

УДК 620.178.311

**СНИЖЕНИЕ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
МАШИН ВВЕДЕНИЕМ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩЕЙ ПРИСАДКИ**

Сергей Михайлович Гайдар

доктор технических наук, профессор

avtocon93@yandex.ru

Татьяна Ивановна Балькова

кандидат технических наук, доцент

balkova.ti@yandex.ru

Виталий Евгеньевич Коноплев

кандидат химических наук, доцент

vido0502@gmail.com

Анна Михайловна Пикина

ассистент

pikina@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет- Московская
сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева
г.Москва,Россия

Аннотация. Создана смазочная композиция, обладающая термоокислительной стабильностью и высокими антикоррозионными свойствами. Исследованы антифрикционные и противоизносные свойства присадки, установлено уменьшение износа деталей в узлах трения в 3,2-7,5 раз в диапазоне нормальной силы от 73,15 до 115,15 кгс. Присадка в составе моторного масла не ухудшает эксплуатационные показатели двигателя внутреннего сгорания: удельный расход топлива снизился на 3,15%, выбросы вредных веществ в отработавших газах двигателя за период испытаний

уменьшились на 1,5 - 4%. Повышение компрессии во всех цилиндрах в среднем на 0,275 кг/см² свидетельствует о росте мощности и КПД двигателя.

Ключевые слова: металлоплакирующая присадка, моторное масло, узлы трения, трибология.

Введение. Долговечность и эффективность использования сельскохозяйственной техники в большой степени зависит от физико-химических и эксплуатационных свойств применяемых смазочных материалов. Одним из способов снижения износа деталей подвижных сопряжений является добавление в масла медьсодержащих присадок, вызывающих формирование покрытия на стальных или чугунных деталях. Необходимо, чтобы металлоплакирующая присадка (МПП) обладала высокими противоизносными и антифрикционными свойствами, а также не ухудшала физико-химические свойства базового масла и эксплуатационные характеристики силовой установки.

Авторами разработана и синтезирована медьсодержащая смазочная композиция, представляющая собой неионогенное ПАВ[9]. По результатам трибологических испытаний выбран оптимальный состав. Установлено, что термоокислительная стабильность и антикоррозионные свойства смазочной композиции не ниже, чем у базового масла.

Цель исследований – оценить влияние смазочной композиции на износ и эксплуатационные характеристики силовой установки.

Материал и методы. В качестве смазочной композиции было использовано моторное масло Лукойл Genesis 5W-30 и металлоплакирующая присадка. Базовое моторное масло применено как контрольный образец.

Оценка трибологических свойств присадки произведена на роликовой испытательной установке, предусматривающей синхронное измерение скорости изнашивания и момента сил трения в течение всего опыта без разъединения зоны трения. Зона трения (испытательный контакт) образована циклическими поверхностями ролика Ст. 45 HRC50 с $R=35,0\pm 0,1$ мм и колодки с $R=35,0\pm 0,1$ мм и габаритами (в плане) – 2,01 мм (вдоль скольжения) и 7,27 мм (поперек скольжения), площадь зоны трения $S = 0,1461$ см². Ряд нормальных сил (P): 73,15; 94,15; 115,15 кгс определен экспериментально из условия гарантированного отсутствия признаков заедания.

Частота вращения вала – 100 об/мин (линейная скорость – 0,37 м/сек) выбирается экспериментально из условия гарантированного отсутствия гидродинамического режима смазки. В отдельных опытах испытания проводили при $n= 50$ и 150 об/мин, при которых также удовлетворялось условие отсутствия полного разделения трущихся поверхностей сплошной гидродинамической смазочной пленкой.

Определение влияния МПП на характеристики двигателя транспортного средства проводили на моторном динамометрическом стенде с использованием двигателя ВАЗ. Применяли товарный бензин АИ-95-К5. Последовательность и режимы цикла представлены в таблице 1.

Таблица 1

Цикл и режимы испытания двигателя

	Время на режиме, мин	Частота вращения коленчатого вала, 1/мин	Крутящий момент, Н·м
1	4	750 - холостой ход	0
2	11	2800	60
3	11	4200	90
4	4	5000	Max
5	4	750 - холостой ход	0
6	11	5000	90
7	11	3800	Max
8	4	750 - холостой ход	0
	Итого 60 мин.		

Исследования состояли из трех этапов:

1. Испытания двигателя без антифрикционной присадки. Нарботка двигателя в объеме 10 циклов (цикл испытаний представлен в таблице 1).
2. Замена масла на новое, добавление антифрикционной присадки. Нарботка двигателя в объеме 48 циклов (50 часов).
3. Нарботка двигателя в объеме 96 циклов (100 часов).

Оценка влияния присадки на показатели двигателя проводили с использованием следующих параметров:

- приведенный крутящий момент (M_k), Н·м;
- приведённая мощность двигателя (N_e), кВт;

- расход топлива (G_t), кг/ч;
- средний эффективный расход топлива за цикл;
- удельный эффективный расход топлива, (g_e), определённый как среднее арифметическое расходов $g_{цикл}$ за каждый цикл испытаний, г /кВт·ч;
- концентрации вредных веществ в отработавших газах (CO , HC , NO_x , CO_2), приведенные к нормальным условиям по влажности и температуре окружающего воздуха, ($C_{wet,x}$), измеренные на контрольных режимах цикла ;

Для исключения влияния случайного характера измеренных параметров через каждые 6 циклов по результатам измерений определяются статистические оценочные показатели двигателя. В качестве статистических оценочных показателей принимаются следующие параметры:

- среднее значение эффективного расхода топлива за 6 циклов;
- среднее квадратичное отклонение эффективного расхода топлива за цикл;
- среднее значение концентраций оксида углерода (CO), углеводородов (CH) и оксидов азота (NO_x) в отработанных газах за 6 циклов;
- средние квадратичные отклонения концентраций оксида углерода (CO), углеводородов (CH) и оксидов азота (NO_x) в отработанных газах за цикл.

Результаты испытаний.

Результаты трибологических испытаний представлены на рис.1.

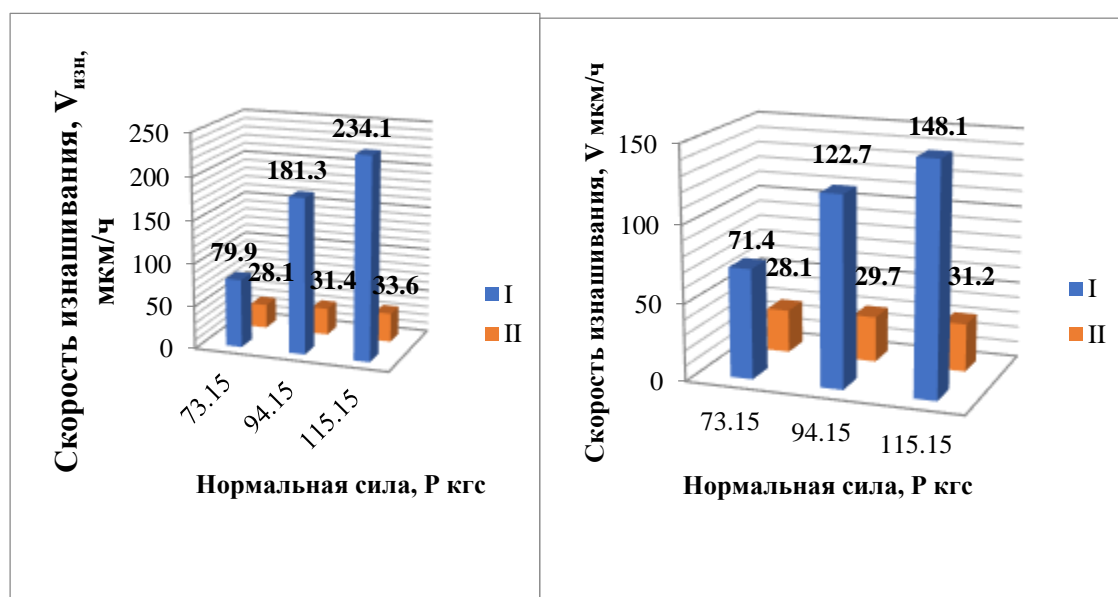


Рисунок 1 - Зависимость скорости изнашивания колодки от величины нормальной силы при температуре смазочной среды 40°C (а) и 105°C (б): I - контрольный образец, II- смазочная композиция.

Результаты эксперимента показали значительное влияние металлоплакирующей присадки на интенсивность износа в диапазоне нормальной силы от 73,15 до 115,15 кгс при различных температурах, причем износ не увеличивается при увеличении нормальной нагрузки, что нельзя сказать о контрольном образце. Максимальное значение уменьшения износа за счет применения МПП составило 7,5 раз.

Влияние МПП на показатели двигателя после наработки 5, 50, 100 часов можно оценить по данным, приведенным в таблицах 2-3.

Таблица 2

Изменение показателей двигателя при работе с полностью открытым дросселем на внешней скоростной характеристике.

Время испытаний	$M_k, \text{Н}\cdot\text{м}$ (4200 мин ⁻¹)	$N_e, \text{кВт}$ (5800 мин ⁻¹)	$G_t, \text{кг/ч}$	$g_e,$ г/кВт·ч
До испытаний присадки	148,5	77,6	22,72	304,6
После 5 ч.	147,9	78,0	22,70	302,0
После 50 ч.	148,5	78,2	22,50	298,0
После 100 ч	149,0	78,8	22,0	295,0

Крутящий момент (M_k) после добавления присадки в среднем увеличился на 0,33%, мощность (N_e) на 1,5%, удельный расход топлива (g_e) снизился на 3,15%.

Таблица 3

Изменение содержания CO, CH, NO_x в отработавших газах на режиме $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$ и

$$M_k = 60 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Время, ч	Без присадки	После 5 ч.	После 50 ч.	После 100 ч.
Концентрации после нейтрализатора				
CO, %	0,825±0,120	0,865±0,120	0,876±0,120	0,915±0,120
CH, млн ⁻¹	471±30,0	470±30,0	480±30,0	490±30,0
NO _x , млн ⁻¹	300±15,0	280±15,0	281±15,0	286±15,0

Выбросы вредных веществ в отработавших газах двигателя за период испытаний изменились незначительно: CO - 1,4%; CH - 1,5%; NO_x- 4%.

Двигатель работал устойчиво, его параметры оставались стабильными на протяжении практически всего периода испытаний. При осмотре двигателя после испытаний в течение 100 ч на бензине установлено, что дефекты (задиры, надиры, царапины и др.) на деталях отсутствуют. Поршни и кольца работоспособны, кольца свободны. Общая загрязненность двигателей (поддон, головка и др.) отложениями нагаров, лаков и шламов, одинакова с аналогичными явлениями при применении базового масла.

Выводы

1. Лабораторные испытания показали уменьшение износа деталей в узлах трения в 3,2-7,5 раз в диапазоне нормальной силы от 73,15 до 115,15 кгс при применении металлоплакирующей присадки.

2. Применение МПП в составе моторного масла не ухудшили эксплуатационные показатели ДВС:

- крутящий момент увеличился на 0,33%
- удельный расход топлива снизился на 3,15%
- выбросы вредных веществ в отработавших газах двигателя за период испытаний уменьшились: СО-1,4%; СН-1,5%; NO_x - 4%.

3. Оценка состояния деталей двигателя показала отсутствие отрицательного влияния на загрязненность двигателя (отложение нагаров, лаков и шлаков).

Список литературы:

1. Гаркунов, Д.Н. Триботехника. М.: Машиностроение. 1985. 424с.
2. Гвоздев А.А., Дунаев А.В. Способ уменьшения износа деталей машин и оборудования пат. 2734366С1 РФ // 15.10.2020 Бюл.№29 .
3. Гайдар С.М., Голубев, Балькова Т.И., Наджи Наджм, Абдулхазра Фархун. Разработка металлоплакирующей присадки для деталей узлов трения сельскохозяйственных машин//Техника и оборудование для села. 2021. №11, с.26-28.

UDC 620.178.311

**REDUCING THE WEAR OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS
BY INTRODUCING A METAL-COATING ADDITIVE**

Sergey M. Gaidar

Doctor of Technical Sciences, Professor

avtocon93@yandex.ru

Tatiana I. Bal'kova

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

balkova.ti@yandex.ru

Vitaly E. Konoplev

vido0502@gmail.com

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Anna M. Pikina

assistant

pikina@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named

after K.A. Timiryazev

Moscow, Russia

Abstract. A lubricating composition with thermo-oxidative stability and high anticorrosive properties has been created. The antifriction and anti-wear properties of the additive were investigated, a decrease in the wear of parts in friction units by 3.2-7.5 times in the range of normal force from 73.15 to 115.15 kgf was found. The additive in the engine oil does not worsen the performance of the internal combustion engine: specific fuel consumption decreased by 3.15%, emissions of harmful substances in the exhaust gases of the engine decreased by 1.5 - 4% during the test period. An increase in compression in all cylinders by an average of 0.275 kg / cm² indicates an increase in engine power and efficiency.

Keywords: metal-coating additive, engine oil, friction units, tribology.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.