

Ф.Н. Фазлиахметов², Т.И. Гильманов^{1,2}, А.Н. Абрамов², В.П. Головин²

¹Уфимский университет науки и технологий,

²Хозрасчётный творческий центр уфимского авиационного института,
г. Уфа, Россия, gilmanov-t@rosoil.ru

ПОВЫШЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАТНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация

В данной статье изучено влияние триботехнических свойств смазочного материала на износостойкость стального каната. Проведено экспериментальное исследование влияния противозадирной присадки в канатной смазке на эксплуатационные характеристики стальных канатов. Улучшение триботехнических характеристик смазочного материала позволили повысить износостойкость стальных канатов минимум на 5,8% и максимум на 67,5%. Полученные данные имеют практическое значение для разработки более эффективных смазочных материалов.

Ключевые слова: износостойкость, стальной канат, присадка, испытание.

Введение

Стальной канат является наиболее нагруженным и ответственным элементом многих современных машин и сооружений. От его состояния зависит не только надежность работы подъемных установок, но и безопасность людей, перемещаемых этими установками [1]. Канат – это неремонтопригодное и невосстанавливаемое изделие, у которого основным критерием пригодности к дальнейшей эксплуатации является запас прочности в наиболее изношенном участке по его длине. Долговечность канатов в значительной степени определяется правильностью их выбора, расчета и эксплуатации [2].

На износостойкость стального каната влияют множество факторов, такие как: материал каната, тип свивки, количество проволок, смазочный материал, условия эксплуатации, хранения и другие. Одной из основных задач ухода за стальными канатами в условиях их эксплуатации является предохранение его от механических и коррозионных повреждений, что достигается применением смазочных материалов.

Канатная смазка играет огромную роль в составе конструкции стального каната. Смазка уменьшает трение между стальным канатом и блоками при передвижении, а также отдельными элементами каната, защищает от воздействия влаги и внешних негативно воздействующих факторов, тем самым увеличивая срок службы стального каната. Общеизвестно, что срок службы стального каната, пропитанного смазочным материалом, может быть многократно больше, чем у канатов, эксплуатирующихся без смазочного материала. Для увеличения ресурса стальных канатов, их пропитывают смазочным материалом, в состав которого вводят различные функциональные присадки, такие как антикоррозионные, антифрикционные, противоизносные, противозадирные и т.п. [3-7].

В данной работе рассмотрено влияние противозадирной присадки на трибологические свойства канатной смазки Росойл-Торсиол-35 и износостойкость стального стального каната.

Материалы и методы испытаний

Для проведения данной работы был выбран смазочный материал Росойл-Торсиол-35 (ТУ 0254-076-06377289-2012), как наиболее универсальный смазочный материал, применяемый в нашей стране, а также противозадирная присадка ПЗ-5, разработанная сотрудниками лаборатории ООО «ХТЦ УАИ». Изготовлены три образца смазочного материала Росойл-Торсиол-35, с различным содержанием присадки: 0%, 0,25% и 0,5%.

Для исследования влияния противозадирной присадки на износостойкость стального каната, на ОАО «Белорецкий Металлургический Комбинат» был изготовлен стальной канат в соответствии с ГОСТ 2688-80 «Канаты двойной свивки типа ЛК-Р 6х19(1+6+6/6) + 1 о.с. Сортамент», марки 5,6-Г-I-H-P-1770. При изготовлении данного каната, его сердечник, проволока, пряди и канат в целом не пропитывались смазочным материалом [9].

Оценка трибологических свойств смазочного материала проводилась на четырехшариковой машине трения (ЧМТ-1) по ГОСТ 9490-75, узел трения которой представляет собой пирамиду из четырех контактирующих друг с другом стальных шариков (рис.1) [10].

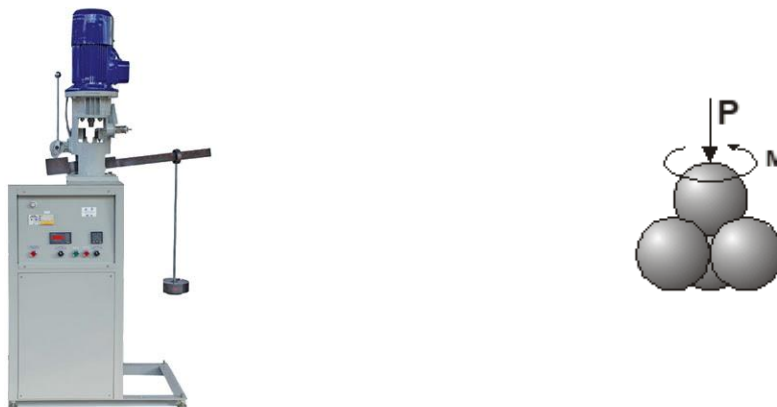


Рисунок 1 – Общий вид и принцип действия четырехшариковой машины

Испытания на износостойкость стального каната проводились на пробегной машине по ГОСТ 2387-80 и по методу, описанному в работах [11-14], с периодическим окунанием каната в 5%-ый раствор NaCl.

Результаты исследований и их обсуждение

Трибологические свойства смазочного материала были определены на четырехшариковой машине трения по ГОСТ 9490-75, на стальных шариках диаметром Ø12,7 мм, изготовленных из стали ШХ-15, результаты испытаний приведены в (табл. 1).

По результатам испытаний выявлено, что добавление противозадирной присадки ПЗ-5, позволяет увеличить значение нагрузки сваривания исходного смазочного материала почти на 67,5% при концентрации присадки 0,5%, при этом зависимость нагрузки сваривания, прямо пропорциональна количественному содержанию присадки. Критическая нагрузка, максимально увеличилась на 5% по отношению к исходному смазочному материалу.

Таблица 1 - Результаты испытаний смазочных материалов на четырехшариковой машине трения ЧМТ-1

Образец	P_C , Н	P_K , Н	$D_{и}$ при 196 Н, мм	$D_{и}$ при 392 Н, мм
Росойл-Торсиол-35	1960	784	0,72	1,02
Росойл-Торсиол-35+0,25% ПЗ-5	2607	784	0,40	0,62
Росойл-Торсиол-35+0,5% ПЗ-5	3283	823	0,39	0,75

Минимальное значение диаметра пятна износа, при нагрузке 196 Н, было получено при испытании смазочного материала, содержащего 0,5% противозадирной присадки. При этом, значение диаметра пятна износа уменьшилось в 1,85 раза, по отношению к исходному смазочному материалу.

Минимальное значение диаметра пятна износа, при нагрузке 392 Н, было получено при испытании смазочного материала, содержащего 0,25% противозадирной присадки. При этом, значение диаметра пятна износа уменьшилось в 1,67 раза, по отношению к исходному смазочному материалу.

Для исследования влияния смазочного материала Росойл-Торсиол-35, с различным содержанием противозадирной присадки, на износостойкость стального каната, подготовленные образцы стального каната диаметром 5,6 мм, пропитывались при температуре на 20°C выше температуры каплепадения смазочного материала и выдерживались в течении суток.

Испытания проводились на машине при скорости вращения барабана 120 колебаний в минуту, обеспечивающий возвратно-поступательное перемещение образца на длине 350 мм. Нагрузка на одну ветвь каната составляла 245 Н. Сменные ролики, диаметром 55 мм, обеспечивали изгиб испытуемого образца на 90°. Диаметр сменных роликов и нагрузка на одну ветвь каната выбирались в зависимости от диаметра каната по ГОСТ 2172-80 «Канаты стальные авиационные. Технические условия».

Износостойкость стального каната оценивалась по количеству перегибов образца до его полного разрушения. Данные испытаний приведены в табл.2.

Таблица 2 – Результаты испытаний стальных канатов на пробежной машине по ГОСТ 2387-80

№ п /СМ	Без СМ	Росойл-Торсиол-35	Росойл-Торсиол-35 + 0,25% ПЗ5	Росойл-Торсиол-35 + 0,5% ПЗ5
1	68064	171526	264458	198596
2	68903	198119	257946	199403
3	69082	199400	299783	251131
4	70635	212742	496629	258005
5	81636	287424	266353	268781
6	89724	336849	258496	286639
7	91680	139456	301315	195742
8	95555	214060	216456	273282
9	95823	359094	259423	240585
10	102507	149633	359943	222930
X_{max}	102507	359094	496629	286639
X_{min}	68064	139456	216456	195742
$\bar{X}$	83361	226830	298080	239509
$\bar{X}/\bar{X}_{без см}$	1,00	2,72	3,58	2,87

При проведении испытаний установлено, что применение смазочного материала, позволяет увеличить долговечность стального каната, минимум в 2,7 раза при испытании по ГОСТ 2387-80 и в 1,2 раза при периодическом окунании каната в 5%-ый раствор NaCl (табл.3).

Таблица 3 – Результаты испытаний стальных канатов на пробегной машине с периодическим окунанием в 5% раствор NaCl

№ п /СМ	Без СМ	Росойл-Торсиол-35	Росойл-Торсиол-35 + 0,25% ПЗ5	Росойл-Торсиол-35 + 0,5%ПЗ5
1	35402	36782	49997	41186
2	37367	38904	49378	41811
3	34163	44579	48325	42087
4	32609	45082	48471	45971
5	35859	45235	50582	47998
6	34380	45965	45612	48069
7	35208	47347	49225	48164
8	37556	47626	46035	51290
9	34366	49818	44141	53286
10	37358	42448	44805	49621
X_{max}	37556	49818	50582	53286
X_{min}	32609	36782	44141	41186
$\bar{X}$	35427	44379	47657	46948
$\bar{X}/\bar{X}_{без\ СМ}$	1	1,25	1,35	1,33

В результате испытаний выявлена зависимость износостойкости стального каната от количественного содержания противозадирной присадки в смазочном материале.

Износостойкость стального каната, испытанного по ГОСТ 2387-80, увеличивается минимум на 5,6% и максимально на 31,4%, при добавлении противозадирной присадки в количестве 0,5% и 0,25% соответственно, по отношению к исходному смазочному материалу.

Износостойкость стального каната, испытанного при периодическом окунании каната в 5%-ый раствор NaCl, увеличивается минимум на 5,8% и максимально на 7,4%, при добавлении противозадирной присадки в количестве 0,5% и 0,25% соответственно, по отношению к исходному смазочному материалу.

На рис.2 представлена зависимость количества циклов до разрушения стального каната от концентрации присадки ПЗ-5 в смазочном материале Росойл-Торсиол-35.

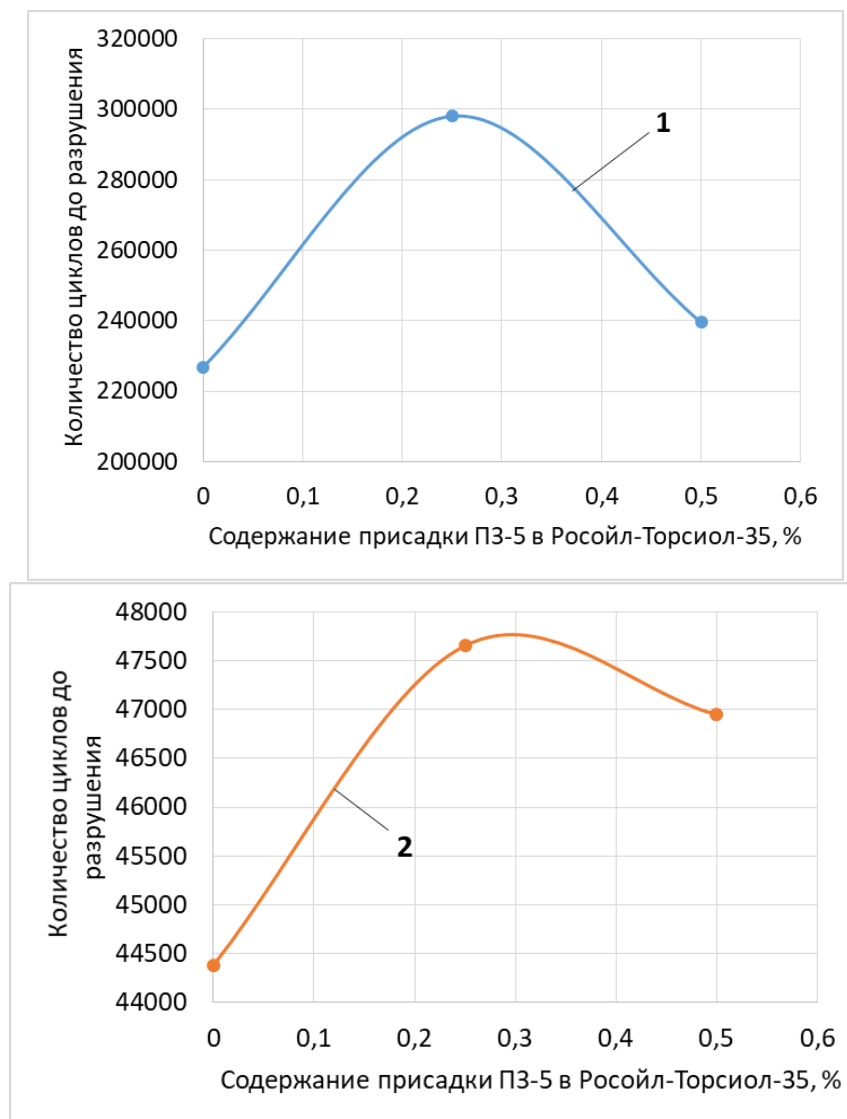


Рисунок 2 - График-зависимости количества циклов до разрушения стального каната от концентрации присадки ПЗ-5 в смазочном материале Росойл-Торсиол-35: 1 - При испытаниях по ГОСТ 2387-80, 2 – При испытаниях с периодическим окунанием каната в 5% раствор NaCl.

Заключение

1. Применение противозадирной присадки ПЗ-5 в Росойл-Торсиол-35 в концентрациях 0,25% масс. и 0,5% масс., позволило уменьшить диаметр пятна износа $D_{и}$ при нагрузке $P=196$ Н на 44,4% и 45,8%, соответственно, и при нагрузке $P=392$ Н на 40,2% и 26,5%, соответственно, по сравнению с Росойл-Торсиол-35 без добавления присадки. Нагрузка сваривания P_c была увеличена на 33,0% и 67,5%, соответственно, по сравнению с Росойл-Торсиол-35 без добавления присадки. При этом критическая нагрузка P_k увеличилась только для образца с концентрацией присадки 0,5% масс. на 5%.

2. Установлено, что при увеличении трибологических характеристик Росойл-Торсиол-35 с присадкой ПЗ-5 повышает износостойкость стального каната при испытаниях по ГОСТ 2387-80. Применение противозадирной присадки ПЗ-5 в Росойл-Торсиол-35 в концентрациях 0,25% масс. и 0,5% масс., увеличивает износостойкость стального каната на 31,4% и 5,6%, соответственно.

3. Испытания по методике с периодическим окунанием стального каната в 5%-ый раствор NaCl показали, что при концентрации присадки в канатной смазке Росойл-Торсиол-35 0,25% масс. и 0,5% масс., увеличивает износостойкость стального каната на 7,4% и 5,8%, соответственно, по сравнению с Росойл-Торсиол-35 без добавления присадки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малиновский В.А. Стальные канаты. Часть 1: Некоторые вопросы технологии, расчета и проектирования / В.А. Малиновский – Одесса: Астропринт, 2001, 188 с. Современная трибология. Итоги и перспективы / Отв. редактор К.В.Фролов. - М.: Изд-во ЛКИ, 2008. - 3 с.
2. Кошкин А.П., Трифанов Г.Д. Канаты для подъемных установок: учебное пособие, 2-е изд., перераб. и доп. – Пермь: Изд-во: Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 7-8 с.
3. Синицын В.В., Подбор и применение пластичных смазок, 2 изд., М., 1974. 193 с.
4. Мархель И.И. Крановые канаты. - М.: Машиностроение.-(1983).128 с.
5. Feyrer K. Wire Ropes. – Berlin-Heidelberg: Springer Verlag. - 2007. 2-3 с.
6. Mironenko A. and Shpakov I. Wire Ropes Condition Monitoring: Conception and Implementation// Proceedings of 19 Int. Conf.VVaPol. - Podbanske. - 2016, 7-13.
7. Chaplin CR. Prediction of Fatigue Endurance of Wire Ropes Subject to Fluctuating Tension // OIPEEC Bulletin. - 1995, no. 70, 31-40.
8. ГОСТ 2688-80. Канаты двойной свивки типа ЛК-Р 6х19(1+6+6/6) + 1 о.с. Сортамент. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23 апреля 1980 г. № 1833 срок введения установлен с 01.01.82.
9. ГОСТ 9490-75. Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине. Дата введения 01.01.78.
10. ГОСТ 2387-80. Канаты стальные. Метод испытания на выносливость. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28 марта 1980 г. № 1418.
11. Патент РФ №2640319 от 27.12.2017 Пат. 2463577 Российская Федерация, МКП:G01N19/02. Способ и устройство для испытания канатов на выносливость в жидких и агрессивных средах и при различных температурах/ Шолом В.Ю., Никольская В.В., Абрамов К.А. и др.;заявитель и патентообладатель ООО ХТЦ УАИ - №2016122006; заявл.02.06.2016;опубл. 27.12.2017.Бюл. № 20.
12. Шолом В.Ю., Крамер О.Л., Головин В.П. и др. Влияние смазочного материала на износостойкость стальных канатов, эксплуатирующийся в коррозионно-активных средах. Письма о материалах. 2021. Т.11. №2. С.125-128.
13. Шолом В.Ю. Усталостные испытания стальных проволоочных канатов // Трибология - машиностроению : Труды XII Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию ИМАШ РАН, Москва, 19–21 ноября 2018 года. – Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований, 2018. – С. 577-580.

F.N. Fazliakhmetov², T.I. Gilmanov^{1,2}, A.N. Abramov², V.P. Golovin²

¹Ufa university of science and technology,

²Self-supporting creative center of the Ufa Aviation Institute,
Ufa, Russia, gilmanov-t@rosoil.ru

IMPROVEMENT OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF ROPE LUBRICANTS

Abstract

This article studies the influence of tribological properties of lubricant on wear resistance of steel rope. An experimental study of the influence of anti-seize additive in rope lubricant on the

performance characteristics of steel ropes was conducted. Improvement of tribological characteristics of lubricant allowed to increase wear resistance of steel ropes by at least 5.8% and at most by 67.5%. The obtained data are of practical importance for the development of more effective lubricants.

Keywords: wear resistance, steel rope, additive, test