

УДК 621.833.6

А. В. Овсянников, кандидат технических наук, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Л. П. Перминов, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Г. Н. Главатских, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЗУБЧАТО-РОЛИКОВОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Зубчатые передачи широко используются во многих отраслях народного хозяйства, в том числе в области машиностроения. К основным требованиям, предъявляемым к ним, относятся: небольшие габаритные размеры и масса, высокий КПД, долговечность и надежность в работе. Полнее всего этим требованиям удовлетворяют планетарные передачи. Наиболее простыми из них являются передачи с одним внутренним зацеплением колес и малой разницей в числах их зубьев, содержащие ведущее эксцентриковое водило, один-два сателлита, центральное колесо и механизм снятия движения с сателлита [1]. Основной задачей при разработке передач данного типа является проектирование рационального механизма снятия движения с сателлитов, который обеспечивал бы простоту и компактность конструкции, низкие потери мощности на трение.

Существует множество вариантов исполнения указанного механизма в передачах с внутренними зацеплениями колес [2]. Однако наиболее рациональным является роликовый механизм снятия движения с сателлитов.

Зубчато-роликовая планетарная передача содержит: водило с двумя эксцентриками, один-два одинаковых сателлита с внешними зубьями, неподвижное центральное колесо с внутренними зубьями и механизм снятия движения с сателлитов, состоящий из жестко связанных с выходным валом дисков и роликов, расположенных в отверстиях сателлитов и дисков (рис. 1) [3]. Движение от сателлита к ведомому валу передается через ролики и диски (щеки). В процессе работы передачи ролики перекатываются по цилиндрическим поверхностям отверстий, чем обеспечиваются низкие потери мощности на трение и, следовательно, высокий КПД.

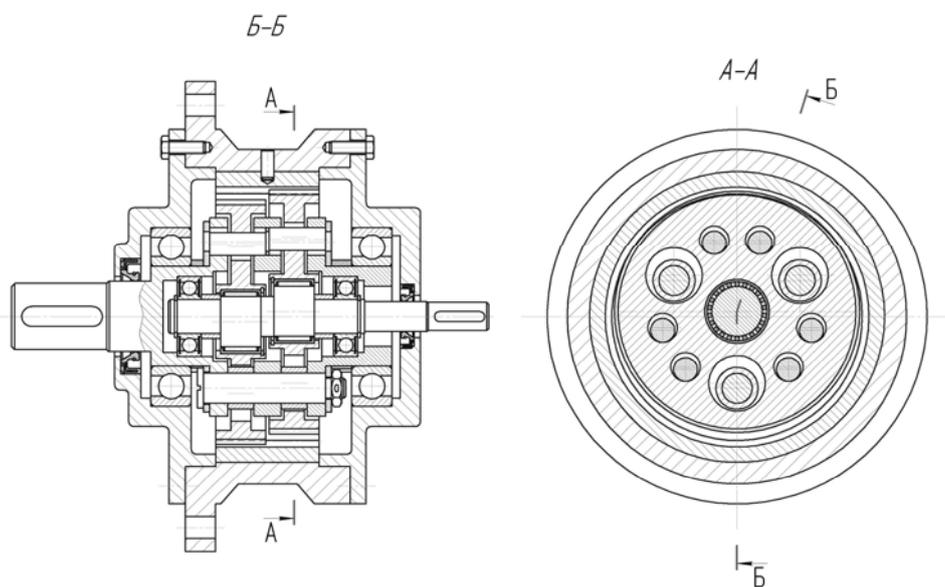


Рис. 1. Зубчато-роликовая планетарная передача

Важнейшим элементом зубчато-роликовой планетарной передачи является ролик механизма снятия движения с сателлита, деформация которого приводит к неравномерному распределению нагрузки по его длине, что отрицательно сказывается на нагрузочной способности передачи. В работе [4] установлены закономерности распределения нагрузки по длине ролика в зонах сопряжений «ролик – сателлит» и «ролик – диск» на базе решения дифференци-

альных уравнений их напряженно-деформированного состояния.

Учитывая вышеуказанные закономерности, осуществим оценку прочности сопряжений «ролик – сателлит» и «ролик – диск» (см. рис. 1) при помощи метода конечных элементов, являющегося наиболее распространенным и эффективным способом проведения сложных и трудоемких расчетов на податливость и прочность [5].

В настоящее время существует множество систем, позволяющих решать различные задачи конечно-элементного анализа. Для компьютерного моделирования сопряжений «ролик – диск» и «ролик – сателлит», а также для реализации расчета ролика на прочность методом конечных элементов воспользу-

емся программой Solid Works с приложением Cosmos Works. Для решения поставленной задачи требуется создание трехмерной модели сопряжений, определение схемы нагружения ролика (рис. 2), расчет модели методом конечных элементов, создание эпюр напряжений и деформаций (рис. 3, 4).

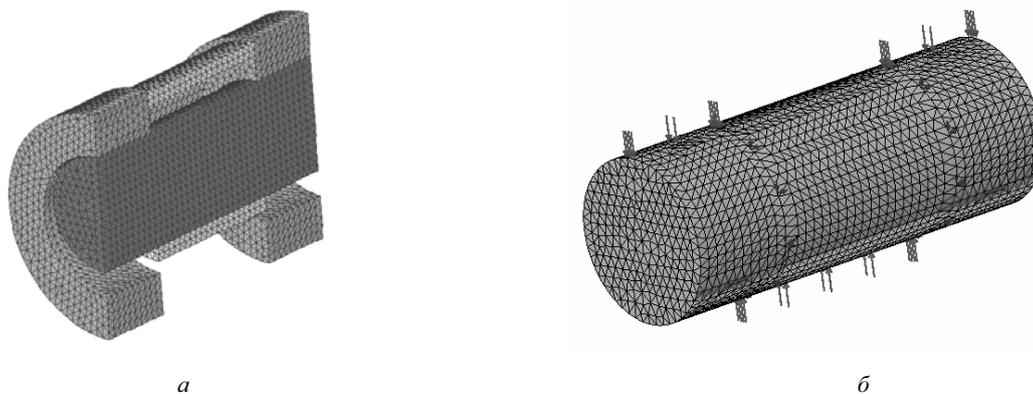


Рис. 2. Трехмерная модель сопряжений «ролик – сателлит» и «ролик – диск» (а), схема нагружения ролика (б)

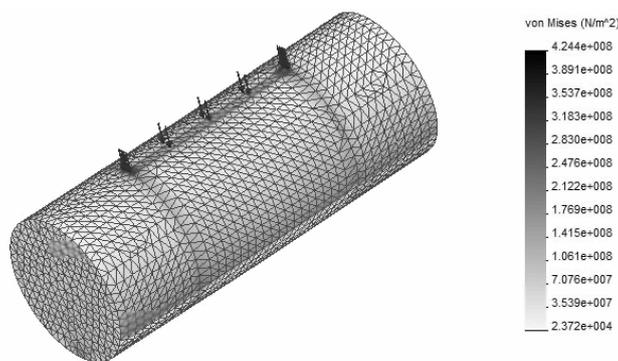


Рис. 3. Напряженное состояние ролика (зона контакта с сателлитом)

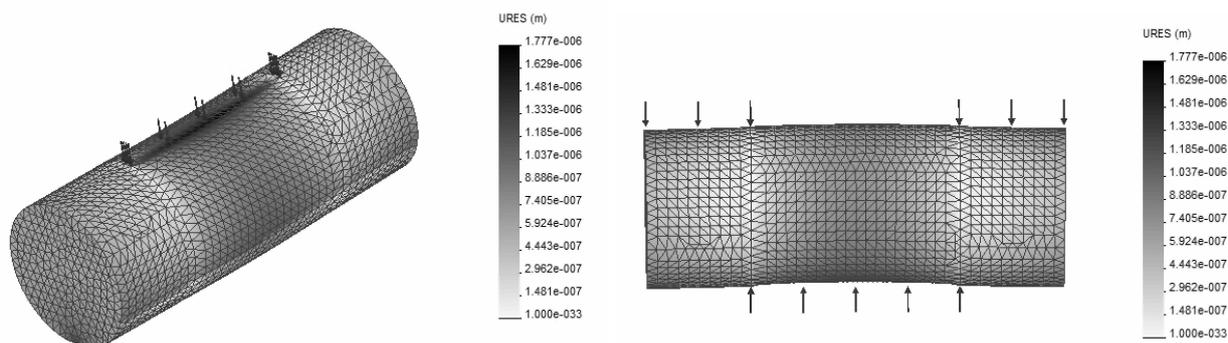


Рис. 4. Деформированное состояние ролика

Выполненный расчет позволяет проследить распределение нагрузки и напряжений по всему объему ролика. Эпюры напряжений и деформаций построены при соотношениях $\frac{P_1}{P_2} = 2$ и $\frac{L}{d} = 2,6$ (материал ролика – качественная углеродистая сталь), где d – диаметр ролика; $L = 32$ мм – общая его длина; $P_1 = 2000$ Н – нагрузка, действующая на ролик со стороны сателлита (длина площадки контакта сопря-

гаемых поверхностей $l_1 = \frac{L}{2}$, ширина указанной площадки $b_H = 0,8$ мм); P_2 – нагрузка, действующая в зонах контакта «ролик – диски» механизма снятия движения (длина площадки контакта сопрягаемых поверхностей $l_2 = \frac{L}{4}$, ширина указанной площадки $b_H = 0,8$ мм).

Таким образом, контактные напряжения, как и нагрузка, распределяются по длине ролика неравномерно. Коэффициент неравномерности распределения нагрузки по длине ролика при отношении его длины к диаметру не менее 2,5 достигает 1,5 и более, что следует учитывать при расчете механизма на прочность.

Библиографические ссылки

1. Кудрявцев В. Н. Планетарные передачи. – Л. : Машиностроение, 1966. – 307 с.

2. Кудрявцев В. Н., Кирдяшев Ю. Н., Гинзбург Е. Г. Планетарные передачи : справочник. – Л. : Машиностроение, 1977. – 563 с.

3. Пат. № 2460917, РФ, МПК F16H 1/32. Планетарная передача / Ф. И. Плеханов, А. В. Овсянников. – Опубл. 10.09.2012, бюл. № 25.

4. Плеханов Ф. И., Овсянников А. В. Исследование распределения нагрузки по длине ролика зубчато-роликковой планетарной передачи // Вестник машиностроения. – 2011. – № 3. – С. 12–14.

5. Сызранцев В. Н., Сызранцева К. В. Расчет напряженно-деформированного состояния деталей методами конечных и граничных элементов : монография. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2000. – 111 с.

Получено 01.07.2016

УДК 621.9.015-187

А. А. Вольтский, АО «Пермский научно-исследовательский технологический институт»

А. М. Тихонов, АО «Пермский научно-исследовательский технологический институт»

И. Б. Шендеров, доктор технических наук, АО «Пермский научно-исследовательский технологический институт»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОЧНЫХ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В производстве встречаются трубные изделия (готовые детали и заготовки-полуфабрикаты) с высокими требованиями к качеству выполнения внутренней и наружной поверхностей, постоянству толщины стенки, но вполне приемлемыми допусками прямолинейности средней линии цилиндрической поверхности. Полуфабрикаты с такими свойствами могут использоваться, например, для дальнейшей прокатки при изготовлении тонкостенных труб. Готовые детали с такими свойствами, в том числе длинномерные детали с цилиндрической внутренней поверхностью и наружной поверхностью, имеющей периодический продольный профиль, выполняющий функции силовых и (или) дистанцирующих элементов, применяются в энергооборудовании. Если допуск толщины стенки существенно (в несколько раз и более) превышает допуск прямолинейности средней линии (оси) поверхности, то задача изготовления такой детали становится достаточно сложной. В настоящей статье представлены результаты отработки интерактивной технологии изготовления – технологического процесса, периодически прерываемого для проведения измерений и адаптации, на основе результатов измерений, условий обработки, включая переустановку и выверку заготовки в станке к достигнутому на время останова качеству изготовления.

Для моделирования технологии изготовления деталей точением была выбрана условная заготовка со сложной «винтовой» формой отклонения реальной оси обработанной внутренней поверхности от прямолинейности. Отклонение реальной оси [1] внутренней поверхности заготовки от прямой, соеди-

няющей геометрические центры торцевых сечений заготовки, показано на рис. 1. На рис. 2 изображен годограф отклонения от прямолинейности – проекция реальной оси на торцевую плоскость.

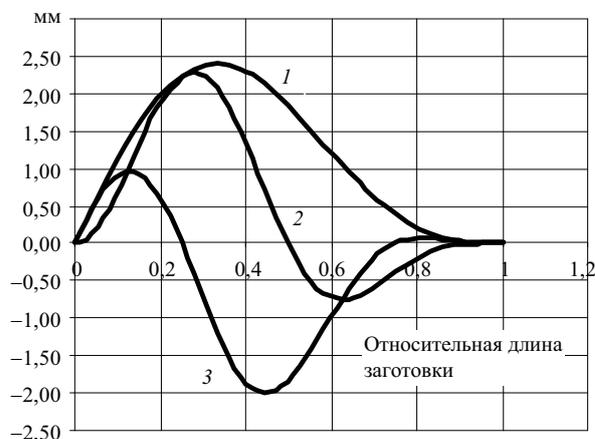


Рис. 1. Отклонение от прямолинейности реальной оси внутренней поверхности заготовки: 1 – общее отклонение; 2, 3 – проекции на две взаимно перпендикулярные плоскости

Обработка наружной поверхности подобных заготовок для получения деталей с требуемым ограничением разнотолщинности стенки проводится с установкой заготовки в люнетах станка: либо в роликовых люнетах по заранее выполненным на заготовке равнотолщинным поясам [2], либо в кольцевых люнетах с выверкой заготовки по центрам сечений внутренней поверхности. Если используют роликовые люнеты, то равнотолщинные пояски