А.В. Моисеев, Ф.М. Олехнович, Ф.И. Матюшенко

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИКИ ТРЕНИЯ

Пары трения современных механизмов работают в условиях сложно-напряженного состояния при больших удельных давлениях и скоростях скольжения. В этих условиях исследования механики трения на лабораторных машинах не могут дать полного представления о ряде процессов, происходящих на поверхностях скольжения. В первую очередь это связано с тем, что такие испытания проводятся на образцах, которые по своей форме и размерам существенно отличаются от узлов трения реальных механизмов. Применение принципов моделирования и распространение результатов, полученных при моделировании, на реальный механизм, как правило, сопряжено с большими трудностями и дает недостаточно надежные показатели. В частности, размеры и форма поверхностей трения существенным образом влияют на гидродинамику масляного клина и на эпюру давлений в зоне трения, а эти факторы определяют теплофизические характеристики узла в целом. Поэтому исследования параметров трения антифрикционных материалов должно завершаться стендовыми испытаниями реального узла машины.

Изготовленный нами стенд предназначен для испытания подшипников скольжения с различными смазывающе-охлаждающими жидкостями, подаваемыми под различным давлением в нагруженную или ненагруженную зону подшипника, консистентными смазками и всухую. Нагрузка на подшипник и скорость скольжения могут изменяться в процессе испытаний в широких пределах и поддерживаться в заданном режиме с высокой точностью. На стенде предусмотрено измерение суммарного износа вала и подшипника, измерение температурного поля подшипника и температурного градиента в его теле.

Стенд состоит из жесткой станины, установленной на сварной тумбе, внутри которой размещены: автономная система для подачи смазывающе-охлаждающей жидкости, электродвигатель постоянного тока 9 (рис. 2) для привода в движение вала контртела, два регулятора напряжения типа РНО-250-5, вентилятор для охлаждения регуляторов напряжения.

На станине закреплены: пульт управления стендом, задняя бабка и рабочая камера.

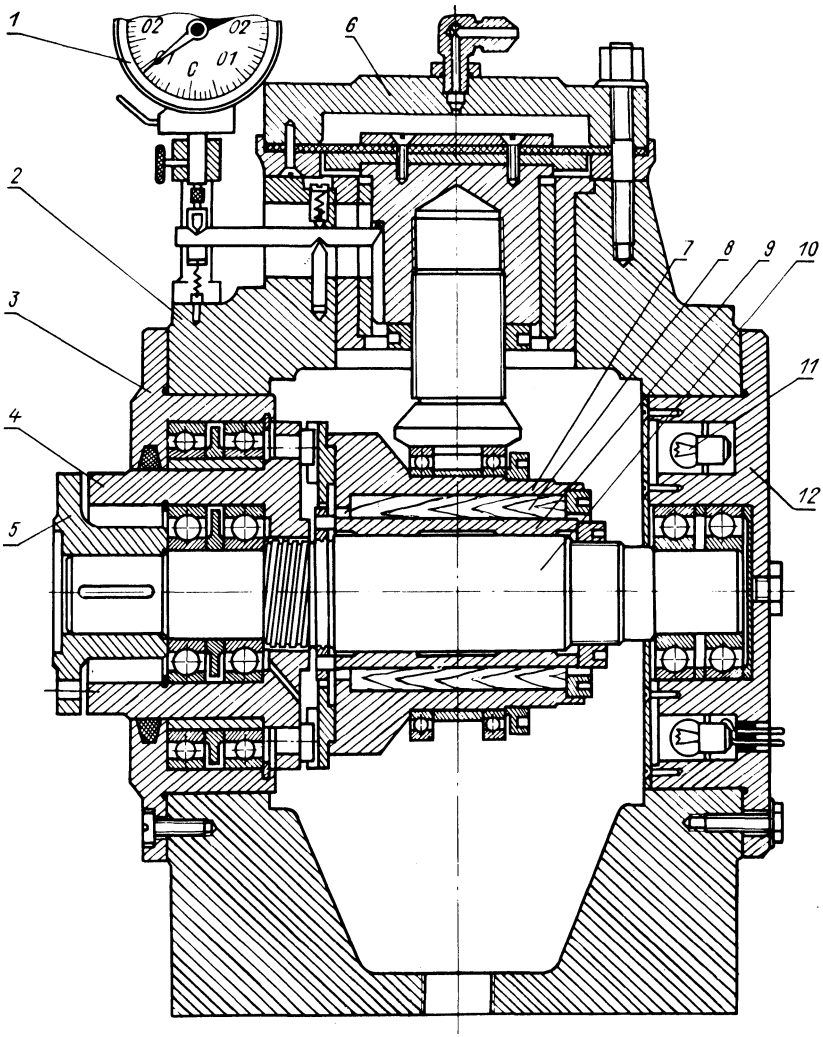

Рис. 1. Рабочая камера испытательного стенда.

Чугунная рабочая камера (рис. 1) состоит из двух половин, которые соединяются между собой болтами. Камера с торцов закрыта крышками: задней 12 глухой и передней 3 сквозной для выхода вала. Вал 10 вращается в шариковых подшипниках, посаженных в крышках. На валу плотно насаживаются и закрепляются гайкой сменные втулки (контртела) 9. В отверстии

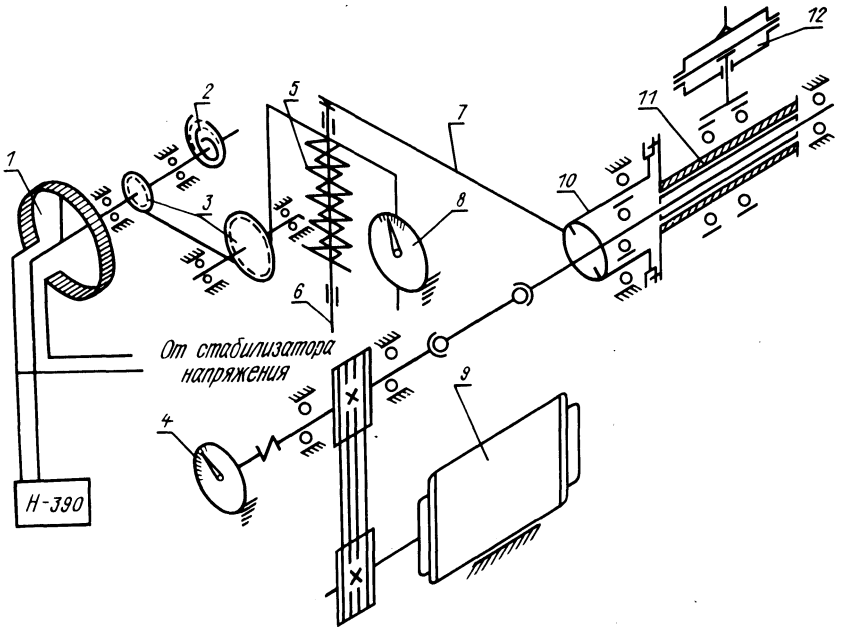

Рис. 2. Кинематическая схема испытательного стенда.

верхней части камеры вставлена бронзовая втулка, в которой перемещается шток камеры нагружения 6. Со штоком камеры нагружения через специальный механизм связан индикатор часового типа 1 с ценой деления 0,001 мм для измерения суммарного износа.

Испытываемый подшипник 8 находится в корпусе 7. Для уменьшения трения между штоком камеры нагружения и корпусом подшипника нагружение осуществляется через подшипники качения. Корпус испытываемого подшипника зацепляется с помощью двух шипов с приводной втулкой 4. На конце втулки жестко насажен рычаг устройства для измерения силы трения.

Для наблюдения за работой подшипника в задней крышке вмонтированы низковольтные лампы накаливания 11, а на передней стенке корпуса 2 рабочей камеры имеется смотровое окно.

Задняя бабка служит промежуточной опорой. В корпусе бабки на шариковых подшипниках вращается вал, на одном

конце которого находится шкив клиноременной передачи, а на втором – фланец для присоединения карданного вала. Карданный вал соединяет вал задней бабки с валом контртела через фланец 5.

В пульте управления собрана вся электрическая схема управления стендом. Здесь же располагается автоматический самопишущий потенциометр ПС-1-11 для измерения и записи температуры в 12 точках и самопишущий прибор Н-390 для контроля и записи силы трения. Измерение температуры в зоне трения осуществляется с помощью хромель-копелевых термопар диаметром 0,2 мм, которые устанавливаются в сверлениях тела подшипника.

В средней части станины находится панель, на которой расположены манометры для контроля за давлением воздуха в системе нагружения и давлением смазывающе-охлаждающей жидкости, подаваемой в испытываемый подшипник.

Продолжительность испытаний отсчитывается по счетчику моточасов, установленному на станине слева. Для контроля за скоростью скольжения установлен тахометр 4 (рис. 2) типа ТМ-1, 5Л, имеющий привод от конца вала задней бабки.

Система нагружения подшипника. Рабочим телом в системе нагружения является сжатый воздух, который из баллона поступает к редукционному вентилю, назначение которого – изменять давление воздуха и поддерживать это давление с заданной точностью. Из редукционного вентиля воздух поступает в камеру нагружения 12 (рис. 2). Камера состоит из двух половин, между которыми находится резиновая диафрагма. Верхняя половина камеры и диафрагма образуют полость, в которую подводится сжатый воздух. С диафрагмой связан шток. Давление воздуха передается от диафрагмы через шток на испытываемый подшипник. Контроль давления воздуха, подаваемого в камеру, производится образцовым манометром с ценой деления 0,5 кгс/см^2.

Система нагружения тарируется с помощью динамометра. Для разгружения подшипника воздух с помощью клапана стравливается в атмосферу.

Емкость баллона позволяет без его подкачки произвести около тысячи сбросов нагрузки. Давление воздуха в баллоне контролируется манометром.

Система измерения силы трения работает следующим образом: под действием силы трения между испытываемым подшипником 11 (рис. 2) и контртелом подшипник вместе с кор-

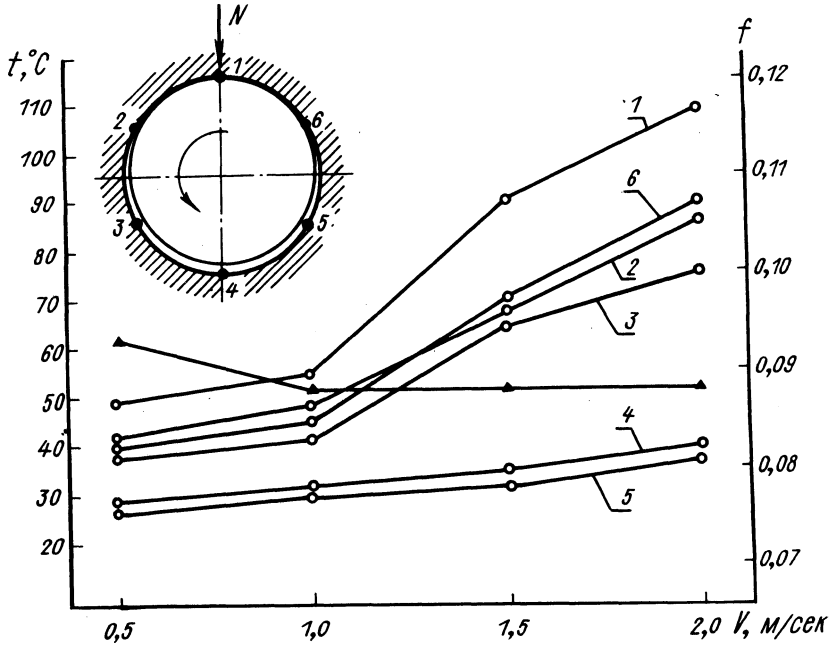

Рис. 3. Зависимость температуры и коэффициента трения от скорости скольжения :

сплошная линия – температура; линия с треугольниками – коэффициент трения.

пусом начинает поворачиваться. Поскольку корпус подшипника посредством двух шипов соединен с приводной втулкой 10, то она также приходит в движение. Круговому вращению корпуса подшипника, равно как и ведомой втулке, препятствуют пружины 5, свободно надетые на направляющий шток 6, на который в свою очередь опирается нагружающий рычаг 7, жестко соединенный с приводной втулкой 10.

Визуально сила трения фиксируется индикатором часового типа 8. Запись силы трения осуществляется на приборе Н-390, входной сигнал на который подается от стабилизатора напряжения через резистор 1. Перемещение движка резистора осуществляется спиральной пружиной 2 и стальным канатиком Ф 1 мм, переброшенным через блоки 3. Один конец канатика связан с направляющим штоком. Такой привод движка позволяет устранить его свободный ход.

Соотношение плеч нагружающего рычага 1 : 5. При изменении диаметра контртела предусмотрено изменение длины рычага.

Система подачи смазывающе-охлаждающей жидкости. Смазывающе-охлаждающая жидкость, из бака, пройдя через сетчатый фильтр и теплообменник, насосом подается в зону трения испытываемого подшипника.

Отбор тепла в теплообменнике осуществляется за счет циркуляции воды из водопровода.

Смазочная жидкость может быть подана в нагруженную или ненагруженную зону испытываемого подшипника. Температура жидкости на входе и выходе из зоны трения контролируется термометрами.

Давление жидкости регулируется числом оборотов двигателя постоянного тока.

Нами проводились стендовые испытания подшипников скольжения из древесины березы, модифицированной фенолоформальдегидной смолой, содержание которой в древесине составляло 12% по сухому остатку.

Целью испытаний на первом этапе было определение температурного поля подшипника при постоянной нагрузке (P-5 кгс/см^2) в зависимости от скорости скольжения и определение величины коэффициента трения в зависимости от этих режимов при работе с жидкой смазкой. Смазка подводилась в ненагруженную зону подшипника под давлением $3 \pm 0,2$ кгс/см^2.

Измерение температуры проводилось в шести точках подшипника. Термопары располагались по окружности подшипника через 60° на расстоянии 0,2 – 0,4 мм от поверхности трения.

Результаты испытаний представлены на рис. 3. Линии 1 – 6 иллюстрируют температуры в каждой точке в зависимости от скорости скольжения. При изменении скорости скольжения от 0,5 м/с до 2 м/с температура в ненагруженной зоне (точки 4, 5) почти не изменяется, что можно объяснить хорошим отводом тепла из этой зоны за счет подводимой смазки.

При подводе смазки в нагруженную (верхнюю) зону подшипника наблюдался интенсивный рост температуры даже в точках 4, 5.

Коэффициент трения при изменении скорости скольжения от 0,5 м/с до 2 м/с изменяется в небольших пределах.

Некоторое уменьшение коэффициента трения с увеличением скорости скольжения происходит за счет улучшения условий смазки, условий образования масляного клина между трущимися поверхностями.