

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИЗЕЛЯ ДЛЯ РАБОТЫ  
НА ДИЗЕЛЬНОМ СМЕСЕВОМ ТОПЛИВЕ****Хохлов А.Л., Хохлов А.А., Молочников Д.Е., Гаязиев И.Н.**

**Реферат.** Статья посвящена решению проблемы, связанной с частичным замещением товарного минерального дизельного топлива (ДТ) смесевым растительно-минеральным (ДСТ) моторным топливом. Биокomпонентом ДСТ является растительное масло, например, рыжиковое масло. Предложены конструктивный вариант двухтопливной системы питания дизеля, основным элементом которой является смеситель-дозатор растительного масла и минерального дизельного топлива, позволяющий за счет электродозаторов, управляемых электронным блоком управления (ЭБУ), по сигналам датчиков нагрузочно-скоростного режима дизеля (частоты вращения коленчатого вала, положения рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД)) и датчика температуры рыжикового масла, обеспечивать подачу дизельного смесевого топлива с различным содержанием компонентов. Под наблюдением были тракторы одного года выпуска, с примерно одинаковой наработкой и осуществляющие одинаковые производственные работы на животноводческом комплексе предприятия. За оценочные показатели износа плунжерных пар насосных секций ТНВД были приняты: геометрические размеры деталей плунжерных пар (овальность и конусность плунжера, диаметры плунжера и втулки, кольцевой зазор между плунжером и втулкой); масса деталей плунжерных пар (плунжер, втулка); объемная цикловая подача топлива, гидроплотность плунжерных пар. Использование дизельного смесевого топлива на основе растительного масла, содержащего на пример 50% минерального товарного топлива и 50% рыжикового масла, позволяет при незначительном снижении эффективной мощности (не более 6%) и некотором увеличении удельного эффективного расхода смесевого топлива (до 14%) сэкономить 50% топлива нефтяного происхождения, а также уменьшить дымность отработавших газов на 17-20% и снизить содержание оксида углерода на 35-40% по сравнению с работой дизеля на товарном минеральном дизельном топливе.

**Ключевые слова:** дизель, растительное масло, рыжиковое масло, смеситель, двухтопливная система питания, электронный блок управления.

**Введение.** Повышение энергоэффективности мировой экономики и развитие возобновляемых источников энергии – одна из главных задач современности.

Перспективным направлением решения данной задачи (без существенных конструктивных изменений серийно выпускаемых автотракторных дизелей) является частичное замещение ДТ смесевым растительно-минеральным топливом [1]. Наибольшее распространение в РФ и странах ЕС в качестве биологического компонента ДСТ получило рапсовое масло, которое широко используется в пищевой промышленности. Возделывание рапса требует плодородных земель, тепла, влаги и тщательного соблюдения технологии выращивания. Все это ограничивает возделывание рапса только в благоприятных природно-климатических условиях [2,3]. Поэтому одним из перспективных биокomпонентов ДСТ является рыжиковое масло (РыжМ), которое получают из семян рыжика. Рыжик может возделываться как однолетней, так и зимующей культурой. Рыжик относится к морозо-засухоустойчивым, малотребовательным к теплу, влаге и удобрениям культурам и может возделываться в различных природно-климатических зонах [4,5,6].

**Условия, материалы и методы исследований.** Эксплуатационные исследования

проводились в условиях КФХ «Возрождение» Ульяновской области. В исследованиях участвовало два трактора марки МТЗ-82. Один трактор контрольный – работал на товарном минеральном дизельном топливе (100% ДТ), другой экспериментальный – на смесевом рыжико-минеральном топливе 50% РыжМ+50% ДТ (данный состав ДСТ выбран на основании проведенных трибологических исследований смесевого рыжико-минерального топлива и ускоренных испытаний насосных секций ТНВД на износ плунжерных пар).

Под наблюдением были тракторы одного года выпуска, с примерно одинаковой наработкой и осуществляющие одинаковые производственные работы на животноводческом комплексе предприятия.

За оценочные показатели износа плунжерных пар насосных секций ТНВД были приняты: геометрические размеры деталей плунжерных пар (овальность и конусность плунжера, диаметры плунжера и втулки, кольцевой зазор между плунжером и втулкой); масса деталей плунжерных пар (плунжер, втулка); объемная цикловая подача топлива, гидроплотность плунжерных пар.

Перед эксплуатационными исследованиями для ТНВД, устанавливаемых на исследуе-

мые тракторы, были подобраны новые плунжерные пары марки У16с15 (4УТНМ 1111410-01) из одной партии производства Алтайского завода топливной аппаратуры. Перед установкой детали каждой плунжерной пары были промаркированы, взвешены и определены их первоначальные геометрические размеры, а плунжерные пары испытаны на гидроплотность.

Каждый ТНВД с контрольными плунжерными парами был отрегулирован на стенде для регулировки и испытания топливных насосов высокого давления по показателям дизеля Д-243 (4Ч 11/12,5). На экспериментальный трактор установили двухтопливную систему для работы на смесевом рыжико-минеральном топливе.

**Анализ и обсуждения результатов.** Для конструктивной адаптации автотракторного дизеля к работе на двух типах топлива (товарном минеральном дизельном и смесевом растительно-минеральном топливах) была разработана и изготовлена двухтопливная система питания дизеля (патент РФ на изобретение № 2582535 [7,8].

Предлагаемая двухтопливная система питания обеспечивает приготовление ДСТ в зависимости от нагрузочно-скоростного режима дизеля непосредственно при работе трактора (рисунок 1).

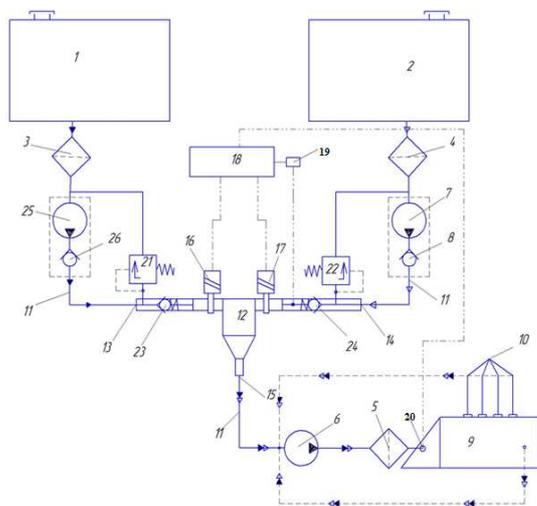


Рисунок 1 – Схема двухтопливной системы питания дизеля (наименование позиций в тексте):

- ▶ - минеральное дизельное топливо;
- ▷ - рыжиковое масло;
- ▷▶ - смесевое рыжико-минеральное топливо

Согласно полученному патенту: «Двухтопливная система питания содержит (рисунок 1) бак минерального топлива 1, бак растительного масла 2, фильтры грубой очистки минерального топлива 3 и растительного масла 4, фильтр тонкой очистки топлива 5,

топливоподкачивающий насос 6, электрический насос подачи растительного масла 7 с обратным клапаном 8, топливный насос высокого давления в комплекте с центробежным регулятором частоты вращения 9, форсунки 10, топливопроводы 11 и смеситель - дозатор растительного масла и минерального дизельного топлива 12, имеющий два входных 13, 14 и один выходной 15 каналы, во входных каналах 13, 14 установлены электродозаторы 16, 17, электрически соединенные через электронный блок управления 18 с датчиком температуры растительного масла 19 и индуктивным датчиком нагрузочно-скоростного режима 20, причем во входных каналах 13, 14 смесителя - дозатора растительного масла и минерального дизельного топлива 12 перед электродозаторами 16, 17 установлены перепускные 21, 22 и нагнетательные 23, 24 клапаны минерального топлива и растительного масла, а между фильтром грубой очистки минерального топлива 3 и нагнетательным клапаном минерального топлива 23 размещен электрический насос подачи минерального топлива 25 с обратным клапаном 26».

Пуск дизеля, прогрев и останов осуществляются на минеральном топливе. При этом электродозатор минерального топлива 16 полностью открыт, а электродозатор растительного масла 17 полностью закрыт. Минеральное топливо из бака минерального топлива 1, пройдя фильтр грубой очистки минерального топлива 3, поступает в работающий электрический насос подачи минерального топлива 25, который создаваемым давлением топлива, превышающим давление срабатывания нагнетательного клапана минерального топлива 23, открывает его и подает минеральное топливо через электродозатор 16, смеситель - дозатор растительного масла и минерального дизельного топлива 12, топливоподкачивающий насос 6, фильтр тонкой очистки топлива 5 в ТНВД 9, и далее форсунками 10 впрыскивается в цилиндры дизеля. Давление топлива, создаваемого электрическим насосом 25, поддерживается регулируемым перепускным клапаном минерального топлива 21.

После прогрева дизеля на минеральном топливе включается электрический насос подачи растительного масла 7, который создаваемым давлением масла, превышающим давление срабатывания нагнетательного клапана растительного масла 24, открывает его и подает масло через электродозатор 17 в смеситель - дозатор растительного масла и минерального дизельного топлива 12. Давление масла, создаваемое электрическим насосом 7, поддерживается регулируемым перепускным клапаном растительного масла 22. Минеральное топливо подается в смеситель – дозатор растительного

масла и минерального дизельного топлива 12 аналогично работе дизеля в режиме пуска и прогрева. В смесителе - дозаторе растительного масла и минерального дизельного топлива 12 минеральное топливо и растительное масло перемешиваются, образуя смесевое топливо, которое отводится через выходной канал 15.

В зависимости от информативных сигналов, поступающих от датчика температуры растительного масла 19 и датчика нагрузочно-скоростного режима 20, через электронный блок управления 18 в электрическую цепь электродозаторов 16, 17, электродозатор растительного масла 17 открывается на соответствующую величину, а электродозатор минерального топлива 16 на аналогичную величину прикрывается, изменяя процентное соотношение минерального топлива и растительного масла в смесевом топливе. При этом перепускные клапаны 21, 22, за счет слива части минерального топлива и растительного масла во всасывающие полости электрических насосов 25, 7, поддерживают постоянное давление во входных каналах 13, 14 смесителя - дозатора растительного масла и минерального дизельного топлива 12 перед электродозаторами, что повышает точность процентного соотношения минерального и растительного компонентов в смесевом топливе независимо от различия их свойств. При отключении одного из электрических насосов 25, 7 нагнетательные клапаны 23, 24 исключают быстрое падение давления топлива и масла перед электродозаторами 16, 17. Кроме того, при малых расходах смесевое топливо и разных уровнях минерального топлива и растительного масла в своих баках, нагнетательные клапаны 23, 24, наряду с поддержанием постоянного давления во входных каналах 13, 14 смесителя - дозатора растительного масла и минерального дизельного топлива 12, при открытых электродозаторах 16, 17, исключают перетекание одного вида компонента в бак другого. Обратные клапаны 8, 26 являются штатными узлами электрических насосов 7 и 25 и предназначены для исключения слива растительного масла и минерального топлива и образования воздушных пробок при выключении электрических насосов 7 и 25. Перед остановом двигателя по сигналу ЭБУ электродозатор минерального топлива 16 полностью открывается, а электродозатор растительного масла 17 полностью закрывается, после выработки смесевое топливо из смесителя и заполнения минеральным дизельным топливом двигатель останавливается.

Для обеспечения качественного смешивания и необходимого процентного содержания компонентов ДСТ при работе дизеля на смесевом рыжико-минеральном топливе предложена запатентованная конструкция смесителя-

дозатора растительного масла и минерального дизельного топлива (патент РФ на изобретение № 2582700 [8,9]).

Согласно патенту: «Смеситель-дозатор содержит (рисунок 2) крышку 1, заглушки 2, электродозатор дизельного топлива 3, электродозатор растительного масла 4, болт специальный 5, штуцер 6, сетку успокоитель 7, металлическую набивку 8, канал ввода дизельного топлива 9, канал ввода растительного масла 10, рабочую полость 11, смесевую полость 12 и канал вывода дизельного смесевое топлива 13. Смешиваемые компоненты (минеральное топливо и растительное масло) через каналы ввода компонентов 9 и 10, а также электродозаторы 3 и 4, размещённые на крышке 1, поступают в рабочую полость 11 смесителя. Из рабочей полости 11 по каналу в специальном болте 5 компоненты поступают в смесевую полость 12. Смешиваемые компоненты, проходя по лабиринтам металлической набивки (металлическая стружка из нержавеющей стали) 8 постоянно меняют скорость и направление движения, за счет чего интенсивно перемешиваются. Приготовленное смесевое топливо из полости 12, пройдя через сетку – успокоитель 7, выходит из смесителя через канал вывода смесевое топлива 13 и поступает в П-образный канал ТНВД и далее к форсункам двигателя».

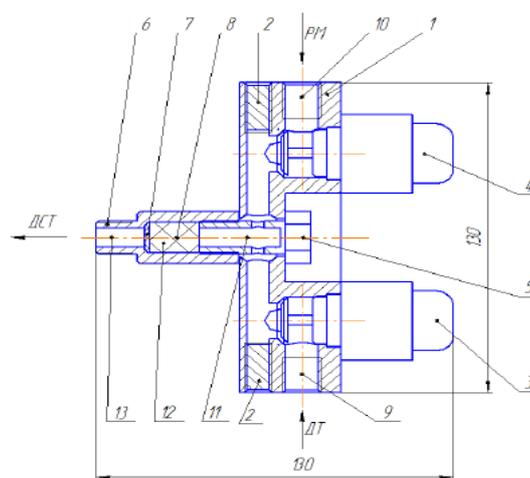


Рисунок 2 – Схема смесителя -дозатора растительного масла и минерального дизельного топлива

Общий вид смесителя - дозатора растительного масла и минерального дизельного топлива представлен на рисунке 3.

Смеситель-дозатор растительного масла и минерального дизельного топлива обеспечивает качественное перемешивание и за счет электродозаторов, управляемых электронным блоком управления (ЭБУ) точное дозирование компонентов ДСТ в зависимости от нагрузочно-скоростного режима дизеля и температуры растительного масла. Малый объем смесевой



Рисунок 3 – Общий вид смесителя - дозатора растительного масла и минерального дизельного топлива:  
1 – смеситель; 2,3 – электродозаторы минерального ДТ и растительного масла; 4,5 – входные каналы минерального ДТ и растительного масла;  
6 – выходной канал смесового топлива

полости позволяет быстро подавать необходимый состав ДСТ при изменении режима работы двигателя, а также сократить время работы двигателя перед его остановом.

При разработке ЭБУ за основу взят микроконтроллер STM 32. Разработана программа для микроконтроллера ЭБУ, которая обеспечивает подачу дизельного смесового топлива в соответствии с режимом работы дизеля [10,11].

На основании разработанных блок-схем была составлена программа работы ЭБУ, обеспечивающая работу электродозаторов, задающих требуемое соотношение компонентов ДСТ в зависимости от нагрузочно-скоростного режима дизеля и температуры растительного масла, определяемой датчиком температуры, которым является термопара (рисунок 5).

Была проведена тарировка работы смесителя при смешивании минерального дизельного топлива и растительного (рыжикового) масла для получения дизельного смесового топлива с различным соотношением компонентов.

Состав смесового рыжико-минерального топлива устанавливается электро-дозаторами смесителя по сигналам ЭБУ. Требуемое процентное содержание рыжикового масла и минерального дизельного топлива в ДСТ задается путем нажатия кнопок «состава топлива» управления электродозаторами (рисунок 4).

Перед запуском трактора подается электропитание на ЭБУ (1 – кнопка вкл./выкл. электропитания). Включается кнопка 2 – 0 состава топлива при этом электродозаторы смесителя обеспечивают подачу только минерального дизельного топлива (на цифровом электронном табло 8 высвечивается 0). Включением соответствующих кнопок состава топлива 3, 4, 5, 6 электродозаторы смесителя обеспечивают подачу ДСТ со следующими процентными соотношениями компонентов: 10%РыжМ + 90%ДТ (1 – состав топлива, на цифровом электронном табло высвечивается



Рисунок 4 – Общий вид (вид сверху) электронного блока управления:

- 1 – кнопка вкл./выкл. электропитания;
- 2 – кнопка 0 подача минерального топлива (ДТ100%);
- 3 – кнопка 1 состава топлива (подача РыжМ10% + ДТ90%);
- 4 – кнопка 2 состава топлива (подача РыжМ25% + ДТ75%);
- 5 – кнопка 3 состава топлива (подача РыжМ50% + ДТ50%);
- 6 – кнопка 4 состава топлива (подача РыжМ75% + ДТ25%);
- 7 – кнопка фиксации состава топлива;
- 8 – цифровое электронное табло; 9 – режим фиксации;
- 10 – состав топлива

10), 25%РыжМ + 75%ДТ (2 – состав топлива, на цифровом электронном табло высвечивается 25), 50%РыжМ + 50%ДТ (3 – состав топлива, на цифровом электронном табло высвечивается 50) и 75%РыжМ + 25%ДТ (4 – состав топлива, на цифровом электронном табло высвечивается 75).

Каждый состав топлива, кроме нулевого, имеет автоматическую регулировку подачи ДСТ (в пределах заданного состава топлива) по сигналам датчика нагрузочно-скоростного режима дизеля (рисунок 5), состоящего из концевого датчика положения топливной рейки и магнитоиндукционного датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя.

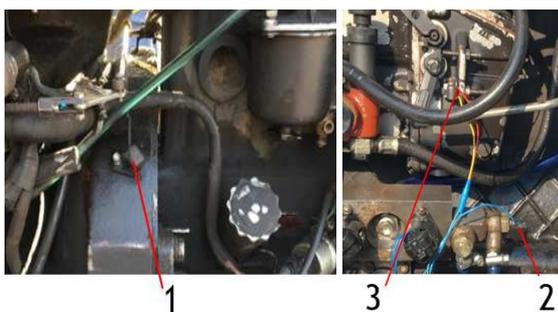


Рисунок 5 – Места установки датчиков:

- 1 – датчик частоты вращения коленчатого вала;
- 2 – датчик температуры; 3 – датчик положения рейки ТНВД

В ЭБУ предусмотрена кнопка фиксации состава топлива 7, при включении которой подается максимальное количество рыжикового масла соответствующего включенному составу топлива (при этом на электронном табло рис. 4 высвечивается символ F - 9 и цифра соответствующего состава топлива 10).

Эксплуатационные исследования проводи-

лись на третьем составе топли-ва (50%РыжМ и 50%ДТ) при включенной кнопке фиксации состава топлива.

**Выводы.**

Преимуществами разработанной двухтопливной системы и смесителя-дозатора является универсальность по использованию в различных типах автотракторных дизелях, многотопливность, свободная доступность комплектующих деталей, возможность изготовления в условиях малых предприятий, конкурентоспособность, не большие капитальные вложения и малый срок их окупаемости.

Использование дизельного смесового топлива на основе растительного масла, содержащего на пример 50% минерального товарного топлива и 50% рыжикового масла, позволяет при незначительном снижении эффективной мощности (не более 6%) и некотором увеличении удельного эффективного расхода смесового топлива (до 14%) сэкономить 50% топлива нефтяного происхождения, а также уменьшить дымность отработавших газов на 17-20% и снизить содержание оксида углерода на 35-40% по сравнению с работой дизеля на товарном минеральном дизельном топливе.

Литература

1. Хохлов, А.Л. Необходимость замены минерального моторного топлива на дизельное смесовое топливо / А.Л. Хохлов, А.А. Гузьев, А.А. Хохлов // *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VII Международной научно-практической конференции.* – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2016. – С. 252-258.
2. Уханов, А.П. Применение редечного масла в качестве биоконпонента дизельного смесового топлива: монография / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Л.И. Сидорова. - Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – 182 с.
3. Уханов Д.А. Топливоподача дизеля при работе на смесовом рапсово-минеральном топливе: монография / Д.А. Уханов, А.П. Уханов. - Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – 182 с.
4. Физические свойства рыжиково-минерального топлива / А.П. Уханов, А.А. Хохлов, А.Л. Хохлов, В.А. Голубев, Е.А.Хохлова // *Международный научно-исследовательский журнал International research journal.* – 2017. - №05 (59). - Екатеринбург: ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ. - С. 124-128.
5. Ротанов Е.Г. Влияние поверхностно-активных веществ смесового топлива на износ плунжерных пар / Е.Г. Ротанов, А.Л. Хохлов, А.А. Хохлов // *Сельский механизатор.* – 2018. - № 6. – С. 36-37.
6. Уханов А.П. Теоретическая оценка ресурса плунжерных пар ТНВД при работе на смесовом рыжико-минеральном топливе / А.П. Уханов, Е.Г. Ротанов, А.А. Хохлов // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.* – 2018. - №2 (42). – С. 18-22.
7. Патент № 2582535 РФ МПК F02M 43/00, F02D 19/06. Двухтопливная система питания дизеля / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, А.А. Хохлов, Е.Г. Ротанов, А.Л. Хохлов – 2014152644/06; заявл. 24.12.2014; опубл. 27.04.2016, Бюл. № 12.
8. Устройства для конструктивной адаптации дизелей автотракторной техники к работе на биоминеральном топливе / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.А. Хохлова, А.А. Хохлов // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.* – 2016. – Вып. 2. – С. 34-40.
9. Патент № 2582700 РФ МПК B01F 5/06. Смеситель-дозатор растительного масла и минерального дизельного топлива / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, А.А. Хохлов, Е.Г. Ротанов, А.Л. Хохлов - 2014152680/05; заявл. 24.12.2014; опубл. 27.04.2016, Бюл. № 12.
10. Уханов А.П. Автоматическая система подачи смесового дизельного топлива / А.П. Уханов, Е.А. Хохлова, А.А. Хохлов // *Научная мысль.* – 2017. - № 3. - С. 108-112.
11. Разработка автоматической системы подачи смесового дизельного топлива / А.П. Уханов, А.Л. Хохлов, А.А. Хохлов, С.А. Долгов // *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VIII Международной научно-практической конференции.* – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2017. – С. 273-278.
12. Дидманидзе О.Н. Исследования показателей тепловыведения газовых двигателей / О.Н. Дидманидзе, А.С. Афанасьев, Р.Т. Хакимов // *Записки Горного института.* – 2018. – Т.229. – С. 50-55.

**Сведения об авторах:**

Хохлов Алексей Леонидович – доктор технических наук, профессор, e-mail: chochlov.73@mail.ru  
 Молочников Денис Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: denmol@yandex.ru  
 Хохлов Антон Алексеевич – кандидат технических наук, младший научный сотрудник, e-mail: khokhlov.73@mail.ru  
 ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», г. Ульяновск, Россия  
 Гаязиев Ильнар Наилевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: gaze1.81@mail.ru  
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

**DIESEL TECHNICAL SUPPORT FOR WORK ON DIESEL MIXED FUEL**

**Khokhlov A.L., Khokhlov A.A., Molochnikov D.E., Gayaziev I.N.**

**Abstract.** The article is devoted to solving the problem, associated with the partial replacement of commercial mineral diesel fuel (DT) with mixed vegetable-mineral (DST) motor fuel. DST biocomponent is a vegetable oil, for example, camelina oil. A constructive version of a dual-fuel diesel power supply system is proposed, the main element of which is a

mixer-dispenser of vegetable oil and mineral diesel fuel, which, due to the electrodosers controlled by the electronic control unit (ECU), is used according to the signals of the load-speed diesel engine sensors (crankshaft rotational speed, position rail of the high pressure fuel pump) and the camelina oil temperature sensor, to ensure the supply of diesel mixed fuel with different contents components. Under the supervision were tractors of one year of production, with approximately the same operating time and carrying out the same production work at the livestock complex of the enterprise. The estimated parameters of wear of the plunger pairs of the pump sections of the injection pump are: the geometric dimensions of the details of the plunger pairs (ovality and taper of the plunger, diameters of the plunger and sleeve, annular gap between the plunger and the sleeve); mass of parts of plunger pairs (plunger, sleeve); volumetric cyclic fuel supply, hydraulic density of plunger pairs. The use of diesel mixed fuel based on vegetable oil, containing for example 50% mineral marketable fuel and 50% camelina oil, allows a slight decrease in effective power (not more than 6%) and a slight increase in the specific effective consumption of mixed fuel (up to 14%) % of fuel of petroleum origin, as well as reduce exhaust smoke by 17-20% and reduce the content of carbon monoxide by 35-40% compared with the operation of diesel on commercial mineral diesel fuel.

**Key words:** diesel, vegetable oil, camelina oil, mixer, dual-fuel power system, electronic control unit.

#### References

1. Khokhlov A.L. *Neobkhodimost zameny mineralnogo motornogo topliva na dizelnoe smesevoe toplivo. // Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (The necessity to replace mineral motor fuel with diesel mixed fuel. / A.L. Khokhlov, A.A. Guzyaev, A.A. Khokhlov // Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and solutions: proceedings of VII International scientific and practical Conference). – Ulyanovsk: Ulyanovskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya im. P.A. Stolypina, 2016. – P. 252-258.
2. Ukhanov A.P. *Primenenie redechnogo masla v kachestve biokomponenta dizelnogo smesevogo topliva: monografiya.* (The use of rare oil as a biocomponent of diesel mixed fuel: monograph). / A.P. Ukhanov, D.A. Ukhanov, L.I. Sidorova. - Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2018. – P. 182.
3. Ukhanov D.A. *Toplivopodacha dizelya pri rabote na smesevom rapsovo-mineralnom toplive: monografiya.* [Diesel fuel supply when working on mixed rapeseed-mineral fuel: monograph]. / D.A. Ukhanov, A.P. Ukhanov. - Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2018. – P. 182.
4. Physical properties of camelina-mineral fuel. [Fizicheskie svoystva ryzhikovo-mineralnogo topliva]. / A.P. Ukhanov, A.A. Khokhlov, A.L. Khokhlov, V.A. Golubev, E.A. Khokhlova // *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. - International research journal.* – 2017. - №05 (59). - Ekaterenburg: OOO "Kompaniya POLIGRAFIST". - P. 124-128.
5. Rotanov E.G. The effect of surface-active substances of mixed fuel on the wear of plunger pairs. [Vliyaniye poverkhnostno-aktivnykh veshchestv smesevogo topliva na iznos plunzhernykh par]. / E.G. Rotanov, A.L. Khokhlov, A.A. Khokhlov // *Selskiy mekhanizator. - The rural machine operator.* – 2018. - № 6. – P. 36-37.
6. Ukhanov A.P. Theoretical assessment of the resource of plunger couples of high pressure fuel pumps when working on mixed saffron-mineral fuel. [Teoreticheskaya otsenka resursa plunzhernykh par TNVD pri rabote na smesevom ryzhiko-mineralnom toplive]. / A.P. Ukhanov, E.G. Rotanov, A.A. Khokhlov // *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii.* – *The herald of Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2018. - №2 (42). – P. 18-22.
7. Patent № 2582535 RF MPK F02M 43/00, F02D 19/06. *Dvukhtoplivnaya sistema pitaniya dizelya.* [Dual-fuel diesel power system]. / A.P. Ukhanov, D.A. Ukhanov, A.A. Khokhlov, E.G. Rotanov, A.L. Khokhlov – 2014152644/06; Applied 24.12.2014; Published 27.04.2016, Bul. № 12.
8. Devices for the constructive adaptation of diesel engines of automotive technology to work on biomineral fuel. [Ustroystva dlya konstruktivnoy adaptatsii dizeley avtotraktornoy tekhniki k rabote na biomineralnom toplive]. / A.P. Ukhanov, D.A. Ukhanov, E.A. Khokhlova, A.A. Khokhlov // *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii.* – *The Herald of Samara State Agricultural Academy.* – 2016. – Issue 2. – P. 34-40.
9. Patent № 2582700 RF MPK B01F 5/06. *Smesitel-dozator rastitel'nogo masla i mineralnogo dizelnogo topliva.* [Mixer-dispenser of vegetable oil and mineral diesel fuel]. / A.P. Ukhanov, D.A. Ukhanov, A.A. Khokhlov, E.G. Rotanov, A.L. Khokhlov - 2014152680/05; Applied 24.12.2014; Published 27.04.2016, Bul. № 12.
10. Ukhanov A.P. Automatic feed system for mixed diesel fuel. [Avtomaticeskaya sistema podachi smesevogo dizelnogo topliva]. / A.P. Ukhanov, E.A. Khokhlova, A.A. Khokhlov // *Nauchnaya mysl. - Scientific thought.* – 2017. - № 3. - P. 108-112.
11. *Razrabotka avtomaticheskoy sistemy podachi smesevogo dizelnogo topliva. // Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya: materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Development of an automatic mixed diesel fuel supply system. / A.P. Ukhanov, A.L. Khokhlov, A.A. Khokhlov, S.A. Dolgov // Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them: proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference). – Ulyanovsk: Ulyanovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. P.A. Stolypina, 2017. – P. 273-278.
12. Didmanidze O.N. Studies of heat dissipation of gas engines. [Issledovaniya pokazatelej teplovyvedeniya gazovykh dvigatelej]. / O.N. Didmanidze, A.S. Afanasyev, R.T. Khakimov // *Zapiski Gornogo instituta. – Journal of Mining Institute.* – 2018. – T.229. – P. 50-55.

#### Authors:

Khokhlov Aleksey Leonidovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: chochlov.73@mail.ru  
 Molochnikov Denis Evgenievich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: denmol@yandex.ru  
 Khokhlov Anton Alekseevich – Ph.D. of Technical Sciences, Junior Researcher, e-mail: khokhlov.73@mail.ru  
 Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia.  
 Gayaziev Ilnar Nailievich – Ph.D. of technical sciences, associate professor, e-mail: gazel.81@mail.ru  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.