

УДК 621.837.2

Методика расчета напряжений и деформаций внешней обоймы эксцентриковых механизмов свободного хода

О.В. Шарков

Предложены формулы для расчета напряжений и деформаций внешней обоймы эксцентриковых механизмов свободного хода фрикционного и нефрикционного типов.

Ключевые слова: механизм свободного хода, напряжения, деформации.

The formulas for calculation of strains and deformations on outer shell of eccentric one-way clutches of friction and non-friction types have been obtained.

Keywords: one-way clutch, strains, deformations.

Возможность повышения нагрузочной способности и долговечности различных элементов машин в значительной степени определяется совершенствованием методик расчета их напряженно-деформированного состояния (НДС).

Опыт эксплуатации эксцентриковых механизмов свободного хода (МСХ) показывает, что одним из наиболее нагруженных элементов, влияющих на работоспособность механизмов в целом, является внешняя обойма.

Наибольшее влияние на НДС внешней обоймы при постоянной величине нагрузки оказывают ее геометрические параметры: D — внутренний диаметр; β_0 — угол приложения нагрузки; h_1 / D — отношение толщины цилиндрической оболочки h_1 к внутреннему диаметру D ; h_2 / D — отношение толщины кольцевой пластины h_2 к диаметру D ; l / D — отношение длины оболочки l к диаметру D .

В работе [1] предложена методика определения НДС внешней обоймы эксцентриковых МСХ, заключающаяся в расчете изменения величин напряжений σ_0 и деформаций δ_0 ее базового варианта за счет использования коэффициентов, учитывающих изменение геометрических параметров h_1 / D , h_2 / D и l / D .

В качестве базового варианта принята внешняя обойма с диаметром $D = 140$ мм и углом $\beta_0 = 70^\circ$. При проектировании эксцентриковых МСХ геометрические параметры назначают в широких пределах.

Расчет НДС всех типоразмеров внешней обоймы возможен, если известен характер влияния на него внешнего диаметра обоймы и угла



ШАРКОВ

Олег Васильевич

кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория механизмов и машин и детали машин» (Калининградский государственный технический университет)

приложения нагрузки на всем диапазоне их изменения.

Для оценки характера такого влияния введем коэффициенты $K_{\sigma(D)}$ и $K_{\delta(D)}$ отношение величин напряжений (деформаций) при текущем значении геометрических параметров D и β_0 к напряжениям σ_0 (деформациям δ_0) базового варианта внешней обоймы. Тогда зависимость для определения величин наибольших напряжений и деформаций, возникающих во внешней обойме, с учетом ранее полученных выражений [1] можно представить в следующем виде:

$$\sigma = \sigma_0 K_{\sigma(D)} K_{\sigma(h_1)} K_{\sigma(h_2)} K_{\sigma(l)}; \quad (1)$$

$$\delta = \delta_0 K_{\delta(D)} K_{\delta(h_1)} K_{\delta(h_2)} K_{\delta(l)}. \quad (2)$$

Величины напряжений σ_0 и деформаций δ_0 базовых вариантов внешних обойм эксцентриковых МСХ нефрикционного и фрикционного типов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные для расчета напряжений и деформаций

Эксцентриковые МСХ нефрикционного типа		Эксцентриковые МСХ фрикционного типа	
$\sigma_0=115$ МПа, $\delta_0=0,086$ мм		$\sigma_0=98$ МПа, $\delta_0=0,060$ мм	
$\beta'_0=70^\circ$, $D'=140$ мм		$\beta'_0=15^\circ$, $D'=140$ мм	
$a_0=2,674$	$b_0=0,508$	$a_0=1,229$	$b_0=0,275$
$a_1=-1,302$	$b_1=-0,272$	$a_1=0,236$	$b_1=0,095$
$a_2=-1,122$	$b_2=0,979$	$a_2=-0,642$	$b_2=0,244$
$a_{11}=0,281$	$b_{11}=0,105$	$a_{11}=0,252$	$b_{11}=0,153$
$a_{22}=0,241$	$b_{22}=0,321$	$a_{22}=0,268$	$b_{11}=0,278$
$a_{12}=0,220$	$b_{12}=-0,641$	$a_{12}=-0,344$	$b_{12}=-0,050$

Коэффициенты $K_{\sigma_3(h_1)}$, $K_{\sigma_3(h_2)}$, $K_{\sigma_3(l)}$, $K_{\delta_3(h_1)}$, $K_{\delta_3(h_2)}$ и $K_{\delta_3(l)}$ для эксцентриковых МСХ нефрикционного типа можно найти по ранее полученным формулам источника [1].

При расчете обойм эксцентриковых МСХ фрикционного типа определение этих коэффициентов по формулам источника [1] является ориентировочным. В целях получения точных формул необходимы дополнительные исследования, выходящие за рамки данной работы.

Для оценки влияния геометрических параметров D и β_0 внешней обоймы на возникающие напряжения и деформации проведен вычислительный эксперимент методом конечных элементов, который был реализован с использованием отечественного программного комплекса T-FLEX Анализ [2].

Предварительные исследования показали, что геометрические параметры D и β_0 оказывают нелинейное и взаимосвязанное влияние на возникающие во внешней обойме напряжения и деформации. Поэтому планирование эксперимента проводили на основе планов второго порядка типа 3^2 , близких к D -оптимальным [3], имеющих хорошие статистические характеристики и включающих небольшое число экспериментальных точек.

Исследовались внешние обоймы эксцентриковых МСХ нефрикционного и фрикционного типов. В качестве исследуемых факторов принимали величины напряжений и деформаций внешних обойм, а в качестве независимых факторов геометрические параметры D , β_0 и величину нагрузки.

Независимые факторы варьировали в пределах, используемых при проектировании внешней обоймы. Диаметр внешней обоймы $D = 40 \dots 240$ мм, угол $\beta_0 = 50 \dots 90^\circ$ (механизмы нефрикционного типа) и $\beta_0 = 10 \dots 20^\circ$ (механизмы фрикционного типа). При этом остальные геометрические параметры принимали постоянными: $h_1 / D = 0,1$; $h_2 / D = 0,08$; $l / D = 0,35$.

Обработка результатов эксперимента [3] позволила получить эмпирические зависимости для определения коэффициентов $K_{\sigma(D)}$ и $K_{\delta(D)}$. При обработке экспериментальных результатов геометрические параметры представлялись в безразмерном виде.

Поверхности отклика, характеризующие изменение коэффициентов $K_{\sigma(D)}$ и $K_{\delta(D)}$, можно описать нелинейными моделями с использованием полиномов второго порядка вида

$$K_{\sigma(D)} = a_0 + a_1(\beta_0 / \beta'_0) + a_2(D / D') + a_{11}(\beta_0 / \beta'_0)^2 + a_{22}(D / D')^2 + a_{12}(\beta_0 / \beta'_0 D / D'); \quad (3)$$

$$K_{\delta(D)} = b_0 + b_1(\beta_0 / \beta'_0) + b_2(D / D') + b_{11}(\beta_0 / \beta'_0)^2 + b_{22}(D / D')^2 + b_{12}(\beta_0 / \beta'_0 D / D'). \quad (4)$$

Коэффициенты полиномов приведены в табл. 1.

Проверка адекватности полученных зависимостей (3) и (4) показала [4], что они описывают экспериментальные результаты с относительной погрешностью 0,86...10,2% (механизмы нефрикционного типа) и 0,9...9,2% (механизмы фрикционного типа).

Предложенная методика позволяет проводить расчет наибольших напряжений и деформаций, возникающих во внешней обойме экс-

центриковых МСХ нефрикционного и фрикционного типов при любом соотношении ее геометрических параметров.

Литература

1. Шарков О.В., Золотов И.А. Влияние геометрических параметров внешней обоймы на ее напряженно-деформированное состояние // Вестник машиностроения. 2011. № 4. С. 41—43.
2. Шарков О.В., Золотов И.А. Напряженно-деформированное состояние внешней обоймы эксцентриковых механизмов свободного хода фрикционного типа // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности: межвузовский сборник научных трудов. М.: Изд-во «Спектр», 2010. Вып. 7. С. 153—159.
3. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей / Под ред. В.В. Налимова. М.: Машиностроение, 1982. 752 с.
4. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Л.: Энергоатомиздат, 1990. 288 с.

Статья поступила 26.05.2011 г.