

Установлено также, что наиболее эффективны, с точки зрения снижения воздействия нагрузок на дорогу, комбинации сдвоенных или строенных осей, средняя нагрузка на которые не превышает 9-9,5 т.

Наиболее интенсивно накопление усталостных деформаций осуществляется при неблагоприятном сочетании двух групп факторов:

а) внешние факторы – воздействие автомобильного транспорта, климатические нагрузки (температура воздуха, солнечная радиация и т.п.), а также условия увлажнения грунта земполотна;

б) внутренние факторы – физико-механические характеристики дорожной конструкции: сдвигустойчивость слоев покрытия, структурное состояние материалов, прочность и степень уплотнения слоев дорожной одежды и земполотна, тип грунта и его свойства.

Структурные разрушения происходят равномерно в течение всего года, а в слоях основания накапливаются главным образом весной, когда прочность дорожной одежды наименьшая.

Конечной целью исследования является получение критерия усталости асфальтобетона. Ближайшей целью исследования является получение предельного числа циклов до разрушения материала покрытия. При этом будут учтены следующие факторы: вид и качество составляющих материалов, тип асфальтобетона, транспортный поток и т.д. Это позволит определить вид усталостной функции и прогнозировать сроки службы асфальтобетонных покрытий в зависимости от предельного числа циклов нагружения с учетом перечисленных факторов.

УДК 621.839.1

В.А. Акимов

СОВМЕСТНОЕ ВРАЩЕНИЕ ДВУХ ПОЛУСФЕР ВОКРУГ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ОСЕЙ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В оптической промышленности при шлифовке линз используется притирка за счет вращения двух полусфер [1,2,3]. Раскрыв законы движения одной полусферы относительно другой, можно выбрать оптимальный вариант их взаимного положения, при котором можно прогнозировать износ трущихся поверхностей.

Итак, имеются две полусферы: верхняя и нижняя. Они имеют общий центр. Ось верхней полусферы может поворачиваться, проходя при этом через центр верхней полусферы (рис. 1). Свяжем с верхней полусферой сферическую систему координат. В качестве независимых переменных выбираем углы φ и θ (рис. 1), где $R = const$ - радиус обеих сфер. Первоначально определим угол между произвольной прямой $OM \in \pi A_1$ и плоскостью A . Надо отметить, что все наши действия на первом этапе направлены на то, чтобы определить момент сил сцепления относительно нижней полусферы. Прямую MC будем фиксировать углом θ , отсчитываемым от прямой OO (линия пересечения плоскости A_1 с горизонтальной плоскостью A) (рис. 3). Здесь $MK \perp \pi A$ и $MN \perp OO$ по построению. Тогда $\cos \alpha = \sqrt{\sin^2 \theta \cos^2 \psi + \cos^2 \theta}$. Для определения расстояния от точки M до оси OZ , введем угол θ_1 , связанный с θ соотношением:

$$O_1M \cdot \cos \theta = lM \cos \theta_1.$$

После преобразований находим:

$$\cos \theta_1 = \frac{\sin \varphi \cdot \cos \theta}{\sqrt{\cos^2 \varphi \cdot \operatorname{tg}^2 \psi + \sin^2 \varphi - \sin^2 \varphi \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \sin \theta}},$$

или

$$\begin{aligned} CM \cdot \sin \theta_1 &= O_1M \sin \theta - r \operatorname{tg} \psi; \\ \sin \theta_1 &= \frac{\sin \varphi \cdot \sin \theta - \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \psi}{\sqrt{\cos^2 \varphi \cdot \operatorname{tg}^2 \psi + \sin^2 \varphi - \sin^2 \varphi \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \sin \theta}}. \end{aligned}$$

Аналогичная формула имеет место для угла наклона прямой к горизонту

$$\cos \alpha_1 = \sqrt{\sin^2 \theta_1 \cdot \cos^2 \psi + \cos^2 \theta_1}, \text{ или}$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{\sqrt{\sin^2 \varphi \cdot \sin^2 \theta + (\sin \varphi \cdot \sin \theta \cdot \cos \psi - \cos \varphi \cdot \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \psi)^2}}{\sqrt{\cos^2 \varphi \cdot \operatorname{tg}^2 \psi + \sin^2 \varphi - \sin^2 \varphi \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \sin \theta}}.$$

Для нахождения плеча нам требуется угол $\angle K_1CN_1 = \gamma$

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \frac{KN}{KO_1} = \frac{\sin \theta \cos \psi}{\sqrt{\sin^2 \theta \cdot \cos^2 \psi + \cos^2 \theta}}; \\ \cos \gamma &= \frac{O_1N}{O_1K} = \frac{\cos \theta}{\sqrt{\sin^2 \theta \cdot \cos^2 \psi + \cos^2 \theta}}. \end{aligned}$$

Найдем проекцию элементарной силы $d\vec{F}$ на горизонтальную плоскость A (рис.2).

$$d\vec{F}|_{н.А} = d\vec{F} \sqrt{\cos^2(\theta + \pi/2) + \sin^2(\theta + \pi/2) \cos^2 \psi} = d\vec{F} \sqrt{\sin^2 \theta + \cos^2 \theta \cos^2 \psi}.$$

Определим элементарный момент dM сил сцепления относительно вертикальной оси

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \gamma(0), \quad \gamma_2 = \gamma(0 + \pi/2), \quad \delta = \gamma_1 + (\pi - \gamma_2), \\ \delta &= \pi + \gamma_1 - \gamma_2, \end{aligned}$$

$$dM = |d\vec{F}_A| \cdot l \cdot \sin \delta, \quad \sin \delta = \sin(\pi - (\gamma_2 - \gamma_1)) = \sin(\gamma_2 - \gamma_1) \quad (1)$$

После преобразований запишем

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \frac{\cos \psi \cdot \sin \varphi - \sin \theta \cos \varphi \sin \psi}{\sqrt{[\sin^2 \varphi \cos^2 \theta + (\sin \varphi \sin \theta \cos \psi - \cos \varphi \sin \psi)^2](\sin^2 \theta + \cos^2 \theta \cos^2 \psi)}}, \\ l &= R \sqrt{\sin^2 \varphi + (\sin \varphi \sin \theta \cos \psi - \cos \varphi \sin \psi)^2}. \end{aligned}$$

Подставляя полученные выражения в (1) будем иметь

$$dM = dF \cdot R (\cos \psi \sin \varphi - \sin \theta \cos \varphi \sin \psi).$$

Полный момент найдем как интеграл

$$M = \int_D dM \cdot dS = \int_{D_1} dM dS + \int_{D_2} dM dS.$$

Область интегрирования D разделим на две: так называемую «частично свободную» и «приполярную»

$$\begin{cases} \arcsin(\cos \psi) \leq \varphi \leq \pi/2 \\ -\arcsin(\operatorname{ctg} \varphi \operatorname{tg} \psi) \leq \theta \leq \pi + \arcsin(\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \psi) \end{cases} \text{ - частично свободная область №1.}$$

$$\begin{cases} a \leq \varphi \leq \arcsin(\cos \psi) \\ 0 \leq \theta \leq 2\pi \end{cases} \text{ - приполярная зона №2.}$$

Считаем для определенности $\psi = \text{const}$, $0 \leq \psi \leq \pi/2$, т.к. это соотношение выполняется на практике.

$$f = \frac{K}{2(\pi - \psi)R^2} \cdot \frac{M_1}{R},$$

где $\frac{M_1}{R}$ - приведенная сила; K - коэффициент пропорциональности.

Определяем из условия $|M| = |M_1|$ при $\psi = 0$

$$M = \frac{KM_1}{2(\pi - \psi)} \left(\int_{D_1} (\cos \psi \sin \varphi - \sin \theta \cos \varphi \sin \psi) \sin \varphi d\varphi d\theta + \right. \\ \left. + \int_{D_2} (\cos \psi \sin \varphi - \sin \theta \cos \varphi \sin \psi) \sin \varphi d\varphi d\theta \right) \quad (2)$$

Итак, получена формула (2), по которой определяется значение момента M , приводящего во вращение свободно сидящую на оси OZ полусферу 1, в зависимости от известного момента M_1 , вращающего полусферу 2. Знание закона $M = f(\psi)M_1$ позволяет оценивать износ трущихся поверхностей полусфер в местах динамического контакта.

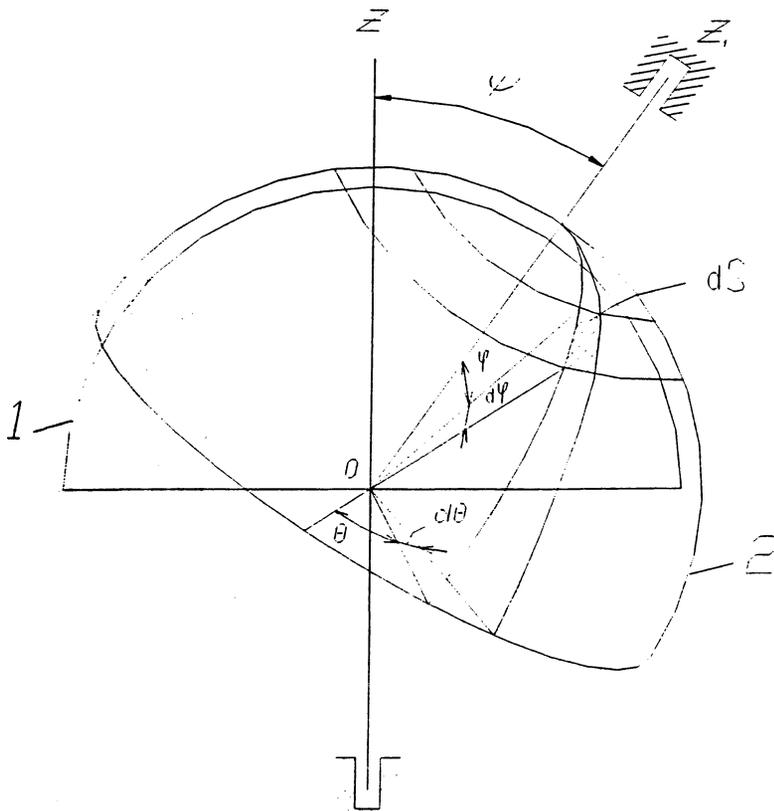


Рис. 1

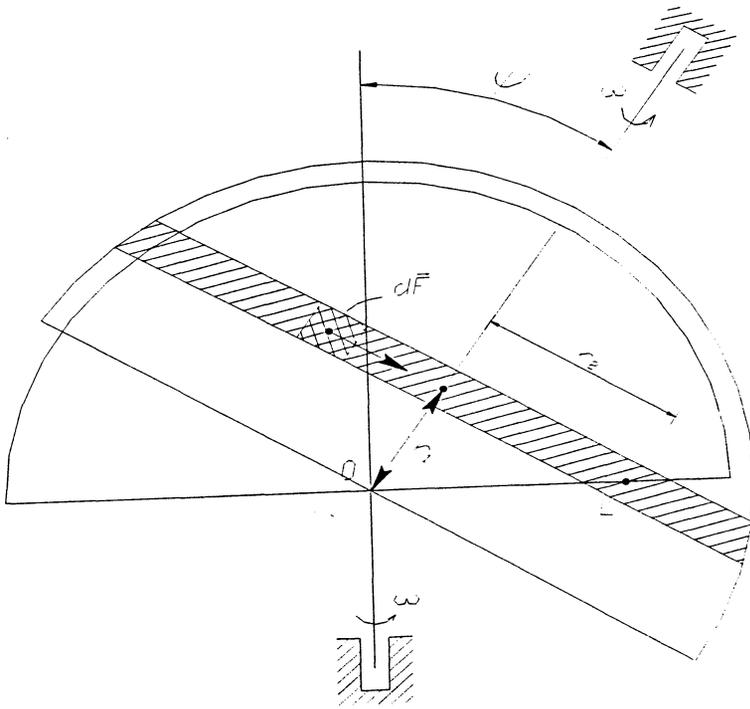


Рис. 2

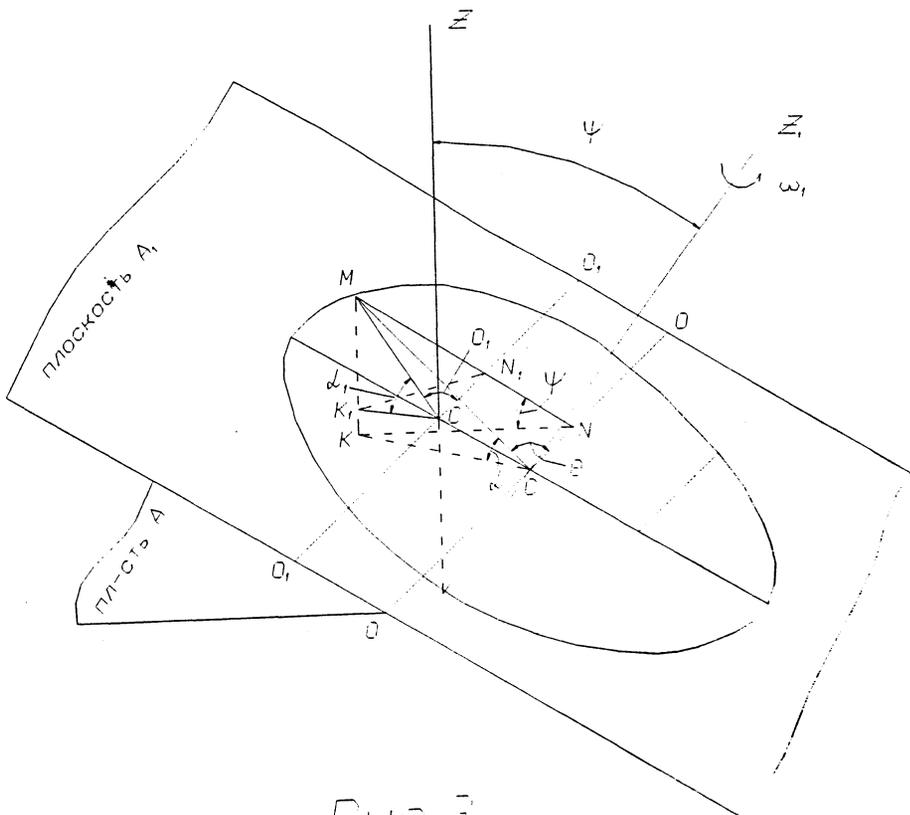


Рис. 3

ЛИТЕРАТУРА

1. Цеснек Л.С. Механика и микрофизика истирания поверхностей. – М.: Машиностроение, 1979. – 198 с; 2. Винокур С.И. Исследование кинематики и динамики процесса шлифовки при образовании точных оптических поверхностей. Автореф. Дисс. На соиск. Учен. Степени доктора технических наук (05.11.14). Л., 1973. – 25 с; 3. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. – 235 с.

УДК 517:531.112

А.В. Локтионов, А.В. Гусаков

ОЦЕНКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

*Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь*

В процессе перемещения деталей машин и технологической оснастки используются промышленные роботы, которые должны выполнять свои функции абсолютно точно. При этом траектория движения схвата робота и его скорость определяются технологическим процессом [1]. Роботы классифицируют по различным признакам: по системе основных координатных перемещений, числу степеней подвижности, конструктивному исполнению, типу силового привода, характеру выполняемых операций, степени специализации, области применения, грузоподъемности, мобильности и по схеме расположения приводов.

Для расчета перемещений центра схвата робота используются плоская прямоугольная, пространственная прямоугольная, плоская полярная, цилиндрическая, сферическая, ангулярная цилиндрическая и ангулярная сферическая системы координат. От выбора этих систем зависит расчет кинематики роботов.

Исполнительный механизм роботов-манипуляторов рассматривают как систему материальных тел (звеньев), предполагая, что эти тела абсолютно твердые. Каждое такое тело может состоять из совокупности многих деталей, признаком принадлежности которых к одному звену является их относительная неподвижность в процессе движения. Звенья манипулятора образуют кинематические пары, т.е. такие соединения двух соприкасающихся звеньев, которые допускают их относительные перемещения [2].

Существует различные методы расчетов геометрических, кинематических и силовых параметров исполнительных механизмов роботов-манипуляторов. Анализом установлено, что наиболее простые методы расчета следует использовать для роботов, работающих в плоских системах координат. Векторный метод расчета следует применять для роботов-манипуляторов, звенья которых расположены в одной плоскости [2].

Рассмотрим матричный метод расчета. При этом движение твердого тела рассматривается как движение подвижного трехмерного пространства в неподвижном. Геометрические и кинематические параметры робота можно представить в виде параллельного переноса и поворота. Матрица поворота в случае, например, сферического движения твердого тела равна произведению трех матриц поворота на углы Эйлера [4]. В случае поступательного движения абсолютно твердого тела