

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА ПОДВИЖНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ ПРИ ГРАНИЧНОМ ТРЕНИИ

Цель работы: освоить методику прогнозирования ресурса подвижных сопряжений при граничном трении.

Оборудование рабочего места. Машина трения СМЦ-2, ролик и колодка, твердомер ТП-2 для нанесения отпечатков на детали пары трения, микроскоп для измерения диагонали отпечатка, маслоподающее устройство для обеспечения граничного трения.

Задачи работы: Определить динамику износа заданного сопряжения (материал ролика), материал колодки) и рассчитать его ожидаемый ресурс.

1. Порядок выполнения

1. Изучить конструкцию машины трения СМЦ-2.
2. Изучить способ измерения износа по методу искусственных баз.
3. Нанести призмой твердомера по два отпечатка на поверхностях ролика и колодки и замерить диагонали. Местонахождение отпечатков отметить с торцов деталей чертилкой.
4. Установить детали сопряжения вал (ролик) и втулку (колодку) для изнашивания.
5. Включить машину трения и отрегулировать подачу масла в зону контакта детали и установить режимы трения.
6. Произвести изнашивание и через каждые 10 мин в течение 1 часа определить по диагонали отпечатка до и после изнашивания величину радиального износа ролика и колодки.
7. Рассчитать ресурс заданного сопряжения.
8. Построить график $U = f(t)$.
9. По полученным результатам сделать заключение о возможности использования данной пары трения применительно к условиям её работы.

2. Обоснование режимов трения

Гладкие цилиндрические сопряжения с подвижными посадками относятся к наиболее распространённому классу конструктивных элементов машин. В зависимости от условия смазки трущихся поверхностей деталей сопряжении условно принято различать следующие виды трения: чистое, сухое, граничное, полусухое, полужидкостное, жидкостное.

Граничное трение характеризуется тем, что трущиеся поверхности разделены очень тонкой пленкой (менее 0,1 мкм), способной разрываться и создавать условия для перехода этого вида трения в полусухое. Последнее, как известно, сопровождается частыми разрывами масляной пленки, в результате этого часть поверхностей контактирует без смазки, вызывая их интенсивное изнашивание. Такой вид трения в деталях сопряжений происходит при запуске двигателей в начале движения при перегрузках.

Режимы граничного трения выбирают, исходя из нагрузочно-скоростных характеристик сопряжений в пусковой момент машины и при перегрузках. Анализ работы сопряжений сельскохозяйственных машин показал, что в пусковой период нагрузка и скорость трения деталей находятся в пределах $P = 4...6$ МПа; $\omega = 40...50$ рад/с. Эти значения стали исходными при испытаниях в течение всего периода изнашивания. В действительности же периоды пуска и перегрузок относятся к кратковременным процессам, поэтому длительность граничного трения принята в качестве ускоряющего фактора испытания.

3. Устройство машины и трения

Испытания образцов (ролика и колодки) на трение и изнашивание производятся на машине трения типа СМЦ-2 или МИ-1М, схема, которой показана на рис. 1, а общий вид – на рис. 2. Для испытания ролик 1 (рис. 1) закрепляется на нижнем шпинделе машины 3, колодка 2 – на валу каретки 4. Вращение нижнему шпинделю 3 передается от двигателя 6 через блок зубчатых колес 7, 8 и зубчатому колесу с внутренним зацеплением 9, а валу каретки – через блок зубчатых колес 7, вал 10 и пару зубчатых колес 11 и 12. Нижний шпиндель 3 вращается с постоянной скоростью 44 рад/с, вал каретки со скоростью 42 рад/с. В данных опытах зубчатое колесо 11 снято, вал каретки 4 жестко закреплен, ролик имитирует работу вала, колодки и втулки. В целом моделируется работа подшипника скольжения при граничном трении.

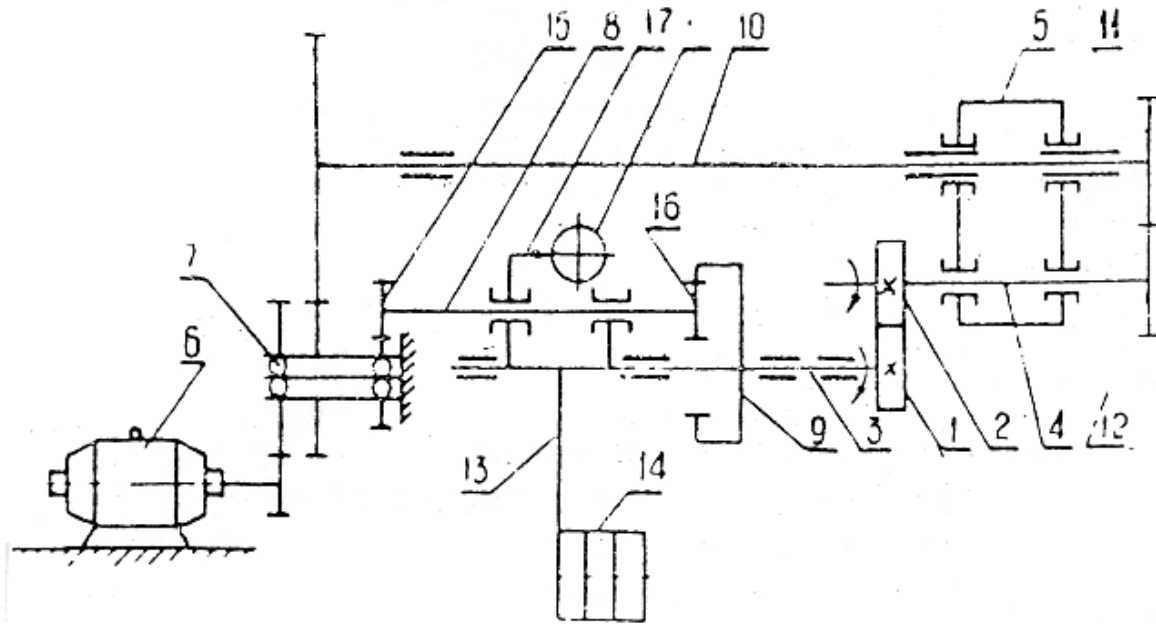


Рис. 1. Кинематическая схема машины трения МИ-1

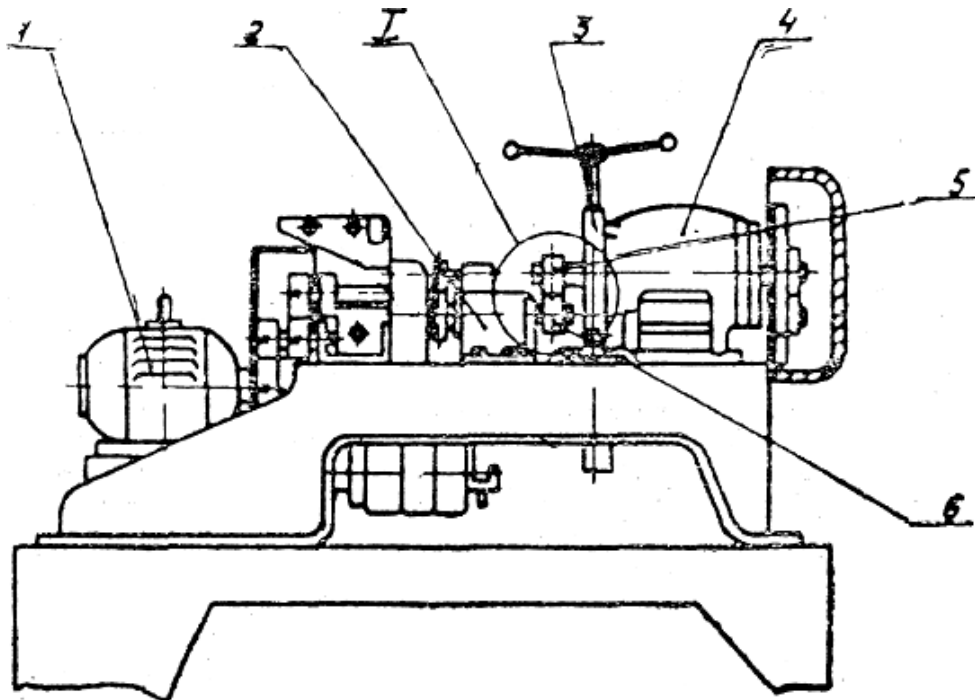


Рис. 2. Общий вид машины трения МИ-1

Корпус каретки 5 может поворачиваться вокруг оси вала 10 на угол около 90°, это позволяет при испытаниях варьировать в некоторых пределах диаметр ролика.

Когда каретка находится в опущенном положении, поверхности ролика и колодки соприкасаются. Нагрузка на образцы передается от пружины нагружающего устройства через ось вращения маятника и совпадает с осями блока зубчатых колес 7 и нижнего шпинделя 3.

При передаче крутящего момента с увеличением сопротивления при трении образцов зубчатые колеса 9 и 16 вала 8 могут обкатываться по зубчатому колесу блока 7 и колесу с внутренним зацеплением 9. В результате маятник поворачивается вокруг оси вращения на определенный угол, величина которого зависит от силы трения между роликом и колодкой. С маятником связано регистрирующее устройство 17 для показаний момента трения.

4. Методика измерения износа с помощью отпечатков

В данной работе износ деталей определяется по изменению размеров диагоналей отпечатков на трущихся поверхностях. Для нанесения отпечатков применяется алмазная пирамида с углом при вершине $136^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$. Нанесение отпечатков производится на твердомере ТП-2 (рис. 3).

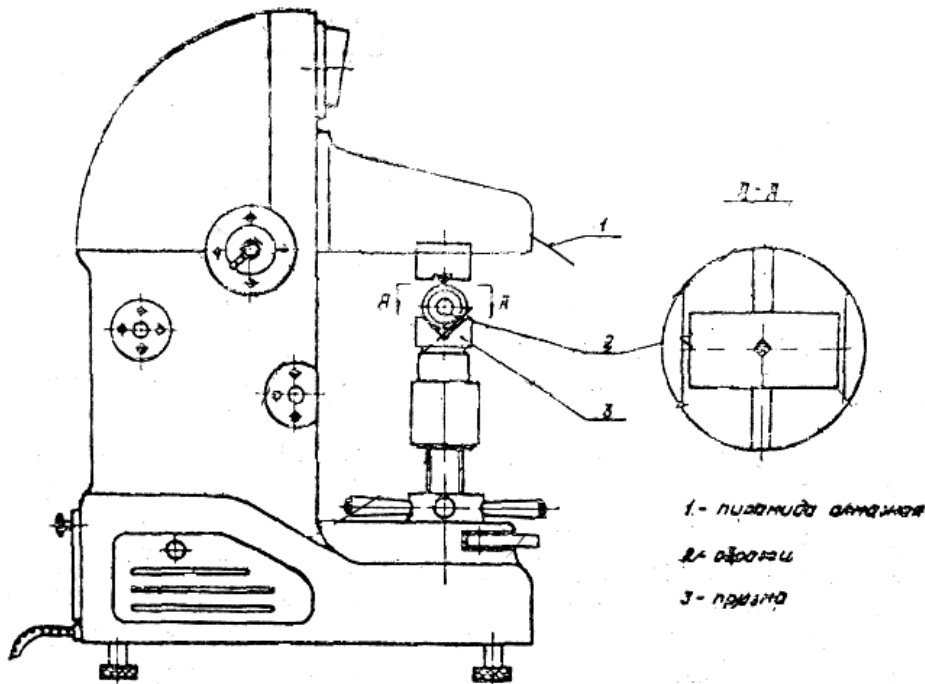


Рис. 3. Установка образца для нанесения отпечатка на ТП-2.

Радиальный износ в местах нанесения отпечатка определяется на основании замеров диагоналей, отпечатков до и после определенного периода изнашивания по формуле (1.1) (рис. 4).

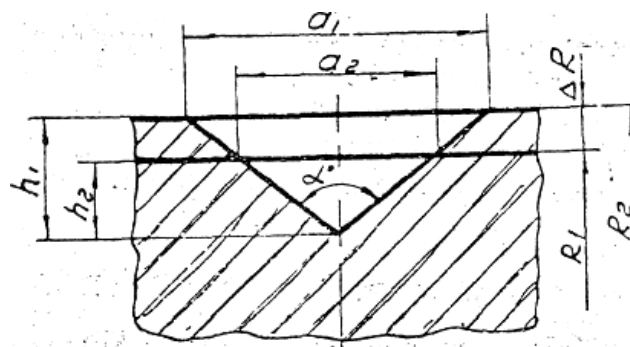


Рис. 4. Схема радиального расчёта износа детали по замерам диагоналей отпечатка.

$$\Delta R = R_2 - R_1 = \frac{1}{m} (d_1 - d_2), \quad (1.1.)$$

где ΔR – радиальный износ в месте нанесения отпечатка, определяемый по разности двух последовательных измерений;

h_1, h_2 – глубина отпечатка, соответственно до и после изнашивания;

d_1, d_2 – длина проекции диагонали отпечатка на испытываемой поверхности до и после изнашивания;
 m – коэффициент пропорциональности, постоянный по всей глубине отпечатка (метод искусственных баз).

Отпечаток располагается так, чтобы одна из диагоналей располагалась по образующей поверхности ролика и колодки без искажения.

Размеры отпечатков выбираются из следующих соображений:

- а) глубина отпечатков должна быть больше ожидаемого износа;
- б) размеры отпечатка должны быть достаточно большими, чтобы его контуры были ясно очерчены и не искажались наличием на поверхности микронеровностей;
- в) на закалённой, цементированной, хромированной поверхности размер отпечатка ограничен возможностью хрупкого разрушения;
- г) наибольшая длина диагонали отпечатка не должна превышать 1 мм.

Величина усилия, необходимая для получения отпечатка желательного размера, определяется из выражения:

$$P = 0,54 \cdot d^2 \cdot H, \quad (1.2)$$

где P - нагрузка на алмазную пирамиду, Н;

d - диагональ отпечатка, мкм;

H - число твердости материала по Виккерсу, МПа.

Вокруг отпечатка выдавливаемый материал образует вспучивание, которое перед испытанием и начальным измерением рекомендуется устранить местным шлифованием мелкой шкуркой (вручную). Величина m , входящая в приведенные выше формулы, в точности равна отношению длины диагонали алмазной пирамиды к ее высоте. При отсутствии искажения формы отпечатка для пластичных материалов $m = 7,0$, чугуна $m = 7,7...8,4$ (среднее 8,0).

5. Подготовка к испытанию

Объектами испытания являются: ролик, с заранее нанесенным металлопокрытием на поверхность, и колодка из антифрикционного материала. Схема изнашивания стандартная (рис. 5).

Режимы граничного трения:

$P = 10$ МПа; $\omega = 44$ рад/с; при $d_{\text{рол}} = 40...50$ мм.



Рис. 5. Схема установки деталей для изнашивания

По заданию преподавателя каждое звено проводит изнашивание только одного сопряжения:

1. Измерить наружный диаметр ролика.
2. Нанести отпечатки на ролики и колодку в местах, как указано на рис. 3.

3. Замерить размеры диагоналей отпечатков на ролике и колодке. Результаты измерений занести в табл. 1.

4. Установить ролик и колодку на машину трения. Перед пуском проверить исправность механизма нагружения и указателя момента трения.

5. Отрегулировать величину подачи масла в зону трения (1 капля моторного масла за 5 мин) обеспечивающая условия граничного трения.

6. После запуска машины с помощью механизма нагружения установить нагрузку 10 МПа на исследуемое сопряжение.

Подготовительные работы звено выполняет самостоятельно, пуск машины – после разрешения преподавателя.

6. Порядок вычислений ресурса сопряжения

Результаты испытаний занести в таблицу 1, по данным износа построить график $U = f(t)$. Ресурс сопряжения подсчитать по формуле:

$$T = t_1 \left(\frac{U_{\Pi}}{U_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (1.3)$$

где U_{Π} – предельный износ ($U_{\Pi} = 0,5$ мм, межремонтный ресурс $T_{ЭК} = 200$ час);

t_1 ; U_1 – значение наработки и соответствующего ей износа;

α – показатель степени.

$$\alpha = \frac{\ln \frac{U_{\Pi}}{U_1} - \ln \frac{U_{\Pi}}{U_2}}{\ln t_2 - \ln t_1}. \quad (1.4)$$

Сравнивая ресурс данного сопряжения с серийным (для $T_{Э} = 200$ час), сделать окончательный вывод об эффективности сопряжения.

Таблица 1

Результаты износа сопряжения

Время изнашивания с	Размер диагонали отпечатка, мкм				Изменение размера диагонали, мкм		Радиальный износ, ΔR мкм		Износ сопряжения, мкм
	На ролике		На колодке		Ролика	Колодки	Ролика	колодки	
	Начальный, d_1	После износа, d_2	Начальный, d_1	После износа, d_2					
0									
600									
1200									
1800									
2400									
3000									
3600									

Примечание. Радиальный износ определяется по формулам:

для чугуна $\Delta R = 0,1265 (d_1 - d_2)$;

для бронзы $\Delta R = 0,143 (d_1 - d_2)$;

для наплавки и закаленной стали $\Delta R = 0,125 (d_1 - d_2)$;

для электролитического железа $\Delta R = 0,13 (d_1 - d_2)$;

для электролитического хрома $\Delta R = 0,123 (d_1 - d_2)$;

для алюминия $\Delta R = 0,148 (d_1 - d_2)$.