

Я. РУСНАК, к.т.н., проф., кафедра проектирования машин инженерного факультета Словацкого университета агрокультуры в Нитре, Словакия

М. КАДНАР, к.т.н., доц., кафедра проектирования машин инженерного факультета Словацкого университета агрокультуры в Нитре

З. ТКАЧ, к.т.н., проф., кафедра проектирования машин инженерного факультета Словацкого университета агрокультуры в Нитре

Я. КАДНАР, аспирант, институт инженерной педагогики и гуманитарных наук факультета материаловедения и технологии Словацкого технологического университета, Братислава, Словакия

РАЗРАБОТКА ПОДШИПНИКОВОЙ ПАРЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ TRIBOTESTOR M'06 ДЛЯ УСЛОВИЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СМАЗКИ

Испытательная машина TRIBOTESTOR M'06 проектируется для быстрого определения параметров и свойств пар скольжения. Оригинальная версия подвижной шпиндельной бабки была выполнена для сухого трения. Цель нашей работы состояла в том, чтобы приспособить подшипники испытательной машины TRIBOTESTOR M'06 к работе в условиях гидродинамической смазки во время экспериментов. Главная цель проектируемой модификации подшипников заключается в уменьшении напряженности в скользящей системе вал-вкладыш.

Випробувальна машина TRIBOTESTOR M'06 проектується для швидкого визначення параметрів і властивостей пар ковзання. Оригінальна версія рухливої шпиндельної бабки була виконана для сухого тертя. Мета нашої роботи полягала в тому, щоб пристосувати підшипники випробувальної машини TRIBOTESTOR M'06 до роботи в умові гідродинамічного мастила під час експериментів. Головна мета проектованої модифікації підшипників полягає в зменшенні напруженості в взаємній системі вал-вкладиш.

The test machine TRIBOTESTOR M'06 is designed for the fast determination of parameters and properties of sliding pairs. The original version of a sliding head was determined for a solid friction. The aim of our work was to adapt the sliding head of the TRIBOTESTOR M'06 testing machine to be used for hydrodynamic lubrication in experiments. The main target of the designing modification of the sliding head was to solve the tightness of the sliding system in a relationship shaft-brick.

Введение. TRIBOTESTOR M'06 – это испытательная машина для определения параметров и свойств пар трения скольжения. Она позволяет проводить 4 основных испытания:

- определение критической нагрузки;
- определение критической скорости;
- определение максимальной нагрузки для диаграммы $P-V$;
- испытание на износостойкость.

Испытательная машина позволяет моделировать текущие условия трибосистемы в пределах ее технических параметров. Она может работать не

только при постоянной скорости, когда возникающая нагрузка становится переменным параметром. Испытательная машина может также работать в противоположном направлении, т.е. при постоянной нагрузке скорость может менять свое направление. Если необходимо, возможно запрограммировать оба параметра, т.е. нагрузку и переменную скорость. Измерительная система испытательной машины позволяет измерять не только оба параметра, но и другие параметры, например температуру подшипника, момент трения и температуру рабочего оборудования. Данные, полученные в результате испытания, сохраняются в программе Microsoft Excel, где они могут быть статистически оценены и обработаны. Основываясь на полученных значениях, возможно, определять следующие параметры:

- коэффициент трения, зависящий от нагрузки при постоянной скорости скольжения $\mu=f(p)$;
- коэффициент трения, зависящий от скорости скольжения при постоянной нагрузке $\mu=f(v)$;
- нагрузка p , зависящая от скорости v при постоянной температуре $p=f(v)$ и также $v=f(p)$;
- параметр изнашиваемости, зависящий от нагрузки и скорости скольжения;
- температуру подшипников, зависящую от нагрузки и скорости скольжения;
- зависимость между изнашиваемостью и коэффициентом трения.

Материалы и методология. Модифицированная конструкция трибосистемы испытательной машины TRIBOTESTOR M'06 основана на кинематической схеме (рисунок 1) и модели подвижной шпиндельной бабки (рисунок 2). Вначале было принято решение проанализировать свойства, связанные с действием сил трения в скользящей паре, которая бы работала при сухом и смешанном трении. Исходная модель подвижной шпиндельной бабки была создана в CAD/CAM системе Pro/Engineer 2001. Все конструктивные модифика-

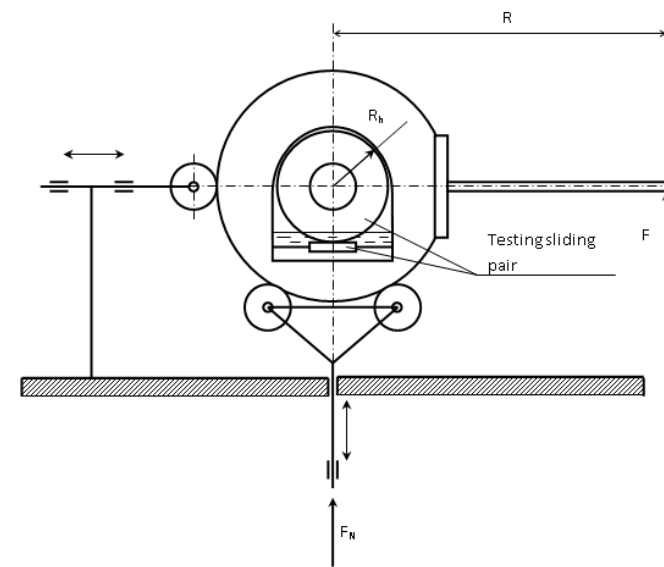


Рисунок 1 – Кинематическая схема испытательной машины

ции также были спроектированы и опробованы в этой CAD/CAM системе.

Методология.

- моделирование исходной модели (рисунок 2);
- предложение вариантов решений;
- выбор оптимального решения;
- моделирование выбранного варианта подвижной шпиндельной бабки;
- исследование и проверка;
- создание технической документации;
- изготовление составных деталей;
- контроль на практике.

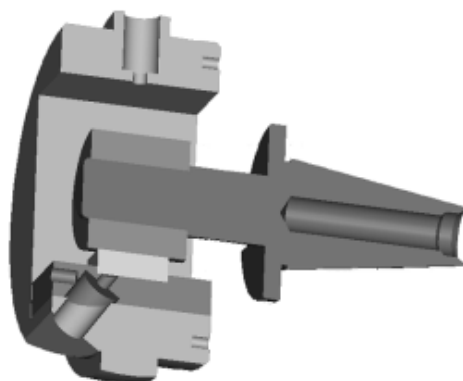


Рисунок 2 – Оригинальная модель

Предложения.

Предложенный последний вариант был основан на требованиях, согласно которым испытываемый скользящий узел должен был работать в условиях гидродинамической смазки:

- должен позволить быстро и просто вносить изменения в тестируемые образцы;
- скользящая система должна иметь все степени свободы в пределах движения,
- напряженность скользящей системы должна быть достоверной.

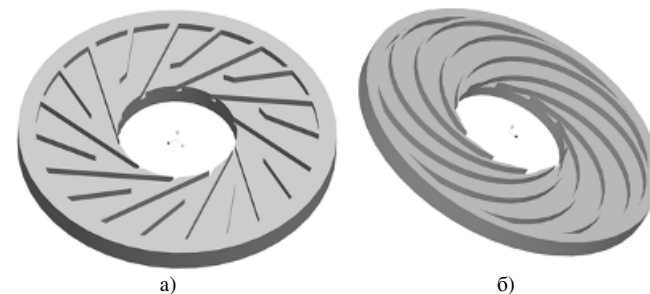
Результаты и обсуждение. Во всех предлагаемых модификациях мы использовали минимально возможный зазор в посадке пар. Такой вид посадки имеет очень низкий коэффициент скольжения, потому что контакт между вкладышем и валом незначительный, и разделение поверхностей достигается масляной пленкой в месте контакта поверхностей.

Модификация с радиальными ламелями – вариант А.

Модификация состоит из пазов, прорезанных на поверхностях скольжения, данные пазы дают возможность сливать масло обратно (рисунок 3). Пазы обычно выполняют винтовыми. Таким образом, можно представить данную конструкцию как винтовой насос с очень низкой производительностью. Это эффективно работает для такого вида зазора в кинематической паре.

Такой вариант уплотненного контакта поверхностей возможен только благодаря масляной пленке, причем отработанное масло возвращается обратно в пару скольжения.

Маслосъемные края размещаются по касательной к направлению движения. Этот вид расположения желобков минимально закручивает масло и работает с максимальной эффективностью.



а)

б)

Рисунок 3

а) модификация с прямыми ламелями; б) модификация с радиальными ламелями

Максимальная эффективность подразумевает минимальное сопротивление движению момент трения. Это положительно влияет на точность измерения. Рисунок 3б показывает уплотнительный диск с ламелями, которые снимают и собирают масло. Однако, данный вариант требует больших затрат и времени на производство.

Материал был выбран, чтобы обеспечить низкий вес продукта и низкое сопротивление маслу. Поэтому был выбран полиамид, так как он имеет подходящий коэффициент трения по отношению к стали во время смазывания. На рисунке 4 приведен механизм уплотнения.

Уплотнение проталкивается с небольшой силой через упругую связь. Эластичный шарнир вместе с зажимом создает прокладку вала. Подготовка испытания пары трения также включает помещение эластичной связи на вал, установку уплотнения, установку головки испытательного устройства и его нагрузку (рисунок 5).

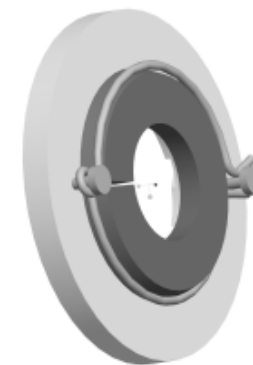


Рисунок 4 – Уплотнение с упругим промежуточным звеном

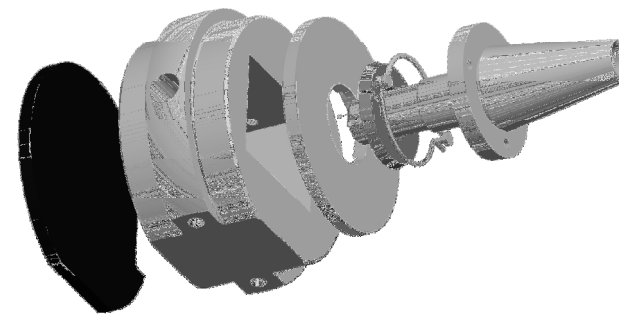


Рисунок 5 – Сборка модифицированной подшипниковой системы – вариант А

Модификация с использованием острой кромки – вариант В.

Решение основано на острой кромке. Это влияет на полный момент трения устройства незначительно и делает возможным движение во всех направлениях. Положение уплотнения гарантируют иглы, которые зафиксированы в испытательной машине. Уменьшенное давление и адаптация этого положения в верхней части проверяющей связи гарантированно эластичным связующим звеном.

Подготовка уплотнения к измерению основано на установке уплотнения на иглах в испытательной машине и на помещении уплотнительного диска в верхней части испытательной машины. Преимущество этого решения находится в его простоте и в факте, что уплотнение не зависит от изменения вала. Недостаток – пониженная уплотняющая эффективность. На эффективность влияет сжимающая сила по направлению к уплотнению и поверхности краев уплотнения.

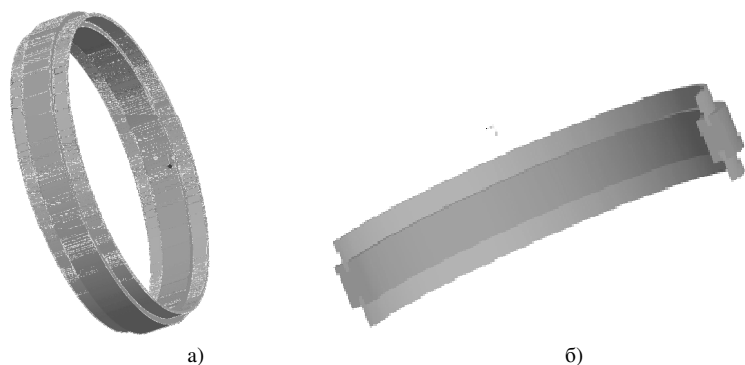


Рисунок 6 – а) сборка прокладки, б) секция прокладки с острой кромкой

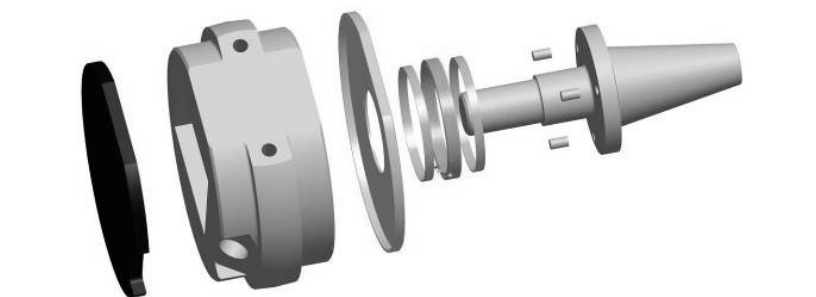


Рисунок 7 – Сборка модифицированной подшипниковой системы – вариант В

Модификация с осевыми ламелями – вариант С.

Это решение также основано на плотном приспособлении, и оно увеличивает эффективность благодаря маслу, текущему назад через ламели. Так как должна быть сжата меньшая область, чем в предыдущих вариантах, это

решение лучше для конструкции. Оно также имеет лучшие свойства сжатия, что также влияет на форму и измерения упругой связи.

Адаптер установлен на испытательной головке и прикреплен через болтовое соединение. Вал установлен на проверяющей головке, а упругая связь приложена через зажим (рисунок 9).

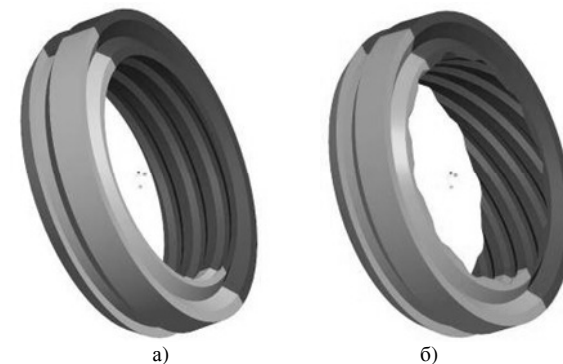


Рисунок 8

а) малая разновидность канавок; б) более глубокая разновидность канавок

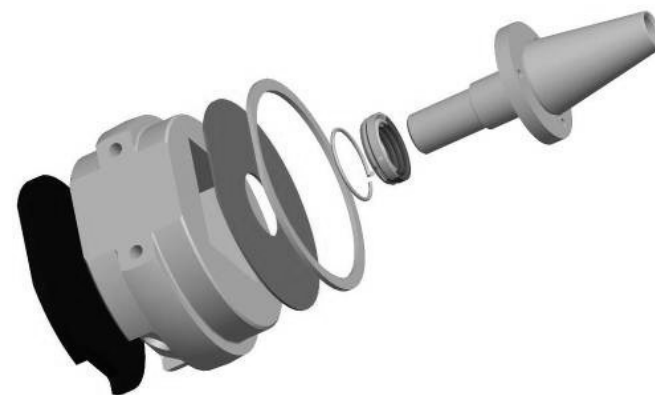


Рисунок 9 – Сборка модифицированной подшипниковой системы – вариант С

Выводы. Цель работы заключалась в том, чтобы спроектировать модификации для скользящей системы испытательной машины TRIBOTESTOR M'06 в условиях гидродинамической смазки. Предложения были основаны на использовании масла, которое бы возвращалось через желобки или через острую кромку обратно.

Решение с острой кромкой простое и его установка быстрая и свободная. Использование этого решения сложно при предыдущей модификации головки испытательной машины (круговая форма), которая была преобразована в

прямоугольную. Это изменение было создано из-за экономических проблем, в этом случае производство образца проще и дешевле. Изменение сечения позволяет использовать этот вид уплотнения; однако это требует применение накладки. Накладка не усложняет использование уплотнений с острыми кромками.

Решения с ламелями используют принцип течения обратного течения масла при вращении вала. Масло, кружащееся вращающим валом, вращается в направлении вращения с проскальзыванием. Это приводит к его движению в направлении ламелей.

Последнее решение имеет эластичную связь и обеспечивает лучшее воздействие на перемещения головки во время испытаний. Относительно замены проверяемого образца есть два варианта. Если образец имеет размеры, которые не вызовут проблемы при замене, возможно только освободить зажим и поместить вал вне головки. Если это решение не подходит, типовая замена произойдет, когда обратная сторона головки будет открыта. На основании анализа и экономических проблем мы рекомендуем вариант С как лучший. Модификация узла скольжения для машины TRIBOTESTOR M'06 в пределах гидродинамического трения делает эту машину более универсальной и годной для использования в экспериментальных испытаниях.

Результаты по проектам VEGA:

1/0008/09 Key attributes of sliding bearings lubricated by ecological oils research

1/0462/09 The Elimination of Negative Operation Impacts of Machines on Agricultural Land, Water and Atmosphere

Список литературы: 1. *Kadnár, M., Rusnák, J.* (2004): Theoretical calculation of lubricant film thickness in elastohydrodynamic lubrication. In.: Proceedings of International Scientific Conference "New trends in constructing and technical documentation creating 2004", Department of Machine Design, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, May 2004, pp.55-58. ISBN 80-8069-362-5. 2. *Richter, J.* (2006): Modification of sliding node for Tribotestor M'06 testing machine in the area of hydrodynamic lubrication. Diploma thesis. Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, 2006. 3. *Kelley, D.* (2001): ProEngineer 2001 Assistant. Whitby: McGraw-Hill Science/Engineering/ Math, 2001, 256p., ISBN 00-7249-939-7. 4. *Vrábel'ová, X., Rusnák, J.* (2004): The risk of error solutions for safety system. In: 9th International Scientific Symposium "Quality and reliability of machines", Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture, May 2004, pp.106-108. ISBN 80-8069-369-2.

Поступила в редколлегию 20.04.11