УДК 621.892 621.43.068.4
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-47-3-17-23
И.Д. Гафуров, И.Т. Бакиев, К.В. Костарев

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЮ ТРАНСМИССИОННО-ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Ключевые слова: *масло трансмиссионно-гидравлическое; эксплуатационные испытания; показатели качества масел; зерноуборочные комбайны; самоходные косилки.*

Введение. В настоящее время в гидростатических трансмиссиях (ГСТ) самоходных косилок типа Мак Дон 9352 используется универсальное трансмиссионно-гидравлическое масло Fuchs Titan UTTO J20C, новое обозначение AGRIFARM UTTO MP (далее также – масло Titan), а в ГСТ зерноуборочных комбайнов Джон Дир – масло John Deere HY-GARD SAE 10W-30 (далее – HY-GARD). Отечественное трансмиссионно-гидравлическое масло ЛУКОЙЛ Версо класса SAE 10W-30 API GL-4 (далее – масло Версо) предлагается производителем для использования в ГСТ импортной мобильной

техники. Основные показатели указанных масел представлены в таблице 1.

В соответствии с решением Научно-технического совета Министерства сельского хозяйства Республики Башкортостан нами в течение трех лет проводились сравнительные эксплуатационные испытания трансмиссионно-гидравлических масел Версо, Titan и HY-GARD.

Цель испытаний – оценка возможности использования отечественного трансмиссионно-гидравлического масла в порядке импортозамещения в гидростатических трансмиссиях импортной самоходной сельскохозяйственной техники.

Этапы и методика испытаний. Для реализации цели были запланированы следующие этапы работы: подготовка объектов испытаний; инструктаж операторов мобильной техники и менеджеров; отбор проб свежих масел; заправка систем гидростатических трансмиссий сравниваемыми маслами; инструментальный и визуальный контроль состояния узлов и агрегатов ГСТ; контроль за работой техники в течение уборочного сезона; отбор и анализ проб масел, оценка состояния ГСТ по окончании сезона.

Испытания проводились в Аургазинском отделении Кармаскалинского филиала и Туймазинском филиале ГУСП МТС «Центральная», а также в ОАО «Зирганская МТС» (таблица 2).

Параметры, подлежащие контролю при испытаниях, приведены в таблице 3.

На каждую единицу испытуемой техники были оформлены карты учета, подготовлены ведомости отбора проб масел. Пробы моторных масел отбирались совместно представителями ООО «Спутник Альянс» Башкирского ГАУ и ООО «Автовектор», представлялись для проведения анализа в Испытательный центр ООО «Уральский региональный центр технической экспертизы и диагностики» (г. Екатеринбург) и Экспертно-аналитическую лабораторию ООО ЛЛК-Интернешнл (г. Тюмень). Отдельные показатели качества масел в порядке общего контроля определялись в лаборатории топлива и смазочных материалов Башкирского ГАУ.

Таблица 1 Типовые показатели трансмиссионно-гидравлических масел

Показатель	Titan	HY-GARD	Версо
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	9,3	9,3	10,3
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	56	56	Нет данных
Индекс вязкости, не менее	147	147	134
Щелочное число, мг КОН, не менее	Нет данных	Нет данных	8,2
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С	230	230	225
Температура застывания, °С	–42	–57	–48
Плотность при 15 °С, кг/м ³	880	880	870

Таблица 2 Объекты испытаний – уборочная техника, трансмиссионно-гидравлические масла

Марка самоходных косилок и комбайнов	Гос. номер	Наработка, мото-ч		Марка масла	Предприятие
		на начало сезона (масло/агрегат)	за сезон (масло)		
Мак Дон М 150	75–48	0/2410	–	Titan Cargo MC 10W-40, в процессе испытаний заменено на Версо	ГУСП МТС «Центральная»
Мак Дон М 150	09–78	0/нет данных	249	Версо	
Мак Дон 9352	62–29	794/5575	562	Версо, в процессе испытаний долил 30 л Titan	
	41–25	0/3811	587	Версо	
Джон Дир 9560	61–94	1500*/6000*	410	Hy-Gard	ОАО «Зирганская МТС»
	61–88	1205/4645	563	Версо	

* – ориентировочно. *Курсивом* выделены данные машин, работавших на маслах Версо второй и третий сезоны.

Таблица 3 Перечень показателей масел, подлежащих контролю в процессе испытаний

Контролируемый параметр	Процесс, характеризующий параметром
1. Кинематическая вязкость	Срабатывание загущающих присадок, накопление продуктов окисления, испарение легких фракций
2. Индекс вязкости	Срабатывание загущающих присадок, изменение свойств базовых компонентов масла
3. Кислотное число	Попадание в масло загрязнений неорганического и органического происхождения, окисление масла
4. Содержание воды	Попадание воды в масло
5. Массовая доля механических загрязнений	Наличие в масле продуктов износа, окисления, пыли
6. Содержание элементов присадок	Срабатывание присадок
7. Содержание элементов износа	Износ деталей ГСТ

Анализ динамики свойств масел в процессе испытаний.

Вязкостные свойства. Вязкость является важнейшей характеристикой рабочей жидкости гидравлических систем [1–3]. На рисунках 1–3 показано изменение вязкостных свойств испытуемых масел в течение двух сезонов.

Следует отметить, что в специальной литературе практически отсутствуют сведения о допустимом снижении высокотемпературной вязкости трансмиссионно-гидравлических масел. На рисунках 2 и 3 в качестве минимально допустимого значения вязкости принято 7 сСт в соответствии с рекомендациями [4].

Рисунок 1

Значения вязкости трансмиссионно-гидравлических масел при 40 °C

Рисунок 2

Изменение высокотемпературной кинематической вязкости масла ЛУКОЙЛ Версо

Рисунок 3

Изменение высокотемпературной кинематической вязкости масла Titan

Анализ показал следующее. Вязкость при 40 °C у сравниваемых масел Версо и Titan выше 46 сСт, рекомендованных изготовителями для гидростатических трансмиссий Мак Дон 9352 и Джон Дир. При этом вязкость свежего масла Версо несколько выше, чем у Titan. В процессе работы вязкость указанных масел длительное время (1500 мото-ч и более) остается в пределах 50...60 сСт. Аналогичный показатель масла Hy-Gard, работавшего более 1500 мото-ч, находится в районе требуемых 46 сСт. При рабочих температурах масло должно иметь такую вязкость, при которой хорошие смазывающие качества сочетаются с минимальными потерями энергии [4]. При использовании трансмиссионно-гидравлических масел малой вязкости увеличива-

ются внешние и внутренние утечки. С другой стороны, чем выше вязкость масла, тем больше потери энергии при работе гидропривода. По данным специалистов ООО «Гидросила» (г. Уфа), некоторое увеличение вязкости масла благоприятно сказывается на эффективности работы и снижает износ деталей ГСТ, имеющих значительную наработку. С учетом этого отмечаем, что вязкость масел Версо и Titan при 40 °C обеспечивает эффективную работу гидростатических трансмиссий.

Вязкость при 100 °C у свежих масел Версо и Titan примерно одинакова и соответствует установленным значениям для класса SAE 10W-30 (9,3...12,5 сСт). Индекс вязкости масел сопоставим и остается достаточно высоким до нара-

ботки 1500...1700 мото-ч, что обеспечивает нормальную работу ГСТ при низких температурах окружающей среды.

Важно отметить, что в процессе эксплуатации кинематическая вязкость масел снижается, что предположительно обусловлено деструкцией загущающих присадок при высоких сдвиговых нагрузках. Высокотемпературная вязкость сравниваемых масел, от которой зависит интенсивность изнашивания деталей ГСТ, остается в допустимых пределах у всех сравниваемых масел в течение одного-двух сезонов работы уборочной техники (до 1500 мото-ч и более), однако может достигнуть минимальных значений в течение последующих сезонов. Это предопределяет необходимость замены масла в ГСТ в начале каждого сезона, в крайнем случае – один раз в два сезона.

Кислотное число. В процессе эксплуатации масла могут окисляться под воздействием тепла в присутствии воздуха, воды и некоторых металлов, действующих как катализаторы (например, медь). Степень окисления масла и попадание в него загрязнений неорганического и органического происхождения в процессе эксплуатации можно оценить по изменению его кислотного числа. Кислотное число гидравлического масла увеличивается в результате старения, перегрева или окисления. Образовавшиеся продукты старения могут агрессивно действовать на насосы, гидромоторы и подшипники гидропривода. Поэтому кислотное число является особо важным критерием оценки состояния гидравлической жидкости [2, 5, 6]. Кислотное число масла Titan не определялось, данные по маслу Версо приведены на рисунке 4.

Рисунок 4
Значения кислотного числа масла ЛУКОЙЛ Версо в ГСТ разных машин

По данным ООО «Международный испытательный центр по горюче-смазочным материалам», критическим для минеральных масел гидросистем является превышение кислотного числа на 1 мг КОН/г по сравнению с показателем для свежего масла. Из рисунка следует, что увеличения кислотного числа, т. е. накопления продуктов окисления в масле Версо, в процессе эксплуатации не происходит. Это подтверждает его высокие антиокислительные свойства.

Обводнение масел. В составе гидравлических масел крайне нежелательно наличие воды. Вследствие весьма малых зазоров рабочих пар гидросистем (особенно оснащенных аксиально-поршневыми механизмами) может произойти не только износ элементов гидрооборудования, но и заклинивание деталей. Даже незначительное количество (0,05–0,1 %) воды отрицательно влияет на работу гидросистем. Вода, попадающая в гидросистему с маслом или в процессе эксплуатации, ускоряет процесс окисления масла, вызывает гидролиз гидролитически неустойчивых компонентов масла (в частности, присадок – солей металлов). Продукты гидролиза присадок

вызывают электрохимическую коррозию металлов гидросистемы. Вода способствует образованию шлама неорганического и органического происхождения, который забивает фильтр и зазоры оборудования, нарушая работу гидросистемы [2].

На рисунке 5 и в таблице 4 приведены данные о содержании воды в маслах Версо и Нугард в ГСТ испытываемых машин, полученные разными лабораториями в разные годы. Аналогичный показатель масла Titan не определялся.

Прежде всего, следует отметить отсутствие единого критериального показателя наличия воды в гидравлических маслах. В качестве предельно допустимого предлагаются значения от 0,05 % до 0,2 % [2–4, 6]. Данные таблицы 4 подтверждают вывод об увеличении обводненности масел при зимнем хранении, но противоречат выводу о накоплении воды в процессе интенсивной эксплуатации машины в сезоне, что следует из рисунка 5.

Обсуждение таких противоречивых результатов со специалистами ООО «Гидросила» (А.Ф. Гурьянов) позволяет отметить следующее:

1) в зимний период конденсация влаги происходит, в основном, на стенках гидробаков выше уровня масла; 2) слив масла из холодного гидробака не удаляет из него всю воду – она остается на стенках в виде суспензии; 3) после ввода техники в эксплуатацию в начале сезона конденсировавшаяся влага постепенно переходит в масло и циркулирует в ГСТ; 4) отдельные типы фильтров впитывают влагу (что приводит к снижению обводненности масла), но при этом очистительная способность самих фильтров значи-

тельно снижается; 5) при проведении испытаний не учитывался тип фильтров и не оценивалось содержание в них воды; в связи с этим разница в результатах обводненности масла в разные годы может быть обусловлена как разными типами применяемых фильтров, так и предельным насыщением фильтров влагой.

В процессе испытаний также были получены и проанализированы данные о срабатывании присадок, наличии в маслах продуктов износа и пыли.

Рисунок 5
Содержание воды в масле ЛУКОЙЛ Версо в ГСТ разных машин

Таблица 4 Наличие воды в гидротрансмиссионных маслах

Марка масла	Содержание воды, %		
	в свежем масле	в начале сезона (после зимнего хранения)	в конце сезона
Версо	менее 0,03	0,06	отсутствие
Hy-Gard	нет данных	0,06	отсутствие

Выводы.

1. Начальная кинематическая вязкость при 40 °С у масел Titan и Версо несколько выше 46 сСт, рекомендованных производителями испытуемой техники, и остается в пределах 50... 60 сСт длительное время (1500 мото-ч и более), однако это положительно сказывается на показателях гидростатических трансмиссий, имеющих существенную наработку.

2. Высокотемпературная кинематическая вязкость (при 100 °С), от которой зависит интенсивность изнашивания деталей ГСТ, в течение одного-двух сезонов работы уборочной техники (до 1500 мото-ч и более) остается в допустимых пределах у обоих масел, однако может достигнуть предельных значений в последующем.

3. Кислотное число масла Версо в процессе эксплуатации не возрастает, т. е. масло обладает достаточным запасом антиокислительных свойств.

4. Содержание основных присадок в масле Версо также остается на необходимом уровне в течение одного-двух сезонов. Лишь содержание цинка в двух случаях из семи снизилось существенно в течение сезона, что, предположи-

тельно, связано с техническим состоянием агрегатов гидротрансмиссий испытуемых машин.

5. В масле Версо концентрация меди и железа в течение двух сезонов была ниже установленных пределов, т. е. темп изнашивания медьсодержащих и стальных деталей ГСТ был незначительным, естественным.

6. Концентрация свинца в маслах Версо, работавших в ГСТ комбайнов Джон Дир 9560 и самоходных косилок Мак Дон 9352, находится в допустимых пределах. Данные по косилке Мак Дон M150 о наличии свинца в этом масле неоднозначны.

7. При зимнем хранении уборочной техники происходит накопление значительного количества влаги в маслах гидросистемы и гидропривода, что приводит к повышенному износу деталей, особенно содержащих медь.

Рекомендации.

1. Трансмиссионно-гидравлическое масло ЛУКОЙЛ Версо SAE 10W-30 GL-4 рекомендуется взамен импортных масел аналогичного класса в качестве рабочей жидкости гидростатических трансмиссий при условии соответствия его спецификаций требованиям производителей

машин. Требуемый уровень эксплуатационных свойств масла Версо сохраняется до 1500 мото-ч.

2. При эксплуатации рабочих жидкостей гидростатических трансмиссий и гидросистем необходимо учитывать, что их длительное (более 1500 мото-ч) использование без замены приводит к существенному снижению вязкости, накоплению механических загрязнений и влаги, содержание которой резко возрастает в период зимнего хранения техники. Это может повлечь ускоренный износ деталей, особенно содержащих медь.

3. Если в начале следующего сезона не предполагается замена масла в ГСТ, то перед зимним хранением гидробаки должны быть заполнены; следует также обеспечить их герметичность.

4. Если в начале сезона производится замена масла в ГСТ, то перед сливом работавшего масла необходимо некоторое время поработать на нем, чтобы конденсат перешел в масло и осел на фильтрующих элементах; лишь после этого слить масло и заменить фильтр.

Библиографический список

1. Кузнецов, А.В. Топливо и смазочные материалы [Текст] / А.В. Кузнецов. М.: КолосС, 2005. 199 с.

2. Топлива и смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение [Текст]: справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др. М.: Техинформ, 1999. 596 с.: ил.

3. Остриков, В.В. Топливо и смазочные материалы [Текст] / В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, И.Д. Гафуров. Уфа: Башкирский ГАУ, 2006. 292 с.

4. Маслов, Р. Физические свойства гидравлических масел и их влияние на эксплуатационные характеристики [Электронный ресурс] / Р. Маслов. Режим доступа: <http://www.expert-oil.com/articles/Fizicheskie-svoistva-gidravlicheskih-masel.html>.

5. АВТООБОЗ (Автомобильное обозрение) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://autooboz.info>.

6. Краткое описание методов исследования масел [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.polarislab.ru>.

Сведения об авторах

1. **Гафуров Ильдар Данилович**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и МТК, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: 8 (347) 2-52-57-93, e-mail: gafurov62@mail.ru.

2. **Бакиев Илшат Талгатович**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и МТК, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: 8 (347) 2-52-57-93, e-mail: bakievic@mail.ru.

3. **Костарев Константин Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и МТК, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: 8 (347) 2-28-32-13, e-mail: tia_bgau@mail.ru.

В статье представлены методика и результаты сравнительных эксплуатационных испытаний отечественных и импортных трансмиссионно-гидравлических масел, приведен анализ

динамики основных свойств масел, изложены рекомендации по импортозамещению и особенностям эксплуатации.

I. Gafurov, I. Bakiev, K. Kostarev

METHODOLOGY AND RESULTS OF TESTING ON IMPORT SUBSTITUTION OF TRANSMISSION-HYDRAULIC OILS

Key words: *transmission and hydraulic oil; operational tests; oil quality indicators; combine harvesters; self-propelled mowers.*

Authors' personal details

1. **Gafurov Ildar**, Candidate of technical sciences, associate professor of the Cars and Machine and Tractor Fleet department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letia Octiabria St., 34, phone: 8 (347) 2-52-57-93, e-mail: gafurov62@mail.ru.

2. **Bakiyev Ilshat**, Candidate of technical sciences, associate professor of the Cars and Machine and Tractor Fleet department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letia Octiabria St., 34, phone: 8 (347) 2-52-57-93, e-mail: bitevric@mail.ru.

3. **Kostarev Konstantin**, Candidate of technical sciences, head of the Cars and Machine and Tractor Fleet department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letia Octiabria St., 34, phone: 8 (347) 2-28-32-13, e-mail: tia_bgau@mail.ru.

The article presents a methodology and results of operational tests of domestic and foreign transmission and hydraulic oils. There is a dynamics

analysis of the main oil properties, recommendations on import substitution and operation features.

© Гафуров И.Д., Бакиев И.Т., Костарев К.В.

для слюк (сухого остатка) на теплоэнергетическом оборудовании. Средний расход топлива – 0,15 л/ч.