



УДК 678:621.74.042 - 036.6/8

© А. Т. Тарасенко, С. В. Гончаров, 2009

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРЕНИЕ И ИЗНОС

Тарасенко А. Т. – канд. техн. наук, доц. кафедры «Машины и оборудование лесного комплекса», тел.: (4212) 37-51-90; *Гончаров С. В.* – инженер кафедры «Машины и оборудование лесного комплекса», асп., тел.: (4212) 37-51-90, e-mail: Ya-84@list.ru (ТОГУ)

Триботехнические испытания новых материалов в различных условиях работы очень важны для определения параметров качественной работы любого узла трения. Однако бывает сложно смоделировать условия работы того или иного узла, и это формирует определенные требования к испытательному оборудованию. Благодаря многолетнему изучению процесса трения была сформулирована идея, которая впоследствии воплотилась в жизнь в виде испытательной машины трения МФТ-3М.

Tribotechnical test of a novel material under various operation conditions is very important to find parameters of a good operation of any friction unit. However, sometimes is rather difficult to simulate the working conditions of a friction unit, which places some demands on test equipment. As a result of a long-time study of friction a conception was formulated, which made it possible to create a friction test machine MFT-3M.

Ключевые слова: триботехнические испытания, испытательное оборудование, трение.

Трение может быть полезным и вредным – эту аксиому человек освоил еще на заре цивилизации. Ведь два самых главных изобретения – колесо и добывание огня – связаны именно со стремлением уменьшить и увеличить эффекты трения. Известно, что 30 % производимой в мире энергии теряется на преодоление сил трения.

Исследования трения и изнашивания деталей машин относятся к числу наиболее актуальных, т. к. большинство машин и их деталей выходят из строя вследствие износа. По своей природе трение может быть без смазочного материала и со смазочным материалом, которое может быть также граничным, когда трущиеся поверхности разделены смазкой, но ее слой очень тон-

кий – соизмеримый с размерами молекул масла, и жидкостным, когда между деталями расположен слой масла, определяемый зазорами между деталями.

Сложность процессов, происходящих при контактных взаимодействиях твердых тел в условиях внешнего трения и приводящих к разрушению поверхностей трения, обусловила многочисленные методики для оценки свойств материалов узлов трения. Это привело к созданию обширного класса испытательных машин и стендов.

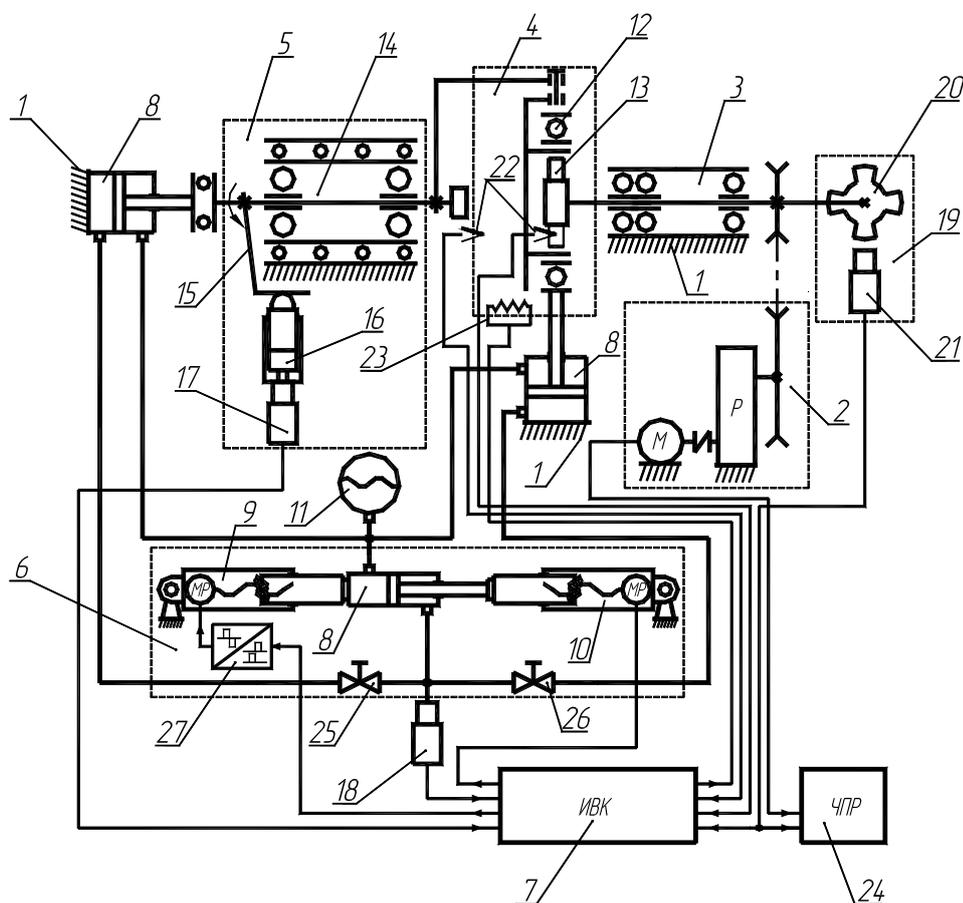
Средства испытаний материалов на трение и износ можно разделить на две группы в зависимости от назначения: лабораторные машины для испытания материалов на трение и износ и стенды для испытания узлов трения. Тип оборудования зависит от положения вектора нагрузки по отношению к плоскости расположения векторов линейных скоростей основного движения и характера относительного движения образца и контртела. Типоразмер машины зависит от нагрузки на образец и скорости относительного движения образца и контртела в пределах определенного диапазона нагрузок и скоростей; нормируемые диапазоны нагрузок машин трения, Н: 0–0,2; 0,2–2, 2–10, 10–100, 100–500, 500–2000, 2000–5000, 5000–10000, 10000–50000; нормируемые диапазоны скоростей машин трения, м/с: 0–0,001, 0,001–0,01; 0,01–0,1; 0,1–1; 1–5; 5–20; 20–50; 50–100; 100–200.

В лаборатории композиционных материалов Тихоокеанского государственного университета разработан универсальный триботехнический стенд на базе машины физического трения МФТ-1, технической задачей которого является увеличение функциональных возможностей стенда за счёт обеспечения широкого диапазона нагрузок и повышения точности контроля нагрузки, а также компенсации естественного износа как системы нагружения, так и испытуемого образца. Данный стенд позволяет проводить испытания материалов на трение и износ по радиальной и торцевой схемам.

На рисунке приведена блок-схема функционирования универсального триботехнического стенда.

Стенд включает в себя основание 1 с приводной станцией 2 и установленные на основании приводной узел 3 с испытательной камерой 4, измерительный узел 5, нагружающее устройство 6 с приводом, измерительно-вычислительный комплекс 7, состоящий из компьютера, согласующего устройства, блока управления приводом. Нагружающее устройство 6 состоит из гидравлического демультипликатора 8 и двух электромеханических шариковых винт-гаек 9 и 10, разгруженных посредством гидроаккумулятора 11. При этом шариковая винт-гайка 9 выполняет функцию точного регулирования нагрузки, а шариковая винт-гайка 10 – скоростного изменения нагрузки.

Испытательная камера 4 имеет узел передачи нагрузки, выполненный в виде подшипника качения 12 с асимметричным расположением тел качения. При этом максимальное количество тел качения расположено со стороны передачи нагрузки на испытуемый подшипник 13.



Блок-схема функционирования универсального стенда для испытаний на трение и износ:

1 – основание, 2 – приводная станция (электродвигатель, редуктор), 3 – приводной узел, 4 – испытательная камера, 5 – измерительный узел, 6 – нагружающее устройство с приводом, 7 – измерительный-вычислительный комплекс, 8 – гидравлический демultiпликатор, 9 и 10 – электромеханические шариковые винт-гайки, 11 – гидроаккумулятор, 12 – узел передачи нагрузки, 13 – испытуемый подшипник, 14 – измерительный шпиндель, 15 – рычажная система передачи, 16 – плунжерная пара, 17 – тензометрический датчик, 18 – датчик нагрузки, 19 – инкодерный датчик, 20 – импульсный диск, 21 – индуктивный сенсор, 22 – тензометрические датчики, 23 – термозлемент, 24 – блок частотного регулирования двигателя приводной станции, 25 и 26 – игольчатые краны, 27 – блок усиления сигнала широтно-импульсной модуляции

Измерительный узел 5 состоит из измерительного шпинделя 14, рычажной системы передачи 15 и измерительного блока, состоящего из прецизионной плунжерной пары 16 и тензометрического датчика 17.

Стенд оборудован датчиком нагрузки 18, выполненного в виде тензомет-

рического датчика давления, и инкодерным датчиком 19 в виде импульсного диска 20 и индуктивного сенсора 21.

В испытательной камере 4 имеются тензометрические датчики 22 рабочей среды и испытуемого подшипника 13, термоэлемент 23.

Кроме того, универсальный стенд для испытания на трение и износ имеет блок 24 частотного регулирования двигателя приводной станции 2, игольчатые краны 25, 26 и блок 27 усиления сигнала широтно-импульсной модуляции управления шариковой винт-гайки 9.

Перед началом испытания машина находится в исходном состоянии. Исполнительные гидроцилиндры демультипликатора 8 находятся во втянутом положении. На вал приводного узла 3 фиксируется контртело. Испытуемый подшипник 13 крепится во втулку, запрессованную в подшипник 12 с асимметричным расположением тел качения, и устанавливается на контртело.

При испытании радиальных узлов трения закрывается игольчатый кран 25 и открывается кран 26 рабочей магистрали гидравлического демультипликатора 8.

На пульте управления измерительно-вычислительного комплекса 7 включается запуск программы испытания установленного узла трения. При этом приводная станция 2, управляемая блоком 24 частотного регулирования, выводит контртело на заданную частоту вращения. Блок 7 подает управляющий сигнал на шариковую винт-гайку 10 и обеспечивает предварительный поджим собранного ранее узла. Возникшая сила трения воздействует на прецизионную плунжерную пару 16 через кинематическую цепь измерительного узла 5 (рычажная система передачи 15, измерительный шпиндель 14), которая преобразует силу трения в давление жидкости. Давление жидкости, воздействуя на мембрану тензометрического датчика 17, формирует сигнал, передаваемый в измерительно-вычислительный комплекс 7. Этот сигнал отключает шариковую винт-гайку 10 скоростного изменения нагрузки, и в работу включается шариковая винт-гайка 9. Она выводит испытуемый узел на заданную программой нагрузку и обеспечивает поддержание и программное изменение нагрузки в течение всего периода испытаний.

Управление винт-гайки 9 осуществляется микропроцессорным ПИД-регулятором, получающим информацию от датчика нагрузки 18 через блок усиления 27 методом широтно-импульсной модуляции.

Датчики 22 и термоэлемент 23 испытательной камеры 4, связанные с измерительно-вычислительным комплексом 7, контролируют и поддерживают среду испытуемого подшипника 13 в необходимом диапазоне.

Сигналы инкодерного датчика 19 передаются в блок 7 измерительно-вычислительного комплекса для контроля скорости и пути трения, и в блок 24 частотного регулирования для обеспечения точного поддержания необходимой частоты вращения контртела и компенсации скольжений двигателя и ременной передачи приводного узла 2.

Поскольку трение – неустановившийся процесс, то автоколебательные процессы, возникающие в цепи передачи, гасится прецизионной плунжерной



парой 17 за счет вязкости заполняющей ее жидкости.

Усилие перемещения шариковых винт-гаек 9, 10 увеличивается гидравлическим демультипликатором 8, состоящего из исполнительных и задающего гидроцилиндров, подключенных по перекрестной схеме рабочей магистрали.

Для обеспечения разгрузки шариковых винт-гаек 9, 10, противоположные полости задающего и исполнительных гидроцилиндров соединены подпиральной магистралью, в которую включен гидроаккумулятор 11. Перекрестная схема подключения линии подпора обеспечивает минимальное изменение давления.

Давление гидроцилиндра 11 рассчитано таким образом, чтобы обеспечить половину номинальной нагрузки исполнительных гидроцилиндров без воздействия на гидравлический демультипликатор 8 шариковых винт-гаек 9, 10. Следовательно, в диапазоне до 50 % номинальной нагрузки исполнительных гидроцилиндров винт-гайки 9, 10 работают на противодействие давлению подпора (на сжатие), а после 50 % номинальной нагрузки содействуют усилию от давления подпора (на растяжение).

При испытании торцевых узлов испытательная камера 4 частично демонтируется, устанавливается держатели контртела и образца торцевой пары на вал приводного узла 3 и вал измерительного шпинделя 14.

Игольчатый кран 26 закрывается и открывается кран 25. Алгоритм выполнения испытаний торцевых пар аналогичен приведенной выше методике при испытании радиальных пар.

При создании данного испытательного стенда использовались следующие технические приемы, позволяющие получать полную триботехническую картину испытаний, проводимых на данном стенде.

1. Нагружающее устройство состоит из гидравлического демультипликатора и двух электромеханических шариковых винт-гаек, разгруженных посредством гидроаккумулятора, причем, одна из шариковых винт-гаек выполняет функцию точного регулирования нагрузки, а вторая – ее скоростного изменения.

2. Узел передачи нагрузки в испытательной камере выполнен в виде подшипника качения с асимметричным расположением тел качения.

3. Измерительный узел стенда состоит из измерительного шпинделя, рычажной системы передачи и измерительного блока, состоящего из прецизионной плунжерной пары и тензометрического датчика.

4. Испытательная камера герметично изолирована от приводной станции и окружающей среды, кроме того, в ней имеется система поддержания постоянной температуры (система термостатирования).

Использование нагружающего устройства, состоящего из гидравлического демультипликатора и двух электромеханических шариковых винт-гаек, разгруженных посредством гидроаккумулятора, позволяет обеспечивать точное поддержание нагрузки и компенсирование естественного износа системы нагружения и испытуемого образца. Кроме того, снижаются нагрузки на ме-

ханическую часть системы нагружения, минимизируются энергозатраты и увеличивается долговечность машины в целом.

Применение двух шариковых винт-гаек (одна из которых выполняет функцию точного регулирования нагрузки, а другая – скоростного изменения) нагрузки обеспечивает сокращение время подготовки к испытаниям, предотвращение аварийных ситуаций, возможных при испытаниях, и точное поддержание графика нагрузок.

Выполнение узла передачи нагрузки в виде подшипника качения с асимметричным расположением тел качения позволяет при минимальных габаритных размерах испытательной камеры обеспечить максимальную нагрузку, передаваемую на испытательную пару, кроме того, это увеличивает точность снятия фрикционных характеристик испытываемого узла трения.

Использование измерительного шпинделя, рычажной системы передачи и измерительного блока, состоящего из прецизионной плунжерной пары и тензометрического датчика, в измерительном узле позволяет выполнять нагружение торцевых и радиальных пар трения с использованием одного измерительного блока. Кроме того, прецизионная плунжерная пара в системе снятия фрикционных характеристик позволяет увеличить точность измерения и исключить автоколебательные процессы в механической измерительной цепи (измерительный подшипник, рычажная система передачи, измерительный шпиндель).

Изолированность испытательной камеры и возможность поддержания в ней постоянных температурных условий позволяет проводить испытания материалов в тех условиях, под которые он разрабатывается.

Библиографические ссылки

1. *Тарнопольский Ю. М., Кинцис Т. Я.* Методы статических испытаний армированных пластиков. М., 1981.
2. *Трение, изнашивание и смазка: справочник: в 2 кн. / под ред. И. В. Крагельского, В. В. Аликина.* М., 1978. Кн. 1.
3. *Исследование трения и изнашивания антифрикционных материалов при высоких скоростях скольжения на примере самосмазывающегося подшипника ротора для ТКА 80/9. Отчет НИР. № 39/90. № ГР 01910051417. Инв. № 02830003009. / ХПИ.* Хабаровск, 1992.
4. Создание станка для разработки технологии центробежного литья изделий из полимерных композиционных материалов / *Захарычев С. П., Иванов В. А., Авдеев В. А., Гончаров С. В.* // Вестник ТОГУ. 2007. № 1(4).
5. *Гончаров С. В.* Исследование температурных зависимостей при центробежном формировании полимерных композиционных материалов // Вестник ТОГУ. 2008. № 1(8).
6. Исследование виброакустических характеристик фторопласта ф4 при триботехнических испытаниях / *Моторин Г. В., Гончаров С. В., Тарасенко А. Т., Иванов В. А.* // Вестник ТОГУ. 2009. № 2(13).