

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНО-РАСТИТЕЛЬНОЙ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ

**Приказчиков Максим Сергеевич**, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная 8А, инженерный факультет.

E-mail: [prikazchikov\\_ms@rambler.ru](mailto:prikazchikov_ms@rambler.ru)

**Ключевые слова:** изнашивание, фрикцион, смазка, диски, трибология, трансмиссия.

*Цель исследования – улучшение трибологических свойств смазочной среды применением минерально-растительной смеси, содержащей рапсовое масло в качестве смазочной композиции, являющейся альтернативой применению минерального масла в механических коробках передач с гидроуправлением тракторов марки «Кировец». Трибологические свойства минерально-растительной смазочной композиции оценивались рядом показателей, которые в совокупности характеризуют эффективность ее применения в коробках передач трансмиссии энергонасыщенного трактора марки «Кировец» производства ЗАО «Петербургский тракторный завод». Эффективность применения минерально-растительной смазочной композиции оценивалась следующими параметрами: износ поверхности трения за время исследований; оценка кинематической вязкости; температура трения. Установлено, что кинематическая вязкость при 100 °С исследованных минерально-растительных смазочных композиций с концентрацией рапсового масла от 0 до 100% по объему соответствует предъявляемым к минеральным маслам требованиям, и находится в пределах 8,0-10,5 сСт, а их применение позволяет снизить износ поверхностей трения и приходящиеся на них термодинамические нагрузки. В результате, при анализе полученных данных, рациональной признана минерально-растительная смазочная композиция, имеющая следующий состав: 50% минерального масла М-10Г<sub>2</sub> + 50% рапсового масла. Применение данной смазочной композиции, обладающей лучшими трибологическими свойствами, в качестве альтернативы минеральному маслу М-10Г<sub>2</sub>, позволит уменьшить термодинамические нагрузки и износ поверхностей трения конструктивных элементов (фрикционных дисков), определяющих ресурс коробок передач с гидроуправлением тракторов марки «Кировец».*

В настоящее время в узлах и агрегатах машин широко используются смазочные композиции на основе нефтяных и синтетических масел с различными присадками. Такие смазочные композиции вредны для окружающей среды из-за низкой биоразлагаемости и экотоксичности. Например, 1 г минерального масла, попав в землю, разлагается на 45% через 21 день и заражает 25 см<sup>2</sup> земли, где растительность не произрастает. Но одними из важнейших показателей данных масел являются высокие энергозатраты на их производство и отсутствие возможности возобновления нефтяного сырья для их изготовления. В сравнении с минеральными, масла, произведенные из растительного сырья, возобновляемы, а энергозатраты на производство растительных масел ниже, чем минеральных.

Использование продуктов растительного происхождения в смазочных системах трансмиссий сельскохозяйственных тракторов позволит улучшить режим трения фрикционных узлов коробок передач и, как следствие, увеличить в целом ресурс трансмиссии тракторов. Ввиду этого, современная наука рассматривает переход на смазочные материалы из растительных компонентов, или содержащие их смазочные композиции, применительно к машинам и механизмам в сферах, где загрязнение окружающей среды в наибольшей степени нежелательно, например, сельское хозяйство.

Наиболее распространенным энергонасыщенным трактором в сельском хозяйстве нашей страны является трактор марки «Кировец» производства ЗАО «Петербургский тракторный завод». Основным элементом его трансмиссии является механическая коробка передач с гидравлическим управлением гидроподжимных муфт, обеспечивающих переключение передач в пределах каждого режима без разрыва потока мощности. В данной коробке передач используется моторное масло М-10Г<sub>2</sub> (ГОСТ 12337-84). Наиболее близким аналогом, для применения растительного компонента, является рапсовое масло (ГОСТ Р 53457-2009), которое уже через 7 дней разлагается в земле на 98% и обладает близкими к минеральным маслам свойствами.

**Цель исследований** – улучшение трибологических свойств смазочной среды применением минерально-растительной смеси, содержащей рапсовое масло в качестве смазочной композиции, являющейся альтернативой применению минерального масла в механических коробках передач с гидроуправлением тракторов марки «Кировец».

При трибологическом анализе свойств смазочных композиций можно выделить следующие основные задачи:

- провести трибологический анализ свойств минерально-растительных смазочных композиций (МРСК) с различным содержанием рапсового масла;

- обосновать рациональный состав минерально-растительной смазочной композиции содержащей рапсовое масло.

Анализ показателей свойств рапсового масла в сравнении с другими маслами, представленными в таблице 1, позволяет заключить, что растительные масла имеют близкие показатели по плотности и загрязненности [1, 2, 3]. Но при этом они превосходят минеральные по температурам вспышки и застывания и могут служить альтернативой минеральным маслам, или одной из составляющих смазочной композиции. Преимущество же рапсового масла перед льняным и сурепным маслом заключается в большем значении кинематической вязкости [1, 2, 8].

Таблица 1

Сравнительная характеристика растительных и минерального масел

Показатели	Рапсовое	Льняное	Сурепное	М10-Г <sub>2</sub>
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	916	928	911	920
Вязкость при 100°С, мм <sup>2</sup> /с	8,3	4	5	8,0-10,5
Загрязненность, %	-	0,01	0,01	0,01
Диспергирующе-стабилизирующие свойства, баллы	1	1	1	1
Щелочное число, мг КОН/г	6	1,5	-	6,05
Температура, °С:				
вспышки	282	316	314	205
застывания	-20	-20	-20	-18

**Материалы и методы исследований.** Материал и обработка исследуемых образцов были выбраны исходя из технических условий на изготовление фрикционных дисков. Ролики для экспериментов изготавливались из той же стали, что и ведущие диски гидроподжимных муфт – Сталь 65Г, а колодки, как ведомые диски – Сталь 40ХЗМ2ФА [4].

В исследованиях применялось следующее оборудование: роликовая машина трения 2070 СМТ-1, предназначенная для проведения исследований материалов на трение и изнашивание; для контроля весового износа использовались весы ВЛТК-500 и ВЛР-200М [5, 6]; капиллярный вискозиметр типа ВПЖТ-2, для оценки кинематической вязкости различных составов МРСК.

Эффективность действия смазочных материалов оценивалась по следующим параметрам:

- 1) износ поверхностей трения;
- 2) оценка кинематической вязкости;
- 3) температура трения образцов.

**Результаты исследований.** Трибологические исследования осуществлялись по общепринятой методике. Результаты исследования представлены в таблице 2 и на рисунках 1 и 2. Время проведения исследования смазочных композиций на роликовой машине трения 2070 СМТ-1 составило 10 ч [1].

С помощью специального устройства пружинного типа, смонтированного на машине трения, создавалась нагрузка на пару трения (ролик-колодка). Запуск машины трения осуществлялся при снятой нагрузке на образцы, после чего образцы нагружались до необходимой величины. Сила прижатия колодки к ролику  $P_P$  обеспечивалась согласно выражению [1]:

$$P_P = p_r \times 2,04 \times 10^{-4} - 23,76,$$

где  $P_P$  – сила прижатия колодки к ролику, Н;

$p_r$  – давление разрядки гидроаккумулятора, Н/м<sup>2</sup>.

Таблица 2

Результаты сравнительных исследований МРСК на роликовой машине трения 2070 СМТ-1

Содержание рапсового масла в МРСК, %	Износ колодки, мг	Износ ролика, мг	Суммарный износ, мг	Время до задира, с
0	7,7	9,4	17,10	783
25	6,5	6,5	13,00	726,5
50	5,6	3,6	9,20	700
75	3,8	2,3	6,10	516
100	2,1	1,1	3,20	450

Анализ результатов сравнительных исследований МРСК показывает, что при увеличении концентрации рапсового масла в составе смазочной композиции суммарный износ сопряжения «ролик-колодка» снижается. Это свидетельствует об увеличении смазывающей способности смазочной среды, в качестве которой выступает МРСК, имеющая в своем составе рапсовое масло за счет появления на поверхностях трения образцов пленки поверхностно-активных веществ (ПАВ). Но при этом, время до задира (табл. 2) снижается, что говорит о меньшей стабильности рапсового масла ввиду отсутствия в нем присадок, содержащихся в товарном минеральном масле. Пленка ПАВ выполняет дополнительную защитную функцию, препятствуя внедрению в поверхность трения абразивных частиц. При этом кинематическая вязкость при 100°С любой

из исследованной смазочной композиции соответствует предъявляемым требованиям и находится в пределах 8,0-10,5 сСт.

Объемная температура  $T$  при трении образцов в масле М-10Г<sub>2</sub> (рис. 2) достигала 250°С, в рапсовом масле – 198°С, а при исследовании смазочной композиции 50% М-10Г<sub>2</sub> + 50% рапсового масла – 180°С.

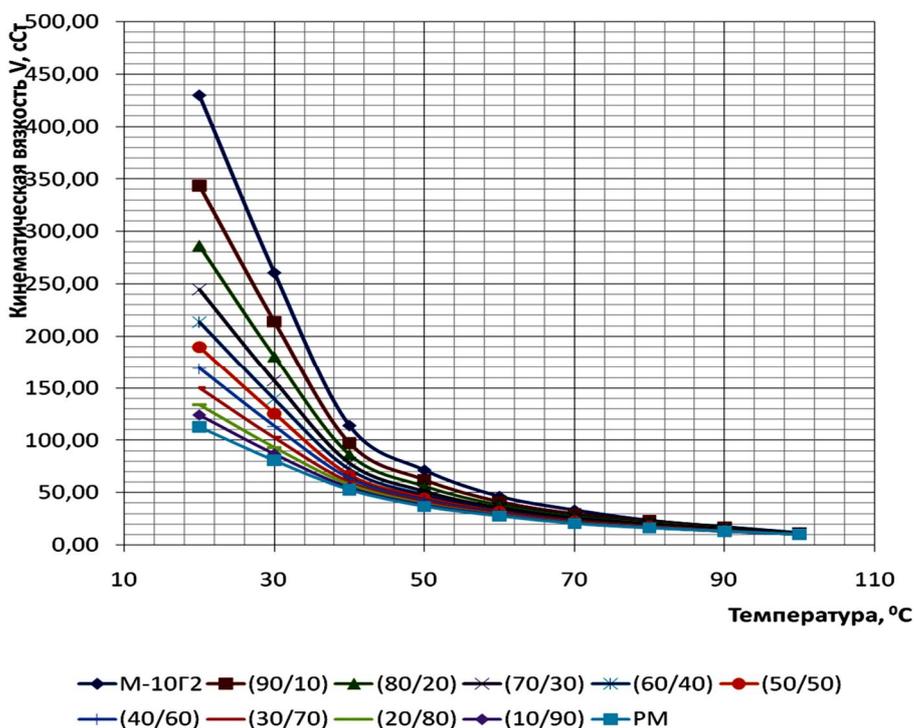


Рис. 1. Зависимость кинематической вязкости различного процентного состава МРСК от температуры

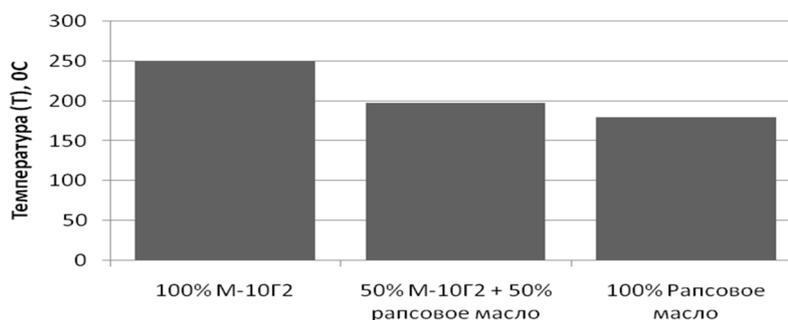


Рис. 2. Диаграмма температурного режима в зависимости от состава смазочной среды

По полученным показателям выбрана смазочная композиция следующего состава: 50% М-10Г<sub>2</sub> + 50% рапсового масла. Применение данной смазочной композиции в качестве альтернативы минеральному маслу М-10Г<sub>2</sub> позволит уменьшить термодинамические нагрузки на поверхности трения ресурсопределяющих элементов (фрикционных дисков) коробок передач с гидроуправлением тракторов марки «Кировец».

**Заключение.** Таким образом, в ходе исследования основных трибологических свойств МРСК, содержащих рапсовое масло, установлена эффективность их использования в связи со снижением термодинамических нагрузок поверхностей трения и их изнашивания ввиду защитных действий ПАВ смазочной композиции. Результаты трибологических исследований показали, что рациональной является МРСК, имеющая в своем составе 50% минерального масла М-10Г<sub>2</sub> и 50% рапсового масла.

#### Библиографический список

1. 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.
2. ГОСТ Р 53457-2009. Масло рапсовое. Технические условия. – Введ. 2011–01–01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 16 с.
3. ГОСТ 12337-84. Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия. – Введ. 1985–01–01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 12 с.

4. Петин, С. В. Повышение ресурса гидромеханических коробок передач улучшением трибологических параметров работы фрикционов : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Петин Сергей Викторович. – Самара, 2005. – 190 с.
5. ГОСТ Р 53228-2008. Весы неавтоматического действия. Ч. 1. Метрологические и технические требования. Испытания. – Введ. 2008–12–25. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. – 141 с.
6. ГОСТ Р 54071–2010. Весы неавтоматического действия. Ч. 2. Формы протоколов испытаний. – Введ. 2012–01–01. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. – 75 с.
7. Бухвалов, А. С. Повышение ресурса подшипников опорных катков гусеничных тракторов совершенствованием смазочной системы : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Бухвалов Артём Сергеевич. – Пенза, 2014. – 197 с.
8. Пат. № 2241555 Российская Федерация. Смазочная композиция / Едуков Д. А., Болдашев Г. И. – №2007121290/04 ; заявл. 06.06.2007 ; опубл. 20.12.2008, Бюл. 35. – 7 с.

УДК 621.436-224.2

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ГОЛОВКЕ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЯ**

**Черкашин Николай Александрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: SSAA\_Ingener@mail.ru

**Шигаева Виктория Владимировна**, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: SSAA\_Ingener@mail.ru

**Макарова Маргарита Павловна**, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: SSAA\_Ingener@mail.ru

**Дмитриев Григорий Николаевич**, магистрант кафедры «Надежность и ремонт машин», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8-а.

E-mail: SSAA\_Ingener@mail.ru

**Ключевые слова:** термическое, напряжение, деформация, усталость, трещина.

*Цель исследований – снижение термических деформаций в головке цилиндров дизеля путем определения степени влияния различных факторов, влияющих на их возникновение и развитие. Рассмотрено общее напряженное состояние головок блока цилиндров (ГБЦ). Определены и проанализированы его основные части. Основной фактор, вызывающий повреждение огневого днища ГБЦ – это термические напряжения, достигающие своего максимума в межклапанных перемычках. Появление этих напряжений вызвано действием высоких температур горения топлива и их большой неравномерностью распределения по поверхности и толщине огневого днища головки блока цилиндров. Разница температур в зоне межклапанных перемычек и периферии днища может достигать значительных величин. Причинами этого перепада температур являются конструктивные особенности, теплопроводность материала и способ охлаждения нагретых поверхностей. Наличие в этой детали температурных перепадов приведет к неодинаковым удлинениям различных частей огневого днища ГБЦ. Эти удлинения (деформации) вызывают соответствующие им термические напряжения сжатия. При малоцикловом термическом нагружении постепенно происходит релаксация термических напряжений при наличии уже образовавшейся остаточной деформации. Это приводит к появлению напряжения растяжения. Напряжения растяжения особенно опасны для серого чугуна из которого изготовлена головка блока цилиндров. Предел прочности этого материала на растяжение в несколько раз меньше, чем на сжатие. С каждым термоциклом напряжения растяжения будут возрастать, так как серый чугун обладает малой пластичностью. Остаточные деформации будут возрастать и в конечном итоге приведут к возникновению термоусталостных трещин. В результате проведенных теоретических исследований получена зависимость остаточных деформаций от различных факторов, определяющих долговечность ГБЦ. На основании этой зависимости, возможно определить направления дальнейших исследований по снижению термических напряжений и остаточных деформаций.*

Частым дефектом головок блока цилиндров дизеля являются термоусталостные трещины межклапанных перемычек. По различным данным этому дефекту подвергаются до 80% современных дизелей. Вследствие этого головка цилиндров меняется на новую до четырех раз за весь срок службы дизеля.

**Цель исследований** – снижение термических деформаций в головке цилиндров дизеля путем определения степени влияния различных факторов, влияющих на их возникновение и развитие.