

Результаты ускоренных ресурсных исследования показали, что среднее содержание железа в смазочной среде в заводском варианте $C_{Fe \text{ Баз}} = 21,3 \cdot 10^{-3} \%$, а в опытном варианте $C_{Fe \text{ Опыт}} = 14,25 \cdot 10^{-3} \%$.

Оценка степени увеличения ресурса ГПМ при реализации рационального режима трения фрикционных дисков, полученная из отношения ресурса T_{H2} к T_{H1} , показала увеличение ресурса при опытном варианте T_{H2} в сравнении с заводским вариантом T_{H1} в 1,7 раза.

Заключение. Анализом основных направлений снижения изнашивания фрикционных дисков, как ресурсопределяющих элементов ГПМ механических коробок передач тракторов с гидроуправлением, установлена эффективность использования МРСК в связи с активным взаимодействием с поверхностями трения и снижением их водородного изнашивания. Обоснована возможность повышения ресурса фрикционных дисков путем технологического формирования поверхностей трения с положительным градиентом твердости.

Обоснована аналитически зависимость аддитивного критерия от твердости поверхностных слоев и состава МРСК. Экспериментально установлено изменение аддитивного критерия $K_A = 5,492-7,941$ и его рациональное значение ($K_A = 5,492$), обосновывающее выбор режима трения фрикционных дисков на основе рационального сочетания состава МРСК (50% М-10Г₂ + 50% РМ), выступающей в качестве смазочной среды, и градиента твердости поверхностей трения дисков ($G_T = 0,87$), повышающего ресурс ГПМ в 1,7 раза.

Библиографический список

1. Влияние минерально-растительных топлив и смазочных комбинаций на трибологические параметры ресурсопределяющих сопряжений в с.х. технике : отчет о НИР (промежут.) / ВНИЦентр. – М. : ВНИПИ ОАСУ, 2007. – 172 с. – № ГР 01.200511089. – Инв. № ОЦ02604И5В.
2. Володько, О. С. Результаты ускоренных ресурсных испытаний гидроподжимных муфт / О. С. Володько, М. С. Приказчиков // Известия ФГОУ ВПО Самарская ГСХА. – 2011. – №3. – С. 73-76.
3. ГОСТ Р 53457-2009. Масло рапсовое. Технические условия. – Введ. 2011-01-01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 16 с.
4. ГОСТ 12337-84. Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия. – Введ. 1985-01-01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 12 с.
5. Приказчиков, М. С. Повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением улучшением режима трения фрикционных дисков : дис. ... канд. техн. наук / Приказчиков Максим Сергеевич. – Пенза, 2013. – 197 с.
6. Приказчиков, М. С. Оценка эффективности модифицирования поверхности трения гидроподжимных муфт / М. С. Приказчиков, О. С. Володько // Известия Самарского НЦРАН. – Самара : СГТУ, 2011. – Т. 13, №4 (42) (3). – С. 268-271.
7. Приказчиков, М. С. Улучшение режима трения фрикционных дисков механической коробки передач с гидравлическим управлением трактора «Кировец» / М. С. Приказчиков, М. В. Сазонов // Достижения науки агропромышленному комплексу : сб. науч. тр. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013. – С. 38-42.
8. Трибология : международная энциклопедия. Т. 1. Историческая справка, термины, определения / под ред. К. Н. Войнова. – СПб. : АНИМА ; Краснодар, 2010. – 176 с.
9. Улучшение режимов трения фрикционных дисков гидромеханических коробок передач энергонасыщенных тракторов : отчет о НИР (промежут.) / ВНИЦентр. – М. : ВНИПИОАСУ, 2011. – № ГР 01.201062609. – Инв. № 02.201252363.

УДК 621.89.017:892.5

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА СМАЗЫВАНИЯ ОПОРНЫХ КАТКОВ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА

Бухвалов Артем Сергеевич, инженер научно-исследовательской лаборатории кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: fleischwolf@list.ru

Володько Олег Станиславович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: volodko-75@mail.ru

Ленивцев Александр Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация, автоматизация и электроснабжение строительства», ФГБОУ ВПО Самарский ГАСУ.

443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194.

E-mail: lenivtsev-aleksandr@yandex.ru

Ключевые слова: ресурс, каток, режим, трение, изнашивание.

В статье представлены результаты исследований модернизированной смазочной системы опорных катков гусеничного трактора. Целью исследований является повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы за счет применения рапсово-минеральной смазочной

композиции и улучшения режима смазывания. Обоснован рациональный состав пластичной смазочной композиции, включающей рапсовое масло, присадки А-22 и Т-43, смазку «Литол-24» и стеарат лития. На основе теоретических исследований определены параметры шнеково-винтового устройства для опорных катков трактора ДТ-75М (наружный диаметр шнека – 93 мм, шаг винтовой поверхности – 13 мм), обеспечивающего циркуляционную подачу смазочного материала в зоны трения подшипников. В результате модернизации смазочной системы опорных катков удалось снизить содержание железа в смазочном материале на 14,3%, износ наружных колец подшипников – на 23,3%, величину осевого зазора – на 16%, массовый износ торцевых уплотнений – на 36% по сравнению с базовым вариантом смазочной системы. Применение разработанной пластичной смазочной композиции и устройства для ее циркуляционной подачи в зоны трения позволяет повысить ресурс подшипников опорных катков на 45% по сравнению с базовым вариантом смазочной системы. Динамика изменения осевого зазора в подшипниках и оценка их ресурса позволяют проводить замену смазочного материала и регулировку подшипников при наработке трактора 3000 мото-ч. Годовой экономический эффект при использовании предлагаемого метода совершенствования смазочной системы и разработанной пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции составляет 1656 руб. на один трактор.

Надежность и работоспособность опорных катков в значительной мере определяются ресурсом подшипников качения, который зависит от уровня совершенства трибологической системы, включающей поверхности трения, смазочный материал и окружающую среду данной сборочной единицы.

Смазочный материал является неотъемлемым элементом любой трибологической системы, от свойств которого во многом зависят процессы трения и изнашивания сопряжений узла. В связи с этим важную роль в повышении надежности подшипников качения сельскохозяйственных, строительных и других технологических машин играет совершенствование смазочных систем, разработка новых видов смазочных материалов и способа их подвода в зону трения. Практический интерес представляют смазочные материалы, содержащие в своем составе поверхностно-активные вещества, которые повышают уровень насыщения контакта поверхностей трения и обладают высокими противоизносными и антифрикционными свойствами [4, 8].

В связи с этим **актуальными** являются исследования, направленные на повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы за счет применения рапсово-минеральной смазочной композиции и улучшения режима смазывания.

В настоящее время известны результаты исследований по совершенствованию режимов смазывания подшипников качения, модификации смазочных материалов, снижению абразивного изнашивания поверхностей трения [5, 6]. Однако недостаточно исследованным для условий работы подшипников опорных катков гусеничных тракторов является влияние на ресурс подшипников таких факторов, как режим смазывания и использование пластичной смазочной композиции на основе растительного масла с целью повышения герметичности катков и снижения скорости абразивного изнашивания. Поэтому возникает необходимость дальнейшего теоретического и конструкторского обоснования рационального состава пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции и режима смазывания с циркуляционной подачей смазки в зону трения подшипников. Рациональный режим смазывания подразумевает повышение уровня насыщения контакта поверхностей трения, обеспечивающего снижение контактных напряжений и увеличение фактической площади контакта.

Цель исследований – повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы за счет применения рапсово-минеральной смазочной композиции и улучшения режима смазывания.

Рабочая гипотеза исследований основана на снижении скорости изнашивания поверхностей трения подшипников опорных катков путем улучшения режима смазывания выбором рационального состава пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции (ПРМСК) и подачей ее в зоны трения шнеково-винтовым устройством.

Задачи исследований:

- обоснование рационального состава пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции и экспериментальная оценка ее влияния на трибологические параметры подшипникового узла опорного катка;
- конструкторская разработка и оценка эффективности шнеково-винтового устройства для циркуляционного перемещения пластичной смазочной композиции в зоны трения подшипников опорных катков.

Материалы и методы исследований. Теоретические исследования параметров рационального режима смазывания ресурсопределяющих элементов опорных катков и обоснование конструктивных параметров устройства для циркуляционной подачи смазки к подшипникам выполнены с применением основных положений, законов и методов трибологии, математического анализа и моделирования.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных и разработанных частных методик исследований. За метод исследований принят метод сравнительных исследований опорных катков гусеничных тракторов в стандартном исполнении и с усовершенствованной смазочной системой

подшипников опорных катков. Обработка экспериментальных данных выполнялась на ЭВМ с применением прикладных программ Statistica 10.0, Mathcad 14, Microsoft Excel и др.

Результаты исследований. В результате анализа трибологической системы [1] установлено, что оптимизацию выходных параметров с целью повышения ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов рационально вести по следующим направлениям:

- подбор оптимального состава смазочной композиции;
- улучшение качества смазочной композиции;
- повышение герметичности узла;
- оптимизация режима смазывания.

Изменение скорости изнашивания деталей за счет применения альтернативной пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции можно охарактеризовать относительным показателем снижения скорости изнашивания K_U :

$$K_U = \frac{U_B}{U_O}, \quad (1)$$

где U_B и U_O – скорости изнашивания сопряжений на минеральном масле и на альтернативной смазочной композиции, соответственно, г/мото-ч.

Расчетный ресурс опорного катка (рис. 1) с усовершенствованной смазочной системой при учете результатов трибологических сравнительных исследований подшипниковых узлов может быть определен по уравнению:

$$T_{ЭО} = (T_{ЭБ} - T_{ПБ}) \cdot K_U + \frac{I_{прирБ} - I_{прирО}}{U_O} + T_{ПО}, \quad (2)$$

где $T_{ЭБ}$ и $T_{ЭО}$ – ресурс опорного катка при работе на минеральном масле и на альтернативной смазочной композиции, мото-ч; $T_{ПБ}$ и $T_{ПО}$ – время приработки в базовом и опытном варианте, мото-ч; $I_{прирБ}$ и $I_{прирО}$ – износ после приработки в базовом и опытном варианте, г.

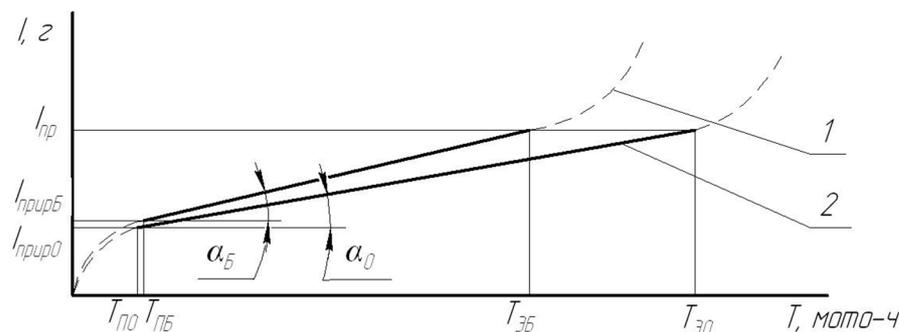


Рис. 1. Влияние скорости изнашивания деталей на ресурс опорных катков:
1 – при смазывании минеральным маслом; 2 – при смазывании альтернативной смазочной композицией

Одним из направлений повышения ресурса опорных катков является создание циркуляционного режима смазывания ресурсоопределяющих деталей. Для решения данной задачи разработано и запатентовано шнеково-винтовое устройство (рис. 2) для циркуляционной подачи смазки в зону трения подшипников качения. Применение устройства способствует:

- обновлению смазки в зоне трения подшипников и торцевых уплотнений;
- равномерному распределению продуктов износа по всему объему смазки;
- повышению периодичности технического обслуживания опорных катков за счет активного использования дополнительного объема смазочного материала [2, 3].

Циркуляционная подача смазки осуществляется в осевом направлении и при этом протекает в двух потоках:

I – прямой поток, возникающий в результате непосредственного воздействия винтовой поверхности на смазку;

II – обратный поток смазки от подшипников и уплотнений к центру резервуара, возникающий за счет перепада давления.

Уравнение производительности прямой подачи Q_1 , (m^3/c) учитывает геометрические параметры винта шнека и скорость трактора [3]:

$$Q_1 = \frac{k_v \cdot t \cdot v_{mp} \cdot h \cdot (D_e - h)}{2 \cdot r}, \quad (3)$$

где k_v – коэффициент скорости шнека; t – шаг винтовой поверхности, м; v_{mp} – скорость движения трактора, м/с; h – высота витка шнека, м; D_e – наружный диаметр винтовой поверхности, м; r – радиус обода катка, м.

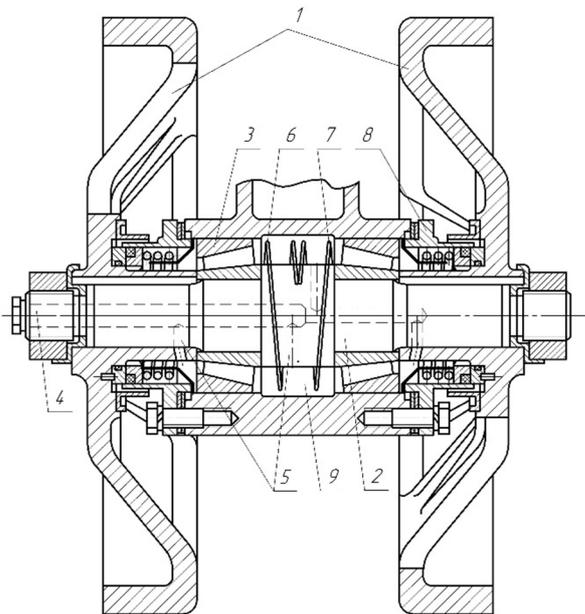


Рис. 2. Шнеково-винтовое устройство для обеспечения циркуляционного режима смазывания:

1 – обод опорного катка; 2 – ось катка; 3 – подшипник; 4 – осевой канал; 5 – радиальный канал; 6, 7 – левый и правый винты шнека; 8 – торцевое уплотнение; 9 – резервуар для пластичной смазки

Производительность обратного потока зависит от геометрических размеров винта и зазора, физических свойств смазки и давления смазки в зоне подшипника:

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot \delta^2 \cdot (D_e + \delta)}{8 \cdot \mu \cdot L} \cdot (\Delta P \cdot \delta - 2 \cdot \tau \cdot L), \quad (4)$$

где δ – зазор между наружной поверхностью винта и корпусом, м; μ – динамическая вязкость смазки, Па·с; L – длина винтовой поверхности, м; τ – предел прочности смазки, Па; ΔP – давление, создаваемое винтовой поверхностью, Па.

С учетом неразрывности гидравлического потока условием для определения оптимальных размеров винтовой поверхности является равенство производительности прямой подачи Q_1 и пропускной способности зазора, вмещающего обратный поток Q_2 , т.е. $Q_1=Q_2$.

На основе расчета с учетом технологической возможности изготовления и установки шнеково-винтового устройства на ось опорного катка трактора ДТ-75М были приняты следующие параметры: наружный диаметр шнека $D_e=0,093$ м, шаг винта $t=0,013$ м.

Программа и методики исследований включали:

- лабораторные исследования трибологических свойств рапсового масла на машинах трения с целью подбора рационального состава смазочной композиции;
- ускоренные стендовые исследования опорных катков для сравнительной оценки скорости изнашивания подшипниковых узлов при использовании минерального масла и разработанной пластичной смазочной композиции;
- эксплуатационные износные исследования опорных катков для практической оценки эффективности разработанной пластичной смазочной композиции и способа ее подачи в зону трения подшипников.

Лабораторные исследования трибологических свойств разрабатываемой смазочной композиции на рапсово-минеральной основе проводились на четырехшариковой машине трения типа МАСТ-1 и на роликовой машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «ролик-ролик».

Сравнительные стендовые исследования опорных катков проводились на специально сконструированном стенде. Нагрузка и частота вращения для проведения исследований выбирались исходя из анализа реакций, возникающих в опорных катках при различных режимах эксплуатации.

Для организации активного режима смазывания подшипников на ось опытного катка было установлено разработанное шнеково-винтовое устройство для подачи смазки (рис. 3, а). В базовом варианте, для равномерного распределения абразива в масляной ванне, на ось катка были установлены две лопасти, постоянно перемешивающие масло (рис. 3, б).

На основании лабораторных исследований [7] определен следующий состав дисперсионной фазы для приготовления смазочной композиции: рапсовое масло (84,2%); пакет присадок Т-43 (4,5%); многофункциональная присадка А-22 (3,3%); смазка «Литол-24» (8%). Вязкость полученной дисперсионной фазы составила $15,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с при 100°С и $86,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с при 40°С. Индекс вязкости данной смазочной композиции равен 190, что на 110 пунктов выше, чем у товарного минерального трансмиссионного масла ТЭп-15 (ТМ-2-18).



Рис. 3. Ось опорных катков:
а) с устройством для циркуляционной подачи смазки; б) с лопастями для перемешивания масла

Подготовленная дисперсионная фаза загущалась стеаратом лития (10%). Полученная пластичная рапсово-минеральная композиция характеризуется следующими параметрами: пенетрация – 278 мм⁻¹, температура каплепадения – 136°С, плотность – 909 кг/м³, диаметр пятна износа на четырехшариковой машине трения – 0,21 мм.

В результате сравнительных стендовых исследований опорных катков за счет применения разработанной пластичной смазочной композиции и создания циркуляционного режима смазывания предлагаемым шнеково-винтовым устройством удалось снизить:

- содержание железа в смазочном материале на 14,3%;
- износ наружных колец подшипника на 23,3%;
- величину осевого зазора на 16%;
- массовый износ торцевых уплотнений опорного катка на 36%.

Результаты эксплуатационных исследований показывают (рис. 4), что за счет применения альтернативной пластичной смазочной композиции и ее циркуляционной подачи в зону трения подшипников количество продуктов износа в смазочном материале снизилось на 28,1%. Относительный показатель снижения скорости изнашивания K_U для эксплуатационных условий составил 1,33, что выше, чем показатель, полученный при износных стендовых исследованиях опорных катков. Это можно объяснить тем, что при проведении стендовых исследований в опорные катки добавлялось одинаковое количество абразива, а в условиях эксплуатации применение разработанной рапсово-минеральной композиции способствовало лучшей герметизации узла. Катки, работающие по базовой схеме, обладали неудовлетворительной герметичностью, о чем свидетельствовало наличие утечек смазочного материала. Средняя скорость утечек за период наблюдения составила 0,4 г/мото-ч.

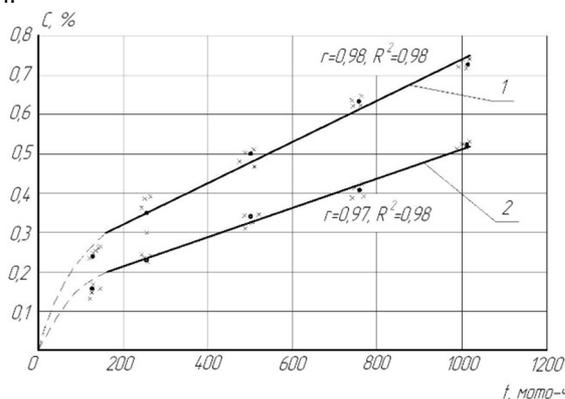


Рис. 4. Изменение содержания железа в минеральном масле (кривая 1) и в разработанной смазочной композиции (кривая 2) в период эксплуатационных исследований

Заключение. Аналитически обоснован метод улучшения процесса смазывания опорных катков гусеничных тракторов в условиях граничного трения путем использования рапсово-минеральной смазочной композиции с компонентами поверхностно-активных веществ и циркуляционной подачей ее в зону трения подшипников.

Применение пластичной рапсово-минеральной смазочной композиции в условиях абразивного загрязнения при стендовых исследованиях обеспечивает снижение содержания железа в смазочном материале опорных катков на 14,3% по сравнению с минеральным трансмиссионным маслом (относительный показатель снижения скорости изнашивания составляет 1,11). В условиях рядовой эксплуатации сравнительными исследованиями установлено снижение содержания железа в смазочном материале на 28,1% (относительный показатель снижения скорости изнашивания равен 1,33), что позволяет прогнозировать повышение ресурса подшипников опорных катков в опытном варианте на 45% в сравнении с серийным вариантом.

Динамика изменения осевого зазора в подшипниках и оценка их ресурса позволяют проводить замену смазочного материала и регулировку подшипников при наработке трактора 3000 мото-ч. Годовой экономический эффект при использовании предлагаемого метода совершенствования смазочной системы и разработанной смазочной композиции составляет 1656 руб. на один трактор.

Библиографический список

1. Бухвалов, А. С. Пути улучшения режимов смазывания ходовых систем тракторов / А. С. Бухвалов, Г. А. Ленивец // *Аграрная наука – сельскому хозяйству* : сб. тр. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – С.193-200.
2. Пат. №2441796 Российская Федерация. Опорный каток для гусеничных машин / Бухвалов А. С., Ленивец Г. А., Володько О.С. [и др.]. – № 2010115505/11 ; заявл. 19.04.2010 ; опубли. 10.02.2012, Бюл. № 4. – 4 с.
3. Бухвалов, А. С. Теоретическое обоснование конструктивных параметров устройства для циркуляционной подачи пластичного смазочного материала в опорных катках / А. С. Бухвалов, О. С. Володько // *Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы* : сб. статей Всероссийской науч.-практ. конф. – Пенза : РИО ПГСХА, 2013. – С. 25-31.
4. Разработка и внедрение технологии рационального использования минеральных и альтернативных топливо-смазочных материалов и методов улучшения трибологических параметров с.-х. техники : отчет о НИР (заключит.) / ВНИЦ Центр ; исполн.: Володько О. С., Ленивец Г. А., Болдашев Г. И. [и др.]. – М. : ВНИПИ ОАСУ, 2010. – 150 с. – № ГР 01.200511089. – Инв. № 02.201153084.
5. Современная трибология : Итоги и перспективы / отв. ред. К. В. Фролов – М. : ЛКИ, 2008. – 480 с.
6. Чичинадзе, А. В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А. В. Чичинадзе [и др.] ; под общ. ред. А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 2003. – 576 с.
7. Бухвалов, А. С. Повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Бухвалов Артем Сергеевич. – Пенза, 2014. – 197 с.
8. Приказчиков, М. С. Повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением улучшением режима трения фрикционных дисков : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Приказчиков Максим Сергеевич – Пенза, 2013. – 197 с.

УДК 621.515

СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОПОДАЧИ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Иншаков Александр Павлович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва.

430032, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68.

E-mail: kafedra_mes@mail.ru

Курбаков Иван Иванович, преподаватель кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва.

430032, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68.

E-mail: ivankurbakov@mail.ru

Кувшинов Алексей Николаевич, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВПО МГУ им. Н. П. Огарёва.

430032, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68.

E-mail: mesmgu@mail.ru

Ключевые слова: двигатель, система, воздухоподача, турбокомпрессор, диагностирование.

В статье рассматривается способ диагностирования системы воздухоподдачи тракторного двигателя с газотурбинным наддувом, в основу которого положен принцип взаимосвязи параметров работы системы воздухоподдачи и показателей двигателя. Цель исследования – совершенствование методов и средств диагностирования систем воздухоподдачи тракторных двигателей с газотурбинным наддувом. Исходя из поставленной цели