

допущенные нарушения законодательства об охране труда подвергнуты административному взысканию в виде штрафа. Результаты проверок и выявленные нарушения требований охраны труда обсуждены на совещаниях с руководителями и главными специалистами хозяйств.

Из проведенного анализа можно сделать следующие выводы: наряду со значительной изношенностью производственных фондов одной из основных причин травматизма на предприятиях АПК является неудовлетворительная организационная работа в области охраны труда. Следовательно, снижение уровня профессионального риска невозможно без повышения ответственности должностных лиц в организации и управлении охраной труда на предприятии, приведения системы управления охраной труда в соответствие с требованиями ГОСТ Р 12.0.006-2002.

УДК 621.882

### ПОКАЗАТЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК ПО ВИТКАМ РЕЗЬБЫ

*Ю.А.Кузьмин, К.У.Сафаров, В.М.Холманов*

Ввиду ряда известных достоинств, резьбовые соединения получили широкое распространение в различных областях машиностроения. Существенным недостатком в их работе является наличие различных деформаций тел болта (растяжение) и гайки (сжатие). В результате нагрузка по виткам резьбы распределяется неравномерно [1], [2].

В связи с этим были предприняты поиски альтернативных решений.

Рассмотрим в общем виде затянутое резьбовое соединение с усилием  $Q_{\text{зат}}$  и числом витков  $n$ . С учётом распределения нагрузок по виткам резьбы болтового соединения получено следующее выражение:

$$Q_{\text{зат}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_{n-1} + Q_n,$$

где  $Q_1, Q_2, Q_3$  и т.д. – нагрузки соответствующих витков.

Вводя коэффициенты  $K_1, K_2, K_3$  и т.д., получим соотношение:

$$Q_{\text{зат}} = Q_1 \cdot K_1 + Q_1 \cdot K_2 + Q_1 \cdot K_3 + \dots + Q_1 \cdot K_{n-1} + Q_1 \cdot K_n.$$

Коэффициенты  $K_1, K_2, K_3 \dots K_n$ , отражают доли осевой нагрузки  $Q_{\text{зат}}$  на соответствующем витке резьбы. После преобразования получится:

$$Q_{\text{зат}} = Q_1 \cdot (K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_{n-1} + K_n).$$

При решении данного уравнения в условиях одноосного растяжения были использованы методы и решения, отражённые в работах профессора И.П.Полканова [3]. В несколько видоизменённой форме нагрузка воспринимается первым витком резьбы, начиная от опорной поверхности гайки, равна:

$$Q_1 \cdot K_1 = Q_i \cdot i_n = \text{Const},$$

где  $Q_i$  и  $i_n$  – соответствующая нагрузка и порядковый номер витка резьбы;

$K_1=1$  - коэффициент, характеризующий долю осевой нагрузки  $Q_{зат}$  первого витка резьбы.

Отсюда:

$$Q_1=Q_i \cdot I_n = \text{Const.}$$

Поэтому  $K_1=1$ ;  $K_2=\frac{1}{2}$ ;  $K_3=\frac{1}{3} \dots K_{n-1}=\frac{1}{n-1}$ ;  $K_n=\frac{1}{n}$ .

После преобразований получим:

$$Q_{зат}=Q_1 \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n-1} + \frac{1}{n} \right).$$

При известных условиях затяжки  $Q_{зат}$  и числа витков  $n$ . Это выражение сводится к определению суммы последовательности из  $n$  членов вида:

$$\sum_{i=1}^n K_i = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n-1} + \frac{1}{n}.$$

Тогда нагрузка на первый виток резьбы  $Q_1$  определяется из соотношения:

$$Q_1 = \frac{Q_{зат}}{\sum_{i=1}^n K_i}.$$

Зная  $Q_1$ , легко определить остальные нагрузки по виткам резьбы:

$$Q_2=Q_1 \cdot K_2; \quad Q_3=Q_1 \cdot K_3 \dots Q_n=Q_1 \cdot K_n$$

Для затянутой резьбы с 5-ти витковой гайки нагрузка (в процентах) на первый виток определяется из выражения:

$$Q_1 = \frac{100}{\sum_{i=1}^{n=5} K_i}$$

На втором и последующих витках нагрузка равна:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{1}{2}; \quad Q_3 = Q_1 \cdot \frac{1}{3}; \quad Q_4 = Q_1 \cdot \frac{1}{4}; \quad Q_5 = Q_1 \cdot \frac{1}{5}.$$

Результаты расчёта приведены в таблице 1, а диаграмма нагрузок – на рисунок 1. Для сопоставления приведены расчёты методом конечных элементов (МКЭ).

Таблица 1 Результаты расчёта распределения нагрузки по виткам резьбы болтового соединения

Нагрузка по виткам резьбы	Нагрузки на витки от $Q_{зат}$ , %		
	по предлагаемому методу	по формуле И.А. Биргера	численный расчёт (МКЭ)
$Q_1$	43,8	36,5	40,0
$Q_2$	21,9	23,75	22,81
$Q_3$	14,6	16,76	15,99
$Q_4$	14,6	12,75	12,37
$Q_5$	8,76	10,50	8,83

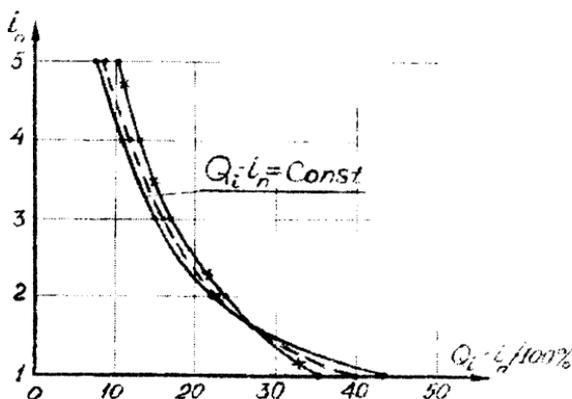


Рисунок 1. Теоретические кривые распределения нагрузок по виткам в резьбовом соединении с 5-ти витковой обыкновенной гайкой

- ×— по методу Биргера (высокоточная резьба);
- по методу конечных элементов (МКЭ);
- по предлагаемому методу.

По результатам исследования нагрузка на первый виток по предлагаемому методу несколько завышена (7,8%) по сравнению с результатами других расчётов. Полученный завышенный результат идёт в запас прочности резьбы. На последующих витках отклонение составляет не более 2,5%.

### Выводы

1. Параболический характер распределения усилия по виткам резьбы показал удовлетворительную согласованность с существующими методами расчёта.

2. Результаты теоретического исследования показали возможность применения математической модели для расчёта нагрузок по виткам резьбы болтового соединения.

### Литература

1. Кузьмин Ю.А., Рожков В.Т., Чернов И.А. К дискретному решению задачи Н.Е.Жуковского. – В кн. Исследование, конструирование и расчёт резьбовых соединений. Межвуз. научно-тематич. сб. Вып. IV. Изд-во Саратовского университета, 1978, с.15...18.
2. Кузьмин Ю.А., Дорохов В.П. К вопросу распределения нагрузки по виткам резьбы. Изд. вузов. Машиностроение, 1987, №7, с.20...23.
3. Полканов И.П. Основы использования машин в сельском хозяйстве. Свердловск, 1973, с.319.

УДК 621.882

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК ПО ВИТКАМ РЕЗЬБЫ

*Ю.А.Кузьмин, К.У.Сафаров, В.М.Холманов*

Гиперболический характер распределения нагрузки по виткам резьбы болтового соединения имеет вид:

$$Q_i \cdot i_n = \text{Const}$$

Соотношение для 6-ти витковой гайки, затянутой с осевым усилием  $Q_{\text{зат}}$  будет равно:

$$Q_{\text{зат}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

где  $i_n$  и  $Q$  - порядковый номер витка (начиная от опорной поверхности гайки);

$Q_1, Q_2 \dots Q_6$  - нагрузки соответствующих витков.

Нагрузки по виткам гайки в процентах при  $n=6$  равны:

$$Q_{\text{зат}} = Q_1(1+) = 100\%$$

Отсюда:

$$Q_i = \frac{100}{\sum_{i=1}^{n=6} K_i}, \%$$

Для проверки теоретических предпосылок были проведены экспериментальные исследования на моделях с крупной резьбой.