

Заключение. Внедрение данной установки позволит решить задачи обеспечения потребности населения, сельского хозяйства и промышленности в тепловой энергии, полученной без сжигания традиционных видов топлива. Данная установка особенно актуальна для регионов, удаленных от централизованных энергосетей.

Особенностями вихревого гидравлического теплогенератора являются:

- отсутствие необходимости сжигания углеводородных топлив;
- отсутствие нагревательных элементов;
- использование электроэнергии только для работы привода гидронасоса;
- отсутствие необходимости в водоподготовке;
- возможность использования жидкости любого происхождения (вода, нефть, газовый конденсат);
- обеспечение автоматического поддержания температуры теплоносителя в требуемом диапазоне температур;
- экономичность эксплуатации и обслуживания.

Использование предлагаемой системы отопления на базе ВГТ целесообразно для создания компактных и экономичных систем отопления сельскохозяйственных помещений в зимнее время года. Например, для отопления коровников и подогрева пола в яслях для ягнят.

Библиографический список

1. Пиралишвили, Ш. А. Вихревой эффект : в 2 т. Т. 1. Физическое явление, эксперимент, теоретическое моделирование. – М. : ООО Научтехлитиздат, 2013. – 337 с.
2. Бирюк, В. В. Вихревой эффект : в 2 т. Т. 2. Технические приложения / В. В. Бирюк, Ш. А. Пиралишвили, С. В. Веретенников, А. И. Гурьянов. – М. : ООО Научтехлитиздат, 2014. – 491 с.
3. Пат. № 2059162 Российская Федерация, МПК⁶ F 24 D 3/02. Система теплоснабжения потребителей / Дмитриев Н. Т., Яхно В. А., Марчануков Э. Т. [и др.]. – № 94024936/06 ; заявл. 01.07.94 ; опубл. 27.04.96, Бюл. №12. – 4 с.
4. Пат. № 94019359 Российская Федерация, МПК⁶ 25 В 29/00. Теплогенерирующая установка ТГУ-1 / Беспалов В. И., Страхова Н. А., Шитов М. Н., Дзюба В. К. – № 94019359/06 ; заявл. 24.03.94 ; опубл. 27.12.95.
5. Пат. № 2045715 Российская Федерация, МПК⁶ 25 29/00. Теплогенератор и устройство для нагрева жидкости / Потопов Ю. С. – № 93021742/06 ; заявл. 26.04.1993 ; опубл. 10.10.95, Бюл. №28. – 4 с.
6. Бирюк, В. В. Вихревой гидравлический теплогенератор для сельского хозяйства и промышленности / В. В. Бирюк, Р. А. Серебряков // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : мат. Международной науч.-практ. конф. – Минск : БГАТУ, 2014. – С. 238-240.
7. Белозерцев, В. Н. Исследование течения и энергообмена закрученных потоков жидкости в гидравлическом генераторе // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королева (НИУ). – Самара, 2011. – № 5 (29). – С. 23-28.

УДК 621.892.099.6

ПОВЫШЕНИЕ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ И ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

Сафонов Валентин Владимирович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Технический сервис и технология конструкционных материалов», ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ.

410600, г. Саратов, ул. Советская, 60.

E-mail: safonow2010sgau@yandex.ru

Азаров Александр Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис и технология конструкционных материалов», ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ.

410600, г. Саратов, ул. Советская, 60.

E-mail: azarov444@yandex.ru

Халов Евгений Юрьевич, аспирант кафедры «Технический сервис и технология конструкционных материалов», ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ.

410600, г. Саратов, ул. Советская, 60.

E-mail: хахo164@yandex.ru

Ключевые слова: износ, подшипники, трансмиссионное, масло, смазка, модификация, наноразмерные, порошки.

Цель исследований – повысить противоизносные свойства трансмиссионного масла ТСП-15к и пластичной смазки Литол-24 путём их модификации наноразмерными порошками (НРП), полученными методом плазменной переконденсации. Трансмиссионное масло модифицировали наноразмерными частицами оловянной бронзы BrO10Ф1 в сочетании с фторопластом, нитридом бора, фосфором и оксидом алюминия. Противоизносные свойства пластичной смазки улучшали НРП никеля, железа, цинка, а также сплавами меди с оловом, меди со свинцом, алюминия со свинцом, железа с никелем и железа с цинком. На основании результатов лабораторных испытаний установили,

что наноразмерные частицы оловянной бронзы $BrO10\Phi1$ в сочетании с фторопластом, нитридом бора, фосфором и оксидом алюминия могут повысить противоизносные свойства трансмиссионного масла ТСП-15к от 1,5 до 2,5 раз. Наилучшие результаты зафиксированы при испытании смазочной композиции, полученной с использованием сочетания НРП оловянной бронзы и оксида алюминия. Результаты сравнительных лабораторных испытаний товарной пластичной смазки Литол-24 и экспериментальных смазочных композиций, приготовленных на её основе с использованием НРП никеля, железа, цинка, а также сплавов меди с оловом, меди со свинцом, алюминия со свинцом, железа с никелем и железа с цинком, показали, что используемые наноразмерные компоненты повышают противоизносные свойства товарной пластичной смазки от 1,9 до 17 раз. Наилучшие результаты получены при использовании НРП никеля и сплава железа с цинком, которые на примере модельной пары трения «ролик-ролик» позволили реализовать восстановительный эффект.

Основным условием успешного ведения современного сельского хозяйства является использование высокопроизводительной энергонасыщенной и, как правило, дорогостоящей автотракторной техники. Несмотря на все достижения научно-технического прогресса, трение и износ являются, на сегодняшний день, неотъемлемыми «паразитическими» процессами, сопровождающими работу технических объектов. Для снижения трения в большинстве узлов машин и механизмов подшипники скольжения заменяют подшипниками качения. Современные подшипники качения наиболее ответственных узлов трения характеризуются высокой стоимостью, поэтому методы снижения износа их деталей можно считать одним из важнейших резервов снижения эксплуатационных расходов при производстве сельскохозяйственной продукции.

Трансмиссия и ходовая часть автомобилей и тракторов являются системами, включающими в свою конструкцию наибольшее количество подшипников качения. Очевидно, что помимо работоспособности данных систем подшипники качения обеспечивают и безопасность эксплуатации автотракторной техники.

Основные методы, используемые для повышения износостойкости деталей подшипников качения, применяются на этапе конструирования и изготовления. При этом большинство известных конструктивных и технологических мероприятий [1, 2], в значительной степени исчерпали свои принципиальные возможности. Одним из альтернативных методов снижения износа деталей подшипников качения является повышение противоизносных свойств применяемых смазочных материалов.

При эксплуатации большинства подшипников качения техники в сельском хозяйстве применяют трансмиссионные масла и пластичные смазки с противоизносными и противозадирными присадками. Однако многие из них имеют ряд существенных недостатков: повышенная коррозионная агрессивность некоторых компонентов присадок к сталям; снижение контактной выносливости материала деталей подшипников; низкая стабильность при эксплуатации и хранении; высокая токсичность и т.д. Не имеют большинства перечисленных недостатков смазочные материалы, модифицированные наноразмерными порошками (НРП) металлов, их соединений и сплавов [1].

Цель исследований – повысить противоизносные свойства трансмиссионного масла ТСП-15к и пластичной смазки Литол-24 путём их модификации наноразмерными порошками (НРП), полученными методом плазменной переконденсации.

Задачи исследований:

1) Выполнить исследования влияния НРП оловянной бронзы $BrO10\Phi1$ в сочетании с фторопластом, нитридом бора, фосфором и оксидом алюминия на противоизносные свойства трансмиссионного масла ТСП-15к ГОСТ 23652-79.

2) Провести сравнительные противоизносные испытания товарной пластичной смазки Литол-24 ГОСТ 21150-87 и экспериментальных смазочных композиций, полученных на её основе с использованием НРП никеля, железа, цинка, а также сплавов меди с оловом, меди со свинцом, алюминия со свинцом, железа с никелем и железа с цинком.

Материалы и методы исследований. Анализ существующих технологий получения НРП позволил выбрать метод плазменной переконденсации, основанный на испарении крупнодисперсного порошка (сырья) в плазменном потоке с температурой 5000-8000 К и конденсации пара до частиц требуемого размера [3].

Данным способом синтезированы следующие НРП:

- а) чистые – Cu, Zn, Ni, MoS_2 , Al, BN;
- б) бинарные – Cu-Zn, Cu-Ni, Cu-Sn, Cu-Pb;
- в) легированные – Cu-Zn-P, Cu-Zn-S, Cu-Ni-P, Cu-Ni-S, Cu-Sn-P, Cu-Sn-S, Cu-Pb-P, Cu-Pb-S;
- г) композиционные – Cu- Al_2O_3 , Cu-BN, Cu- MoS_2 .

Эффективность модификации трансмиссионных масел НРП, полученными методом плазменной переконденсации, оценивали по результатам противоизносных испытаний экспериментальных смазочных композиций на машине трения МИ-1М по схеме «ролик-ролик». Ролики изготавливали из стали ШХ-15 ГОСТ 2590-88 с твёрдостью рабочих поверхностей 60-62 HRC и шероховатостью Ra 0,8 мкм. Наружный

диаметр роликов составлял 50 мм, ширина нижнего ролика – 12 мм, ширина верхнего – 10 мм. Износ роликов определяли по результатам их взвешивания на аналитических весах ВЛА-200-М ГОСТ 24104-80Е с точностью 0,1 мг до и после испытаний.

Испытания проводили на следующих режимах: нагрузка $P = 2,7$ кН, частота вращения нижнего ролика $n = 600$ мин⁻¹, проскальзывание в контакте $\lambda = 10\%$, время испытаний $\tau = 3$ ч. Полученные результаты сравнивали с результатами испытаний трансмиссионного масла ТСП-15к.

Испытаниям подвергали пять смазочных композиций, которые получали модификацией масла ТСП-15к наноразмерным порошком (НРП) оловянной бронзы БрО10Ф1 ГОСТ 613-79. Кроме того, модифицирующее действие НРП БрО10Ф1 (Бр) в каждом экспериментальном составе пытались усилить одним из следующих компонентов: фторопластом ($Фт$), нитридом бора (BN), фосфором (P) и оксидом алюминия (K). Выбор перечисленных компонентов обусловлен результатами анализа литературных источников и проведенных ранее трибологических испытаний [2, 4-7].

Для определения эффективности использования НРП, полученных плазменной перекомденсацией, для повышения противоизносных свойств пластичных смазочных материалов также проводили сравнительные лабораторные испытания на машине трения МИ-1М.

Испытаниям подвергали пластичную смазку Литол-24 и смазочные композиции, изготовленные на её основе с использованием НРП $Fe, Ni, Zn, Cu-Pb, Al-Pb, Cu-Sn$. Результаты испытаний экспериментальных смазочных композиций сравнивали с данными, полученными при испытании товарной пластичной смазки Литол-24.

Перед началом эксперимента ролики прирабатывали на товарной пластичной смазке Литол-24 в течение 3 ч. Смазку осуществляли погружением нижнего ролика на 1/5 диаметра в смазочную среду. После окончания приработки ролики промывали в бензине, высушивали на воздухе и взвешивали на аналитических весах. Испытания проводили на следующих режимах: нагрузка $P = 1,2$ кН, частота вращения нижнего ролика $n = 500$ мин⁻¹, проскальзывание в контакте $\lambda = 10\%$, время испытаний $\tau = 6$ ч. Полученные результаты сравнивали с результатами испытаний пластичной смазки Литол-24. По окончании испытаний ролики подвергали повторному взвешиванию.

Результаты исследований. Результаты испытаний (рис. 1) показали, что модификация трансмиссионного масла ТСП-15к наноразмерным порошком оловянной бронзы во всех пяти случаях улучшает его противоизносные свойства.

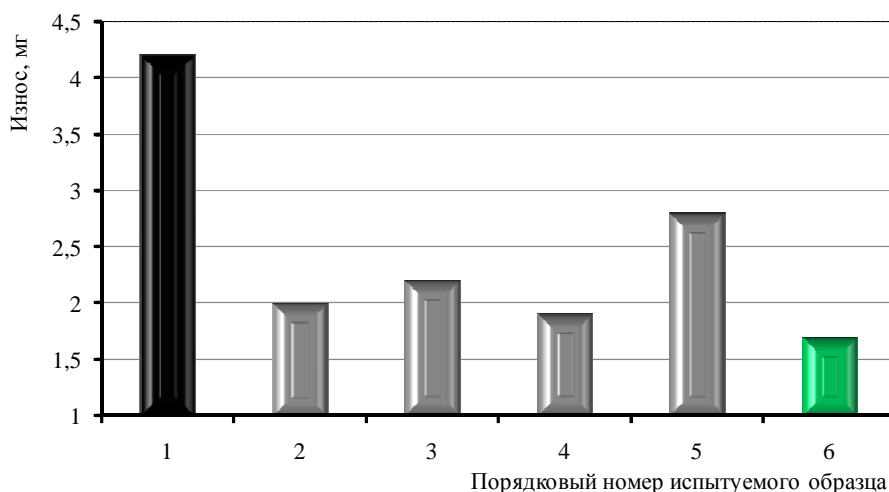


Рис. 1. Износ роликов после испытания следующих смазочных составов:

1 – ТСП-15к; 2 – ТСП-15к+Бр; 3 – ТСП-15к+Бр+BN; 4 – ТСП-15к+Бр+Фт; 5 – ТСП-15к+Бр+P; 6 – ТСП-15к+Бр+K

При модификации товарного масла НРП бронзы без дополнительных компонентов износ снизился по сравнению с результатами испытаний базового масла ТСП-15к в 2,1 раза. Введение в имеющийся состав дополнительных компонентов привело к получению следующих результатов: BN позволил снизить износ в 1,9 раза, $Фт$ – в 2,2 раза, P – в 1,5 раза, K – в 2,5 раза. Таким образом, наилучшие результаты получены при испытании смазочной композиции, полученной с использованием сочетания НРП оловянной бронзы БрО10Ф1 и оксида алюминия.

Помимо узлов, для смазывания которых используются трансмиссионные масла, в сложных конструкциях современной сельскохозяйственной техники для многих подвижных сопряжений использование жид-

ких масел с конструкторской точки зрения не рационально. В таких случаях применяют пластичные смазки.

Результаты сравнительных противоизносных испытаний товарной пластичной смазки Литол-24 и экспериментальных смазочных композиций представлены на рисунке 2.

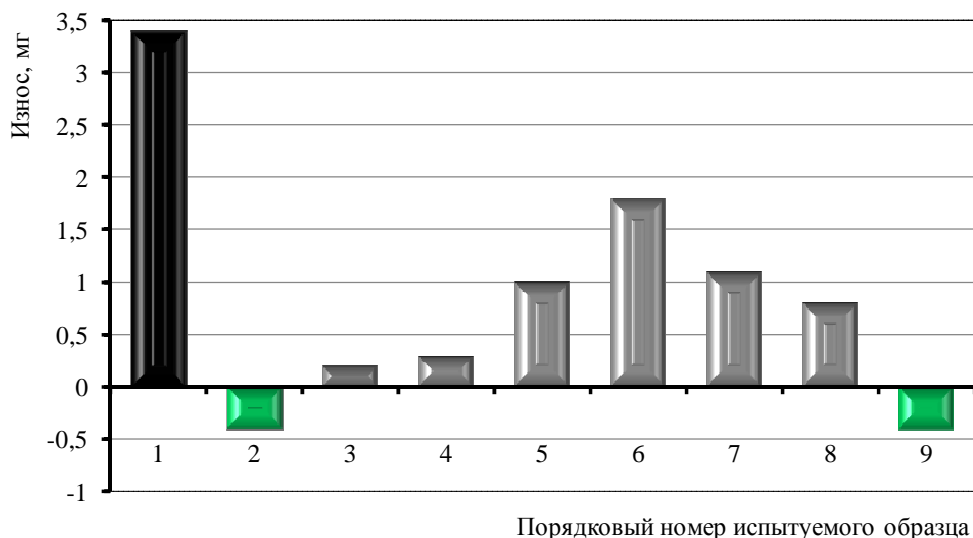


Рис. 2. Результаты противоизносных испытаний пластичных смазочных композиций:
 1 – Литол-24; 2 – Литол-24 + Ni; 3 – Литол-24 + Fe; 4 – Литол-24 + Zn; 5 – Литол-24 + Cu-Sn; 6 – Литол-24 + Cu-Pb;
 7 – Литол-24 + Al-Pb; 8 – Литол-24 + Fe-Ni; 9 – Литол-24 + Fe-Zn

Анализ представленных результатов показывает, что модификация пластичной смазки Литол-24 НРП металлов и их сплавов во всех случаях позволила повысить противоизносные свойства товарного смазочного материала: использование *Ni* не только привело к снижению износа, но и обеспечило прирост массы роликов за 6 ч испытаний на 0,4 мг, введение Fe снизило износ в 17 раз, *Zn* – в 11 раз, *Cu-Sn* – в 3,4 раза, *Cu-Pb* – в 1,9 раза, *Al-Pb* – в 3 раза, *Fe-Ni* – в 4,2 раза, сплав *Fe-Zn* также как и *Ni* позволил получить прирост массы роликов на 0,4 мг.

Заключение. Таким образом, на основании результатов лабораторных испытаний установили высокую эффективность модификации трансмиссионных масел и пластичных смазочных материалов НРП, полученными методом плазменной переконденсации. Так, наноразмерные частицы оловянной бронзы БрО10Ф1 в сочетании с фторопластом, нитридом бора, фосфором и оксидом алюминия могут повысить противоизносные свойства трансмиссионного масла ТСП-15к от 1,5 до 2,5 раз. Наилучшие результаты зафиксированы при испытании смазочной композиции, полученной с использованием сочетания НРП оловянной бронзы и оксида алюминия.

Результаты сравнительных лабораторных испытаний пластичной смазки Литол-24 и экспериментальных смазочных композиций, приготовленных на её основе с использованием НРП *Ni*, *Fe*, *Zn* и сплавов *Cu-Sn*, *Cu-Pb*, *Al-Pb*, *Fe-Ni*, *Fe-Zn*, показали, что используемые наноразмерные компоненты повышают противоизносные свойства товарной пластичной смазки от 1,9 до 17 раз. Наилучшие результаты получены при использовании НРП *Ni* и сплава *Fe-Zn*, которые на примере модельной пары трения «ролик-ролик» позволили реализовать восстановительный эффект.

Библиографический список

1. Сафонов, В. В. Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники за счет применения наноматериалов / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, В. А. Александров // Нанотехника. – 2009. – №20. – С. 79-80.
2. Азаров, А. С. Повышение долговечности подшипников качения ступиц колёс автотракторной техники путём модификации смазочной среды : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Азаров Александр Сергеевич. – Саратов, 2008. – 20 с.
3. Пат. 2123030 Российская Федерация. Смазочная композиция / В. В. Сафонов, Э. К. Добринский, В. В. Венскаяйтис [и др.]. – №97116529/04 ; заявл. 07.10.1997 ; опубли. 10.12.1998, Бюл. №34. – 1998. – 7 с.
4. Сафонов, В. В. Наноразмерные добавки к смазочным средам трибосопряжений в условиях их моделирования / В. В. Сафонов, В. А. Александров, А. С. Азаров, Э. К. Добринский // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2008. – №2. – С. 8-11.
5. Сафонов, В. В. Применение наноматериалов при техническом сервисе автотракторной техники / В. В. Сафонов, В. А. Александров, С. А. Шишурин, А. С. Азаров // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». – М. : Московский ГАУ, 2009. – №3. – С. 62-66.

6. Азаров, А. С. Комплексное использование наноразмерных порошков металлов и полититаната калия в составе пластичной смазки как способ повышения износостойкости поверхностей трения / А. С. Азаров, В. В. Сафонов, А. В. Гороховский, А. И. Палагин // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : мат. Международного науч.-техн. семинара им. В. В. Михайлова. – Саратов : ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ, 2013. – Вып. 26. – С. 6-9.

7. Сафонов, В. В. Оценка эффективности применения нанокomпонентной смазочной композиции при эксплуатации насосных агрегатов оросительных систем / В. В. Сафонов, Э. К. Добринский, В. В. Соколов, А. С. Азаров // Научное обозрение. – 2014. – №4. – С. 74-79.

УДК 621.892.84

ПОВЫШЕНИЕ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ И АНТИФРИКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМООБРАБОТАННОГО ГРАФИТА

Терентьев Владимир Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис и механика», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

E-mail: vladim-terent@yandex.ru

Наумова Ирина Константиновна, канд. хим. наук, доцент кафедры «Химия», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

E-mail: rektorat@ivgsha.ru

Баусов Алексей Михайлович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технический сервис и механика», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

E-mail: rektorat@ivgsha.ru

Телегин Игорь Михайлович, аспирант кафедры «Технический сервис и механика», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

E-mail: rektorat@ivgsha.ru

Галкин Игорь Михайлович, аспирант кафедры «Технический сервис и механика», ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. академика Д. К. Беляева.

153012, г. Иваново, ул. Советская, 45.

E-mail: rektorat@ivgsha.ru

Ключевые слова: плазма, износ, смазка, присадка, графит.

Цель исследований – улучшение трибологических показателей серийных пластичных литиевых смазок, используемых в узлах трения сельскохозяйственных машин. В статье представлены результаты экспериментальных исследований антифрикционных и противоизносных свойств пластичных смазочных материалов с присадками в виде графита, модифицированного плазмохимическим методом. Для модифицирования графита использовались два типа разряда: подводный диафрагменный разряд и тлеющий разряд атмосферного давления. В результате плазменной активации происходит модифицирование поверхности графита, приводящее, в частности, к изменению его свойств. Поверхностное модифицирование вызвано действием компонентов плазмохимического разряда. Иницирование плазмы в растворе приводит к генерации активных частиц, УФ-излучению, а также к механической активации раствора. Возникающие в объеме конвективные потоки способствуют быстрому переносу активных частиц и реагентов в жидкой фазе. При этом, активные частицы, взаимодействуя с поверхностью графита, изменяют ее характеристики. В результате модифицирования изменяется заряд на поверхности графита и улучшается его смачиваемость. Трибологические исследования проводились на машине трения. Установлено, что введение в качестве присадки к литиевым смазкам графита, модифицированного плазмохимическим способом, снижает коэффициент трения в 1,95-2,67 раза и позволяет уменьшать потери на трение в трибосопряжениях. Износ элементов пар трения снижается в 1,25-1,64 раза, что позволяет в дальнейшем увеличить ресурс деталей пар трения сельскохозяйственных машин и оборудования. Перспективным является использование для модифицирования графита плазмы подводного диафрагменного разряда. Использование плазмы тлеющего разряда атмосферного давления, зажигаемого над поверхностью жидкости, к значительному улучшению трибологических характеристик не привело. Полученные результаты показывают перспективность использования графита, модифицированного плазмохимическим способом, в качестве антифрикционной и противоизносной присадки к пластичным смазкам на литиевой основе.

Эффективное решение задачи обеспечения высокой надежности триботехнических сопряжений возможно без применения высокоэффективных смазочных материалов. Особенно актуально это в современных машинах и оборудовании, работающих в условиях повышенных нагрузок.