

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИФТОРИРОВАННЫХ СПИРТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Сердобинцев Ю.П., Кулиев Р.Ш., Савин В.Н.

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия (400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), e-mail: romankuliev@yandex.ru

Проведены эксперименты по исследованию влияния введения полифторированного спирта (ПФС2) в состав трансмиссионного масла TM5-80W-90. При содержании в трансмиссионном масле полифторированного спирта с массовой концентрацией 1% вязкость снизилась на 15%, что положительно влияет на работу механических трансмиссий в условиях низких температур. Проведенные испытания на трение и изнашивание образцов по схеме «ролик–колодка» на машине трения СМТ-1 показали, что использование в качестве смазочного материала модифицированного трансмиссионного масла снижает коэффициент трения образцов, температуру в зоне контакта, а также весовой и линейный износ колодки. Результаты испытаний свидетельствуют о перспективе применения модифицированного полифторированным спиртом (ПФС2) трансмиссионного масла TM5-80W-90 для повышения триботехнических свойств механических трансмиссий.

Ключевые слова: механические трансмиссии, полифторированный спирт, трансмиссионное масло, вязкость, трение, износ.

USE OF POLYFLUORINATED ALCOHOLS FOR IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF MECHANICAL TRANSMISSIONS UNDER CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES

Serdobintsev Yu. P., Kuliev R. Sh., Savin V.N.

FSBEI HPE Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia (400005, Volgograd, Lenin Avenue 28), e-mail: romankuliev@yandex.ru

The experiments to investigate influence of infusion of polyfluorinated alcohol (PFA2) into compound of transmission oil TM5-80W-90 have been carried out. At content of polyfluorinated alcohol with mass concentration of 1% in transmission oil viscosity has descended by 15% what influences positively on work of mechanical transmissions under conditions of low temperatures. The conducted tests on friction and wear by scheme «roller-shoe» on the friction machine SFM-1 have showed that use of modified transmission oil as lubricant reduces friction coefficient of patterns, temperature in contact zone as well as gravimetric and linear wear of shoe. The results of tests attest to perspective of use of transmission oil TM5-80W-90 modified by polyfluorinated alcohol (PFA2) for improvement of tribotechnical properties of mechanical transmissions.

Key words: mechanical transmissions, polyfluorinated alcohol, transmission oil, viscosity, friction, wear.

Освоение углеводородных запасов в Арктике является одним из перспективных путей увеличения добычи нефти и газа. По оценкам Геологической службы США, в зоне Северного Ледовитого океана находится до 23% мировых запасов углеводородов: потенциальные запасы нефти составляют 90 млрд баррелей, газа – 47,3 трлн м³, газового конденсата – 44 млрд баррелей [1]. На освоение природных ресурсов Арктики накладываются ограничения её экстремальные климатические условия: низкий температурный фон, мощный постоянный и сезонный ледовый покров на акваториях, вечная мерзлота на суше.

Буровое оборудование содержит механические трансмиссии. При работе в условиях низких температур значительно увеличивается вязкость трансмиссионного масла, что приводит к росту внутренних сопротивлений и, следовательно, к снижению коэффициента

полезного действия привода всей машины [4]. Повышенная вязкость трансмиссионных масел вызывает потерю до 50% мощности на преодоление внутренних сопротивлений в передачах, перегрузку и повышенный износ элементов механических трансмиссий [5]. Известны несколько способов снижения вязкости смазывающего вещества. Одним из возможных решений является подогрев трансмиссионного масла. Но этот способ вызывает ряд сложностей, так как конструкция подогревателей не всегда позволяет устанавливать их в любом положении и в любом месте. Поэтому актуальным является применение химических реагентов, которые позволяют поддерживать вязкость трансмиссионных масел на требуемом уровне в условиях отрицательных температур. Зав. кафедрой органической химии ВолгГТУ профессор, д.х.н. Рахимов А.И. предложил применить в качестве присадок полифторированные спирты, которые использовались для снижения температуры замерзания воды.

Было исследовано влияние модифицирования полифторированным спиртом $H(CF_2CF_2)_nCH_2OH$ (ПФС2) трансмиссионного масла ТМ5-80W-90 и проведены эксперименты по измерению вязкости на капиллярном вискозиметре ВПЖ-1 при температуре 22 °С. Проведенные эксперименты показали, что при содержании в трансмиссионном масле полифторированного спирта с массовой концентрацией 1% вязкость снизилась на 15%.

Испытания на трение и изнашивание образцов по схеме «ролик–колодка» (рис. 1) проведены на машине трения СМТ-1 (рис. 2) на кафедре «Детали машин и ПТУ» ВолгГТУ (зав. кафедрой профессор, д.т.н. Матлин М.М.).

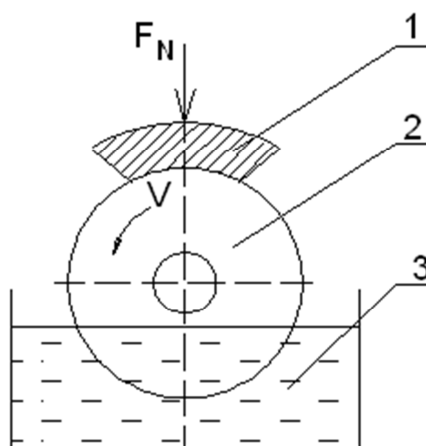


Рис. 1. Схема испытаний на трение и изнашивание:
1 – колодка; 2-ролик; 3-смазывающая жидкость.

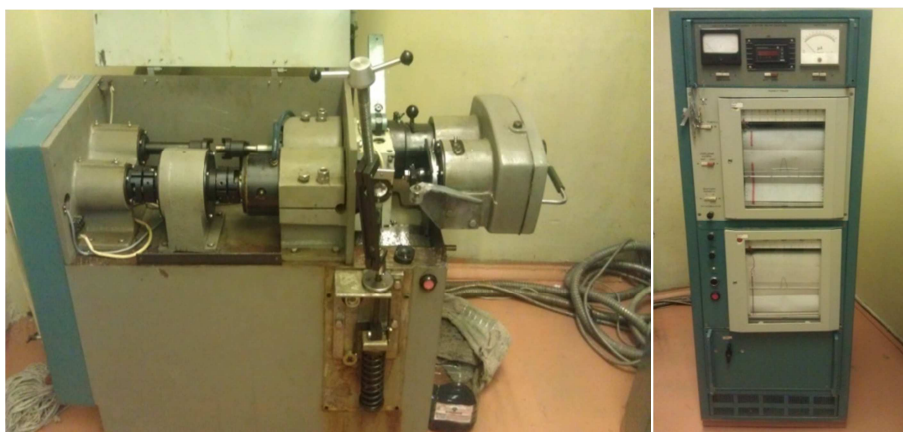


Рис. 2. Испытательная машина трения СМТ-1.

Параметры образцов для машины трения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры образцов

Материал образцов	Внешний диаметр D, мм	Внутренний диаметр d, мм	Ширина B, мм	Площадь контакта S, мм ²	Твердость	Исходная шероховатость Ra, мкм
Ролик Сталь 45 ГОСТ 1050-88	50	16	12	200	HRC 18	0,24
Колодка Бронза БрОЦС 6- 6-3 ГОСТ 613-79	60	50	10	200	НВ 45 кг/мм ²	0,95

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем: стальной ролик устанавливался на шпиндель машины трения, колодка закреплялась с помощью винтов в державке. Радиальное биение ролика не превышало 10 мкм. Пара трения ролик–колодка (рис. 1) находилась в резервуаре со смазочным материалом. Коэффициент трения определялся по измерению момента трения, который регистрировался с помощью индуктивного датчика, встроенного в кинематическую схему машины. Температура в зоне контакта образцов измерялась с помощью хромель-алюмелевой термопары, которая устанавливалась в просверленном отверстии колодки диаметром 1,2 мм на глубине 1 мм от поверхности трения. Испытания проводились при частоте вращения 1400 об/мин и номинальном давлении $P_{ном}=17,5$ МПа. Интенсивность изнашивания определялась методом искусственных баз, которые наносились твердомером ТК-2. Для снижения погрешности

измерения вспучивание материала вокруг углубления сферической формы сошлифовывалось и контролировалось металлографическим микроскопом МИМ-7.

Весовой износ регистрировался на аналитических весах ВЛА-200 с погрешностью, равной 0,0001 г. В качестве смазочного материала последовательно использовались трансмиссионное масло ТМ5-80W-90 и трансмиссионное масло, модифицированное полифторированным спиртом (ПФС2) с массовой концентрацией 1%.

По результатам испытаний построены графики изменения момента трения и температуры в зоне контакта на пути трения 14000 м, что соответствует 1,5 ч работы машины трения при угловой скорости 1400 об/мин (рис. 3, 4).

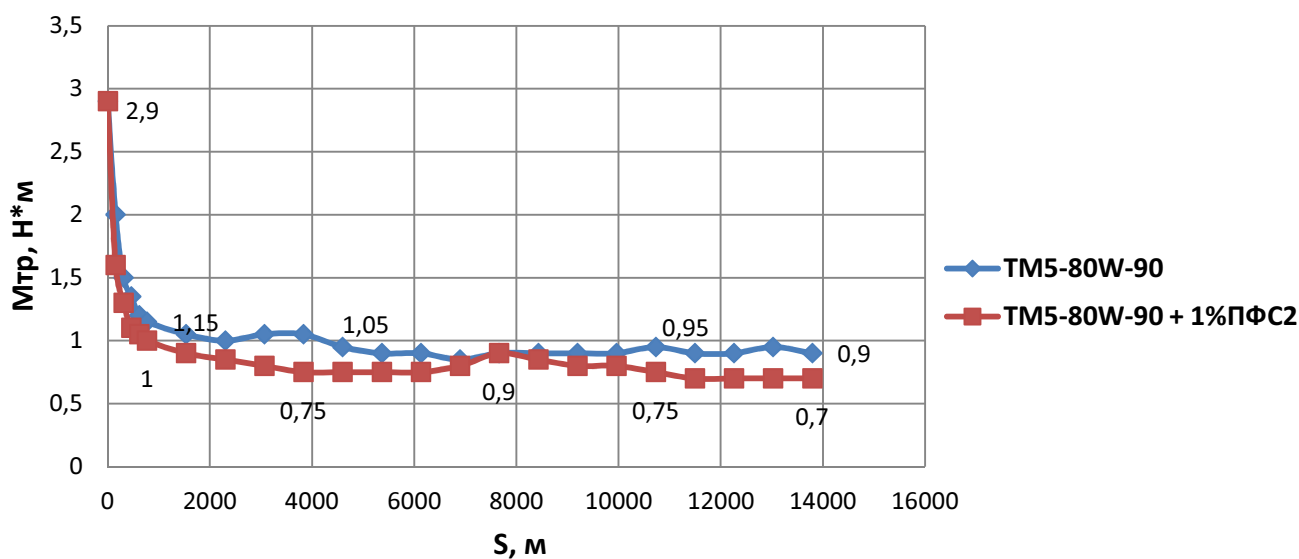


Рис. 3. График изменения момента трения (Мтр) на пути трения (S) 14000 м.

По рис. 3 можно установить период приработки и период, соответствующий установившемуся износу. На пути трения от 0 до 1000 м кривые практически совпадают. Это свидетельствует о том, что пары трения, смазываемые трансмиссионным маслом ТМ5-80W-90 и трансмиссионным маслом с полифторированным спиртом, имеют приблизительно одинаковый период приработки. На пути трения от 1000 до 14 000 м, соответствующему установившемуся износу, момент трения образцов, смазываемых трансмиссионным маслом с содержанием 1% полифторированного спирта, меньше, чем момент трения образцов, смазываемых трансмиссионным маслом ТМ5-80W-90, в среднем на 0,15-0,2 Н*м.

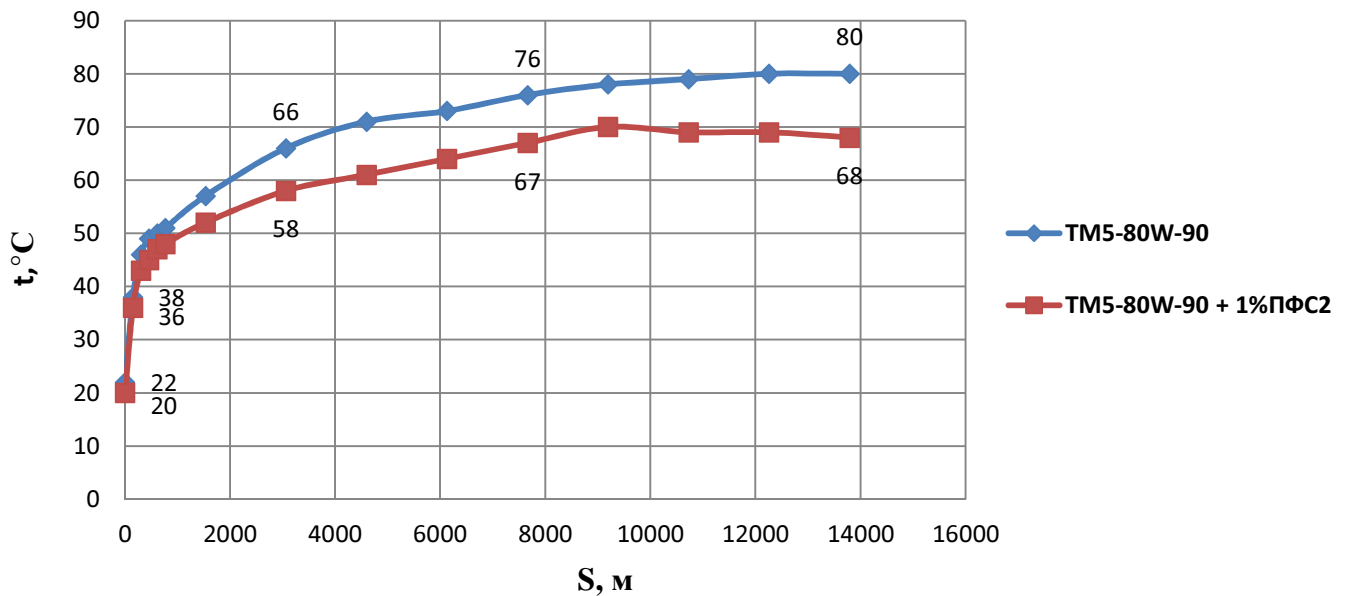


Рис. 4. График изменения температуры в зоне контакта (t) на пути трения (S) 14000 м.

В период приработки (от 0 до 1000 м) температура в зоне контакта ролика с колодкой при смазке трансмиссионным маслом TM5-80W-90 и трансмиссионным маслом, модифицированным полифторированным спиртом, практически одинакова. На пути трения от 1000 до 14 000 м температура в зоне контакта образцов, смазывающихся трансмиссионным маслом с содержанием 1% полифторированного спирта, заметно отличается от температуры в зоне контакта образцов, смазывающихся трансмиссионным маслом TM5-80W-90. Максимальная разница температур составляет 12 °С, что свидетельствует о хорошей смазочной способности трансмиссионного масла TM5-80W-90, модифицированного полифторированным спиртом.

Коэффициент трения скольжения ролика по колодке вычисляется по формуле:

$$M_{TP} = F_N * f_{TP} * R, \quad (1)$$

где M_{TP} – момент трения, Н*м;

F_N – сила прижатия ролика к колодке, Н;

f_{TP} – коэффициент трения скольжения;

R – радиус ролика, м.

Откуда $f_{TP} = \frac{M_{TP}}{F_N * R}$ (2)

После вычисления f_{TP} по формуле 2 построен график изменения коэффициента трения, представленный на рисунке 5.

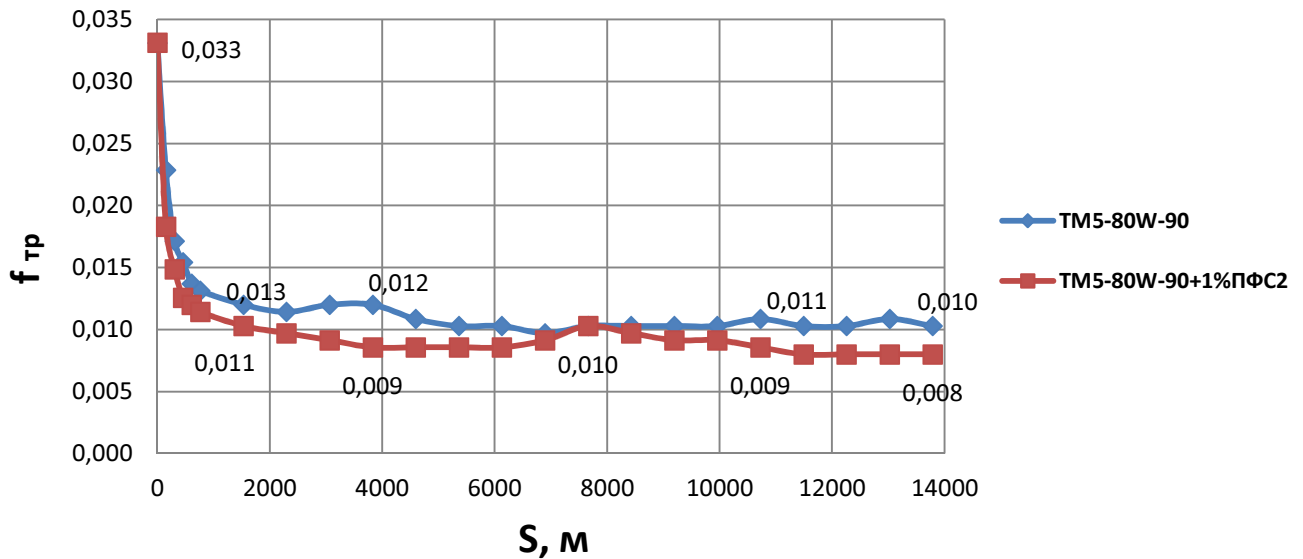


Рис. 5. Изменение коэффициента трения ($f_{гр}$) на пути трения (S) 14000 м.

Из рис. 5. можно заметить, что практически на всем пути трения коэффициент трения ролика по колодке при смазке трансмиссионным маслом с полифторированным спиртом меньше, чем коэффициент трения ролика по колодке при смазке трансмиссионным маслом TM5-80W-90 на 0,002.

Эти данные свидетельствуют о том, что введение в трансмиссионное масло полифторированного спирта с массовой концентрацией 1% позволяет несколько снизить трение в исследуемых образцах.

После испытаний на машине трения СМТ-1 были определены весовой и линейный износ бронзовых колодок, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Условия и результаты испытаний образцов на трение и износ по схеме «ролик–колодка» на машине трения СМТ-1

№ образца	Материал образцов	Номинальное давление, МПа	Путь трения L (км)	Масса образцов (г)				Глубина впадины (мкм)	
				До испытаний		После испытаний		До испытаний	После испытаний
				ролика	колодки	ролика	колодки	колодки	колодки
Трансмиссионное масло TM5-80W-90									
1	Ролик Сталь 45	17,5	14	166,3937	15,0000	166,3935	14,9262	15	11
1	Колодка Бронза Бр ОЦС 6-6--3								
Трансмиссионное масло TM5-80W-90 + 1%ПФС2									
2	Ролик Сталь 45	17,5	14	166,3961	15,0669	166,3959	15,0625	19	17

2	Колодка Бронза Бр ОЦС 6-6-3								
---	-----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Из таблицы 2 видно, что введение 1% полифторированного спирта (ПФС2) в состав трансмиссионного масла ТМ5-80W-90 снижает весовой износ колодки на 0,0694 г, линейный износ колодки уменьшается на 2 мкм.

Таким образом, использование в качестве присадки в трансмиссионное масло ТМ5-80W-90 полифторированного спирта (ПФС2) улучшает смазочную способность трансмиссионного масла и снижает трение и изнашивание образцов. Проведенные эксперименты свидетельствуют о перспективе применения модифицированного полифторированным спиртом трансмиссионного масла для повышения триботехнических свойств механических трансмиссий.

Список литературы

1. Кашин В. Арктическая кладовая // Ведомости. – 2008. – 25 июля. – № 137.
2. Методы испытания на трение и износ : справ. изд. / Л.И. Куксенова [и др.] – М. : «Интермет Инжиниринг», 2001. – 152 с.
3. Михин Н.М. Трение в условиях пластического контакта. – М. : Наука, 1968. – 104 с.
4. Сердобинцев Ю.П., Бурлаченко О.В., Схиртладзе А.Г. Повышение качества функционирования технологического оборудования : монография / Ю.П. Сердобинцев, О.В. Бурлаченко, А.Г. Схиртладзе; Волгоградский государственный технический университет – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 412 с.
5. СП 12-104-2002. Механизация строительства. Эксплуатация строительных машин в зимний период.

Рецензенты:

Бурлаченко О.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технологии строительного производства», проректор по учебной работе ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», г. Волгоград.

Перфилов В.А., д.т.н., доц., заведующий кафедрой «Нефтегазовые сооружения» ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», г. Волгоград.