

3. А. с. № 1171265 СССР, МПКВ23Р 11/02, F16В 4/00 (2006.1). Способ соединения деталей с натягом / Э. В. Рыжов, Н. Е. Курносков, И. И. Воячек. – заявл. 12.04.1983 ; опубл. 07.08.1985, Бюл. № 29.
4. Пат. 2522070 РФ, МПКВ23Р 11/02, В23Р 19/027 (2006.1). Способ соединения деталей с натягом / Н. А. Симанин, С. Н. Симанин, А. М. Прохоров. – заявл. 03.12.2012 ; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19.
5. Симанин, Н. А. Совершенствование систем автоматического регулирования гидравлических приводов промышленного оборудования / Н. А. Симанин, И. А. Поляков // Итоги диссертационных исследований. – М. : РАН, 2013. – Т. 4. – С. 122-132.
6. Симанин, Н. А. Гидравлические системы автоматического управления технологическими операциями в машиностроении / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский. – Пенза : Изд-во Пенз. ГТУ, 2009. – 155 с.
7. Симанин, Н. А. Проектирование элементов и систем автоматического регулирования гидравлических приводов технологического оборудования / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский. – Пенза : Изд-во Пенз. ГТУ, 2014. – 205 с.
8. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы: справочник. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.
9. Эрленеков, С. В. Определение основных технологических параметров гидравлического пресса при сборке соединений с натягом / С. В. Эрленеков, Н. А. Симанин // Известия вузов. Машиностроение. – 1987. – №9. – С. 153-157.

DOI10.12737/18679

УДК 621.436

## **УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНСТРУКТИВНОЙ АДАПТАЦИИ ДИЗЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ К РАБОТЕ НА БИОМИНЕРАЛЬНОМ ТОПЛИВЕ**

**Уханов Александр Петрович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА.

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [ukhanov.penza@mail.ru](mailto:ukhanov.penza@mail.ru)

**Уханов Денис Александрович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА.

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [dspgsha@mail.ru](mailto:dspgsha@mail.ru)

**Хохлова Екатерина Алексеевна**, инженер, ООО «КФХ Возрождение».

433428, Ульяновская область, Чердаклинский район, с. Озерки, ул. Центральная, 1.

E-mail: [x.e.a.1990@mail.ru](mailto:x.e.a.1990@mail.ru)

**Хохлов Антон Алексеевич**, аспирант кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1.

E-mail: [khokhlov.73@mail.ru](mailto:khokhlov.73@mail.ru)

**Ключевые слова:** дизель, минеральное, смесевое, биоминеральное, растительное, топливо, смеситель.

*Цель исследований – разработать и изготовить устройства (двухтопливную систему питания и смеситель компонентов биоминерального топлива) для конструктивной адаптации дизелей автотракторной техники к работе на смесевом биоминеральном топливе. Статья посвящена решению проблемы, связанной с частичным замещением товарного минерального дизельного топлива смесевым биоминеральным моторным топливом, биокомпонентом которого является растительное масло (рапсовое, рыжиковое, редечное, горчичное, сурепное, соевое и др.). Предложены конструктивные варианты устройств (двухтопливных систем питания и смесителей) для адаптации дизелей автотракторной техники к работе на смесевом биоминеральном топливе. Преимуществами разработанных двухтопливных систем и смесителей компонентов биоминерального топлива является универсальность по отношению к различным видам дизельной автотракторной техники (тракторы, автомобили, комбайны и др.), многотопливность, широкая доступность комплектующих изделий, конкурентоспособность, возможность изготовления в условиях предприятий, не требуют больших капитальных вложений, малый срок окупаемости. Использование предлагаемых устройств обеспечивает работу дизеля на смесевом биоминеральном топливе без его существенных конструктивных изменений, а также необходимое процентное соотношение минерального и биологического компонентов смесевое топлива в зависимости от нагрузочно-скоростного режима. Применение смесевое биоминерального топлива, содержащего к примеру 50% минерального топлива и 50% рыжикового масла, позволяет при незначительном снижении эффективной мощности дизеля (не более 6%) и некотором увеличении удельного эффективного расхода смесевое топлива (до 14%) сэкономить 50% топлива нефтяного происхождения, снизить дымность отработавших газов на 17-20% и уменьшить содержание оксида углерода на 35-40% по сравнению с работой дизеля на товарном минеральном дизельном топливе.*

Создание условий для расширения сырьевой базы российской экономики, повышения устойчивости топливного обеспечения товаропроизводителей, сокращения потерь сырьевых, материальных и топливно-

энергетических ресурсов, снижения уровня загрязнения окружающей среды является основополагающим принципом государственной политики России. Повышение энергоэффективности экономики и развитие возобновляемых источников энергии – важнейшие приоритеты нашего государства, что отражено в комплексной программе развития биотехнологий в России на период до 2020 г. По оценкам Международного Энергетического Агентства к 2050 г. доля биотоплива в транспортной отрасли может увеличиться до 750 млн. т в нефтяном эквиваленте и составить 27% всего моторного топлива, что позволит уменьшить объемы вредных выбросов транспортных средств на 20% и сократить зависимость потребителей от ископаемых видов углеводородного топлива [1- 4].

В то же время ограниченность нефтяных запасов, усложнение условий добычи нефти и нестабильные цены на нефтепродукты диктуют необходимость экономии минеральных моторных топлив. Одним из направлений решения этой проблемы (без существенной модернизации дизелей автотракторной техники, изменения технологии их производства, переобучения работников и пр.) является частичное замещение товарного минерального дизельного топлива смесевым биоминеральным моторным топливом, биологическим компонентом которого является растительное масло, производимое из семян различных масличных культур (рапса, рыжика, редьки масличной, горчицы белой, сурепицы, сои и др.) [ 5-13 ].

Малозатратным и эффективным способом решения данной проблемы является модернизация штатной топливной системы автотракторных дизелей [14-17].

**Цель исследований** – разработать и изготовить устройства (двухтопливную систему питания и смеситель компонентов биоминерального топлива) для конструктивной адаптации дизелей автотракторной техники к работе на смесевом биоминеральном топливе.

**Задачи исследований** – провести стендовые и эксплуатационные исследования тракторного дизеля 4С 11/12,5 при работе на смесевом биоминеральном топливе.

**Результаты исследований.** Для работы дизелей автотракторной техники на двух видах моторного топлива (минеральном и смесевом) разработано два конструктивных варианта *двухтопливной системы питания дизеля* (патент РФ № 2484291; решение на выдачу патента по заявке на изобретение № 2014152644).

Первый вариант системы питания дизеля содержит бак минерального топлива 1 [14, 15] (рис. 1), фильтр грубой очистки минерального топлива 3, фильтр тонкой очистки топлива 5, топливоподкачивающий насос 6, топливный насос высокого давления в комплекте с центробежным регулятором частоты вращения 9, форсунки 10, топливопроводы 11, а также бак 2 растительного масла, фильтры грубой очистки растительного масла 4, электрический насос подачи растительного масла 7 с обратным клапаном 8, смеситель 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 20 на грузочно-скоростного режима дизеля, содержащим шток 21, линейное перемещение которого осуществляется с понижением нагрузки пружиной 22 центробежного регулятора частоты вращения, с повышением нагрузки – возвратной пружиной 23 датчика 20, а также обмотку 24, электрически соединенную с электронным блоком управления 18.

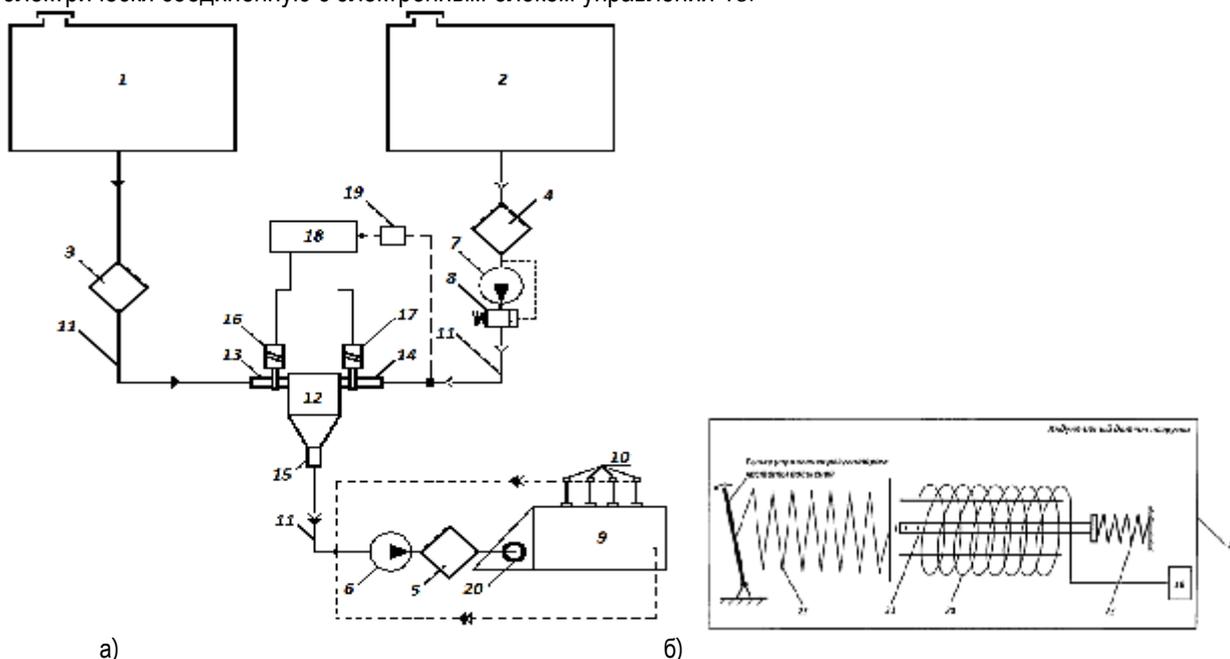


Рис. 1. Двухтопливная система питания дизеля (первый конструктивный вариант):

а) схема системы питания; б) схема работы индуктивного датчика нагрузочно-скоростного режима дизеля  
(наименование позиций в тексте)

Работает данная двухтопливная система питания дизеля следующим образом. Пуск дизеля и его прогрев осуществляется на минеральном топливе. При этом электродозатор минерального топлива 16 полностью открыт, а электродозатор растительного масла 17 полностью закрыт. Минеральное топливо из бака 1, пройдя фильтр грубой очистки 3, электродозатор 16, смеситель 12, топливоподкачивающий насос 6, фильтр тонкой очистки 5, далее топливным насосом высокого давления 9 и форсунками 10 впрыскивается в цилиндры дизеля.

После прогрева дизеля на минеральном топливе, включают электрический насос 7, обеспечивающий подачу растительного масла из бака 2 через топливный фильтр 4 и электродозатор 17 в смеситель 12. При этом электродозатор 17, управляемый электронным блоком управления 18, в зависимости от температуры растительного масла, регистрируемой датчиком 19, автоматически регулирует поток, обеспечивая необходимое процентное соотношение минерального топлива и растительного масла в смеси при изменении температуры биологического компонента.

Минеральное топливо при этом подается в смеситель 12 аналогично работе дизеля в режиме пуска и прогрева. В смесителе 12 минеральный и биологический компоненты перемешиваются, и полученное смешанное биоминеральное топливо подается топливоподкачивающим насосом 6, через фильтр тонкой очистки 5, в топливный насос высокого давления 9 и далее форсунками 10 впрыскивается в цилиндры дизеля.

При изменении нагрузочно-скоростного режима работы дизеля срабатывает индуктивный датчик 20. При понижении нагрузки шток 21 датчика 20 линейно перемещается под действием пружины 22 центробежного регулятора частоты вращения, что приводит к изменению индуктивности обмотки 24, воспринимаемой электронным блоком управления 18. Командный сигнал с блока 18 поступает в электрическую цепь электродозаторов, которые срабатывая, изменяют процентное соотношение компонентов смешанного топлива в сторону соответствующего уменьшения подачи минерального топлива и увеличения подачи растительного масла, поступающих в смеситель 12. При повышении нагрузки перемещение штока 21 осуществляется возвратной пружиной 23 датчика 20, тем самым увеличивая подачу минерального топлива и уменьшая подачу растительного масла.

Для обеспечения заданного процентного содержания минерального и биологического компонентов смешанного топлива в зависимости от нагрузочного и скоростного режимов работы дизеля разработан второй вариант конструкции двухтопливной системы питания дизеля, которая, наряду с узлами и агрегатами штатной системы питания, дополнительно оснащается перепускными 21, 22 (рис. 2) и нагнетательными 23, 24 клапанами, а в линии подачи минерального топлива размещен электрический насос подачи 25 с обратным клапаном 26.

Работает такая двухтопливная система питания дизеля следующим образом. Пуск и прогрев дизеля осуществляется на минеральном топливе.

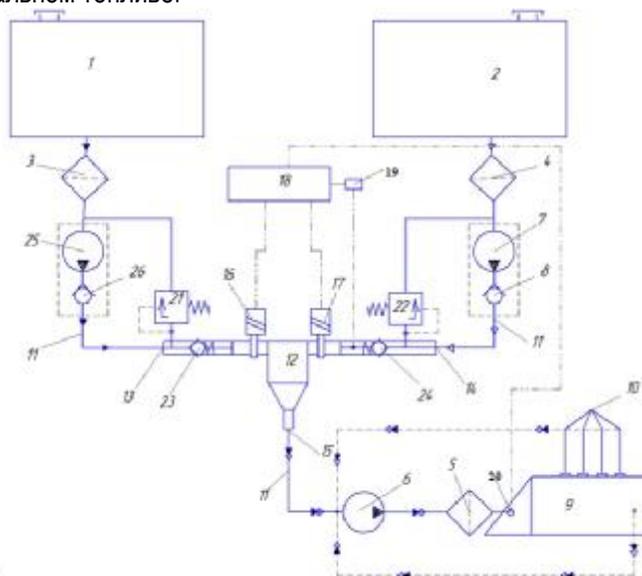


Рис. 2. Двухтопливная система питания автотракторного дизеля (второй конструктивный вариант)  
(наименование позиций в тексте)

После прогрева дизеля на минеральном топливе включается электрический насос подачи растительного масла 7, который подает его через электродозатор 17 в смеситель 12. Минеральное топливо пода-

ется в смеситель 12 аналогично работе дизеля в режиме пуска и прогрева. В смесителе 12 минеральное топливо и растительное масло перемешиваются, образуя смесевое топливо, которое отводится через выходной канал 15.

В зависимости от информативных сигналов, поступающих от датчика нагрузочно-скоростного режима 20 и датчика температуры растительного масла 19 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 биоминеральном топливе.

Одним из основных элементов описанных двухтопливных систем питания дизеля является смеситель компонентов биоминерального топлива. Разработано два конструктивных варианта *смесителей* (патент на изобретение РФ № 2503491, решение на выдачу патента по заявке на изобретение № 2014152680).

Смеситель компонентов биоминерального топлива с активным приводом (рис. 3) работает следующим образом [16, 17].

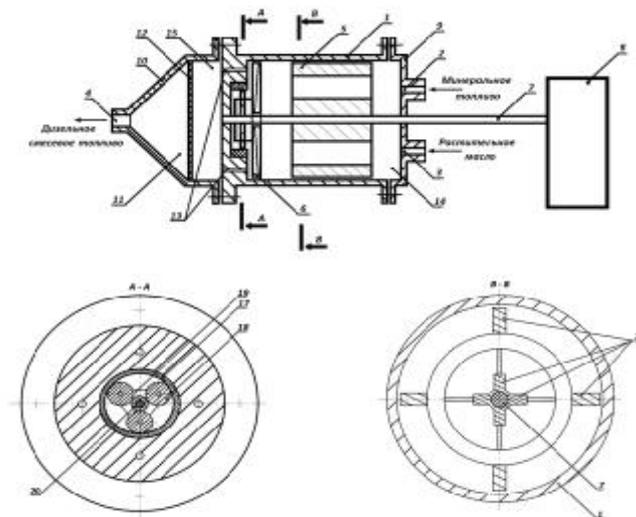


Рис. 3. Схема смесителя компонентов биоминерального топлива с активным приводом (наименование позиций в тексте)

Смешиваемые компоненты биоминерального топлива через патрубки ввода компонентов 2 и 3, размещённые на передней крышке 9 корпуса 1, поступают в рабочую полость 14 смесителя. В рабочей полости смесителя происходит интенсивное перемешивание минерального и биологического компонентов основной 5 и дополнительной 6 крыльчатками, которые вращаются с разной частотой. Разная частота вращения крыльчаток 5 и 6 достигается тем, что основная крыльчатка 5, выполненная в виде «белчьего колеса» с лопатками 16, жёстко закреплена на валу 7 привода 8. Дополнительная крыльчатка бкинематически соединена с валом 7 через планетарную передачу, содержащую коронную шестерню 17, запрессованную внутри корпуса 1, три сателлита 18, водило 19, жестко соединенного с дополнительной крыльчаткой 6 и солнечную шестерню 20, установленную на шлицах заднего конца вала 7.

Готовая смесь (дизельное смесевое топливо) из рабочей полости 14 смесителя через отверстия 13 в корпусе 1 попадает в смесевую полость 15, и, пройдя через сетку-успокоитель 12 и полость 11, выходит из смесителя через патрубков вывода смеси 4 в конусной крышке 10. При этом повышение качества смешивания компонентов обеспечивается за счет разной частоты вращения основной 5 и дополнительной 6 крыльчаток.

Общий вид смесителя с активным приводом, установленного на дизель трактора МТЗ-82, представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Смеситель компонентов биоминерального топлива с активным приводом

Другим конструктивным вариантом смесителя является статический смеситель компонентов биоминерального топлива (рис. 5). Для уменьшения длины топливопровода, объема и времени подачи минерального топлива и растительного масла статический смеситель устанавливается непосредственно на входе топлива в топливный насос высокого давления (ТНВД). Смешиваемые компоненты биоминерального топлива через каналы ввода компонентов 9 и 10, а также электродозаторы 3 и 4, размещенные на крышке 1, поступают в рабочую полость 11 смесителя. Из рабочей полости 11 по каналу в специальном болте минеральный и биологический 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 13, выходит из смесителя через канал вывода топлива 14 и поступает в П-образный канал ТНВД и далее к форсункам дизеля.

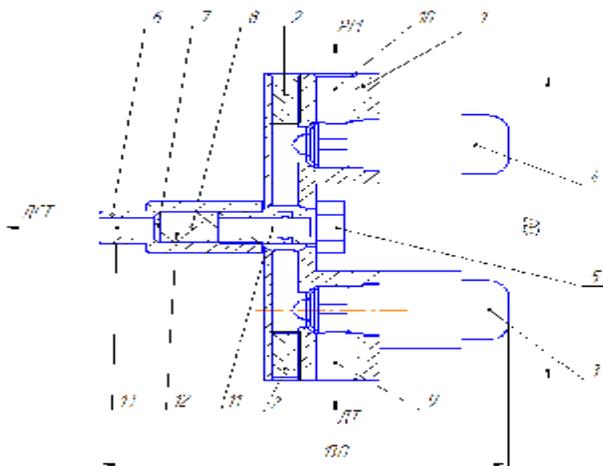


Рис. 5. Статический смеситель компонентов биоминерального топлива:  
 1 – крышка; 2 – заглушка; 3 – электродозатор минерального топлива; 4 – электродозатор растительного масла; 5 – болт специальный;  
 6 – штуцер; 7 – сетка-успокоитель; 8 – металлическая набивка; 9 – канал ввода минерального топлива;  
 10 – канал ввода растительного масла; 11 – рабочая полость; 12 – смесевая полость; 13 – канал вывода смесевое биоминерального топлива

По сигналам датчиков нагрузочно-скоростного режима и температуры растительного масла блок управления обеспечивает с помощью электродозаторов необходимое процентное соотношение компонентов смесевое топлива. Для обеспечения равномерной подачи минерального топлива и растительного масла вместо штатного топливоподкачивающего насоса устанавливается два электрических насоса: один в баке с минеральным дизельным топливом, другой – в баке с растительным маслом.

Экспериментальные исследования дизеля проводились в стендовых (рис. 6) и эксплуатационных (рис. 7) условиях [5-13].

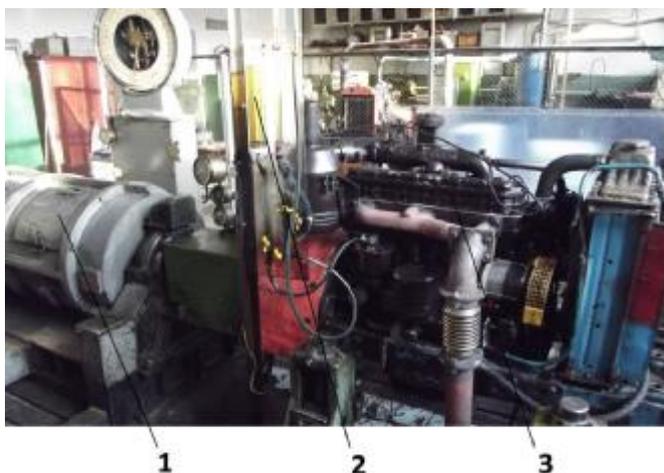


Рис. 6. Экспериментальные исследования дизеля в стендовых условиях:  
 1 – машина динамометрическая; 2 – расходомер топлива; 3 – дизель



Рис. 7. Экспериментальные исследования трактора МТЗ-82 в эксплуатационных условиях:  
1 – бак минерального топлива; 2 – смеситель биоминерального топлива с активным приводом

Результаты экспериментальных исследований показывают, что применение смесового биоминерального топлива, содержащего к примеру 50% товарного минерального топлива и 50% рыжикового масла, позволяет при незначительном снижении эффективной мощности дизеля (не более 6%) и некотором увеличении удельного эффективного расхода смесового топлива (до 14%) сэкономить 50% топлива нефтяного происхождения, снизить дымность отработавших газов на 17-20% и уменьшить содержание оксида углерода на 35-40% по сравнению с работой дизеля на товарном минеральном дизельном топливе.

**Заключение.** Использование разработанных устройств для конструктивной адаптации дизелей авто-тракторной техники обеспечивает его работу на смесовом биоминеральном топливе без существенных конструктивных изменений, а также необходимое процентное соотношение компонентов смесового топлива в зависимости от нагрузочно-скоростного режима дизеля.

Преимуществами разработанных устройств для конструктивной адаптации дизелей к работе на смесовом биоминеральном топливе является универсальность по отношению к различным видам дизельной автотракторной техники (тракторы, автомобили, комбайны и др.), многотопливность, широкая доступность комплектующих изделий, возможность изготовления на малых предприятиях, конкурентоспособность, не требуют больших капитальных вложений, малый срок окупаемости.

#### Библиографический список

1. Уханов, А. П. Дизельное смесовое топливо: монография / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Д.С. Шеменев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2012. – 147 с.
2. Уханов, А.П. Опыт использования сурепно-минерального топлива в дизеле сельскохозяйственного трактора: монография / А.П.Уханов, Д.А.Уханов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 179с.
3. Уханов, А.П. Рапсовое биотопливо – альтернатива нефтяному моторному топливу / А.П.Уханов, Д.А.Уханов, В.А.Рачкин, Н.С.Киреева // Нива Поволжья. – 2007. – №2. – С.37-40.
4. Уханов, А.П. Сравнительный анализ свойств растительных масел, используемых в качестве биотоплива / А.П. Уханов, Д.С. Шеменев, Р.К. Сафаров [и др.]// Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. – Пенза: РИО ПГСХА, 2010. – С.125-127.
5. Сидоров, Е.А. Экспериментальная оценка влияния сурепно-минерального топлива на показатели рабочего процесса дизеля / Е.А.Сидоров, А.П.Уханов // Нива Поволжья. – 2012. – №4. – С.71-74.
6. Уханов, А.П. Экспериментальная оценка влияния смесового топлива на показатели рабочего процесса дизеля / А.П.Уханов, Е.А.Сидоров, Л.И.Сидорова, Е.Д.Година // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – №3. – С.33-38.
7. Уханов, А.П. Особенности производства и использования рапсового биотоплива на автотракторной технике / А.П.Уханов, В.А.Рачкин, М.А.Уханов, Н.С.Киреева // Нива Поволжья. – 2008. – №1. – С.36-42.
8. Уханов, А.П. Биотопливо из рыжика / А.П.Уханов, Д.А.Уханов, В.А.Рачкин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №2. – С.8-11.
9. Уханов, А.П. Теоретическая и экспериментальная оценка эксплуатационных показателей пахотного агрегата при работе на дизельном смесовом топливе / А.П.Уханов, Е.А.Сидоров, Л.И.Сидорова // Научное обозрение. – 2014. – №1. – С.21-27.
10. Пат. № 89596 РФ. МПКВ28 5/02. Жидкостный смеситель / УхановА.П., ГолубевВ.А., ЗыкинЕ.С. – №2009135355; заявл. 22.09.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 34.
11. Пат. № 91929 РФ. МПКВ28С 5/02. Смеситель – дозатор топлива / УхановА.П., ГолубевВ.А., ЗыкинЕ.С.– №2009141314; заявл. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 6.
12. Пат. № 2426588 РФ. МПКВ01F 5/06. Смеситель – дозатор топлива / УхановА.П., ГолубевВ.А., ЗыкинЕ.С.– №2009141463; заявл. 09.11.2009; опубл. 20.08.2011, Бюл. № 23.
13. Уханов, А.П. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров смесителя-дозатора дизельного смесового топлива / А.П. Уханов, В.А. Голубев, Н.С. Киреева // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2013. – №2. – С.116-121.

14. Пат. № 2484291 РФ. МПКF02M 43/00. Двухтопливная система питания дизеля / УхановА.П., УхановД.А., ГодинаЕ.Д., ХохловаЕ.А. – № 2012117807; заявл. 27.04.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.

15. Уханов, А.П. Двухтопливная система питания дизеля / А.П. Уханов, Е.А. Хохлова, Е.А. Сидоров, Е.Д. Година // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: мат. Международного науч.-техн. семинара им. В.В. Михайлова. – Саратов: КУБиК, 2012. – Вып. 25. – С. 272-274.

16. Пат. № 2503491 РФ. МПКВ01F 5/06. Смеситель минерального топлива и растительного масла с активным приводом / УхановА.П., УхановД.А., СидоровЕ.А., ХохловаЕ.А. – №2012128420; заявл. 05.07.2012; опубл. 10.01.2014; Бюл. № 1.

17. Хохлова, Е.А. Способ регулирования дизельного смесового топлива / Е.А. Хохлова, А.П. Уханов, А.А. Хохлов [и др.] // Образование, наука, практика: инновационный аспект.– Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – Т. II. – С. 137-141.

DOI10.12737/18680

УДК 631.363.7

## **АНАЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГРАВИТАЦИОННОГО СМЕШИВАНИЯ БАРАБАННЫХ УСТРОЙСТВ**

**Димитриев Николай Владимирович**, аспирант кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА.

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [sha\\_penza@mail.ru](mailto:sha_penza@mail.ru)

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова, ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: [konvalov-penza@rambler.ru](mailto:konvalov-penza@rambler.ru)

**Терюшков Вячеслав Петрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис машин», ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА.

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [sha\\_penza@mail.ru](mailto:sha_penza@mail.ru)

**Чупшев Алексей Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис машин», ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА.

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: [sha\\_penza@mail.ru](mailto:sha_penza@mail.ru)

**Ключевые слова:** смешивание, барабан, смеситель, частота, лопасти.

*Цель исследования – повышение качества смешивания материала и определение конструктивно-кинематических параметров барабанного лопастного смесителя путем численных методов. Основой современного общества является использование разнообразных смесей и композиционных материалов на их основе. Приготовление исходных смесей осуществляется как непосредственно смесителями, так и в ряде случаев разнообразными устройствами, в том числе экструдерами и шнековыми прессами. Среди подобных устройств широко распространены барабанные смесители, сушиллки, бетономешалки и т.п. Их особенностью является низкая энергоёмкость смесеобразования, а так же способность за достаточно короткий промежуток времени достигать возможной равномерности смеси. После чего качество смеси практически не изменяется. Попытка использования имеющихся в широкой продаже бетономелок периодического действия в целях приготовления такой смеси как комбикорм, показала, что существующие их конструкции подлежат дальнейшему совершенствованию ввиду невозможности достижения зоотехнических требований при приготовлении комбикорма на основе покупных БВД и собственного фуража. Для этого требуются дополнительные теоретические изыскания. Рассмотрен процесс взаимодействия лопастного барабана с материалом, работающим в режиме периодического смешивания. Полученные аналитические выражения позволяют определить условия смешения материала по основным конструктивно-кинематическим параметрам барабанного лопастного смесителя на основе численных методов.*

Основой современного общества является использование разнообразных смесей [1-3] и композиционных материалов [4-7] на их основе. Приготовление исходных смесей осуществляется как непосредственно смесителями [8-10], так и в ряде случаев разнообразными устройствами, в том числе экструдерами и шнековыми прессами [11].