

Площадь участков V, VI равна: $S_5 = (a-c) \frac{b_1+b_2}{2}$; $S_6 = (a-N) \frac{b_3+b_2}{2}$.

Полная площадь пятна контакта равна: $S = \frac{2}{3} (b_1 c + 2b_2 b + b_3 N) + ab_2 + \frac{1}{2} [a (b_1 + b_2) - N (b_2 + b_3)]$.

Полученные теоретические значения площади по приведенным формулам практически совпадают с экспериментальными данными (погрешность составляет менее 5 %).

Глава III. ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ УЗЛОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.892:621.822

Ю.М.ПИКУС, канд. техн. наук (БПИ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕХОДНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОЦЕССА В ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ С ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

В металлорежущих станках проходит определенное время до установки стационарного температурного режима в системе гидростатической смазки. Характеристиками переходного процесса являются его длительность t_{\max} и устанавливающаяся в конце максимальная температура смазочной среды θ_{\max} . Рассмотрим их определение для применяемых в станках [1, 2] гидростатических незамкнутых направляющих с дросселями трения.

Используем общий метод, излагаемый в [3], — составление и решение дифференциального уравнения теплового баланса. При этом положим, что система питания и направляющие представляют собой единую емкость, внутри которой находится смазочная жидкость с усредненной по всему объему избыточной температурой θ .

Уравнение теплового баланса представим в виде

$$\Phi_K + \Phi_c = \Phi_D, \quad (1)$$

где Φ_K — количество тепла, отводимое за время dt в окружающую среду и определяемое площадью теплопередающих поверхностей F_j и значениями коэффициентов теплопередачи через них K_j ,

$$\Phi_K = \sum K_j F_j \theta dt; \quad (2)$$

Φ_c — количество тепла, потребное для повышения температуры гидростатиче-

ского механизма на величину $d\theta$ и определяемое теплоемкостью его элементов c_i :

$$\Phi_c = \sum c_i d\theta; \quad (3)$$

Φ_D — количество тепла, выделяющееся за время dt вследствие вязкого трения и определяемое затратами мощности на прокачку смазки $N_{пр}$ и перемещение направляющих $N_{тр}$:

$$\Phi_D = (N_{пр} + N_{тр}) dt. \quad (4)$$

После совместного преобразования (1) ... (4) получим дифференциальное уравнение теплового баланса

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{\sum c_i} [(N_{пр} + N_{тр}) - \theta \sum K_j F_j]. \quad (5)$$

Используем известные [1–3] формулы несущей способности, расхода, затрат мощности, полученные для изотермического стационарного процесса гидростатической смазки. Будем полагать их справедливыми для переходного температурного режима при условии, что входящая в эти выражения вязкость масла μ соответствует температуре θ смазочного слоя в данный момент времени. Указанные формулы представим в форме, пригодной для расчета любых незамкнутых направляющих, выразив особенности геометрии опор через коэффициенты мощности C_N , расхода C_Q , несущей способности C_W . Значения этих коэффициентов для прямоугольных направляющих с центральными продольными карманами [1] и круговых направляющих с кольцевым карманом [2] приведены в табл. 1.

Здесь R_1 — наружный радиус, R_2 — внутренний радиус, R_3 и R_4 — размеры кольцевой камеры круговых направляющих; L и B — длина и ширина опоры прямоугольных направляющих, l и b — длина и ширина контура, образованного карманом или карманами.

Изменение вязкости масла с температурой и давлением представим в виде

$$\mu = \mu(\theta, p) = \mu_0 \exp\left(-\frac{\theta}{m} + ap\right), \quad (6)$$

Таблица 1

Геометрические коэффициенты несущей способности C_W , расхода C_Q , мощности C_N

Коэффициент	Прямоугольные направляющие с продольными карманами	Круговые направляющие с кольцевым карманом
C_W	$\frac{1}{6}(2LB + lB + 2lb + Lb)$	$\frac{\pi}{2} \left(\frac{R_1^2 - R_2^2}{\ln R_1/R_2} - \frac{R_3^2 - R_4^2}{\ln R_3/R_4} \right)$
C_Q	$\frac{1}{3} \left[\frac{l}{(B-b)} + \frac{b}{(L-l)} \right]$	$\frac{\pi}{6} \left(\frac{1}{\ln R_1/R_2} + \frac{1}{\ln R_3/R_4} \right)$
C_N	$(BL - bl)$	$\frac{\pi}{2R_1^2} [(R_1^4 - R_2^4) + (R_3^4 - R_4^4)]$

где μ_0 — значение μ при $\theta = 0$ и атмосферном давлении $p = 0$; m — температурный коэффициент вязкости; α — пьезокэффициент вязкости.

Общепринятым является предположение о постоянстве теплофизических коэффициентов c_j , K_j . Для инженерных расчетов можно принять условие равенства коэффициентов K_j разных поверхностей $K_1 = K_2 = \dots = K_j = K$, причем для металлических стенок значение $K = 9 \dots 14 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$.

Исходными данными для расчета являются нагрузка на опору W ; давление перед дросселями p_n (давление питания); производительность объемного насоса $Q_{\text{нас}}$; размеры направляющих.

Общие затраты мощности на прокачку смазки складываются из потерь в гидроаппаратуре, дросселях, непосредственно в зазоре направляющих и равны

$$N_{\text{пр}} = p_n Q_{\text{нас}}. \quad (7)$$

Тепловыделение при перемещении поверхностей трения со скоростью v (для круговых направляющих v находится по наружному радиусу) можно определить по затратам мощности, зависящим от θ и p и равным

$$N_{\text{тр}} = C_N \frac{\mu v^2}{h}. \quad (8)$$

Для нахождения зависимости $h = f(\theta, p)$ используем выражения для несущей способности W и равенство расходов через направляющие θ и дроссели трения $Q_{\text{др}}$. Соответствующие формулы имеют вид [1–3], причем μ в них определяется соотношением (6).

$$W = C_W p_k; \quad (9)$$

$$Q = C_Q \frac{p_k h^3}{\mu}; \quad (10)$$

$$Q_{\text{др}} = \frac{i K_{\text{др}} (p_n - p_k)}{\mu}, \quad (11)$$

где i — число дросселей в системе питания; $K_{\text{др}}$ — геометрический коэффициент дросселя (для дросселей типа цилиндрических капилляров длиной L_k и радиусом R_k величина $K_{\text{др}} = \pi R_k^4 / 8 L_k$).

Согласно уравнению (9) давление в камере подачи масла p_k определяется только нагрузкой W и размерами опоры и не меняется в процессе установления температуры. Поскольку в дросселях оно изменяется от p_n на входе до p_k на выходе, а в зазоре направляющих от p_k до нуля, введем в формулу (6) вместо текущего среднего давления $p_{\text{ср}}$, равное $\frac{1}{2} (p_n + p_k)$ для течения в дросселях и $p_k/2$ — для течения в зазоре. Формулу для зазора получим, приравняв уравнение (10) и (11) с подстановкой μ согласно соотношению (6) и введя вместо p соответствующие значения $p_{\text{ср}}$:

$$h = \left[\frac{iK_{др} (p_H - p_K)}{C_Q p_K} \right]^{1/3} \exp\left(-\frac{\alpha p_H}{6}\right) = h_0 \exp\left(-\frac{\alpha p_H}{6}\right), \quad (12)$$

где величина h_0 (при $\theta = 0, p = 0$) равна

$$h_0 = \left[\frac{iK_{др} (p_H - p_K)}{C_Q p_K} \right]^{1/3}.$$

Подставляя формулу (12) в уравнение (8) и вводя μ из соотношения (6)

с использованием для течения в зазоре $p = p_{ср} = \frac{p_K}{2}$, получим

$$\begin{aligned} N_{тр} &= \frac{\mu_0 v^2 C_N}{h_0} \exp\left[-\frac{\theta}{m} + \frac{\alpha}{6} (3p_K + p_H)\right] = \\ &= N_{тр0} \exp\left[-\frac{\theta}{m} + \frac{\alpha}{6} (3p_K + p_H)\right], \end{aligned} \quad (13)$$

где

$$N_{тр0} = \mu_0 v^2 C_N / h_0.$$

Подстановка уравнений (7) и (13) в выражение (5) дает дифференциальное уравнение нестационарного теплового процесса в гидростатических направляющих с дросселями трения

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{\Sigma C_i} \left\{ p_H Q_{нас} + N_{тр0} \exp\left[-\frac{\theta}{m} + \frac{\alpha}{6} (3p_K + p_H)\right] - \theta K \Sigma F_j \right\}. \quad (14)$$

Решение нелинейного уравнения (14) возможно только на основе численного интегрирования. В первом приближении используем решение, полученное в результате разложения показательной функции, содержащей переменную θ , в степенной ряд с сохранением первых двух членов. Тогда

$$\frac{d\theta}{dt} = A - B\theta, \quad (15)$$

где коэффициенты A и B равны:

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{\Sigma C_i} \left\{ p_H Q_{нас} + N_{тр0} \exp\left[\frac{\alpha}{6} (3p_K + p_H)\right] \right\}; \\ B &= \frac{1}{\Sigma C_i} \left\{ K \Sigma F_j + N_{тр0} \exp\left[\frac{\alpha}{6} (3p_K + p_H)\right] \cdot \frac{1}{m} \right\}. \end{aligned}$$

Решение (15) имеет вид

$$\theta = \frac{A}{B} [1 - \exp(-Bt)]. \quad (16)$$

Максимальная избыточная температура, устанавливающаяся в конце переходного процесса, определяется из уравнения (16) при $t \rightarrow \infty$

$$\theta_{\max} = A/B. \quad (17)$$

Длительность этого процесса t_{\max} оценивалась по времени, необходимому для достижения $0,9 \theta_{\max}$:

$$t_{\max} = \frac{2,3}{B}. \quad (18)$$

Формулы (16...18) справедливы для величины избыточного нагрева $\theta_{\max} \leq 20...35^{\circ} \text{C}$, что достаточно для гидростатических опор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Детали и механизмы металлорежущих станков /Под ред. Д.Н.Решетова. — М., 1972, т.1. — 664 с. 2. Проектирование гидростатических подшипников/Под ред. Г.Риппела: Пер. с англ. — М., 1967. — 136 с. 3. П и к у с Ю.М. Гидростатическая смазка вязкопластичными и вязкими жидкостями. — Минск, 1981. — 192 с.

УДК 621.753.5.001

Н.И.ЖИГАЛКО, канд. техн. наук (БПИ),
П.Л.РОЗЕНТАЛЬ, Б.И.СИНИЦЫН, канд-ты
техн. наук (ИТК АН БССР)

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЧЕРЧЕНИЯ СХЕМ НАЛАДОК АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ

САПР наладок агрегатных станков и автоматических линий при ее разработке должна включать два комплекса программ — проектирования и вычерчивания. Хотя в результате этапа проектирования мы имеем достаточно полную информацию об инструментальной наладке в виде спецификации и табуляграммы сведений, получаемых на АЦПУ, тем не менее эта информация является не наглядной и не дает представления об общем виде (сборочном чертеже) наладки.

Чертеж общего вида наладки строится из отдельных схем, которые отличаются по видам обработки и шифры которых могут быть заданы во входной информации на проектирование. Исходными данными для программ вычерчивания инструментальной наладки являются параметры, получаемые в результате реализации программ комплекса "Проектирование". Это сведения о наладке и о схемах инструмента. К сведениям о наладке относятся: циклы работы силовых узлов и резьбонарезных шпинделей, технические требования. Эти данные заимствуются из общих сведений о наладке, находящихся в бланке исходных данных.

Параметры, необходимые для программирования вычерчивания схем инструмента, подразделяются на три вида: линейные, диаметральные и параметры, проставляемые на выносках (принятые обозначения оригинальных или стандартных режущих и вспомогательных инструментов). Программирование вычерчивания ряда линий, не заданных на соответствующей схеме, выполняется или реализацией некоторой функции от заданных параметров или эвристически.