

На правах рукописи

Громаков Алексей Владимирович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ЗА СЧЕТ
ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (по техническим наукам)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ростов-на-Дону – 2012

Работа выполнена в Государственном научном учреждении
Северо-Кавказском научно-исследовательском институте механизации
и электрификации сельского хозяйства
Российской академии сельскохозяйственных наук
(ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии)

- Научный руководитель:** Богданович Виталий Петрович
доктор технических наук
старший научный сотрудник
ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии,
старший научный сотрудник отдела
механизации полеводства
- Официальные оппоненты:** Забродин Виктор Петрович
доктор технических наук профессор
ФГБОУ ВПО АЧГАА, заведующий
кафедрой «Теоретическая и
прикладная механика»
- Фридрих Рудольф Александрович
кандидат технических наук доцент
ФГБОУ ВПО ДГТУ, декан факультета
«Нанотехнологии и композитные
материалы»
- Ведущая организация:** ФГБУ «Северо-Кавказская
государственная зональная
машиноиспытательная станция»

Защита состоится 24 мая 2012 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 212.058.05 в Донском государственном техническом университете «ФГБОУ ВПО ДГТУ» по адресу: 34400, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, ауд. 252, ДГТУ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДГТУ

Автореферат разослан « » апреля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук доцент

Федосеев В.Б.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Одним из путей увеличения производства сельскохозяйственной продукции является повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов (МТА).

На эффективность функционирования МТА влияет целый ряд факторов, в том числе тип и состав используемого топлива. Изменить влияние данного фактора можно, применяя альтернативные топлива.

Перспективными являются топлива, полученные с использованием растительных масел. По свойствам они наиболее близки к дизельному топливу (ДТ), и в процессе работы на них дизельного двигателя (ДД) уменьшается выброс вредных веществ в атмосферу.

Однако растительные масла имеют ряд недостатков, устранить которые можно, применяя их в смеси с дизельным топливом, или с помощью реакции этерификации, то есть получения метилового эфира рапсового масла (МЭРМ). В качестве топлива лучшие показатели имеют смеси МЭРМ и дизельного топлива (биотопливо). Для получения таких смесей нужны смесители. В связи с этим возникает необходимость в разработке эффективного технического средства для получения качественного биотоплива.

Частичный или полный переход на альтернативное топливо требует проведения предварительных исследований для определения степени влияния нового топлива на эксплуатационные характеристики ДД и режимы функционирования МТА, позволяющих оценить его качество и разработать мероприятия по адаптации сельскохозяйственных тракторов к этому топливу, что является в настоящее время актуальной задачей.

Исследования проводили в соответствии с областной целевой программой производства и использования биотоплива на основе растительных масел в агропромышленном комплексе Ростовской области на 2008-2015 годы.

Целью работы является повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов, работающих на биотопливе за счет совершенствования процесса его приготовления.

Объект исследования – процесс функционирования машинно-тракторных агрегатов на биотопливе, приготовленном с помощью разработанного смешивающего устройства.

Предмет исследования – взаимосвязь показателей функционирования машинно-тракторных агрегатов с качеством смешивания компонентов биотоплива.

Методы исследования включают теоретические и экспериментальные исследования процесса получения биотоплива с помощью смешивающего устройства, сравнительные исследования дизельного двигателя в стендовых условиях и МТА в условиях эксплуатации на этом топливе с применением современных технических средств измерения и методов обработки этих данных на ПЭВМ с использованием стандартных пакетов прикладных программ для ЭВМ.

Научная новизна заключается:

- в определении режимов функционирования МТА в зависимости от соотношения компонентов биотоплива;
- в получении теоретических зависимостей по обоснованию конструктивно-режимных параметров смешивающего устройства для приготовления биотоплива, повышающего эффективность функционирования машинно-тракторных агрегатов.

Практическая значимость работы заключается в разработке устройства для получения качественного биотоплива, повышающего эффективность функционирования машинно-тракторных агрегатов, практическая полезность которого подтверждена патентом на полезную модель №82797.

Реализация результатов исследования. Результаты исследований внедрены и использованы при создании пункта внутрихозяйственного производства биотоплива и при работе машинно-тракторных агрегатов на полученном биотопливе во ФГУП «Экспериментальное» Россельхозакадемии (Зерноградский район Ростовской области).

Основные положения выносимые на защиту:

- направление повышения эффективности функционирования МТА;
- конструктивно-технологическая схема устройства для получения биотоплива;
- теоретические зависимости по обоснованию конструктивно-режимных параметров смешивающего устройства для приготовления биотоплива, повышающего эффективность функционирования машинно-тракторных агрегатов;
- методика инженерного расчета смешивающего устройства;
- результаты экспериментальных исследований функционирования МТА на получаемом биотопливе;
- рациональное соотношение компонентов биотоплива, рекомендуемое для использования в качестве топлива для МТА.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на научно-технических конференциях ГНУ СКНИИ-МЭСХ Россельхозакадемии (Зерноград, 2009-2011 гг.); на 12, 13 и 14 международных научно-практических конференциях «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения» (Ростов-на-Дону, 2009-2011 гг.); 5 международных научно-практических конференциях агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2010» (г. Ставрополь, Ставропольский ГАУ, 19-21 марта 2010 г.); на научной конференции ФГБОУ ВПО АЧГАА (Зерноград, 2010 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 статей, в том числе 2 работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получен патент на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 2,1 п. л., из них на долю автора приходится 1,47 п. л.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и списка литературы, включающего 143 наименований и 5 прило-

жений. Основное содержание диссертации изложено на 156 страницах машинописного текста, содержит 20 таблиц, 65 иллюстрации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы и изложены основные научные положения и результаты, которые выносятся на защиту.

В первой главе «Анализ состояния вопроса и задачи исследований» приведены факторы, влияющие на эффективность функционирования МТА, показано влияние типа и состава топлива на эффективность функционирования МТА. Предложено изменять этот фактор применением альтернативных топлив, рассмотрены существующие альтернативные топлива. На основании этих исследований наиболее предпочтительной основой топлива было выбрано рапсовое масло. Показано получение МЭРМ. Установлено, что лучшие показатели в качестве топлива имеют смеси МЭРМ и дизельного топлива.

Проблемам эксплуатации МТА с применением биотоплива посвящены работы С.Н. Девянина, В.А. Маркова, С.А. Нагорнова, М.Н. Кочеткова, Д.А. Санникова, Д.А. Коршунова, В.Е. Пономарева, И.Г. Голубева, В.П. Богдановича, Н.Е. Борисенко, А.П. Быченина и других исследователей. Но в этих работах рассмотрены в основном изменения конструкции ДД, приспособляемого к этому топливу, получение такого топлива решено недостаточно.

Проанализированы применяемые в настоящее время конструкции смесителей для получения биотоплива. Отмечена их низкая эффективность и обоснована необходимость применения струйных аппаратов в качестве смешивающих устройств.

Показано положительное влияние кавитации на процесс смешивания компонентов биотоплива. Обоснована и выбрана схема смесителя.

На основании проведенного анализа сформулирована научная гипотеза о том, что повысить эффективность функционирования машинно-тракторных агрегатов можно, применяя качественное биотопливо.

Исходя из этого, целью работы является повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов, работающих на биотопливе за счет совершенствования процесса его приготовления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать направление повышения эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов за счет применяемого биотоплива.
- обосновать конструктивно-технологическую схему устройства для получения биотоплива, повышающего эффективность функционирования машинно-тракторных агрегатов;
- получить теоретические зависимости по определению конструктивно-режимных параметров смешивающего устройства для приготовления биотоплива, повышающего эффективность функционирования машинно-тракторных агрегатов;

– получить качественные показатели технологического процесса приготовления биотоплива;

– оценить эффективность функционирования дизельного двигателя и машинно-тракторных агрегатов при использовании биотоплива, полученного с помощью разработанного смешивающего устройства.

– обосновать рациональное соотношение компонентов биотоплива по режимам функционирования дизельного двигателя и машинно-тракторных агрегатов.

Во второй главе «Теоретические исследования технологического процесса смешивания компонентов биотоплива гидродинамическим смесителем» изложены результаты теоретических исследований параметров и режимов работы гидродинамического смесителя для приготовления биотоплива.

В результате анализа процессов смешивания была предложена схема гидродинамического смесителя (рисунок 1).

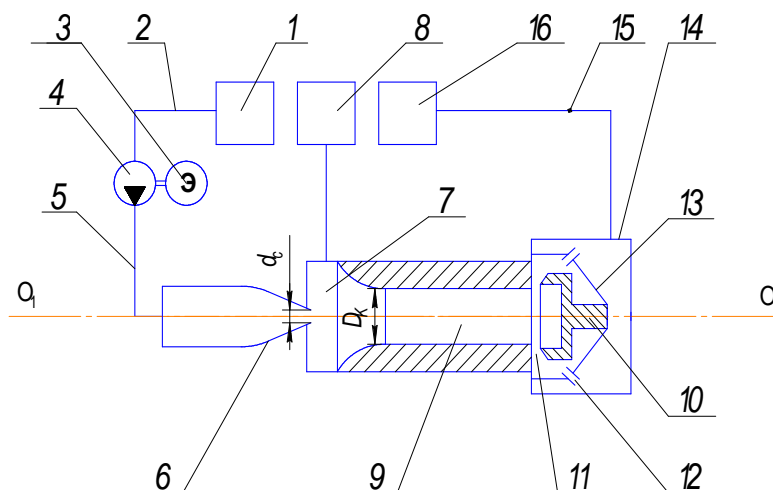


Рисунок 1 – Технологическая схема гидродинамического смесителя:
 1 – емкость с ДТ; 2 – всасывающая гидролиния; 3 – электродвигатель;
 4 – насос; 5 – напорная гидролиния; 6 – сопло; 7 – приемная камера; 8 – емкость с МЭРМ; 9 – камера смешивания; 10 – отражатель;
 11 – щелевое сопло; 12 – отверстие; 13 – конус; 14 – корпус; 15 – сливная гидролиния; 16 – емкость с биотопливом

Гидродинамический смеситель одновременно выполняет две функции: смешивает и перекачивает жидкости. При этом в нем происходит гидродинамическая кавитация, интенсифицирующая процесс смешивания. Кавитация в гидродинамическом смесителе возникает в результате внезапного повышения местных потерь напора и уменьшения давления в потоке дизельного топлива за срезом сопла.

В результате определения местных потерь напора в зоне внезапного расширения потока был предложен коэффициент относительного сопротивления потока K_{oc} (1). Он позволяет оценить интенсивность процесса смешивания в смесителе (рисунок 2).

$$K_{oc} = \left[1 - \left(\frac{d_c}{D_k} \right)^2 \right]^2, \quad (1)$$

где d_c – диаметр сопла эжектора, м;
 D_k – диаметр приемной камеры, м.

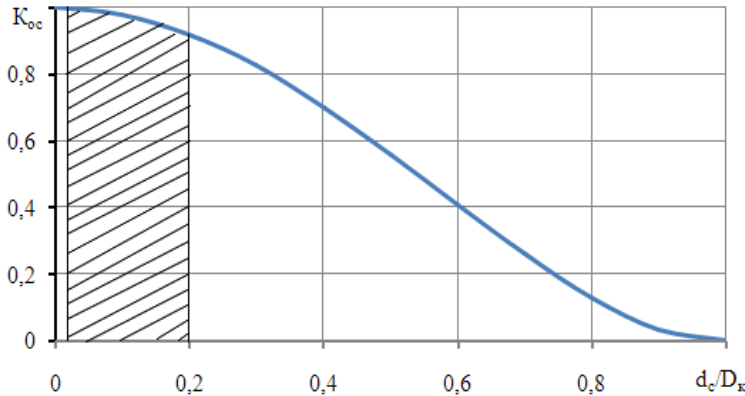


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента относительного сопротивления потока от соотношения диаметра сопла и камеры смешивания

диапазоне

$$0,9 \leq K_{oc} \leq 0,99, \quad (2)$$

$$0 < \frac{d_c}{D_k} \leq 0,2.$$

Наличие кавитационного режима работы смесителя при таких его параметрах подтверждается значением числа кавитации σ . По формуле В.К. Темнова

$$\sigma = 0,07 + 1,36 \cdot S'_{oc} \cdot (1 - S'_{oc}), \quad (3)$$

где $S'_{oc} = \left(\frac{d_c}{D_k} \right)^2$ – относительная площадь сопла.

Для рассматриваемого случая $S'_{oc} = 0,01$, следовательно, число кавитации равняется $\sigma = 0,084 < 1$, что подтверждает наличие кавитации.

Получены уравнения давления в потоке дизельного топлива на выходе из сопла и избыточного давления биотоплива на входе в отражатель в относительных геометрических параметрах эжектора (4) и (5)

Из графика следует, что K_{oc} в зависимости от d_c / D_k изменяется по монотонно-убывающей кривой, при этом темп снижения K_{oc} в диапазоне d_c / D_k от 0 до 0,2 в среднем не превышает 0,25%, тогда как в диапазоне d_c / D_k от 0,2 до 1,0 в среднем, составляет 1,7%. Это указывает на то, что рациональное значение соотношения d_c / D_k и K_{oc} находится в

$$p'_{\text{дт}} = \rho \frac{Q_{\text{дт}}^2}{2S_1^2} \left[(1 + \zeta_c) - \frac{q^2}{(m-1)^2} (1 + \zeta_{\text{вх}}) \right], \quad (4)$$

$$p'_s = p'_{\text{дт}} \frac{2}{m} \frac{1 + \frac{q^2}{m-1} - \frac{(1+q)^2}{m} - \frac{mq^2}{2(m-1)^2} (1 + \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{кв}})}{(1 + \zeta_c) - \frac{q^2}{(m-1)^2} (1 + \zeta_{\text{вх}})}, \quad (5)$$

где $p'_{\text{дт}}$ - избыточное давление перед соплом, Па;

$$m = \frac{S_2}{S_1}, \quad q = \frac{Q_{\text{бд}}}{Q_{\text{дт}}};$$

S_1 и S_2 - площади, соответственно, сечения сопла и камеры смешивания, м^2 ;

$Q_{\text{бд}}$ и $Q_{\text{дт}}$ - объемный расходы биодизеля и дизельного топлива, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\zeta_c; \zeta_{\text{вх}}; \zeta_{\text{кв}}; \zeta_{\text{ф}}$ - коэффициенты сопротивления.

Для нашего случая можно принять $\zeta_c = \zeta_{\text{вх}} = \zeta_{\text{кв}} = \zeta_{\text{ф}} = 0$, тогда функция q от m примет вид

$$q = \frac{m-1}{2m - m^2 - 2} \left[2(m-1) - m\sqrt{2(m-1)} \right]. \quad (6)$$

Рассмотренные особенности работы эжектора гидродинамического смесителя позволяют построить в безразмерных величинах графики функций

$p'_{\text{дт}} = f(Q_1)$ и $p_s = f(Q_1)$ для различных значений m (рисунок 3).

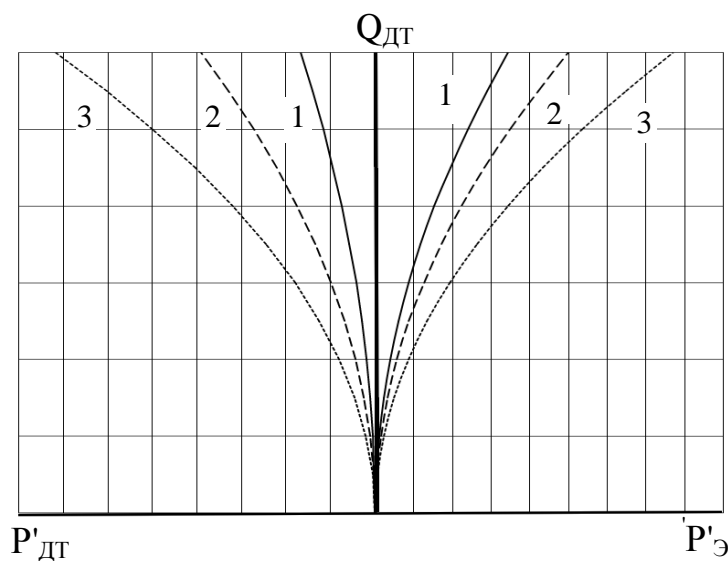


Рисунок 3 – Зависимости давления перед соплами и на выходе из эжектора от потока дизельного топлива и значения m :

1 - $m = 4$; 2 - $m = 6$; 3 - $m = 8$

Из графика следует, что изменение параметра m позволяет поддерживать заданное значение давления ДТ, обеспечивающего кавитационный режим работы смесителя при различных значениях его расходов.

Для определения параметров и режимов работы гидродинамического смесителя были получены зависимости:

- диаметр гидролинии, транспортирующей МЭРМ

$$d_m = D_k \sqrt{(1 - \sqrt{K_{oc}}) \cdot \frac{V_{бд}}{V_{дт}}}, \quad (7)$$

где D_k – диаметр накопительной камеры смешивания, м;

$V_{дт}/V_{бд}$ – объемное соотношение ДТ и МЭРМ;

Зависимости диаметра гидролинии от K_{oc} представлена на рисунке 4.

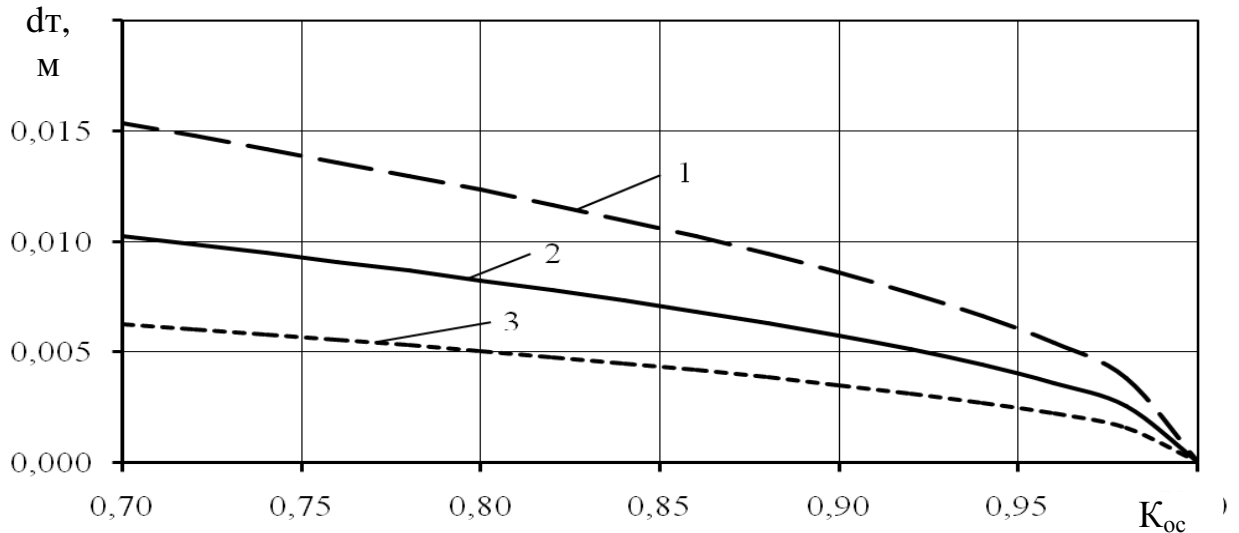


Рисунок 4 – Зависимость диаметра гидролинии, транспортирующей биодизель, от K_{oc} :

1) $V_{бд}/V_{дт} = 0,25$; 2) $V_{бд}/V_{дт} = 0,67$; 3) $V_{бд}/V_{дт} = 1,5$

Из графика следует, что с увеличением K_{oc} необходимо уменьшать диаметр гидролинии, транспортирующей МЭРМ, следовательно и подачу самого МЭРМ;

- объемный расход ДТ

$$Q_{дт} = 0,25 \cdot \pi \cdot (1 - \sqrt{K_{oc}}) \cdot D_k^2 \cdot v_1, \quad (8)$$

где v_1 – скорость потока дизельного топлива, м/с;

Зависимости объемного расхода ДТ от диаметра камеры смешивания и K_{oc} , представлены на рисунках 5 и 6.

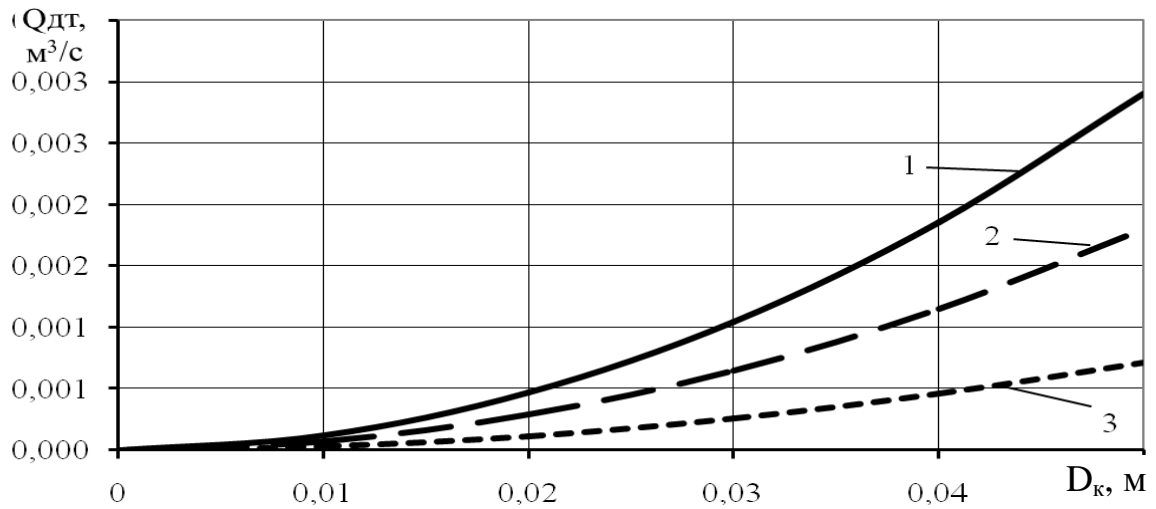


Рисунок 5 – Зависимость объемного расхода дизельного топлива от диаметра камеры смешивания:

1) $K_{ос} = 0,92$; 2) $K_{ос} = 0,95$; 3) $K_{ос} = 0,98$

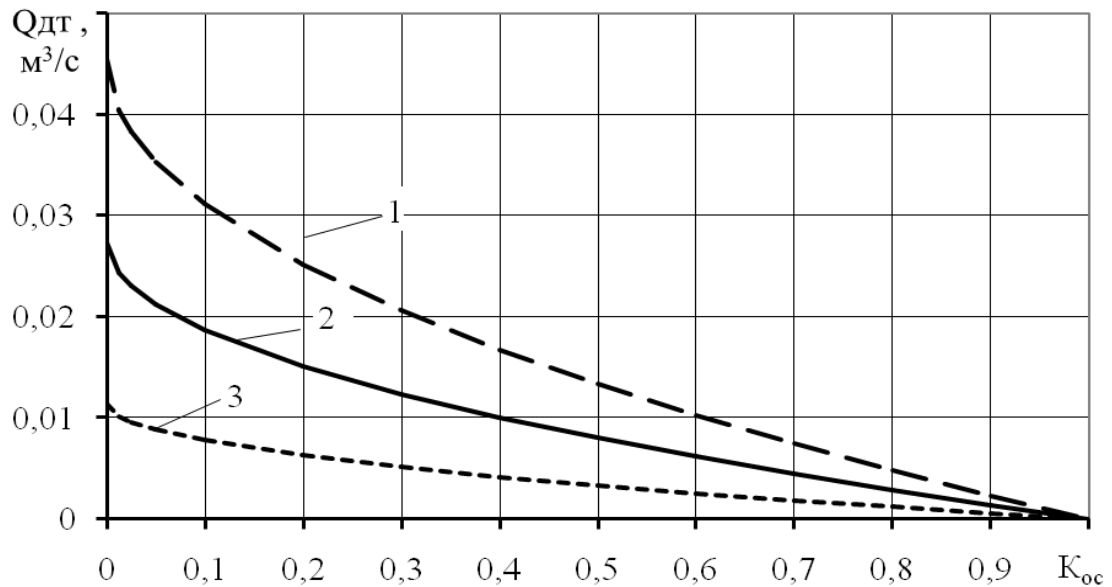


Рисунок 6 – Зависимость объемного расхода дизельного топлива от $K_{ос}$:

1) $D_k = 0,02\text{м}$; 2) $D_k = 0,031\text{м}$; 3) $D_k = 0,04\text{м}$

Из графиков следует, что с увеличением $K_{ос}$ объемный расход ДТ уменьшается, а с увеличением диаметра камеры смешивания – увеличивается;
- объемный расход биотоплива

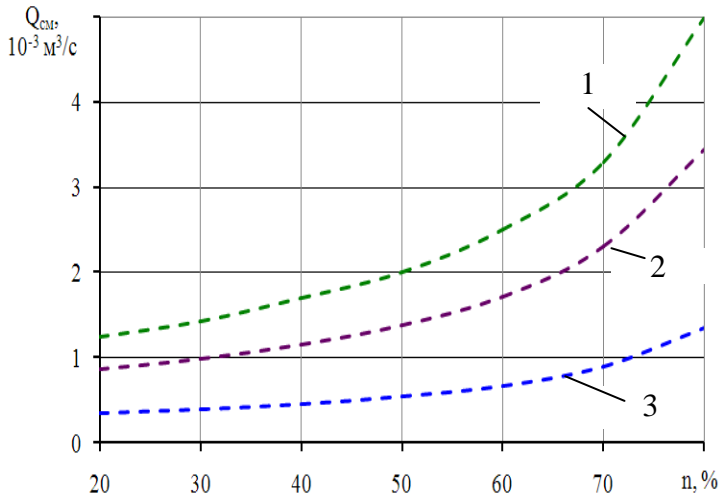
$$Q_{см} = Q_{дт} (1 + 0,01 \cdot n), \quad (9)$$

где $Q_{дт}$ – объемный расход ДТ, $\text{м}^3/\text{с}$;

n – содержание МЭРМ в биотопливе, %;

Зависимость объемного расхода биотоплива от содержания МЭРМ представлена на рисунке 7.

Из графика следует, что с увеличением содержания МЭРМ в биотопливе



производительность смесителя растет нелинейно.

Для того, чтобы можно было изменять объемный расход биотоплива, поддерживая значение K_{oc} в рациональном диапазоне, был предложен гидродинамический смеситель с отражателем потока смесового топлива и переменным сечением сопла эжектора (рисунок 8). Данная конструкция защищена патентом на полезную модель №82797.

Рисунок 7 – Зависимость объемного расхода биотоплива от содержания МЭРМ:
1) $K_{oc} = 0,92$; 2) $K_{oc} = 0,95$; 3) $K_{oc} = 0,98$

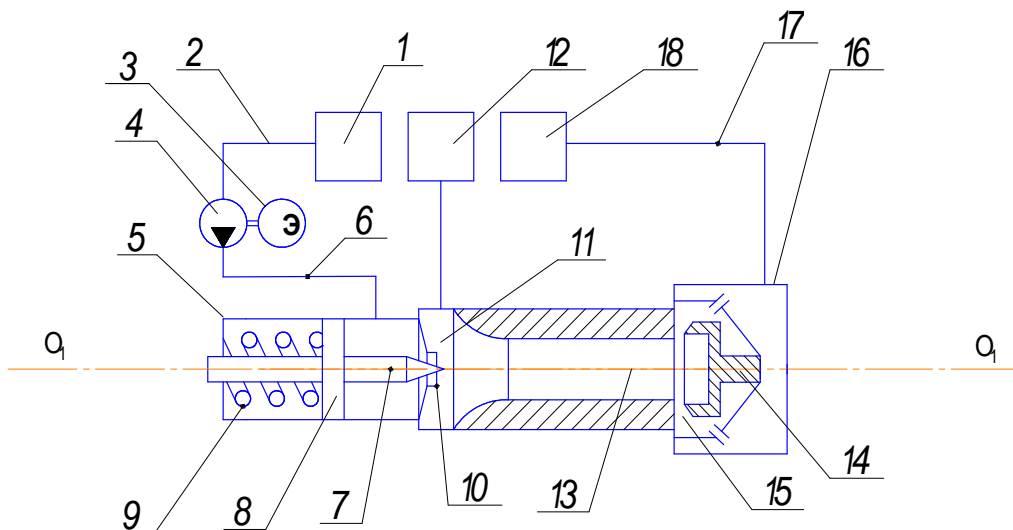


Рисунок 8 – Конструктивно-технологическая схема гидродинамического смесителя с отражателем и регулируемым сечением сопла эжектора:

- 1 – емкость с ДТ; 2 – всасывающая гидролиния; 3 – электродвигатель;
4 – насос; 5 – корпус сопла; 6 – напорная гидролиния; 7 – игла;
8 – поршень; 9 – пружина; 10 – сопло; 11 – приемная камера; 12 – емкость с МЭРМ; 13 – камера смешивания; 14 – отражатель; 15 – щелевое сопло;
16 – корпус; 17 – сливная гидролиния; 18 – емкость с биотопливом

Цилиндрическая полость внутри отражателя вызывает пульсацию вакуума в приемной камере, что способствует повышению интенсивности процесса смешивания. Пульсации давления в корпусе сопла вызывают перемещения иглы и изменение площади проходного сечения сопла, значения ва-

куума в приемной камере также будут изменяться. Это также повысит интенсивность процесса смешивания.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» представлены общая и частные методики исследований гидродинамического смесителя и оценки влияния полученного с его помощью биотоплива на режимы функционирования ДД и МТА.

В ходе исследований определяли значения давления и вакуума в смесителе, объемный расход биотоплива. Приведено описание оборудования и приборов.

Для оценки получаемого биотоплива и определения влияния его состава на режимы функционирования ДД, проводили стендовые испытания на тормозном стенде двигателя Д-248 и полевые испытания двух видов МТА: трактора К-701 с комбинированным почвообрабатывающим агрегатом АПК-4 и трактора МТЗ-80 с зерновой стерневой сеялкой СЗС-4У. Полевые исследования предусматривали определение производительности МТА и расхода топлива при его работе.

Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с помощью стандартных пакетов прикладных программ для ЭВМ.

В четвертой главе «Анализ результатов исследований» определены физико-химические свойства биотоплива и его компонентов, приведены результаты исследований гидродинамических смесителей с регулируемым и нерегулируемым сечениями сопла, результаты производственной проверки работы гидродинамического смесителя, функционирования дизельного двигателя на биотопливе, результаты производственной проверки качества биотоплива при работе МТА, методика инженерного расчета гидродинамического смесителя.

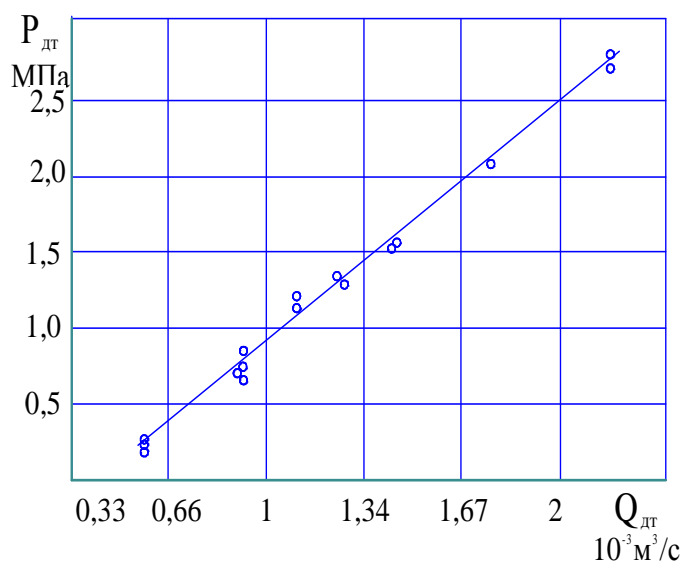


Рисунок 9 – Зависимость изменение давления перед соплом эжектора, от объемного расхода дизельного топлива (сопло регулируемое)

при работе МТА, методика инженерного расчета гидродинамического смесителя.

В результате исследований смесителей было установлено, что оснащение гидродинамического смесителя эжектором с переменным сечением сопла позволяет использовать его с насосами разной производительности, так как изменение давления в нем, в зависимости от расхода компонентов биотоплива, происходит по определенному закону, задаваемому профилем иглы (рисунок 9), при этом коэффициент $K_{ос}$ будет находиться в заданных рациональных пределах.

Было установлено, что применение гидродинамического смесителя, оснащенного эжектором с регулируемым соплом, способствует увеличению амплитуды колебаний вакуума в приемной камере смесителя (рисунок 10).

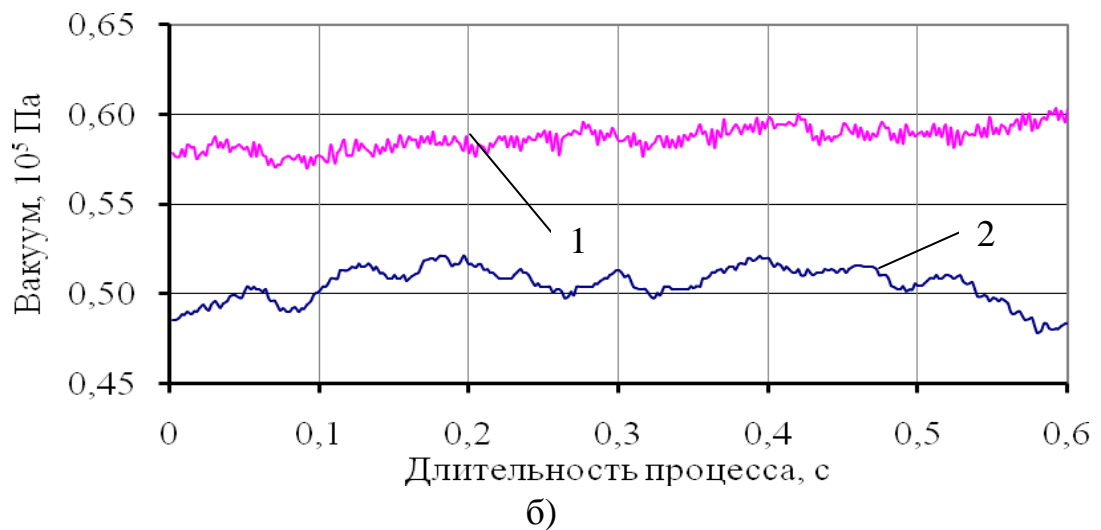
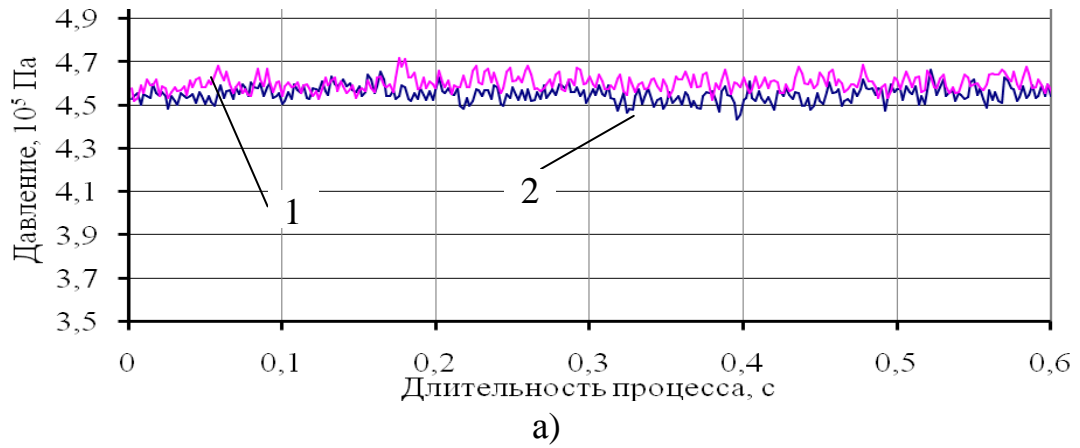


Рисунок 10 – Зависимость давления перед соплом и вакуума от длительности процесса:

1 – сопло нерегулируемое; 2 – сопло регулируемое
 а) давление перед соплом; б) вакуум в приемной камере

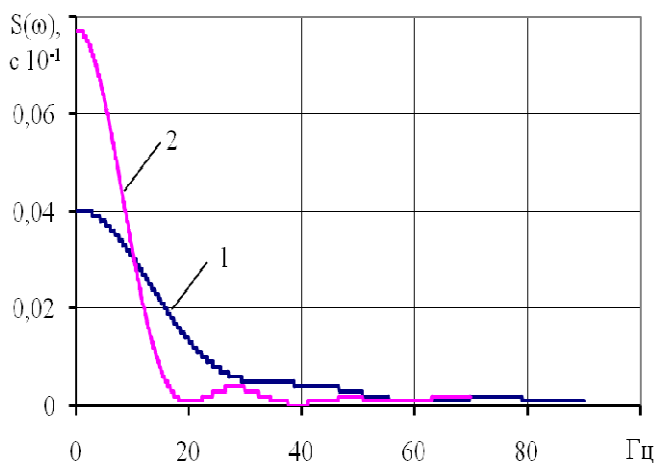


Рисунок 11 – Спектральные плотности процесса изменения значений вакуума:

1 – сопло регулируемое; 2 – сопло нерегулируемое

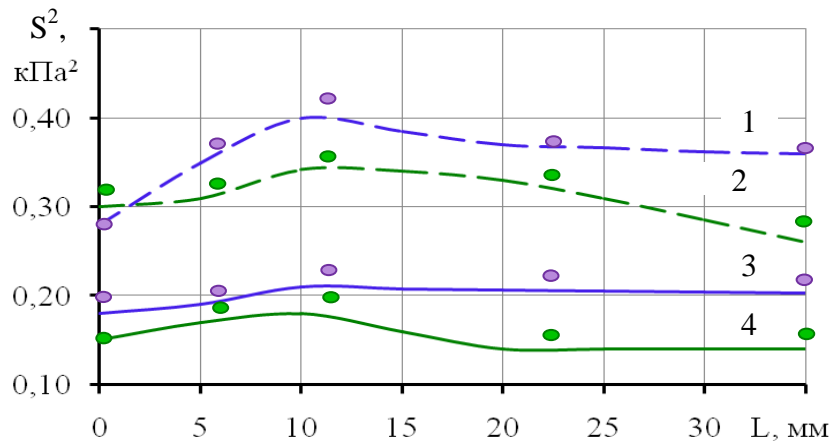
Получены графики спектральных плотностей случайного процесса изменений значений вакуума в приемной камере гидродинамического смесителя с регулируемым и нерегулируемым сечениями сопел (рисунок 11).

Из анализа спектральных плотностей следует, что частота колебаний вакуума в гидродинамическом смесителе, оснащенном эжектором с регулируемым соплом, больше, чем в смесителе с нерегулируемым соплом, так как интенсивность процесса смешивания в гидродинамическом сме-

сителе, оснащенном эжектором с регулируемым соплом больше, чем у эжектора с нерегулируемым соплом.

В обоих эжекторах устанавливали отражатели с разными глубинами и диаметрами цилиндрической полости.

Глубина L и диаметр D полости отражателя влияют на интенсивность процесса смешивания (рисунок 12).



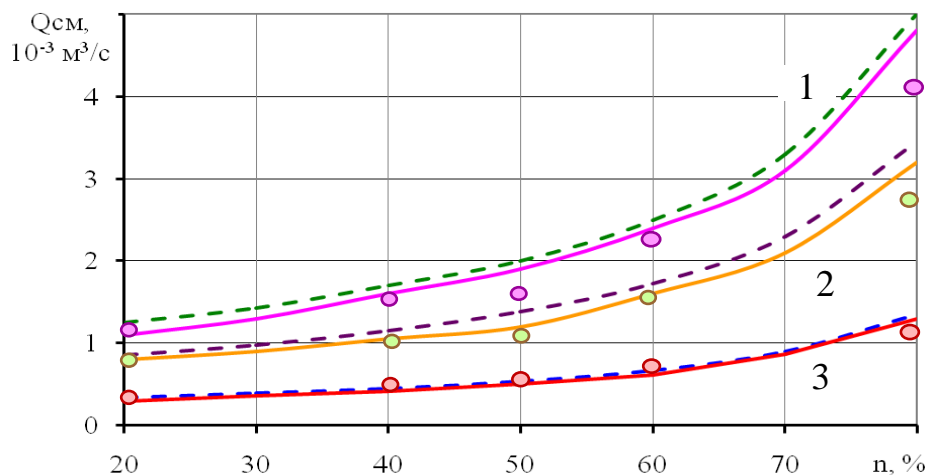
--- регулируемое сопло; — нерегулируемое сопло

Рисунок 12 – Изменение значений дисперсии вакуума в зависимости от параметров отражателей:

кривые 1, 4 – при $D = 21$ мм; кривые 2,3 – при $D = 18$ мм

Исходя из наибольших значений дисперсии вакуума были выбраны рациональные параметры отражателя (глубина 10 мм, диаметр 21 мм).

При определении объемного расхода биотоплива был построен график зависимости объемного расхода биотоплива от процентного содержания МЭРМ в нем (рисунок 13).



----- теоретическая кривая; — экспериментальная кривая

Рисунок 13 – Зависимости теоретической и экспериментальной кривых объемного расхода биотоплива от процентного содержания МЭРМ:

1) $K_{oc} = 0,92$; 2) $K_{oc} = 0,95$; 3) $K_{oc} = 0,98$

Сравнивали эффективность от использования в реакции этерификации механического смесителя, выпускаемого ООО «Завод Зиосаб-Дон», и разработанного гидродинамического смесителя. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнения смесителей

Показатели	Тип смесителей	
	Механический смесителя	Гидродинамический смеситель
Длительность реакции этерификации, мин	150	5
Длительность получения биотоплива, мин	15	5
Производительность, м ³ /ч	1,2	3

Качество получаемого МЭРМ и биотоплива оценивали соответствием их показателей требованиям ГОСТ на ДТ и МЭРМ. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества полученного биотоплива

Показатель	Л-0,2-40 ГОСТ 305-82	Биотопливо 20% МЭРМ /80% ДТ	МЭРМ	МЭРМ ГОСТ 53605- 2009
Кинематическая вязкость мм ² /с при 40 ⁰ С	3,0-6,0	3,086	3,45	3,5
Плотность, кг/м ³ при 20 ⁰ С	860	831	862	860
Испытание на медной пластинке	класс 1а	класс 1а	класс 1 а	класс 1а
Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	6	28	86	120
Зольность, % не более	0,01	0,0	0,0017	0,02
Кислотное число, мг КОН/г	0,50	0,11	0,39	0,50

Из данных таблицы следует, что получаемые МЭРМ и биотопливо соответствуют требованиям ГОСТ и ГОСТ Р.

Определяли показатели функционирования на полученном биотопливе двигателя Д-248. Результаты этих исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3– Параметры регуляторных характеристик двигателя Д-248

Показатели	Смеси, % МЭРМ					
	0	20	40	60	80	100
Мощность, кВт	42,5	42,7	42,0	42,7	42,2	42,6
Крутящий момент при эксплуатационной мощности, Н·м	202,9	204,0	200,7	204,0	201,8	203,6
Максимальный крутящий момент, Н·м	221,7	221,7	215,1	222,8	220,6	221,7
Расход топлива на холостом ходу, кг/ч	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,1
Расход топлива при эксплуатационной мощности, кг/ч	9,8	9,8	10,2	10,4	10,8	11,6
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, об/мин.	1580	1557	1500	1643	1600	1587
Удельный расход топлива, г/кВтч	251	251	259	256	267	279
Изменение удельного расхода топлива, %	0	0	3,2	2,0	6,4	11,2

Рациональное содержание МЭРМ в смеси составляет 20%, при дальнейшем увеличении его содержания до 100% удельный расход топлива увеличивается на 17,8%.

Для определения основных показателей функционирования МТА на биотопливе на полях СКНИИМЭСХ проводили производственные испытания двух МТА: трактора К-701 с АПК-4 и МТЗ-80 с СЗС-4У. Результаты исследований приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Эксплуатационно-технологические показатели работы МТА

Показатели		Вид топлива							
		ДТ	Биотопливо 20% МЭРМ/80% ДТ				Биотопливо 50% МЭРМ/50% ДТ		
			Значения	$t_T=3,314$		Значения	$t_T=3,314$		
				t_p	$P^*, \%$		t_p	$P^*, \%$	
Производительность, га/ч	К-701+ АПК-4	3,82	3,8	1,43	23	3,55	9,3	$7 \cdot 10^{-2}$	
	МТЗ-80+ СЗС-4У	4,4	4,38	0,36	74	4	3,9	$2 \cdot 10^{-3}$	
Расход топлива, кг/ч	К-701+ АПК-4	56,9	57,1	0,39	74	62,7	30,5	$7 \cdot 10^{-4}$	
	МТЗ-80+ СЗС-4У	11,1	11,3	1,58	19	13,6	19,4	$4 \cdot 10^{-3}$	

P^* - уровень значимости гипотезы о равенстве средних

Из данных таблицы 4 следует, что рациональное содержание МЭРМ в смеси составляет 20%, так как при этом соотношении эксплуатационные показатели МТА близки к показателям на ДТ. Гипотеза о равенстве средних показателей производительности и расхода топлива на ДТ и смеси 20% МЭРМ/80% ДТ достоверна. Гипотеза о равенстве средних показателей про-

изводительности и расхода топлива на ДТ и смеси 50%МЭРМ /50%ДТ не достоверна.

В пятом разделе «Экономическое обоснование эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов на биотопливе» выполнен расчет прямых эксплуатационных затрат на обработку почвы и посев МТА (К-701 с АПК-4 и МТЗ-80 с СЗС-4У), работающих на полученном биотопливе (таблица 5).

Таблица 5 – Эксплуатационные затраты МТА

Показатели		Вид топлива		
		ДТ	Биотопливо 20% МЭРМ /80% ДТ	Биотопливо 50% МЭРМ /50% ДТ
Стоимость, руб./кг		28	25,6	22
К-701 +АПК-4	Эксплуатационные затраты, руб./га	452	425	443
	Степень снижения эксплуатационных затрат, %	–	6	–
МТЗ-80 + СЗС-4У	Эксплуатационные затраты, руб./га	87	82	95
	Степень снижения эксплуатационных затрат, %	–	5	–

Из данных таблицы 5 следует, что применение биотоплива состава 20% МЭРМ/80% ДТ повышает эффективность функционирования МТА путем снижения их эксплуатационных затрат на 5–6% по сравнению с функционированием агрегатов на ДТ.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработано направление повышения эффективности функционирования МТА за счет применения биотоплива.

2. Для приготовления качественного биотоплива обоснована конструктивно-технологическая схема гидродинамического смесителя, применение которого повышает эффективность функционирования машинно-тракторных агрегатов за счет турбулентно-кавитационного режима его работы.

3. Получены теоретические зависимости для определения основных конструктивных параметров и режимов смесителя: коэффициента относительного сопротивления и числа кавитации турбулентно-кавитационного смешивания; диаметра сопла эжектора; давления на срезе сопла; объемного расхода ДТ и биотоплива; диаметра гидролинии, дозирующей МЭРМ в камеру смешивания.

4. Установлено, что повышение коэффициентов относительного сопротивления и числа кавитации улучшает качество биотоплива, но снижает про-

изводительности смесителя. Наибольшая интенсивность смешивания компонентов биотоплива происходит при условии, $0 < d_c / D_k \leq 0,2$. В этом случае коэффициент относительного сопротивления находится в диапазоне от 0,99 до 0,90.

5. Установлены рациональные соотношения:

- диаметр камеры смешивания в 1,17 раза больше диаметра полости отражателя;

- диаметр камеры смешивания в 1,8 раза больше глубины полости отражателя;

- угол скоса кромки отражателя равен 35° .

7. Качество биотоплива, получаемого с помощью разработанного гидродинамического смесителя, соответствует требованиям ГОСТ 305-82 и ГОСТ Р 53605-2009.

8. Установлено, что при функционировании дизельного двигателя на биотопливе с содержанием МЭРМ не более 20%, расход топлива не изменяется, с увеличением содержания МЭРМ до 100% расход возрастает на 17,8%.

9. Эксплуатационные показатели МТА, работающих на получаемом биотопливе с соотношением 20% МЭРМ и 80% ДТ, соответствуют показателям работы МТА на ДТ, так как они снижаются менее чем на 1%, при соотношении его компонентов 50% МЭРМ и 50% ДТ производительность снижается, а расход топлива увеличивается на 10%.

10. Наилучшей композицией биотоплива по показателям работы ДД и МТА является композиция 20% МЭРМ и 80% ДТ, которая снижает эксплуатационные затраты МТА на 5–6% по сравнению с работой агрегатов на ДТ.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

- в рецензируемых научных журналах и изданиях.:

1. Громаков, А.В. Растительное масло – сырье для моторного топлива / В.П. Богданович, А.В. Громаков, С.И. Бырько // Сельский механизатор. – 2010. – №11. – С.30.

2. Громаков, А.В. Оптимальный состав смесового топлива для тракторных двигателей / А.В. Громаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №8. – С. 24-25.

3. Пат. 82797 Российская Федерация, МПК F 04 F 5/54. Гидравлический смеситель / Богданович В.П., Громаков А.В., Камбулов С.И., Пахомов В.И., Рыков В.Б.; заявитель и патентообладатель ВНИПТИМЭСХ. – №2008145542/22; заявл. 18.11.2008, опублик. 2009, Бюл. №13.

- в сборниках научных трудов и материалах конференций:

4. Громаков, А.В. Биотопливо для дизеля и тяговая энергонасыщенность машинно-тракторного агрегата / В.П. Богданович, А.В. Громаков // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 2-й Международ. науч.-практ. конференции в рамках 12-й Международ. агропромышленной вы-

ставки «Интерагромаш-2009» (г. Ростов-на-Дону, ВЦ «ВертолЭкспо» 3-6 марта 2009 г.). – Ростов н/Д, 2009. – С. 472-475.

5. Громаков, А.В. Биодизель как компонент смесового моторного топлива / В.П. Богданович, А.В. Громаков // Ресурсосберегающие технологии: возделывание и переработка сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конференции «Ресурсосберегающие технологии и инновационные проекты в АПК» (14-15 апреля 2009 г., г. Зерноград) / ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 2009. – С. 17-23.

6. Громаков, А.В. Особенности работы смесителя для производства биотоплива / В.П. Богданович, А.В. Громаков // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение для инновационного развития агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. 5-й Междунар. науч.-практ. конференции «Инновационные технологии – основа эффективного развития агропромышленного комплекса России» (27-28 мая 2010 г., г. Зерноград) / ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – Зерноград, 2010. – С. 37-42.

7. Громаков, А.В. Смеситель для производства биотоплива / А.В. Громаков // Вестник аграрной науки Дона: науч.-практ. журнал / ФГОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2010. – Вып. 2. – С. 31-34.

8. Громаков, А.В. Адаптация трактора к функционированию на моторных топливах из растительных масел / В.П. Богданович, А.В. Громаков // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конференции в рамках 13-й Междунар. агропромышленной выставки «Интерагромаш-2010» (г. Ростов-на-Дону, ВЦ «ВертолЭкспо» 4-5 марта 2010 г.). – Ростов н/Д, 2010. – С. 153-156.

9. Громаков, А.В. Оценка влияния смесового топлива на функционирование сельскохозяйственных агрегатов / В.П. Богданович, А.В. Громаков // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сб. науч. статей по материалам V-й Междунар. науч.-практ. конференции в рамках XII-й Междунар. агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2010» (г. Ставрополь, Ставропольский ГАУ, 19-21 марта 2010 г.). – Ставрополь: АГРУС, 2010. – С. 32-35

10. Громаков, А.В. Рациональные режимы функционирования МТА на биотопливе / В.П. Богданович, А.В. Громаков // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конференции в рамках 14-й Междунар. агропромышленной выставки «Интерагромаш-2011» (г. Ростов-на-Дону, ВЦ «ВертолЭкспо» 2-3 марта 2011 г.). – Ростов н/Д, 2011. – С. 70-72.

11. Громаков, А.В. Определение скоростного ряда для трактора с бесступенчатой трансмиссией / В.П. Богданович, А.В. Громаков // Инновационные технологии и технические средства для полеводства юга России: сб. науч. тр. 6-й Междунар. науч.-практ. конференции «Инженерное обеспечение инновационного развития сельскохозяйственного производства» (6-7 апреля 2011 г., г. Зерноград) / ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии – Зерноград, 2011. – С. 142-147.