

К.А. Абрамов^{1,2}, Т.И. Гильманов², Д.Г. Тюленев²,
¹Уфимский университет науки и технологий,
²Хозрасчётный творческий центр уфимского авиационного института,
г. Уфа, Россия, k-abramov@rosoil.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ МАСЛЯНОЙ СОЖ НА ЧЕТЫРЕХШАРИКОВОЙ МАШИНЕ ТРЕНИЯ И МАШИНЕ ТРЕНИЯ МТА-2 ОСНАЩЕННОЙ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Аннотация

В работе представлены результаты сравнительных испытаний на четырехшариковой машине (ЧШМ) и на машине трения МТА-2 с разработанной системой автоматизации. Определены критические нагрузки, нагрузка сваривания на ЧШМ и нагрузка заклинивания на машине трения. Система автоматизации машины трения МТА-2 обеспечивает автоматическое управление вращением вала, создание нагрузки шаговым двигателем, контроль скорости вращения и температуры, а также автоматическую остановку установки в момент заклинивания вала.

Ключевые слова: машина трения, трение, износ, трибологические испытания автоматизация.

Введение

Модернизация простых машин трения позволяет при минимальных затратах достигается максимально приближенные значения между модернизируемыми машинами трения и современными дорогостоящими стендами. Чаще всего в машинах трения подвергаются модернизации механизмы нагружения и средства измерения результатов исследований, так же создаются программы и электронные приложения к существующим машинам трения, для автоматизации записи результатов проведения опытов и упрощения работы с ними [1-7].

Традиционно для оценки предельных нагрузок смазочных материалов, при которых происходит сваривание или катастрофический износ трущихся пар используют четырехшариковую машину трения (ЧШМ) по ГОСТ 9490-75, где испытание по определению нагрузок сваривания и критической нагрузки длится 10 секунд. За критическую нагрузку, при которой возникает катастрофический износ, принимают нагрузку, при которой средний диаметр пятен износа нижних шариков находится в пределах значений предельного износа ($d_1 \pm 0,15$) для данной нагрузки и увеличение которой до величины последующей нагрузки вызывает увеличение среднего диаметра пятен износа на величину более 0,1 мм. Нагрузкой сваривания считают наименьшую нагрузку, при которой произошла автоматическая остановка машины или сваривание шариков. Для смазочных материалов, у которых сваривание не наблюдается и момент трения ниже предельного, за нагрузку сваривания принимают нагрузку, при которой образуется пятно износа средним диаметром 3 мм и более [8].

Следует заметить, что максимальная нагрузка на узел трения ЧШМ ограничена 10000 Н, т.е. оценивать величину нагрузки сваривания у смазочных материалов более 10000 Н ЧШМ не может [8].

Целью данной работы являлось проведение сравнительных испытаний по определению нагрузки сваривания и критической нагрузки масляной СОЖ на четырехшариковой машине трения и машине трения МТА-2 [9,10], у которой нагрузка на узел трения может составлять более 10000Н.

Материалы и методы испытаний

Для проведения сравнительных испытаний использовали масляную СОЖ «Росойл-167» (ТУ 0258-003-06377289-95), у которой нагрузка сваривания на ЧШМ более 10000Н.

Испытания проводились на ЧШМ по ГОСТ 9490 и на модернизированной машине трения МТА-2, оснащенной системой автоматизации (рис.1). Схема узла трения МТА-2 показана на рисунке 2 и представляет собой пару трения «кольцо-ролик», образцы которой изготовлены из стали ШХ-15.

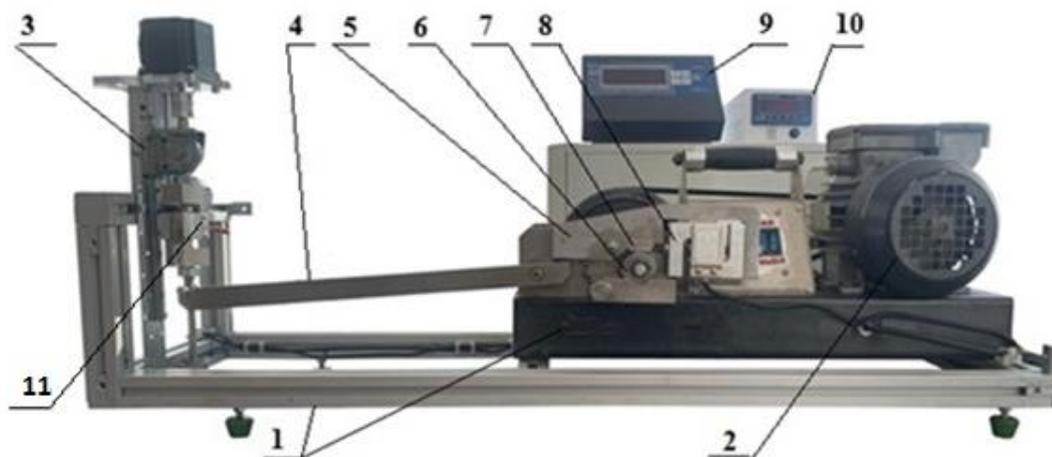


Рисунок 1 - Внешний вид машины трения МТА-2 для определения противозадирных, антифрикционных и противоизносных свойств смазочных материалов: 1-станина, 2-электродвигатель, 3 - система плавного нагружения узла трения, 4 - рычаг, 5 - рычаг с верхним образцом 6 в виде ролика или бруска, 7- нижний образец в виде кольца, 8 - силоизмерительный датчик, 9 - прибор, регистрирующий нормальную нагрузку на узел трения, 10 - прибор, регистрирующий силу трения между трущимися образцами, 11- силоизмерительный датчик.

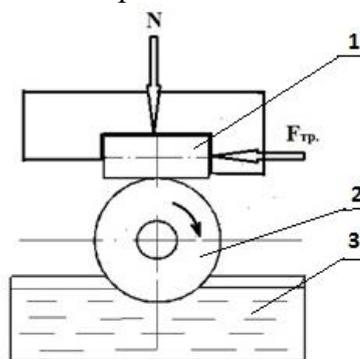


Рисунок 2 - Схема испытаний на машине трения «кольцо-ролик» или «кольцо-брусок» на машине трения: 1-образец ролик или брусок; 2-образец кольцо, смазочный материал; N-нормальная нагрузка на узел; Fтр.- сила трения.

Модернизация широко известной машины трения для испытаний противоизносных свойств смазочных материалов по методу Райхерта [11] заключалась в оснащение машины механизма плавного нагружения и датчиками силы, которые фиксировали нагрузку на узел трения и силу трения в процессе испытаний.

Таким образом, модернизация известной машины трения позволила расширить функциональные возможности известной машины трения, так как стало возможно оценивать противоизносные и антифрикционные свойства смазочных и конструкционных материалов [9-10].

Для управления процессом испытаний на машине трения МТА-2 была разработана система автоматизации, блок-схема которой показана на рисунке 4.

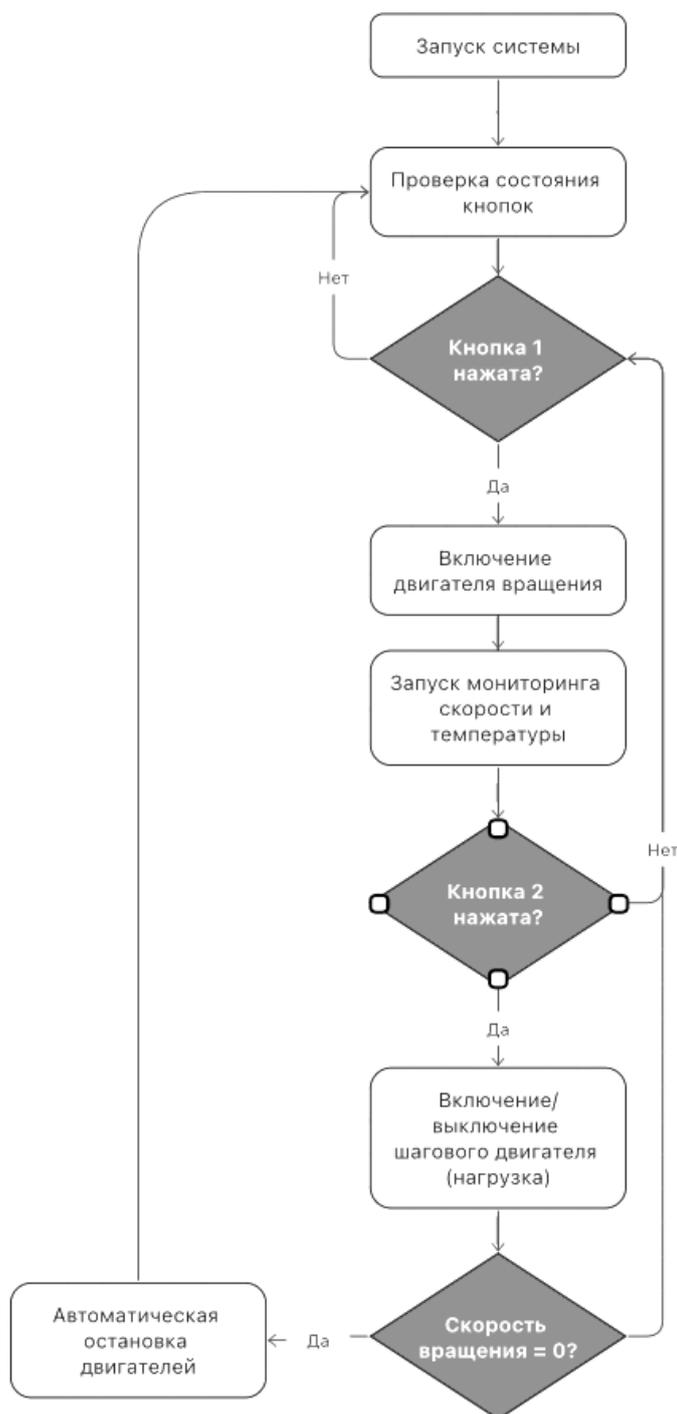


Рисунок 4 - Блок-схема работы системы

Разработанная система автоматизации позволила управлять включением/выключением двигателя вращения вала, осуществлять контроль скорости вращения вала и автоматической остановкой при заклинивании, создание нагрузки шаговым двигателем с возможностью ручного управления, мониторинг температуры и скорости вращения в реальном времени. В результате система автоматизации позволила повысить точность получаемых результатов и исключить человеческий фактор при проведении испытаний.

В данной работе нагрузку заклинивания на машине трения МТА-2 определили с использованием системы плавного нагружения, а критическую нагрузку с использованием грузов. Время испытания при определении обеих нагрузок соответствовало 10 секундам, как на ЧШМ по ГОСТ 9490-75. Скорость нагружения при оценке нагрузки заклинивания составляла 8,35 кгс/с (1 об/мин).

Результаты исследований и их обсуждение

На ЧШМ нагрузка сваривания масляной СОЖ «Росойл-167» составляет более 10000 Н. Нагрузка заклинивания «Росойл-167» на машине трения МТА-2 составила 11485Н.

Таким образом, с помощью модернизированной машины трения МТА-2 можно оценивать противозадирные свойства смазочных материалов, у которых на ЧШМ эта нагрузка выше 10000Н или 1000кгс.

На рисунке 5 и таблице 1 представлены результаты сравнительных испытаний масляной СОЖ «Росойл-167», проведенных на машине трения МТА-2 и ЧШМ, по определению критической нагрузки. Сравнивались значения площади пятна износа на машине трения и средний диаметр пятен износа на четырехшариковой машине трения для определения критических нагрузок.

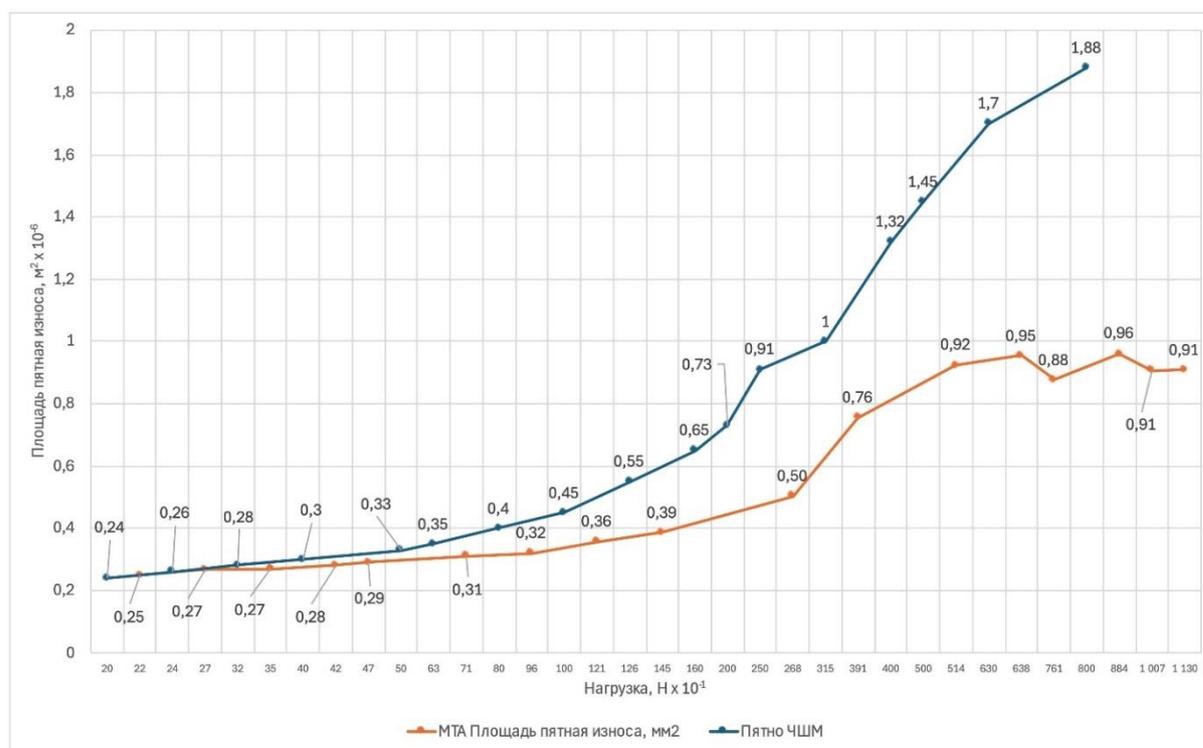


Рисунок 5 – Результаты испытаний по определению критической нагрузки на МТА-2 и ЧШМ

Таблица 1 - Результаты испытаний по определению критической нагрузки на МТА-2 и ЧШМ

Нагрузка, кгс	ЧШМ Средний диаметр пятен износа, мм	МТА Площадь пятная износа, мм ²
20	0,24	
22,2		0,25
24	0,26	
27,2		0,27
32	0,28	
34,5		0,27
40	0,3	
41,9		0,28
46,8		0,29
50	0,33	
63	0,35	
71,5		0,31
80	0,40	
96,1		0,32
100	0,45	
120,7		0,36
126	0,55	
145,3		0,39
160	0,65	
200	0,73	
250	0,91	
268,3		0,50
315	1,00	
391,4		0,76
400	1,32	
500	1,45	
514,5		0,92
630	1,70	
637,5		0,95
760,6		0,88
800	1,88	
883,6		0,96
1006,7		0,91
1129,7		0,91

По результатам испытаний можно определить, что критическая нагрузка на машине трения МТА-2 соответствует значению 268 кгс, а на четырехшариковой машине 160 кгс.

Следует заметить, что при испытаниях на машине МТА-2 при нагрузке выше 5140Н диаметр пятна износа практически не меняется до нагрузки заклинивания. Для объяснения этого результата требуется провести дополнительные исследования.

Полученные результаты можно объяснить различием в схемах триботехнических испытаниях, так как от схемы зависят, например, период приработки образцов, условия подачи в зону трения смазочного материала, режим нагружения узла трения, геометрия образцов и пятна контакта.

Закключение

Показана возможность модернизированной машины трения МТА-2 по оценке противозадирных свойств смазочных материалов, у которых нагрузка сваривания выше предела четырехшариковой машине трения.

Разработана система автоматизации машины трения МТА-2, позволяющая повысить точность получаемых результатов и исключить человеческий фактор при проведении испытаний.

Установлено, что с использованием машины трения МТА-2 можно определять нагрузку критическую материалов по ГОСТ 9490.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чичинадзе А.В. Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения.
2. Под ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 1990. 412 с.
3. Современная трибология. Итоги и перспективы / Отв. редактор К.В.Фролов. - М.: Изд-во ЛКИ, 2008. - 480 с.
4. Федоров С.В. Структурно-энергетическая интерпретация трибосистемы. Трение и износ. 2021. –Т. 42. №2. С. 186-195.
5. Петров, В. И. Автоматизация испытательных установок / В. И. Петров. — Санкт-Петербург: Наука, 2019. — 180 с. — ISBN 978-5-9876-5432-1.
6. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник /под ред. К.В.Фролова, Е.А.Марченко. – М.:Машиностроение, 2008. – 384 с
7. Шаповалов В.В., Сладковски А., Эркенов А.Ч. Актуальные задачи современной
8. триботехники и пути их решения. Известия высших учебных заведений.
9. Машиностроение. 2015. №. 1(658). С. 64-75.
10. Абрамов А.Н., Тюленев Д.Г., Шолом В.Ю., Пузырьков Д.Ф.. Комплекс методов испытаний смазочных материалов применяемых в процессах металллообработки. XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник трудов в 4 томах. Т.4: Материалы симпозиумов. Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. с.425-427.
11. ГОСТ 9490-75. Материалы смазочные. Метод испытания на четырехшариковой машине. - Введ. 1976-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1975. - 12 с.
12. Патент РФ № RU 2808556 С1 от 19.04.2023 Пат. 2808556 Российская Федерация, МКП:G01N19/02. Устройство для определения противозадирных и антифрикционных свойств смазочных материалов/ Шолом В.Ю., Поляков А.Б., Тюленев Д.Г. и др.;заявитель и патентообладатель ООО ХТЦ УАИ - №2023110084; заявл.19.04.2023;опубл. 29.11.2023.
13. Абрамов А.Н., Шолом В.Ю., Тюленев Д.Г., Абрамов К.А., Пилюгин С.М. Модернизированная машина трения. / Транспортное машиностроение. 2023. № 12 (24). С. 11-20.
14. Испытания по методу Райхерта: сайт компании "Моденжи" г. Брянск: 2023. <https://modengy.ru/about/>

К.А. Abramov^{1,2}, V.Y. Sholom², T.I. Gilmanov², D.G. Tyulenev²,
¹Ufa University of science and technology,
²Self-supporting creative center of the Ufa Aviation Institute,
Ufa, Russia, k-abramov@rosoil.ru

IMPROVEMENT OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF ROPE LUBRICANTS

Abstract

The article presents the development of an automation system for the MTU-2 friction machine, designed for tribological testing in a steel-steel pair (grade SHX-15). The system provides automatic control of shaft rotation, load generation by a stepper motor, control of rotation speed and temperature, as well as stopping the installation when the shaft is jammed. Automation of the process eliminates the human factor, increases the accuracy of tests and allows you to determine the anti-wear and extreme pressure properties of lubricants. The data obtained are of practical importance for the development of more efficient lubricants.

Keywords: friction machine, friction, wear, tribological testing automation.