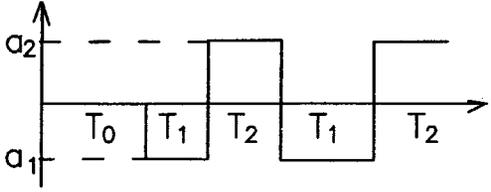


Таблица - Функции источников, идентифицированные в программе

Название	Аргументы	Определение
КОНСТ	A	$u(t)=a$
СИН	a, w, θ	$u(t)=a\sin(wt+\theta)$
КОСИН	a, w, θ	$u(t)=a\cos(wt+\theta)$
ШАГ1	a, T	$u(t)=0$ <i>npu</i> $t \leq T$
ШАГ2	S, T	$u(t)=St$ <i>npu</i> $t \geq T$
ВОЛНА1	a_1, a_2, T_0, T_1, T_2	 <p>The graph shows a square wave function $u(t)$ plotted against time t. The vertical axis has two levels, a_1 and a_2. The horizontal axis is divided into intervals of duration T_0, T_1, T_2, T_1, T_2. The function is zero for $t \leq T_0$. It then alternates between levels a_1 and a_2 for the subsequent intervals: a_1 for T_1, a_2 for T_2, a_1 for T_1, and a_2 for T_2.</p>
ПУЛЬС1	a, T	$u(t)=a\exp(-t/T)$
ПУЛЬС2	a_1, a_2, T_0, T_1, T_2	$u(t) = a_1(1 - e^{-t/T_1}) + a_2(1 - e^{-t/T_2})$
ВИД1	$n, C_i, i=0, 1, \dots, n, n \leq 10$	$u(t) = C_0 + C_1 t^1 + C_2 t^2 + \dots$
ВИД2	$n, a_i, b_i, a_2, b_2, \dots$ $a_n, b_n, w, n \leq 10$	$u(t) = \sum_1^n (a_i \sin wt - b_i \cos wt)$

Литература. 1. Х.Р. Казыханов, А.Ж. Сейдахмет, Б.А. Еспаев. ADIS – программа численного моделирования динамических систем, - Докл. VIII Республ.межвузовск.конф. по матем. И механике, ч. II. Алма-Ата, 1984 г., с.109. 2. Х.Р. Казыханов, А.Ж. Сейдахмет, Б.А. Еспаев. Метод формализации и автоматизации математического моделирования механизмов и машин. Методические рекомендации. ВНИИНМАШ, М., 1985, 80 с. 3. Э.Л.Айрапетов, М.Д. Генкин. Динамика планетарных механизмов. – М.: «Наука»1980. с.255.

УДК 621.833.6

И.С. Кузьмин, В.Н. Ражиков

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ С ПЛАСТИЧНЫМИ СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

*Балтийский государственный технический университет
Санкт-Петербург, Россия*

При проектировании механизмов с пластичными смазочными материалами необходимо знать несущую способность смазки, величину ее расхода в зоне трения и сопротивление относительно перемещению взаимодействующих деталей. Пластичные смазки являются неньютоновскими жидкостями, отсюда вытекает и особенность их работы в зоне трения. Нанесенный на поверхность пластичный смазочный материал в начальный период работы отгесняется из рабочей зоны, при этом оставшееся количество смазки, определяемое адгезией, как правило, не обеспечивает полного разделения контактирующих деталей. Таким образом, основной период они работают в условиях по-

лужидкостного трения, при котором необходимо учитывать параметры взаимодействующих поверхностей (микрорельеф, свойства материала и другие).

Анализ течения пластичного смазочного материала в зоне контакта шероховатых поверхностей проводится методом осредненного течения, использовавшегося Папиром и Чженом для Ньютоновских жидкостей. В результате было выведено модифицированное уравнение Рейнольдса:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\varphi_{xn} \bar{A} \left(\frac{1}{\eta} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x} \right)^{\frac{1}{n}} h^{\frac{2n+1}{n}} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\varphi_{yn} \bar{B} \left(\frac{1}{\eta} \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} \right)^{\frac{1}{n}} h^{\frac{2n+1}{n}} \right] = \frac{U_{\Sigma}}{2} \frac{\partial \bar{h}_T}{\partial x} + \frac{U_{\tau \max}}{2} Rq \frac{\partial \varphi_{sn}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}_T}{\partial t}, \quad (1)$$

где $\varphi_{xn}, \varphi_{yn}$ - коэффициенты расхода напорного течения, \bar{A}, \bar{B} - параметры, зависящие от характера образования ядер в смазочном слое; η - аналог пластической вязкости смазочного материала; \bar{P} - среднее давление на площадке условного объема смазки; n - показатель нелинейности в уравнении течения пластичной смазки Гершеля-Балкли; h - номинальная толщина слоя смазки, разделяющего трущиеся поверхности; U_{Σ} - суммарная скорость качения сопряженных поверхностей; $U_{\tau \max}$ - максимальная скорость скольжения; \bar{h}_T - случайная величина толщины смазочного слоя, включающая значения высот взаимодействующих микронеровностей; Rq - среднее квадратическое отклонение высот микронеровностей; φ_{sn} - коэффициент расхода сдвигового течения.

При выводе принимались следующие допущения: 1) смазка не сжимается; 2) рассматриваются номинальные поверхности двух цилиндров бесконечной длины; 3) соприкосновение и деформирование отдельных микронеровностей не приводит к изменению геометрии слоя в окрестности этих выступов; 4) микронеровности характеризуются малыми углами наклона; 5) течение пластичного смазочного материала описывается уравнением Гершеля-Балкли.

Уравнение (1) не решается даже численными методами, так как n - действительное число в диапазоне от 0 до 1. Для приведения его к виду, имеющему решение, был разработан метод послонного течения, который предполагает замену уравнения Гершеля-Балкли системой уравнения Шведова-Бингама. В результате получаем новый вид уравнения Рейнольдса:

$$\frac{U_{\tau \max}}{2} \left(\frac{\partial \delta_1}{\partial x} - \frac{\partial \delta_2}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left[R_x \left(\frac{\partial P}{h_T}, \frac{\partial P}{\partial x} \right) \frac{1}{12\eta_3} \frac{\partial P}{\partial x} h_T^{-3} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[R_y \left(\frac{\partial P}{h_T}, \frac{\partial P}{\partial y} \right) \frac{1}{12\eta_3} \frac{\partial P}{\partial y} h_T^{-3} \right] \quad (2)$$

Здесь $R_x \left(\frac{\partial P}{h_T}, \frac{\partial P}{\partial x} \right), R_y \left(\frac{\partial P}{h_T}, \frac{\partial P}{\partial y} \right)$ - коэффициенты, зависящие от характера образования ядер в смазочном слое; δ_1, δ_2 - текущие значения высот микронеровностей контактирующих поверхностей; η_3 - наибольшая вязкость при замене течения смазки послонным.

Уравнения (2) было решено численными методами и найдены значения коэффициентов расхода напорного течения φ_{xn} . При его решении численно воспроизводились трехмерные шероховатости с заданными среднее квадратическим отклонением высот микронеровностей, коэффициентом затухания автокорреляционной функции и коэф-

фициентом анизотропии. Значение коэффициентов расхода φ_{zn} используют далее при решении эластогидродинамических задач для полужидкостного трения.

Большое число практических задач о смазывании зубчатых передач, подшипников качения и скольжения сводится к плоскому случаю. Кроме этого, полагаем течение пластичного смазочного материала ламинарным, стационарным, изотермическим. Для решения эластогидродинамической задачи используем, помимо уравнения Рейнольдса (1) в одномерном виде, уравнение зазора между номинальными недеформированными поверхностями трения, уравнение упругих деформаций в зоне контакта, аналитическое выражение для коэффициента расхода напорного течения; уравнение давления, воспринимаемого контактирующими микронеровностями; уравнения зависимости вязкости и напряжения сдвига пластичной смазки от температуры и давления.

Решение позволяет определить параметры течения пластичной смазки в условиях эластогидродинамического трения, такие как эпюры гидродинамического давления и давления, воспринимаемого микронеровностями, сопротивление перемещению, расход смазочного материала.

УДК 621.833.01

А.Т. Скойбеда, А.М. Даньков

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕДАЧ С СОСТАВНЫМИ ЗУБЧАТЫМИ КОЛЕСАМИ

*Белорусский национальный технический университет,
Могилевский государственный технический университет
Минск, Могилев, Беларусь*

Обеспечение изделий машиностроения надежными и долговечными приводами – одно из основных направлений решения актуальной задачи повышения технического уровня, качества и конкурентоспособности различного рода технологических машин и механизмов. Важнейшей составной частью упомянутых приводов являются цилиндрические зубчатые передачи. Стараниями многочисленных ученых и инженеров технически развитых стран зубчатые колеса классической конструкции и образуемые ими передачи доведены практически до пика своих технических возможностей и эксплуатационных характеристик. Существенным резервом дальнейшего повышения ремонтпригодности и точности, улучшения компоновочных и расширения технических возможностей зубчатых передач является отказ от догматического подхода к сложившейся на протяжении десятилетий конструкции зубчатых колес и переход в строго обоснованных случаях к зубчатым колесам блочной конструкции.

Блочная конструкция зубчатых колес, реализуемая в составных (полисекторных) зубчатых колесах нового типа, облегчает замену изношенных (или вышедших из строя по другим причинам) элементов, позволяет путем целенаправленной замены секторов внутри партии однотипных зубчатых колес повысить их кинематическую точность, создает предпосылки для дискретного и даже плавного регулирования передаточного отношения зубчатой передачи. Но реализация заложенных в конструкции составных зубчатых колес и компонованных на их основе передач резервов возможна только на основе всестороннего теоретического и экспериментального изучения их эксплуатационных характеристик.