

УДК 621.8

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В СЕЧЕНИЯХ ВИТКА ВИНТОВОГО МЕХАНИЗМА

**Лодыгина Н.Д., Шарапов Р.В.**

*Муromский институт ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет»,  
Муrom, e-mail: kaftextmex@yandex.ru*

Проведено теоретическое и экспериментальное исследование витка винтового механизма. В результате исследований выявлено, что наибольший вклад в разность главных напряжений вносят контактные напряжения, что подтверждено экспериментом.

**Ключевые слова:** винтовой механизм, напряжение

## STUDY OF THE STRESS STATE IN THE SECTIONS TURN OF SCREW MECHANISM

**Lodigina N.D., Sharapov R.V.**

*Murom Institute GOU VPO «Vladimir State University», Murom, e-mail: kaftextmex@yandex.ru*

A theoretical and experimental study of spiral screw mechanism. The studies revealed that the greatest contribution to the difference of principal stresses make contact stresses, which is confirmed by experiment.

**Keywords:** screw mechanism, stress

В настоящее время при исследовании напряжений и деформаций широкое распространение получили методы, основанные на использовании различных оптических явлений. В данном исследовании применяется поляризационно-оптический метод, так как он отличается наглядностью, позволяет весьма полно исследовать напряженное состояние в деталях сложной конфигурации.

Экспериментальное исследование напряжений при помощи поляризационно-оптического метода [2] проводили на моделях, изготовленных из прозрачного, изотропно-материала – эпоксидной смолы ЭД-6М.

Модели придали такую же форму, что и изучаемая деталь, и загружали ее нагрузками, расположенными подобно действующим на деталь. При этом на модели наблюдали оптический эффект, сопутствующий деформациям материала модели и непосредственно с ними связанный. Наблюдения за оптическим эффектом позволяют судить о напряжениях, действующих в отдельных точках исследуемой прозрачной модели.

Результаты исследования напряженного состояния, полученные оптическим методом, с достаточной для практики точностью могут быть распространены на детали, изготовленные из любого изотропного материала (сталь, алюминий, чугун и т.п.). Это следует из того, что, если напряженное состояние той или иной детали является плоским, то

для изотропного материала распределение напряжений в большинстве случаев не зависит от упругих постоянных  $E$  и  $\mu$ . Лишь при объемном напряженном состоянии и для некоторых особых случаев плоского напряженного состояния на распределение напряжений влияет коэффициент Пуассона, однако это влияние сравнительно невелико и практически им можно пренебречь.

При нагружении модели на экране появляется ее изображение, покрытое системой интерференционных полос, по характеру которой можно судить о распределении напряжений в детали. После соответствующей обработки картины полос определяет разность главных напряжений ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ).

После получения поля изохром определяли порядок изохроматических полос.

Для определения порядка полос пользовались медленным нагружением модели. Чтобы повысить точность измерений, нагружение осуществлялось ступенями с фиксацией порядка полос  $m$  и нагрузки на каждой ступени  $F$ .

Для количественной оценки напряженно-деформированного состояния модели определяли цену полосы материала, из которого она изготовлена.

Напряженное состояние исследовали на специальной установке ППУ-5 (проекционно-поляризационная установка). В этой установке обеспечена возможность враще-

ния плоскостей поляризации, что особенно удобно для фиксирования изоклин. При помощи фотокамеры сфотографированы картины полос, изохромы исследуемой модели. При убранный фотокамере увеличенное изображение модели наблюдали на экране.

Исследование напряжений в сечениях витка проводилось с помощью разработанного специального приспособления, имитирующего сопряжение рабочих поверхностей винтового механизма. Приспособление состоит из сборного винта (шеек), между которыми закреплен образец. Образец представляет собой виток резьбы – диаметром  $d$ , углом профиля  $\alpha$  и шагом  $P$ . Рабочее сопряжение винтовой поверхности имитируется сопряжением образца с роликом, неподвижно закрепленным в крышках, имеющих возможность осевого перемещения относительно шеек винта. Используемое приспособление закреплялось на столе установки ППУ-5 с помощью толстостенной трубы.

Осевое нагружение на образец осуществлялось роликом через втулку, а крутящий момент имитировался нагрузкой через ролик на некотором расстоянии от его оси и перпендикулярно ей с помощью пружины и груза, перекинутого через блок.

Испытанию подвергались шесть моделей имитирующих виток ходового винта, из-

готовленных из эпоксидной смолы ЭД-6М. Диапазон нагрузок брался в интервале от 50 до 250 Н при ступенчатом нагружении через 50 Н. Зная порядок полосы и оптическую постоянную для каждой точки модели определяли разность главных напряжений.

При теоретическом расчете развернутый на плоскость виток детали винтового механизма рассчитывается с использованием расчётной модели консольной балки переменного сечения [4]. Виток в процессе эксплуатации испытывает деформации изгиба, растяжения (сжатия), среза и кручение. Напряженное состояние в любой точке модели считается плоским, так как одна грань выделенного элемента свободна от нагрузок и толщина модели витка мала [3].

Результаты эксперимента и теоретические значения разности главных напряжений ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) приведены в таблице, в которой задаются следующие значения:

- 1) действующая нагрузка  $F_a$ , Н;
- 2) угол при вершине витка  $\alpha$ , град.;

3) глубина  $z$  (расстояние от точки приложения силы  $F_a$  до точки, в которой определяется разность главных напряжений ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) в перпендикулярном направлении к поверхности витка);

4) номер полосы  $m$  определяется по картине изохром.

Результаты экспериментальных исследований

№ п/п	Осевая нагрузка $F_a$ , Н	Угол при вершине витка $\alpha$ , град.	Глубина $Z_1$ , мм	Номер полосы $M$	Экспериментальные значения $(\sigma_1 - \sigma_3)^3$	Теоретические значения $(\sigma_1 - \sigma_3)^T$				
						изгибательные напряжения	контактные напряжения		суммарные значения напряжений	
							МПа	МПа	%	МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	50	60°	3,0	1	2,038	0,096	1,906	6,52	1,914	6,119
2			2,0	2	4,077	0,101	2,843	30,262	2,852	30,039
3			1,333	3	6,115	0,105	4,802	21,48	4,811	21,34
4			0,833	4	8,154	0,107	7,406	9,18	7,413	9,0
5	100	60°	5,833	1	2,038	0,167	2,244	10,05	2,243	-10,07
6			3,5	2	4,077	0,108	3,723	8,69	3,737	8,34
7			3,5	3	6,115	0,193	4,132	29,17	4,348	28,9
8			2	4	8,154	0,203	6,42	21,265	6,438	21,04
9			1,167	5	10,192	0,211	10,567	-3,675	10,583	-3,896
10			1,0	6	12,231	0,213	12,066	1,343	12,082	1,215

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	150	60°	9,33	1	2,038	0,233	2,106	3,304	2,067	-1,385
12			5,0	2	4,077	0,261	3,916	3,95	3,924	3,7
13			3,33	3	6,115	0,284	5,836	4,57	5,858	4,2
14			2,83	4	8,154	0,29	6,835	16,178	6,86	15,868
15			1,667	5	10,192	0,309	11,275	10,625	11,302	10,889
16			1,167	6	12,231	0,317	15,389	-25,821	15,414	-26,0
17			0,833	7	14,269	0,321	19,9	-39,4	19,92	-39,6
18	200	60°	4,167	4	2,038	0,167	2,244	23,52	6,257	23,36
19			3,167	5	8,154	0,362	6,236	20,1	8,176	19,78
20			2,5	6	10,192	0,382	8,145	16,52	10,246	16,23
21			1,833	7	12,231	0,396	10,21	4,66	13,641	4,4
22			1,5	8	14,269	0,409	13,604	0,46	16,268	0,24
23			1,167	9	16,308	0,416	16,233	-8,7	19,97	-8,87
24	250	60°	5,33	4	18,346	0,422	19,94	25,14	6,112	25,0
25			4,167	5	8,154	0,427	6,104	23,72	7,8	23,45
26			3,667	6	10,192	0,453	7,775	28,026	8,837	27,75
27			3,167	7	12,231	0,465	8,803	28,96	10,177	28,68
28			2,5	8	14,27	0,478	10,137	22,267	12,721	21,996
29			2,0	9	16,308	0,495	12,676	15,242	15,595	14,994
30			1,5	10	18,346	0,507	15,57	2,209	19,978	1,99
31			1,333	11	20,385	0,62	19,93	2,258	21,96	2,067
32	50	90°	3,167	1				17,285	1,686	17,282
33			1,667	2	17,282	2,038	1,686	22,167	3,173	22,166
34			1,0	3	22,166	4,077	3,173	15,429	5,172	15,429
35			0,5	4	15,429	6,115	5,172	15,047	9,381	15,048
36	100	90°	3,0	2	15,048	8,154	9,381	13,094	3,543	13,091
37	100	90°	2,0	3	13,091	4,077	3,543	13,940	5,263	13,938
38			1,167	4	13,938	6,115	5,263	6,999	8,724	6,994
39			1,0	5	6,994	8,154	8,724	1,895	9,999	1,895
40			0,667	6	1,895	10,192	9,999	13,311	13,859	13,311
41	150	90°	2,5	4	13,311	12,231	13,859	22,497	6,32	22,495
42			2,0	5	22,495	8,154	6,32	23,225	7,825	23,223
43			1,167	6	23,223	10,192	7,825	4,401	12,769	4,402
44			1,0	7	4,402	12,231	12,769	1,749	14,519	1,749
45	200	90°	2,5	5	1,749	14,269	0,293	17,791	8,379	17,788
46			2,0	6	17,788	10,192	8,379	15,436	10,343	15,434
47			1,333	7	15,434	12,231	10,343	4,247	14,875	4,248
48			1,0	8	4,248	14,269	14,875	15,047	18,762	15,048
49			0,833	9	15,048	16,308	18,762	16,463	21,366	16,463
50	250	90°	3,5	5	10,192	0,376	7,542	25,996	7,543	25,994
51			2,333	6	12,231	0,423	11,113	9,139	11,113	9,137
52			2,167	7	14,269	0,43	11,907	16,556	11,908	16,554
53			2,0	8	16,308	0,438	12,818	21,4	12,818	21,398
54			1,5	9	18,346	0,462	16,563	9,828	16,563	9,827
55			1,167	10	20,385	0,479	20,306	0,389	20,306	0,388
56			1,0	11	22,423	0,488	22,756	1,486	22,756	1,486
57			0,833	12	24,461	0,497	25,648	4,852	25,648	4,852

По результатам эксперимента, построены зависимости разности главных напряжений ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) от глубины  $z_1$ . Средняя величина расхождения между экспериментальными и теоретическими значениями составляет 13%. В результате эксперимента также установлено, что в рассмотренных условиях наибольший вклад в разность напряжений ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) вносят контактные напряжения (см. таблицу), что не противоречит расчету по теоретическим формулам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушенин Д.В. Несоосные винтовые механизмы. – М.: Машиностроение, 1985. – 112 с.
2. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов деформированию / И.М. Грязнов и др. – М.: МГУ, 1961. – 197 с.
3. Лодыгина Н.Д., Зелинский В.В., Курасов Е.В. Напряженное состояние ходового винта при неравномерном распределении нагрузки в РВП // Успехи современного естествознания. 2007. – № 2. – С. 52–52.
4. Шарапов Р.В., Лодыгина Н.Д. Расчет напряжений деталей несоосного винтового механизма // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 5. – С. 70–71.