

Учредители

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

Издатель

Московский государственный индустриальный университет

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 2`2010

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

В номере

РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ганиев Р.Ф., академик РАН, директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ) РАН

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Скопинский В.Н., д.т.н., профессор (МГИУ)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Баранов Ю.В., д.т.н., проф. (ИМАШ РАН)

Овчинников В.В., д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Алешин Н.П., академик РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Асташев В.К., д.т.н., проф. (Москва)

Беляков Г.П., д.э.н., проф. (Красноярск)

Бобровницкий Ю.И., д.ф.-м.н., проф. (Москва)

Вайсберг Л.А., д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

Горкунов Э.С., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Екатеринбург)

Григорян В.А., д.т.н., проф. (Москва)

Дроздов Ю.Н., д.т.н., проф. (Москва)

Индейцев Д.А., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. (Санкт-Петербург)

Колесников А.Г., д.т.н., проф. (Москва)

Кошелев О.С., д.т.н., проф. (Н. Новгород)

Лунев А.Н., д.т.н., проф. (Казань)

Махутов Н.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Пановко Г.Я., д.т.н., проф. (Москва)

Перминов М.Д., д.т.н., проф. (Москва)

Петров А.П., д.т.н., проф. (Москва)

Полилов А.Н., д.т.н., проф. (Москва)

Поникаров С.И., д.т.н., проф. (Казань)

Приходько В.М., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Резчиков А.Ф., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Саратов)

Рототаев Д.А., д.т.н., проф., акад. РАРАН (Москва)

Теряев Е.Д., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Федоров М.П., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

Чаплыгин Ю.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Шляпин А.Д., д.т.н., проф. (Москва)

Штриков Б.Л., д.т.н., проф. (Самара)

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МАШИН

Н. В. Гулиа, Е. А. Петракова

О влиянии скорости качения дисков на основные параметры
фрикционного планетарного вариатора 2

ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**Н. А. Макаренко, В. Н. Ластовирия, А. А. Богуцкий,
Н. А. Грановский**

Восстановление штоков гидропрессов с помощью плазма-MIG
наплавки 9

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. М. Локощенко, Д. О. Платонов

Длительная прочность никелевого сплава ЭИ437БУ-ВД
при сложном напряженном состоянии 15

И. Б. Руденко

Электроимпульсное легирование железа тяжелыми
легкоплавкими элементами 25

В. В. Столяров

Структура и свойства ультрамелкозернистого титанового сплава
ВТ6, полученного равноканальным угловым прессованием 30

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАШИН И СИСТЕМ

К. Б. Алексеев, А. А. Малявин, Р. В. Яфутов

Нечеткая система управления дистанцией между
движущимися автомобилями 37

Л. Н. Крайнова, А. И. Муницын

Пространственные нелинейные колебания трубопровода
при гармоническом возбуждении 46

О. А. Русанов

Итерационное решение систем линейных алгебраических
уравнений в расчетах методом конечных элементов 52

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Н. П. Калашников, С. Г. Рубин, Д. А. Самарченко

Тестовые технологии в учебном процессе НИЯУ «МИФИ» 61

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

Подписка на журнал

«Машиностроение и инженерное образование»
проводится в издательстве МГИУ

Тел.: (495) 674-62-50.

E-mail: mio@msiu.ru

Подписной индекс Роспечати 36942

Уважаемые читатели!

Журнал «Машиностроение и инженерное образование» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора или кандидата наук.

О ВЛИЯНИИ СКОРОСТИ КАЧЕНИЯ ДИСКОВ НА ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФРИКЦИОННОГО ПЛАНЕТАРНОГО ВАРИАТОРА

Н. В. Гулиа, Е. А. Петракова

В статье представлен исследовательский материал по рациональному выбору частоты вращения ведущего вала планетарного дискового фрикционного вариатора с целью получения высокой износостойкости дисков и обеспечения высокого КПД вариатора. Данные в статье рекомендации и методики расчетов будут полезны инженеру-проектировщику при конструировании планетарного дискового фрикционного вариатора.

Ключевые слова: планетарный дисковый вариатор; фрикционный дисковый вариатор; КПД; скорость качения дисков; коэффициент трения; контактные напряжения

Введение

В настоящее время актуальность использования вариаторов для систем приводов, требующих автоматического регулирования скорости, не вызывает сомнений. Наиболее перспективны смазываемые фрикционные дисковые вариаторы, тела качения которых контактируют через масляную пленку, а также те, в которых имеет место точечный исходный контакт, обеспечивающий наилучшие эксплуатационные показатели.

В качестве достоинств дисковых вариаторов можно отметить: возможность реализации планетарной схемы, что увеличивает КПД передачи; наличие разделительной масляной пленки между фрикционными дисками, препятствующей их непосредственному контакту («металл о металл») и обеспечивающей бесшумность работы и высокую долговечность (при правильном подборе материалов, смазки и рациональном выборе допускаемых контактных напряжений); большие радиусы закруглений центральных дисков и многочисленность фрикционных упругогидродинамических зон контактов, что позволяет передавать значитель-

ные крутящие моменты при достаточно низких контактных напряжениях; отсутствие силовых зубчатых передач; возможность автоматического регулирования передаточного отношения.

Дисковый вариатор, выполненный по наиболее перспективной схеме – планетарной, позволяет иметь минимальное передаточное отношение, примерно 1,2–1,3. Максимальное передаточное отношение может быть различным, его ограничивают такие параметры, как габаритные размеры и масса вариатора.

С участием авторов ранее была опубликована подробная методика расчета основных параметров вариатора [1]. Согласно этой методике был спроектирован, изготовлен и испытан на АМО ЗИЛ опытный образец такого вариатора [2], а позже, в 2008 г., их выпуск начат российской компанией *Combarco*.

Цель настоящей работы – исследовать основные параметры вариатора: нажимные усилия, контактные напряжения, коэффициенты упруго-гидродинамического (УГД) трения в обоих контактах, общий КПД в зависимости от скорости вращения ведущего вала вариатора.

Расчет основных параметров фрикционного дискового вариатора

Основными силовыми элементами, передающими крутящий момент, в дисковом вариаторе являются фрикционные диски (рис. 1): центральные внутренние и внешние; промежуточные – сателлиты. Изменение передаточного отношения осуществляется за счет радиального перемещения сателлитов относительно центральных дисков.

В конкретной конструкции вариатора (модель 245 компании *Combarco*) использованы упругоподатливые фрикционные диски и рациональная система их поджима. Размеры фрикционных дисков (см. рис. 1): диаметр сателлитов $D_2 = 69$ мм; диаметр центрального внутреннего диска $D_1 = 226,5$ мм (наружный контакт фрикционных дисков); диаметр центрального внешнего диска $D_4 = 300$ мм (внутренний контакт фрикционных дисков); диаметр оси сателлитов $D_3 = 10,5$ мм; количество сателлитов $z = 16$ (2 ряда по 8 дисков в каждом ряду); половинный угол конусности сателлитов $\gamma = 2^\circ$ (рис. 2). С учетом того, чтобы максимальные контактные напряжения не превышали допустимых, были выбраны рациональные радиусы закруглений центральных дисков: для внутреннего –

91 мм, для наружного – 43,3 мм. Входной крутящий момент $T_B = 72$ Н·м. Минимальное кинематическое передаточное отношение $i_k = 1,25$, максимальное – $i_k = 7,07$.

Исследование проводилось для трех частот вращения ведущего вала вариатора (или центрального диска вариатора) $n_1 = 1500, 3000$ и 4000 об/мин, наиболее часто используемых на практике (в системах приводов и автомобильных двигателях).

Кинематическая схема и необходимые для расчетов геометрические параметры (размеры дисков R_1, R_2, R_3, R_4 ; смещения нескользящей точки от центра пятна в наружном m_n и внутреннем m_b контактах; координаты приложения равнодействующих сил трения l_{mn} и l_{mb} в наружном и внутреннем контактах, соответственно) представлены на рис. 2.

Расчетное исследование выполнялось с учетом предшествующих экспериментов, проведенных авторами [3, 4].

Кинематические параметры, линейная скорость качения в наружном и внутреннем контактах, рассчитывались, соответственно, по формулам:

$$V_n = \omega_1 \cdot (R_1 - m_n), \quad (1)$$

$$V_b = \omega_c \cdot (R_3 - m_b) = \omega_1 \cdot \frac{(R_1 - m_n) \cdot (R_3 - m_b)}{(R_2 + m_n)}, \quad (2)$$

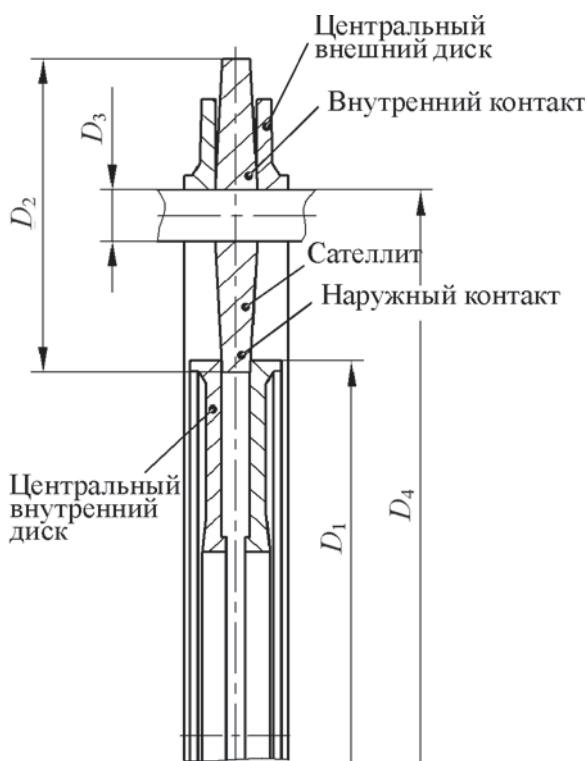


Рис. 1. Фрикционная часть планетарного дискового вариатора

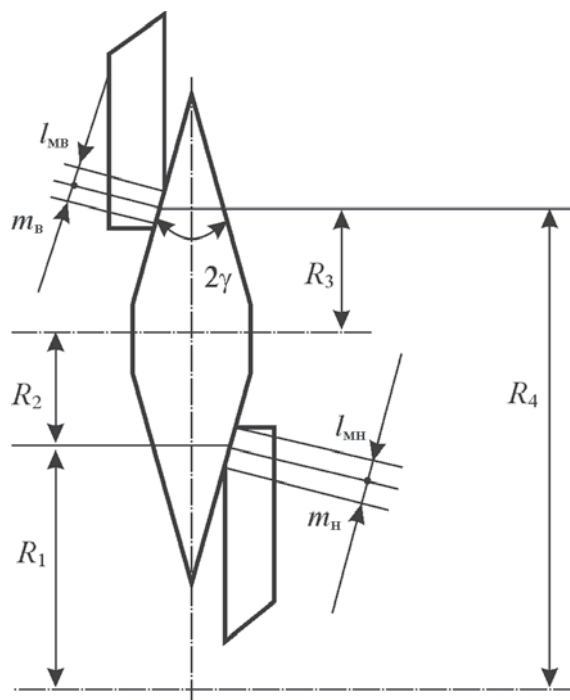


Рис. 2. Кинематическая схема дискового вариатора