

ВЛИЯНИЕ СХЕМ НАГРУЖЕНИЯ НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ МОМЕНТА ХОЛОСТОГО ХОДА ШАРИКО-ВИНТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Проблема распределения нагрузки по виткам резьбы шарико-винтовых механизмов (ШВМ) была проанализирована в работах [1, 2]. Однако до настоящего времени не известны исследования по определению влияния неравномерного распределения нагрузки на плавность работы этих механизмов. Рассмотрим данный вопрос на примере передачи с одним каналом возврата шариков, полукруглым и арочным профилем резьбы, собранной предварительным натягом. Известны формулы, определяющие распределение нагрузки по виткам резьбы в зависимости от схем нагружения гайки [1, 2]. Средняя нагрузка, приходящаяся на один виток Q_i , при равномерном распределении равна $\frac{Q}{k}$, где k — количество витков. В случае неравномерного распределения нагрузки для дальнейшего анализа был введен коэффициент пропорциональности γ_i [3], соответствующий определенному закону распределения нагрузки: $Q_i = \frac{Q}{k} \gamma_i$, откуда $\gamma_i = \frac{Q_i}{Q} k$, (1)

где $Q = \sum_{i=1}^{i=k} Q_i$.

При движении винта вправо (прямоугольный профиль) шарики перемещаются в канале возврата в направлении, указанном стрелками (рис.1) и при входе в натяг или при выходе из натяга воспринимают различные нагрузки, величина которых зависит от положения устройств возврата относительно точек О. С учетом неравномерности распределения нагрузки величины единичных моментов сопротивления (для одного шарика) определяются по формуле $\gamma_i M_{1,2}$, где M_1, M_2 соответственно момент в рабочей Γ_1 и вспомогательной гайках Γ_2 [3].

Величины единичных моментов входа и выхода шариков из натяга указаны в табл. 1.

Таблица 1

Номер гайки		Γ_1	Γ_2
Момент	вхождения в натяг	$\gamma_k M_1$	$\gamma_1 M_2$
	выхода из натяга	$\gamma_1 M_1$	$\gamma_k M_2$

Рис. 1. Схемы нагружения и графики распределения нагрузки по виткам резьбы ШВМ:

1 – гайки сжаты; 2 – гайки растянуты.

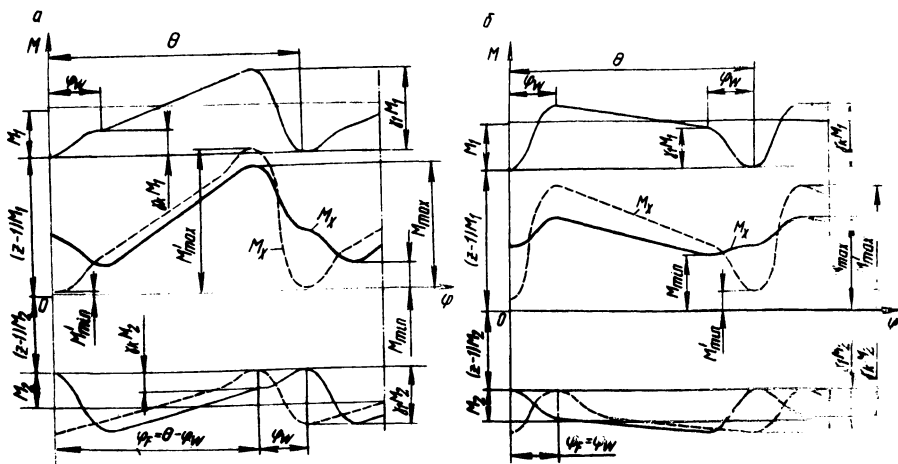
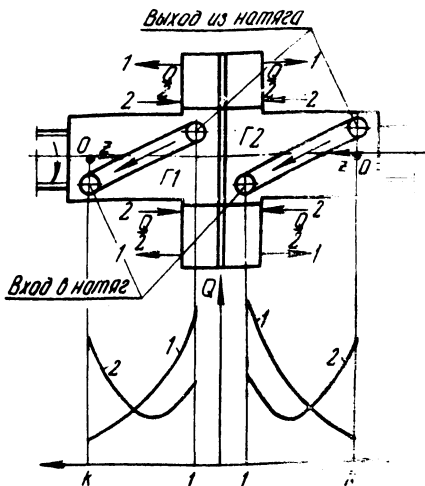


Рис. 2. Момент холостого хода M_x в случае сжатых (а) и растянутых (б) гаек:

сплошные линии при $\varphi_F = 0$, штриховые линии при $\varphi_F \neq 0$; θ – угол поворота винта, при котором шарик перекачивается на длину, равную его диаметру, φ_W – угол поворота винта, при котором шарик войдет в натяг или выйдет из натяга.

Анализ изменения момента холостого хода будет выполнен на примере передач с наружным каналом возврата шариков, с гайками при длине рабочего участка резьбы, равной многократному диаметру шарика (при условии отсутствия зазора между шариками).

В случае сжатых гаек с полукруглым профилем резьбы при угле фазового смещения $\varphi_F = 0$ максимальное и минимальное значения момента холостого хода (рис. 2, а) определяется по формулам

$$M_{\max} = (z - 1)M_1 + \gamma_1 M_1 - [(z - 1)M_2 + \gamma_k M_2],$$

$$M_{\min} = (z - 1)M_1 + \gamma_k M_1 - [(z - 1)M_2 + \gamma_1 M_2].$$

Тогда при $\gamma_1 \neq \gamma_k$ коэффициент неравномерности момента M_x будет равен

$$\Delta M = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\max} + M_{\min}} = \operatorname{tg} \lambda \operatorname{ctg} \rho \frac{\gamma_1 - \gamma_k}{2(z - 1) + \gamma_1 + \gamma_k}, \quad (2)$$

где λ — угол подъема резьбы винта; ρ — угол трения качения; z — количество шариков в рабочей зоне гайки.

В общем случае в одной из гаек момент входа шариков в натяг не совпадает по времени с моментом входа в натяг шариков во второй гайке. Наибольшее колебание момента будет наблюдаться при угле фазового смещения $\varphi_F = \theta - \varphi_W$. При этом $M'_{\max} = (z - 1)M_1 + \gamma_1 M_1 - (z - 1)M_2$, $M'_{\min} = (z - 1)M_1 - [(z - 1)M_2 + \gamma_1 M_2]$, а коэффициент неравномерности момента будет равен

$$\Delta M' = \operatorname{tg} \lambda \operatorname{ctg} \rho \frac{\gamma_1}{2(z - 1) + \gamma_1}. \quad (3)$$

В случае растянутых гаек с полукруглым профилем резьбы при угле фазового смещения $\varphi_F = 0$ максимальное и минимальное значения момента холостого хода (рис. 2, б) определяются по формулам

$$M_{\max} = (z - 1)M_1 + \gamma_k M_1 - [(z - 1)M_2 + \gamma_1 M_2],$$

$$M_{\min} = (z - 1)M_1 + \gamma_k M_1 - [(z - 1)M_2 + \gamma_k M_2].$$

При $\gamma_1 \neq \gamma_k$ коэффициент неравномерности момента будет равен

$$\Delta M = \operatorname{tg} \lambda \operatorname{ctg} \rho \frac{\gamma_k - \gamma_1}{2(z - 1) + \gamma_k - \gamma_1}. \quad (4)$$

Наибольшая амплитуда колебания момента M_x наблюдается при угле фазового смещения $\varphi_F = \varphi_W$, при этом $M'_{\max} = (z - 1)M_1 + \gamma_k M_1 - (z - 1)M_2$, $M'_{\min} = (z - 1)M_1 - [(z - 1)M_2 + \gamma_k M_2]$.

В этом случае коэффициент неравномерности момента будет равен

$$\Delta M' = \operatorname{tg} \lambda \operatorname{ctg} \rho \frac{\gamma_k}{2(z-1) + \gamma_k} \quad (5)$$

В реальных условиях коэффициент неравномерности ΔM_g изменяется от ΔM до $\Delta M'$, т.е. $\Delta M \leq \Delta M_g \leq \Delta M'$.

Используя графики распределения нагрузки по виткам резьбы [1], можно определить коэффициенты пропорциональности γ_1 и γ_k в зависимости от схем нагружения, угла контакта шариков α и шага резьбы s , при этом количество витков $k = 4$, $Q = 1200$ даН. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Анализируя формулы (2) ... (5), делаем вывод, что коэффициент неравномерности момента ΔM будет тем больше, чем больше разница между γ_1 и γ_k .

В случае сжато-растянутой схемы нагружения передачи, собранной с предварительным натягом, шарики будут приблизительно одинаково нагружены на входе и выходе из канала возврата. Наибольшее совпадение возможно при угле контакта шариков $\alpha = 45^\circ$ и небольшом шаге резьбы. Кроме того, в реальных условиях коэффициент неравномерности ΔM_g зависит от угла фазового смещения и изменяется в следующих пределах [3]:

$$\frac{1}{2z-1} \leq \Delta M_g \leq \operatorname{tg} \lambda \operatorname{ctg} \rho \frac{1}{2z-1} \quad (6)$$

Количество витков гайки значительно влияет на величину коэффициентов γ_1 и γ_k . Например, используя данные, приведенные в [2], при $Q = 3600$ даН, $\alpha = 60^\circ$, $s = 32$ мм, $k = 9$ получим $\gamma_1 = 3,2$ и $\gamma_g = 0,05$. В этих условиях коэффициент неравномерности момента ΔM может достигнуть $\pm 20\%$ и более. Такое колебание момента холостого хода пары, изготовленной идеально точно, может оказать воздействие на плавность работы меха-

Т а б л и ц а 2

Схема нагружения	$\alpha = 45^\circ$ $s = 8$ мм				$\alpha = 60^\circ$ $s = 32$ мм			
	Q_1	Q_4	γ_1	γ_4	Q_1	Q_4	γ_1	γ_4
Гайки сжатые	392	256	1,3	0,9	540	152	1,8	0,51
Гайки растянутые	296	326	~1	1,1	295	407	0,95	1,35
Гайки сжато-растянутые	300	306	~1	1,02	292	335	0,82	1,2

низма. В случае арочного профиля резьбы нагрузка на первый и последний виток приблизительно одинакова и, следовательно, единичные моменты при входе и выходе шариков из натяга будут также равны. Так как для такой пары угол фазового смещения всегда равен нулю ($\varphi_F = 0$), коэффициент неравномерности момента для данного варианта приблизительно равен [3]:

$$\Delta M \approx \frac{1}{2z - 1} . \quad (7)$$

Как следует из формулы (7), колебания момента холостого хода для гайки с арочным профилем сравнительно малы и зависят только от количества шариков. Эту гайку целесообразно использовать, если необходима высокая плавность работы ШВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф и л о н о в И.П., П и к у с М.Ю. Определение оптимальных конструктивных параметров шариковых винтовых пар в связи с распределением нагрузки по виткам резьбы. — В сб.: Прогрессивная технология машиностроения. — Минск, 1971, вып. 2.
2. Ф и л о н о в И.П., Ш а р д ы к о П.П. Влияние разности шагов гайки и винта на равномерность распределения нагрузки по виткам резьбы шариковинтовой пары. — В сб.: Прогрессивная технология машиностроения. — Минск, 1972, вып. 4.
3. Sobolewski J. Analiza nierownomierosci pracy przekladnikulkowych srubowych z obiegami zewnetrznymi. Praca doct. — Warszawa, 1977.

УДК 621.9

Л.М. ДЕМБОВСКИЙ, Г.И. МЕЛАМЕД

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМИЧЕСКОМ ПОИСКЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

Анализ существующей практики проектирования автоматических линий (АЛ) показывает, что эта задача является многофакторной, требующей проработки теоретически множества, а практически — достаточно большого количества проектных вариантов.

На этапе разработки компоновки линии предопределяются ее производительность, надежность и ряд других технико-экономических показателей. Расчеты, связанные с определением производительности линии, важно увязывать с выбором режимов обработки. Так как эти вопросы оказывают непосредственное влияние на машинное время, то возникает необходимость решения данной задачи с помощью таких математических моделей, которые в удобной форме могли бы быть реализованы на ЭВМ.