

МАЛОГАБАРИТНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ МАШИНА ТРЕНИЯ ВОЗВРАТНО-
ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Процессами трения на специальных установках занимаются на протяжении многих лет. Такие установки называются машинами трения. Машина трения – это устройство для воспроизведения трибологического процесса в контролируемых условиях, обеспечивающее контроль входных и выходных параметров.

Известны работы многих авторов, которые занимаются процессом трения различных материалов на машинах трения. Например, Буяновский И.А. развил теорию эквивалентности испытания узлов трения для большого количества образцов длительным испытанием одного образца для машин трения возвратно-поступательного движения на основании теоремы Биркхофа-Хинчина для процессов, отвечающих критериям эргодичности и стационарности. Установлено, что большая часть исследуемых пар трения при показанных условиях испытаний отвечает указанным критериям [1].

Королев А.В. в своей работе предложил конструкцию машины трения для ускоренных испытаний фрикционных тел качения на момент трения и износ [2].

В работах Селькина В.П. и Копылов С.В. рассмотрена конструкция машины трения, предназначенной для испытания материалов по схеме палец-диск в режиме граничной смазки. Описаны использованные при разработке машины технические решения, направленные на обеспечение точности установки поверхности трения образцов относительно контртела и соблюдение постоянного температурного режима в зоне контакта независимо от продолжительности испытания. Машина предназначена для испытания материалов и покрытий на износ [3].

Разработкой и испытаниями на машинах трения также занимались Ланков А.А., Маринин В.Б., Беленьких Е.В., Браун Е.Д., Смушкович Б.Л., Козырев Ю.П. [4, 5, 6, 7].

В машинах трения можно использовать различные антифрикционные материалы. Поэтому материалам, их характеристикам, которые испытываются на машинах трения, также посвящено много исследований.

Стúкач А.В., Кириленко О.Ф., Фадин Ю.А. исследовали взаимосвязь трибологических и тепловых характеристик для наполненного полиамида [8, 9].

Фундаментальные исследования, посвященные многокомпонентным антифрикционным материалам на основе термопластов, описаны в работе Стúкача А.В. [10]. В его работах также велись исследования коэффициента трения капролона модифицированного углеродными наноматериалами [11].

На машинах трения можно производить исследования различных свойств материалов, при действии на них различных факторов. Например, в работе Стúкача А.В. было исследовано влияние термических остаточных напряжений на прочность адгезии антифрикционных покрытий [12].

Проанализировав многие литературные источники, можно сделать вывод, что исследования в области трения и износа несут большой вклад в развитие науки и технологий.

Актуальность темы исследования – повышение эффективности работы современных установок трения, а также уменьшения их габаритов.

Целью данной работы является конструирование малогабаритной лабораторной машины трения возвратно-поступательного действия.

Для ее достижения необходимо было решить следующие задачи: провести энергокинематический анализ, подобрать электродвигатель и редуктор, произвести расчет ременной передачи и графически смоделировать установку.

Образцы в данной работе – стержень $d=6$ мм и $h=68$ мм, пластина с размерами $168 \times 60 \times 4,5$ мм. Нагрузка на образцы 283Н. Скорость движения пластины 0,5 м/с.

Для выбора электродвигателя и редуктора было определено КПД установки по формуле [13,стр.5]

$$\eta_y = (\eta_{\text{подш.}})^n \cdot (\eta_{\text{втулки}})^k \cdot \eta_{\text{ч.ред.}} \cdot \eta_{\text{рем.}}$$

где $\eta_{\text{подш.}}$ –КПД пары подшипников; $\eta_{\text{втулки}}$ – КПД бронзовой втулки в шатуне; $\eta_{\text{ч.ред.}}$ –КПД червяка редуктора; $\eta_{\text{рем.}}$ –КПД плоскоременной передачи; n, k – число пар подшипников и втулок.

После расчета мощности двигателя был выбран электродвигатель постоянного тока типа 2ПН90МУХЛ4. Характеристики двигателя: мощность $N = 0,37$ кВт; частота вращения $n_{\text{дв.ном.}} = 1500$ об/мин; КПД 61,5%. Так же был подобран червячный одноступенчатый редуктор 2Ч-40. Технические характеристики редуктора: частота вращения входного вала $n_{\text{дв}} = 1500$ об/мин; частота вращения выходного вала $n = 100$ об/мин; номинальный крутящий момент на выходном валу $M_{\text{кр}} = 36$ Нм; КПД 81%; передаточное число $i_{\text{ч}} = 16$.

В установке, для уменьшения ее габаритов, используется ременная передача для соединения выходного вала электродвигателя с входным валом редуктора. После произведенных расчетов выбран ремень РНГ 240-L-075, зубчатый ремень, профиль L, количество зубьев – 64, длина (мм) – 609,6, ширина (мм) – 19,05, высота (мм) – 3,6 [14].

Для измерения силы трения в установке используется резистивный датчик давления DF9-40.

Моделирование установки производилось с помощью средства автоматизированного проектирования SolidWorks.

Для обеспечения возвратно-поступательного движения на установку был установлен кривошипно-шатунный механизм. Схема установки заданной машины трения разделена на 2 части.

Первая часть представляет собой подвижную платформу на роликах, на которой закреплена ванна и неподвижный образец. Ванна используется для определения вязкого и сухого трения. Образец закреплен на небольшие винты, что позволяет быстро снимать его и устанавливать новый. Ролики установлены в направляющих, представляющих собой балку прямоугольного сечения. Подвижная часть установки располагается на П-образной раме, ее высота подобрана таким образом, чтобы обеспечивать горизонтальное положение шатуна при расположении пальца кривошипа под углом $\alpha=90^\circ$ от вертикали.

Вторая часть установки представляет собой неподвижную П-образную раму (1), на которой располагается стакан (2) и цанговый патрон (3) с цангой (4) для закрепления в последнем цилиндрического образца (5). Данный образец под нагрузкой будет создавать трение на образце, расположенном в подвижной части установки. Цанговый патрон также будет служить нагрузителем. Основные элементы неподвижной части установки представлены на рисунке 1.

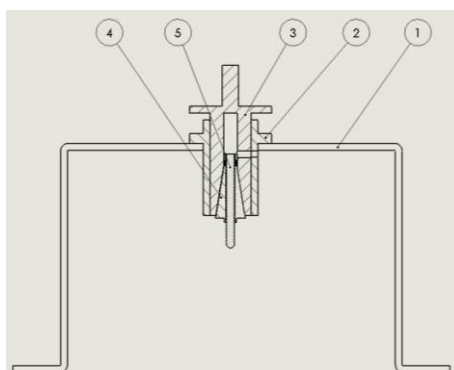


Рисунок 1 – Основные элементы неподвижной части установки

На рисунке 2 представлен общий вид машины трения в изометрии.

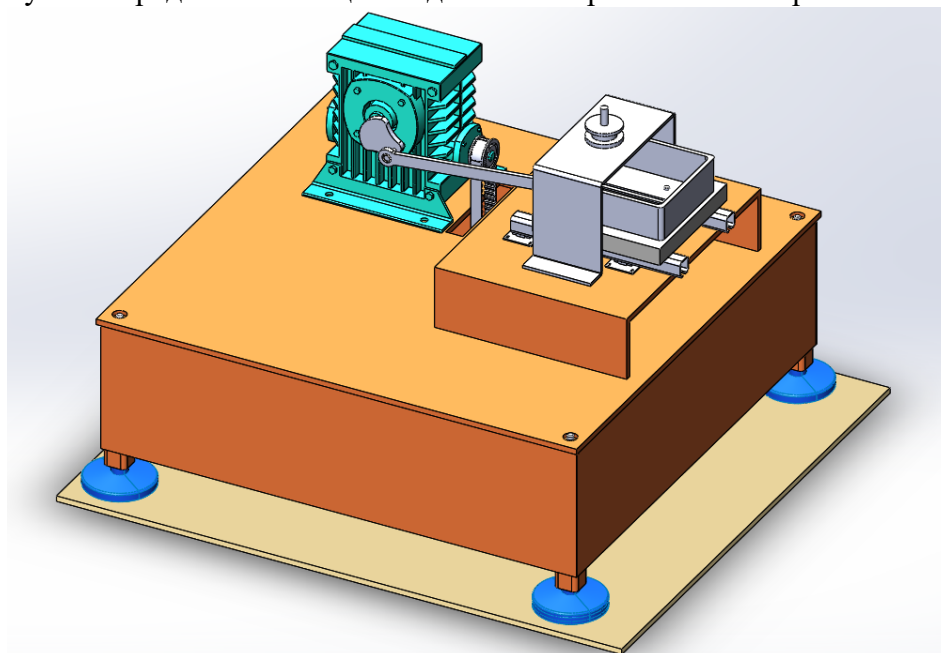


Рисунок 2 – Общий вид установки

Выводы:

Выполнение поставленных задач позволило сконструировать малогабаритную лабораторную машину трения возвратно-поступательного действия для исследования трения на образцах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Буяновский И.А., Правоторова Е.А., Большаков А.Н., Левченко В.А. Минимизация объёма экспериментальных трибологических испытаний на машине трения возвратно-поступательного движения. Журнал: Трение и Износ. 2017 г. Т.38. №3. с.201-207.
2. Королев А.В., Королев А.А. Машина трения для ускоренных испытаний фрикционных тел качения на износ. Журнал: Трение и Износ. 2017 г. Т.38. №1. с. 49-54.
3. Селькин В.П., Копылов С.В. Машина трения для испытания материалов в режиме граничной смазки. Журнал: Трение и Износ. 2016 г. Т.37. №2. с. 234-237.
4. Lankov A.A., Marinin V.B. To theory of four-ball friction machine. Журнал: Трение и Износ. 1995 г. Т.16. №6. с. 1159-1167.
5. Belen'kikh E.V. Lubricating film vitrification at heavily loaded contact on a disk friction machine. Журнал: Трение и Износ. 1996 г. Т.17. №1. с. 123-127.
6. Braun E.D., Smushkovich B.L. Peculiarities of operation of friction machines in specimen falling conditions. Журнал: Трение и Износ. 1991 г. Т.12. №4. с. 740-743.
7. Kozyrev YU.P., Tochil'nikov D.G., Ginzburg B.M. Application of spherical counter bodies in roll frictional machines. Журнал: Трение и Износ. 1992 г. Т.13. №5. с. 892-899.
8. Стýкач А.В., Кириленко О.Ф., Фадин Ю.А. Взаимосвязь трибологических и тепловых характеристик для наполненного полиамида. Журнал: Трение и Износ. 2004 г. Т.25. №5. с.539-541.
9. Stukach A.V., Kireenko O.F., Fadin Y.A. Interrelation between tribological and thermal characteristics of filled polyamide. Журнал: Трение и Износ. 2004 г. Т.25. №5. с. 539-541.
10. Стýкач А.В. Многокомпонентные антифрикционные материалы на основе термопластов в транспортных и технологических системах (монография). Изд-во СПбГУСЭ, Спб.: 2007. – 279с.
11. Стýкач А.В., Соловьев А.А. Исследование коэффициента трения капролона модифицированного углеродными наноматериалами. (Статья ВАК). Научно-техническое издание НИИТТС, СПбГУСЭ «Технико-технологические проблемы сервиса». №1. 2008. – с. 46-47.
12. Стýкач А.В. Влияние термических остаточных напряжений на прочность адгезии антифрикционных покрытий. Металлообработка, Изд-во «Политехник» 2008 №4, с. 22-24.
13. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб.пособие – М.: Машиностроение, 1988 – 416с.: ил.

14. Баханович А.Г. Проектирование зубчато-ременных передач: Учебно-метод. Пособие – МН.: БНТУ, 2004 – 39с.