в учебный процесс УО «БГСХА» и Кировского филиала МГИУ.

**Область применения:** тракторо- и двигателестроение.

SUMMARY  
Taustyca Viktar Stanislavovich

**Improvement of operational characteristic\* of a wheel tractor  
by using mix fuel**

**Key words:** mix fuel, rapeseed oil, tractor, diesel engine, setting, alternative fuel, pneumatic corrector, toxicity, ecological index.

**Research objective:** to improve the operational characteristics of a wheel tractor by using mix fuel.

**Methods of research:** calculation and experimental, based on (he modern techniques of research with computer facilities use.

**The equipment.** Research was earned out in an accredited laboratory w ah the use of the following devices: opacimeter (MDO 2 LON), gas analyzer (MGT 5), electronic tachometer (TESA). foci flow meter (AIC-50). electric pendulum test bench (SAK-NA70). detecting device of diesel fuel consumption (GCF-5 with terminal SMC'F 31). dynamometric automatic coupler, measuring amplifier (Spider 8). test desk FPHP (CM-15711-01). viscometers (VPL- 2. VPL-4). thermo met era, device for defining the spark temperature (DSOE). analyzer of fractional structure (AFSA-2). a device for defining the temperature of turbidity and solidification

**The results obtained and their novelty.** The improvement of operational parameters of a wheeled tractor working on mix foci is theoretically and experimentally confirmed: the technique K developed and tests of engine D-245.5.C2 arc conducted which allowed to establish the regularity of change of rapeseed oil concentration in mix foci subject to an operating mode of a tractor and let develop a metering device which can be included in the standard foci system of a tractor and fulfill the obtained regularity; the results of the test of the regulating device on diesel engine D-24S.5.C2 and on tractor "BF.LARUS 922" confirmed the improvement of operational parameters of a tractor.

**The degree of application.** The results of the theoretical and experimental research arc reported, approved and accepted to be applied at the Public Corporation «Minsk Motor Plant». Public Corporation «Vyatsky Machine-building Enterprise «Avitek» and introduced into the educational process at the Educational Institution «Belorussian State Agricultural Academy» and at Kirov Branch of MSIU.

**The sphere of implementation:** tractor construction and propulsion engineering.



Научное издание

ТОВСТЫКА  
Виктор Станиславович

Автореферат  
Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
05.05.03 – колёсные и гусеничные машины



---

Подписано в печать 25.04.2011 г.  
Формат 60 x 84<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Бумага для множительных аппаратов.  
Печать ризографическая. Гарнитура “Таймс”.  
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,46. Тираж 80 экз.  
Заказ № 255. Бесплатно.

---

Отпечатано в отделе издания учебно-методической литературы, ризографии  
и художественно-оформительской деятельности БГСХА.  
213410, ул. Мичурина, 5, г. Горки, Могилевская обл.