

Структурно все множество запрещенных фигур разбивается на подмножества относительно признаков и относительно значений признаков. Такое разбиение позволит при изменении структуры прототипа не проверять новую структуру на все множество запрещенных фигур, характеризующих класс объектов, а проанализировать лишь множества запрещенных фигур вновь введенных в структуру значений признаков.

Такого рода структурирование множества запрещенных фигур является первым шагом оптимизации процесса конфигурирования [3]. Однако, поскольку работа конфигуратора не ограничивается фиксацией возможности замены одного конструктивного элемента другим, а направлена и на поиск набора необходимых замен, позволяющих получить работоспособную конструкцию, соответствующую требованиям технического задания, следующий этап исследований должен быть направлен на формирование процесса планирования замен. Очевидно, что процесс этот будет иметь множество альтернативных модификаций, различающихся количеством заменяемых элементов, и представлять собой разрастающийся вниз корневой граф. Поэтому далее исследования будут направлены на оптимизацию процесса

планирования модификаций с поиском самого короткого «корня».

Предлагаемый подход позволяет сделать следующий шаг в развитии средств автоматизации этапов жизненного цикла изделия, а сама система конфигуратора будет востребована как проектировщиками, так и людьми, осуществляющими эксплуатационные работы сложных машиностроительных изделий.

Библиографические ссылки

1. Валеев О. Ф., Зарифуллина Э. Г., Малина О. В. Подход к построению классификатора объектов машиностроения как основы информационного обеспечения САПР // Изв. Тул. гос. ун-та. Техн. науки. – 2013. – Вып. 6-1. – С. 220–229.
2. Подходы к организации экспертного опроса подсистемы формирования классификатора системы структурного синтеза конечных объектов, построенных на дискретных структурах / О. В. Малина [и др.] // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2012. – № 1. – С. 126–129.
3. Малина О. В., Валеев О. Ф., Зарифуллина Э. Г. Анализ подходов к минимизации ресурсов ЭВМ в процессе автоматизированного структурного синтеза изделий машиностроения средней степени сложности // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 1. – С. 22–24.

E. G. Zarifullina, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

O. V. Malina, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Approach to creation of an information model of the automatized configurator

The article is devoted to structure and functional of the engineering objects configurator. Special attention is devoted to describing of the classifier, which is an information model of the configurator, and to ways of its development.

Keywords: CAD, configuring, classifier, information model of the configurator

Получено: 25.04.14

УДК 621.833.3

А. А. Корнилов, инженер;
Д. Ю. Курлыкова, магистрант;
О. В. Петрова, магистрант

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОПОР СКОЛЬЖЕНИЯ КОЛЕСА НИЗКОСКОРОСТНЫХ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ СПИРОИДНЫХ РЕДУКТОРОВ

Описаны результаты экспериментальных исследований смазочных материалов и опор скольжения в низкоскоростных тяжело нагруженных спироидных редукторах. Приводятся зависимости коэффициента полезного действия редуктора в зависимости от материалов опор скольжения и применяемых смазок.

Ключевые слова: спироидный редуктор, опоры скольжения, смазочный материал, КПД

Введение

Одним из широко распространенных видов технологического оборудования, применяемого во многих отраслях промышленности, является трубопроводная арматура (ТПА), важнейшим элементом управления которой являются приводы. Условия эксплуатации

редукторов ТПА характеризуются высокими нагрузочными и в особенности перегрузочными моментами, низкими скоростями вращения, широким диапазоном рабочих температур (от -60°C до $+50^{\circ}\text{C}$). Это накладывает определенные ограничения на применяемые редукторы, что зачастую приводит к появле-

нию конструкций с увеличенными массогабаритными характеристиками.

Широкое применение в настоящее время в редукторах ТПА нашли спироидные передачи благодаря достоинствам геометрии и кинематики их зацепления [1–3 и др.]. Однако для спироидных передач, как и для любых видов гиперболических передач, характерно увеличенное скольжение в зацеплении. Поэтому повышение требований к антифрикционным свойствам контактных поверхностей трения и смазочным материалам является актуальной задачей.

С целью снижения массогабаритных характеристик и себестоимости в редукторах на основе спироидных передач часто применяют опоры скольжения. Таким образом, улучшение антифрикционных свойств пар трения связано со снижением трения в самой передаче и опорах валов. Традиционно эту задачу решают выбором соответствующих материалов звеньев подшипниковых опор, их термической и механической обработкой и подбором смазки.

В данной работе проводилось исследование эффективности применения подшипников скольжения узла колеса, изготовленных из различных материалов, и смазочных материалов различных составов с различными наполнителями.

Основные результаты испытаний

Приведем некоторые результаты исследовательских испытаний на примере опытных образцов редукторов четвертьоборотного – РЗА-С-2000 и многооборотного – РЗАМ-С-1000, спироидные пары которых характеризуются параметрами, приведенными в табл. 1.

Таблица 1. Геометрические параметры спироидных передач испытываемых редукторов

Геометрические параметры	РЗА-С-2000	РЗАМ-С-1000
Межосевое расстояние a_w , мм	60	40
Передаточное отношение, i_{12}	46	11,67
Осевой модуль спироидного червяка m_x , мм	2,75	2,774
Наружный диаметр спироидного червяка d_{a1} , мм	42	48
Внутренний/наружный диаметр спироидного колеса d_2/d_{e2} , мм	138/175	120/155
Максимальный вращающий момент на выходном валу редуктора T_{2max} , Нм	2 000	1 000
Предельный статический вращающий момент на выходном валу $T_{2пред}$, Нм	4 000	2 000
Масса m , кг	17	11

Испытания проводились на стенде, выполненном по разомкнутой схеме потока мощности (рис. 1). Вращающий момент, создаваемый на мотор-редукторе 1, передается на входной вал испытываемого редуктора 2, закрепленного на кронштейне. Далее через мультипликатор 3 момент передается на тормозное устройство ленточно-колодочного типа 4. С помощью датчика момента 5 снимают показания крутящего момента на входном валу, а величину крутящего момента на выходном валу определяют по динамометру часового типа 6.

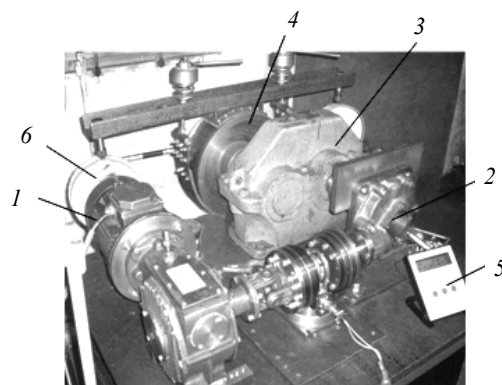


Рис. 1. Испытательный стенд

Исследование вариантов материалов подшипников скольжения

Сравнение подшипников скольжения осуществлялось на четвертьоборотном редукторе модели РЗА-С-2000.

В ходе исследования были рассмотрены следующие варианты опор скольжения колеса: (1) – подшипники скольжения, изготовленные из металлофторопластовой полосы, состоящей из стальной основы (низкоуглеродистая сталь), слоя спеченной порошковой бронзы (0,2–0,35 мм), инфильтрованной и покрытой слоем PTFE (политетрафторэтилен с дисульфидом молибдена – 0,01–0,04 мм); (2) – подшипники скольжения с лазерно-индуцированными поверхностными наноструктурами, представляющие собой кольца из низкоуглеродистой стали, насыщенные ультрадисперсным графитом с помощью лазерной обработки [4]; (3) – подшипники скольжения из чугуна; (4) – подшипники скольжения из стали.

Результаты испытаний представлены на графиках (рис. 2; цифрами обозначены упомянутые выше варианты исполнения опор).

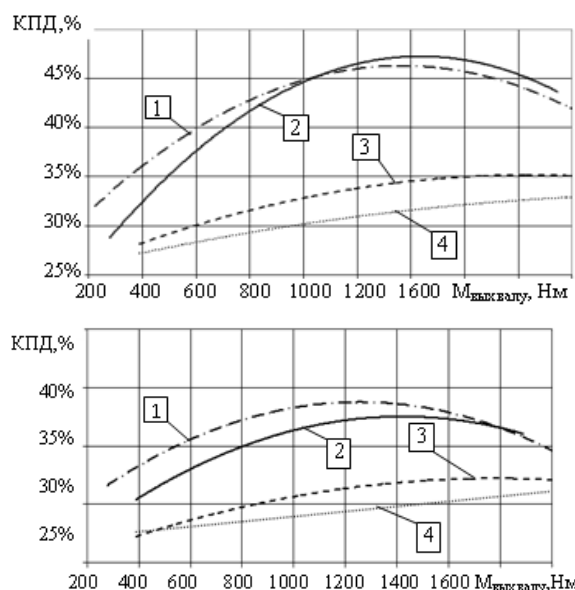


Рис. 2. Результат испытаний редуктора с различными опорами скольжения колеса: при ведущей левой поверхности (слева), при ведущей правой поверхности (справа)

Испытания показали, что наиболее высокий КПД получен при применении металлофторопластовых опор скольжения колеса и опор с лазерно-индуцированными поверхностными наноструктурами. Значения КПД испытываемого редуктора с данными опорами отличаются друг от друга весьма незначительно (приблизительно на 1...2 %). Это дает основание считать целесообразным применение опор скольжения колеса с лазерно-индуцированными поверхностными наноструктурами при указанных выше условиях эксплуатации редукторов. Кроме того, с экономической точки зрения, опоры скольжения с лазерно-индуцированными поверхностными наноструктурами оказываются значительно дешевле, чем металлофторопластовые опоры (приблизительно на 30 %), что является дополнительным и весьма важным фактором при принятии решения об их применении в редукторах.

Исследование влияния состава смазки спирoidalного зацепления

Оценка влияния состава смазок на КПД редуктора осуществлялась на многооборотном редукторе модели РЗАМ-С-1000.

Рассматривались варианты составов консистентных смазок, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Варианты опор скольжения

№ п/п	Название	Описание
1	«Фиол Ультра Т» ТУ 0254-003-15238210-04	Полусинтетическая смазка с заявленными антизадирными и износостойкими свойствами
2	«ЛИТА» ТУ 0254-009-80388604-2008	Литиевая нефтяная смазка с добавлением 10 % мелкодисперсного графита 5 % дисульфида молибдена (MoS_2)
3	«Томфлон М360» ТУ 0254-017-1235252-04	Полусинтетическая РТФЕ смазка с добавлением 15 % мелкодисперсного графита
4	«Циатим 201» ГОСТ 6267-74 (серийный)	Литиевая нефтяная смазка с добавлением 10 % мелкодисперсного графита и 5 % MoS_2
5	«Томфлон М360» ТУ 0254-017-1235252-04	Полусинтетическая РТФЕ смазка с добавлением 10 % мелкодисперсного графита и 5 % MoS_2
6	«Циатим 201» (состав 1) ГОСТ 6267-74	Литиевая нефтяная смазка с добавлением 3 % ингибитора коррозии и 10 % мелкодисперсного графита
7	«Циатим 201» (состав 2) ГОСТ 6267-74	Литиевая нефтяная смазка с добавлением 3 % ингибитора коррозии, 10 % мелкодисперсного графита и 2,5 % MoS_2
8	«Циатим 201» (состав 3) ГОСТ 6267-74	Литиевая нефтяная смазка с добавлением 3 % ингибитора коррозии, 10 % мелкодисперсного графита и 5 % MoS_2

Отдельно несколько слов следует сказать о применении в составах 6, 7 и 8 ингибитора коррозии [5]. С помощью этого вещества, отличающегося низкой стоимостью, на покрытой им поверхности образуется тонкая, но прочная пленка с высокими антифрикционными свойствами. Предполагалось, что ингибитор коррозии станет полной или частичной заменой применяемого в серийной смазке (4 в табл. 2) дорогостоящего MoS_2 .

Результаты испытаний представлены на графиках (рис. 3 – цифрами обозначены упомянутые выше варианты составов смазок).

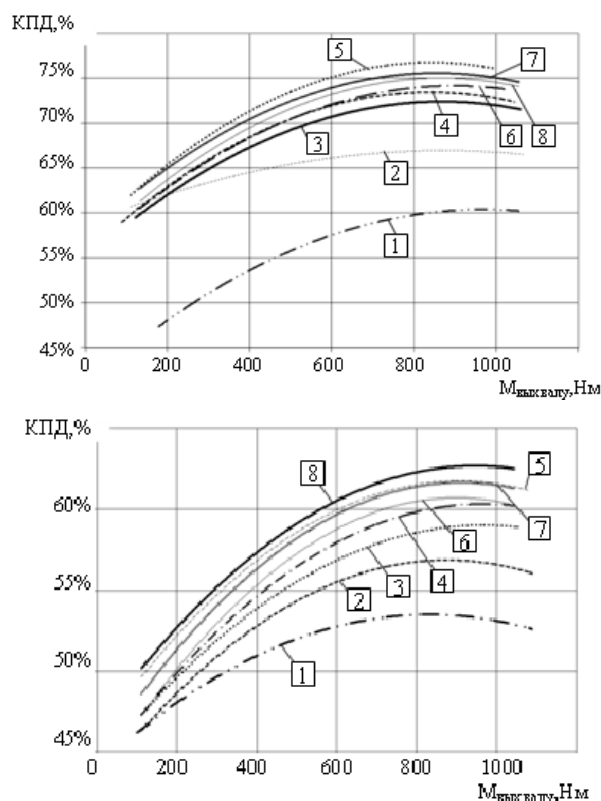


Рис. 3. Результат испытания редуктора с различными смазками: при ведущей левой поверхности (слева), при ведущей правой поверхности (справа)

Анализируя результаты испытаний, можно сделать вывод, что в отношении противоизносных и противозадирных свойств все смазки показали удовлетворительные результаты на паспортных нагрузках редукторов. В отношении КПД наиболее эффективными оказались смазочные материалы на основе «Томфлон М360» (5 в табл. 2) и «Циатим 201» (4, 6, 7 и 8 в табл. 2). Смазочные материалы на основе «Циатим 201» отличаются значительно более низкой ценой в сравнении с «Томфлон М360».

При сравнении смазочного материала 4 с материалом 6, содержащим ингибитор коррозии (предполагаемый заменитель дисульфида молибдена), можно заметить, что применение последнего позволяет получить некоторое повышение КПД. Данный результат подтверждался в 80 % случаев (в остальных случаях состав 4 без ингибитора коррозии по-

казывал более высокие значения КПД). Для получения более достоверной информации решено продолжить исследования в данном направлении. Исследование смазочных материалов 7 и 8 показало, что содержание дисульфида молибдена в случае дополнительного применения ингибитора коррозии не критично влияет на КПД редуктора. Поэтому применение в смазочных материалах этого компонента эффективно с экономической точки зрения, так как это позволяет сократить расход дорогостоящего наполнителя MoS_2 .

Заключение

В настоящей статье описаны некоторые результаты исследовательских испытаний низкоскоростных тяжело нагруженных спироидных редукторов ТПА, которые на данный момент позволяют утверждать о пусть неоднозначной, но очевидной эффективности того или иного решения. Окончательные выводы будут сделаны при наличии исчерпывающей статистики экспериментальных исследований в данном направлении.

Библиографические ссылки

1. Гольдфарб В. И., Трубачев Е.С. Создание высокоэффективных редукторов приводов трубопроводной арматуры // Трубопроводная арматура XXI века: наука, инжиниринг, инновационные технологии = Pipeline fittings of the XXI century: science, engineering, innovative technologies : материалы 1-й Междунар. науч.-техн. конф., г. Курган, 24–26 сент. 2008 г. – Курган : Кург. гос. ун-т, 2008. – С. 68–76.
2. Гольдфарб В. И., Трубачев Е.С. Что делать и чего не делать при выборе и проектировании редукторов ТПА // Арматуростроение. – 2010. – № 1. – С. 52–57. – URL: http://www.valve-industry.ru/pdf_site/64/64_nauka_Goldfarb_Trubachev.pdf (дата обращения: 12.05.2014).
3. Спироидные редукторы трубопроводной арматуры / В. И. Гольдфарб, Д. В. Главатских, Е. С. Трубачев [и др.]. – М. : Вече, 2011. – 222 с.
4. Насыщение графитом поверхности стали при лазерной обработке короткими импульсами / Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов, Т. А. Писарева и др. // Наука и технология. – 2013. – № 11. – С. 38–43.
5. Способ получения ингибитора коррозии металлов : а. с. 257663 СССР / С. М. Решетников, Л. Н. Светова, Л. А. Короткова, А. К. Винокуров. – № 1217533/23-4; заявл. 12.02.68 ; опубл. 05.03.76. – Бюл. № 9. – 2 с.

A. A. Kornilov, Engineer, Institute of mechanics, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

D. Yu. Kurlykova, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

O. V. Petrova, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Some results of experimental research of lubricants and gear sliding bearings of low speed and heavy loaded spiroid gear boxes

Some results of experimental research of lubricants and gear sliding bearings of low-speed and heavy loaded spiroid gear boxes are described. Some efficiency coefficient dependences on materials of sliding bearings and applied lubricants are presented.

Keywords: spiroid gear box, sliding bearings, lubricants, efficiency coefficient

Получено: 05.05.14

УДК 621.646

А. С. Кузнецов, кандидат технических наук, доцент;

Е. В. Лукин, кандидат технических наук;

А. М. Санников, аспирант;

Т. В. Савельева, инженер-конструктор

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СПИРОИДНЫХ РЕДУКТОРОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Рассматривается последовательность проектирования спироидных редукторов, позволяющая разработать рациональную конструкцию редуктора с наименьшим числом итераций. Она учитывает особенности конструкций и специфику условий работы редукторов.

Ключевые слова: проектирование, конструирование, спироидный редуктор

Введение

В последнее время в редукторах трубопроводной арматуры (ТПА), предназначенных для регулировки потока жидкостей или газов в различных отраслях, широко применяются спироидные передачи, позволяющие обеспечить высокие нагрузочные и перегрузочные моменты на выходном валу при низких скоростях вращения, а также компактность и надежность конструкции [1]. Угол поворота выходного

звена редуктора определяет его принадлежность к четвертьоборотным (в которых рабочий орган поворачивается на 90°) или многооборотным (предназначенным для поступательных запорных узлов) редукторам, каждый из которых имеет свои особенности соответственно своему назначению.

Однако проектирование таких редукторов сопряжено с необходимостью учесть большое число ограничений конструктивного и технологического харак-