

11. Plasma Charge Current for Controlling and Monitoring Electron Beam Welding with Beam Oscillation / D. Trushnikov, V. Belenkiy, V. Shchavlev, A. Piskunov, A. Abdullin, G. Mladenov // *Sensors*. – 2012. – Vol. 12(12). – P. 17433–17445.

12. Моделирование динамического поведения сварочной ванны при лазерной и гибридной сварке с глубоким проплавлением / Г. А. Туричин, Е. А. Валдайцева, Е. Ю. Поздеева, Е. В. Земляков, А. В. Гуменюк // *Автоматическая сварка*. – 2008. – № 7. – С. 15–19.

13. Математические модели процессов изменения рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка при электронно-лучевой сварке / В. Я. Браверман,

В. С. Белозерцев, Н. Н. Горяшин, А. Т. Лелеков // *Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева*: сб. науч. тр. под ред. проф. Г. П. Белякова. – 2009. – Вып. 2. – С. 247–251.

14. Трушников Д. Н., Бельский В. Я. Вторично-эмиссионный сигнал из зоны электронно-лучевой сварки и его связь с геометрическими параметрами сварного шва // *Интеллектуальные системы в производстве*. – 2011. – № 2. – С. 13–17.

15. Управление электронно-лучевой сваркой / В. Д. Лаптенко, В. С. Белозерцев, Н. Н. Горяшин, А. Т. Лелеков; под ред. В. Д. Лаптенка. – Красноярск: САА, 2000. – 234 с.

V. E. Shchavlev, Post-graduate, Perm National Research Polytechnic University

D. N. Trushnikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University

A. A. Yuzhakov, DSc in Engineering, Professor, Perm National Research Polytechnic University

Mathematical Model of Sensor of Secondary Current in Plasma to Control the Electric Beam Focusing

The article presents the analysis of spectral characteristics of the collector sensor of secondary radiation in plasma generated in the zone of the electron beam contact with the metal during the electron beam welding. The mathematical model of the sensor is developed and analyzed.

Key words: electron-beam welding, mathematical model, Fourier series, secondary-emission signal current in plasma.

УДК 621.833.6

А. В. Овсянников, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

Л. П. Перминов, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧ ТИПА $K-H-V$ С РОЛИКОВЫМИ МЕХАНИЗМАМИ СНЯТИЯ ДВИЖЕНИЯ С САТЕЛЛИТА

Приведены результаты экспериментального исследования КПД планетарных передач типа $K-H-V$ с цилиндрическими и качающимися роликами механизма снятия движения с сателлита.

Ключевые слова: планетарная передача, внутреннее зацепление, роликосый механизм снятия движения с сателлита, испытательный стенд, КПД.

В настоящее время к редукторам общемашиностроительного применения предъявляются высокие требования, которые заключаются как в обеспечении хороших массогабаритных характеристик, больших передаточных отношений, так и в получении высокого коэффициента полезного действия.

Указанным требованиям достаточно полно удовлетворяют планетарные передачи с внутренним зацеплением колес и небольшой разницей в числах их зубьев [1, 2]. Наиболее простой и эффективной из них является передача типа $K-H-V$ с механизмом снятия движения, выполненным в виде дисков с отверстиями, в которых установлены ролики [3].

Одна из таких конструкций с цилиндрическими роликами и двумя параллельно расположенными сателлитами приведена на рис. 1. Передача содержит эксцентриковое водило, два одинаковых сателлита с внешними зубьями, неподвижное центральное колесо с внутренними зубьями и механизм снятия дви-

жения с сателлита, состоящий из жестко связанных с выходным валом дисков и роликов, расположенных в отверстиях сателлитов и дисков. В процессе работы планетарного механизма ролики не скользят, а перекатываются по цилиндрическим поверхностям сопрягаемых с ними деталей, чем обеспечивается высокий КПД.

В данной конструкции планетарной передачи могут быть использованы ролики особой конфигурации (рис. 2) [4]. Такие ролики в процессе ее работы не обкатываются по поверхностям цилиндрических отверстий, а совершают качательные движения. Использование качающихся роликов позволяет равномерно распределить нагрузку между сателлитами. Самоустановка сателлитов компенсирует неточности изготовления передачи и повышает ее нагрузочную способность.

Для экспериментального исследования планетарных передач типа $K-H-V$ с роликосыми механизмами снятия движения с сателлита были разработаны

и изготовлены опытные образцы вышеуказанных конструкций (рис. 3). Характеристики опытных образцов приведены в таблице.

Определение КПД передачи осуществлялось на испытательном стенде, позволяющем задавать различные режимы работы (изменять частоту вращения

электродвигателя, нагрузку на выходном валу), получать сигналы с тензометрических датчиков вращающего момента и осуществлять их обработку при помощи специального программного обеспечения. Стенд для проведения испытаний опытных образцов передачи показан на рис. 4.

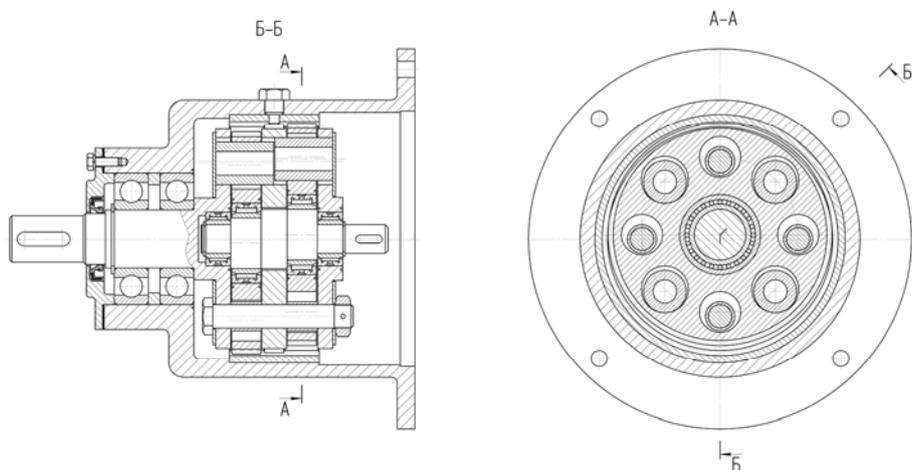


Рис. 1. Конструкция передачи типа *K-H-V* с цилиндрическими роликами механизма снятия движения с сателлита

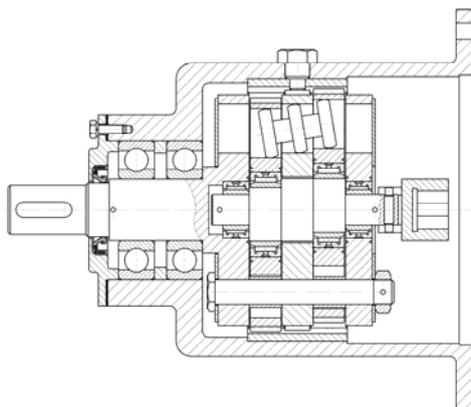


Рис. 2. Конструкция передачи типа *K-H-V* с качающимися роликами механизма снятия движения с сателлита



Рис. 3. Опытный образец передачи типа *K-H-V* с цилиндрическими роликами механизма снятия движения с сателлита

Испытательный стенд состоит из следующих элементов:

1) электродвигатель асинхронный (с частотным преобразователем);

2) фланец для крепления электродвигателя;
3) тензометрический датчик вращающего момента (входной);

4) фланец для крепления испытуемой передачи;

- 5) опытный образец передачи;
- 6) тензометрический датчик вращающего момента (выходной);
- 7) электромагнитный порошковый тормоз (с цифровым контроллером);
- 8) фланец для крепления порошкового тормоза;
- 9) рама с опорной плитой;
- 10) тензометрическая станция;
- 11) анализатор спектра низкочастотного диапазона;
- 12) компьютер.

Параметры опытных образцов передачи

Параметр	Обозначение	Значение параметра
Передачное отношение	i	-50
Модуль зацепления, мм	m	1,5
Число зубьев сателлита	z_g	100
Число зубьев неподвижного колеса	z_b	102
Коэффициент смещения зубьев сателлита	x_g	0,5
Коэффициент смещения зубьев неподвижного колеса	x_b	1,336
Угол зацепления, град	α_w	50
Межосевое расстояние, мм	a_w	2,19
Теоретический коэффициент перекрытия	ε	1,05
Ширина венца сателлита, мм	b_{wg}	20
Ширина одного венца неподвижного колеса, мм	b_{wb}	24
Диаметр окружности выступов сателлита, мм	d_{ag}	152,7
Диаметр окружности выступов неподвижного колеса, мм	d_{ab}	153
Диаметр рабочей поверхности цилиндрического ролика, мм	$d_{p,ц}$	29,8 h7
Диаметр рабочей поверхности качающегося ролика, мм	$d_{p,к}$	31,8 h7
Число цилиндрических роликов	$n_{p,ц}$	8
Число качающихся роликов	$n_{p,к}$	4
Число сателлитов	n_w	2

КПД передачи с роликовым механизмом снятия движения с сателлита определялся по общеизвестной формуле

$$\eta = \frac{T_2}{|i|T_1},$$

где T_1 – вращающий момент на входном валу передачи; T_2 – вращающий момент на выходном валу; i – передаточное отношение.

Набор программ, поставляемый с комплектом тензометрических датчиков, позволяет фиксировать значения вращающего момента в режиме реального времени, производить запись сигналов в файл, в автоматическом режиме подсчитывать средние квадратические значения момента в заданный период времени. Такая система управления датчиками вращающего момента сводит расчетную часть исследования к минимуму. Изменением величины тормозного момента (нагрузки на выходном валу) при помощи цифрового контроллера и частоты вращения электродвигателя при помощи частотного преобразователя устанавливается величина вращающего момента при различных режимах работы передачи. Зная передаточное отношение и средние квадратические значения момента, можно легко определить КПД испытуемой передачи, а также его зависимость от частоты вращения электродвигателя и от момента на тихоходном валу.

На рис. 5 показаны графики зависимости КПД двух конструкций исследуемой передачи от величины вращающего момента на выходном валу.

При определении КПД задавалась различная частота вращения электродвигателя в пределах 300...1200 мин⁻¹, однако было установлено, что ее изменение практически не влияет на конечный результат.

На графиках данные, полученные в ходе эксперимента, представляют собой значения КПД в зависимости от нагрузки при частоте вращения электродвигателя $n_{эд} = 600$ мин⁻¹.

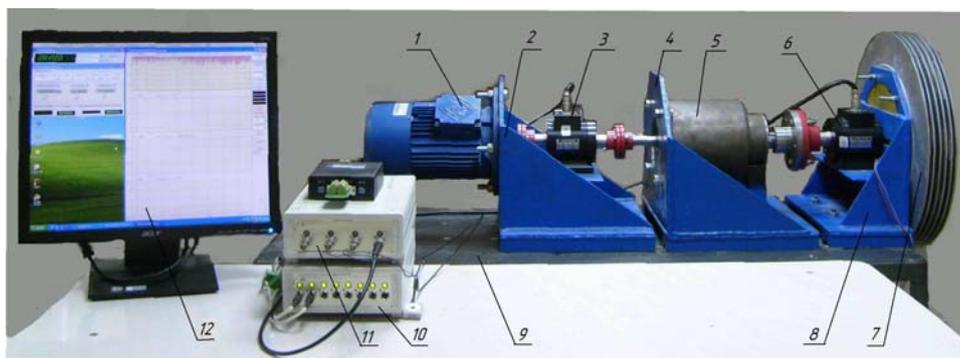


Рис. 4. Стенд для испытания зубчатых передач

Для определения приближенных функций, которые бы с высокой точностью описывали экспериментальные зависимости КПД от вращающего момента на выходном валу передачи, используем метод наименьших квадратов или метод полиномиальной регрессии. Аппроксимацию осуществим при помощи компьютерной программы Mathcad.

Из графиков видно, что КПД передачи с цилиндрическими роликами при номинальном моменте достигает 0,94, а при использовании качающихся роликов – 0,85.

Проведенный эксперимент показал, что передача с качающимися роликами имеет меньший коэффициент полезного действия, чем аналогичная

с цилиндрическими роликами. Это объясняется тем, что при работе передачи с качающимися роликами возникают значительные силы трения скольжения между роликами, сателлитами и центральным диском.

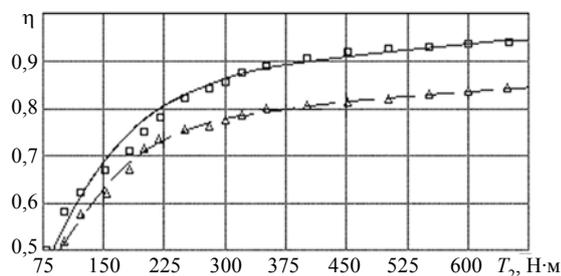


Рис. 5. Экспериментальная зависимость КПД от величины вращающего момента на выходном валу передачи:
 — с цилиндрическими роликами;
 - - - с качающимися роликами

Использование качающихся роликов уместно при повышенных требованиях к массогабаритным показателям, нагрузочной способности и при периодиче-

ском режиме работы передачи, так как в противном случае ее работа может сопровождаться выделением большого количества теплоты.

На основании выполненного экспериментального исследования двух конструкций передачи типа $K-H-V$ с роликовыми механизмами снятия движения с сателлита следует сделать вывод о целесообразности использования таких передач в составе тяжело нагруженных малогабаритных приводов.

Библиографические ссылки

1. Кудрявцев В. Н., Кирдяшев Ю. Н., Гинзбург Е. Г. Планетарные передачи : справочник. — Л. : Машиностроение, 1977. — 563 с.
2. Плеханов Ф. И., Глебов С. В., Перминов Л. П. Геометрия внутренних зацеплений планетарной передачи с малой разницей чисел зубьев колес // Известия вузов : Машиностроение. — 2013. — № 1. — С. 22–26.
3. Пат. 2460917, РФ, МПК F16H 1/32. Планетарная передача / Ф. И. Плеханов, А. В. Овсянников. — Оpubл. 10.09.2012, бюл. № 25.
4. Пат. 2475662, РФ, МПК F16H 1/32. Планетарная передача / Ф. И. Плеханов, Л. П. Перминов. — Оpubл. 20.02.2013, бюл. №5.

A. V. Ovsyannikov, Glazov Institute of Engineering and Economics, Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University
 L. P. Perminov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Experimental Determination of Efficiency of $K-H-V$ Planetary Transmissions with Roller Mechanisms for Torque Absorption from the Satellite

The results of the experimental research of efficiency of $K-H-V$ planetary transmissions with cylindrical and oscillating rollers of the mechanism for torque absorption from the satellite are presented.

Key words: planetary transmission, internal engagement, roller mechanism for torque absorption from the satellite, testing stand, efficiency.

УДК 621.914.22 - 216:658.531.011.56

С. С. Кугаевский, кандидат технических наук, доцент, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург
 Е. А. Еремина, аспирант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург
 Б. А. Якимович, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ СЛОЖНОСТИ

Рассмотрено применение теории сложности для расчета прогнозной трудоемкости механической обработки. Рассмотрена обработка корпусных деталей из алюминиевых сплавов. Разработаны новые математические модели расчета сложности обработки конструктивно-технологических элементов. Получены результаты адаптации моделей для действующего производства.

Ключевые слова: теория сложности, поэлементная технология, прогнозирование трудоемкости.

Для предприятий важнейшими внешними параметрами, в том числе и при обосновании норм труда, является спрос на продукцию, его объем и уровень цен. Рыночная экономика требует от производителя умения четко и правильно реаги-

ровать на изменения ситуации на рынке, быстро вносить коррективы в производственный план, планировать организационно-технологические процессы, правильно выбрать поставщиков и т. д. Возникает необходимость прогнозировать трудоемкость изго-