

Благодаря применению тензосопротивлений с базовой длиной 10 мм удалось уменьшить диаметр рабочей камеры до 27 мм. Уменьшение диаметра внутреннего отверстия позволило уменьшить наружный диаметр мембранного выступа рабочей части корпуса до 43 мм при сохранении прежней ширины жесткой недеформируемой части торца мембраны, а также уменьшить радиус закругления мембраны до величины  $r=0,15R=0,15 \cdot 13,5=2$  мм.

Проведенные конструктивные изменения позволили уменьшить габариты и вес датчика с 1.49 до 0.69 кгс, т.е. более чем в 2 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Розенблит, Г.Б., Виленский, П.И., Горелик, Я.И. Датчики с проволочными преобразователями. – М.: «Машиностроение», 1966 – 136 с.

2 Томашов, И.Н. Диафрагменный датчик давления. Тезисы докладов VIII Республиканской НТК студентов и аспирантов БНТУ. Часть 6, с.70-71, – М., 2003.

Хотина М.В.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ НЕРАЗРУШЕНИЯ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ ФЕРМЫ

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель канд. техн. наук Трещачко В.М.*

Обычный детерминистический подход к расчету конструкций состоит из двух этапов:

1) вычисляются напряжения, деформации и перемещения в конструкциях, подверженных действию внешних нагрузок. Эта задача решается методами строительной механики, теории упругости, теории пластичности и т.д.

2) вычисленные величины сопоставляются с нормативно допустимыми значениями. При этом решаются задачи надежности, долговечности и экономичности конструкций.

Однако реальная система и ее условия эксплуатации отличаются от идеализированной системы и условий, рассматриваемых на стадии проектирования. Фактически напряжения, деформации и перемещения являются случайными величинами из-за случайного характера внешних воздействий, прочностных и др. внешних условий. Поэтому надежность конструкции может быть определена с привлечением методов математической и статистической теории вероятностей.

В зависимости от назначения системы и условий ее эксплуатации надежность включает свойства: 1) безотказность; 2) долговечность; 3) ремонтпригодность; 4) сохраняемость и любые их сочетания.

Задачи расчета на надежность состоят в определении вероятности выхода конструкции из строя в заданных условиях, нахождении по заданной экономически целесообразной надежности требуемых размеров конструкции, допустимых нагрузок или оптимального срока эксплуатации, а также оценки надежности системы по имеющимся оценкам надежности составляющих ее элементов и другие.

Цель настоящей работы – определить вероятность не разрушения (надежность) статически определимой фермы.

В качестве примера принята металлическая статически определимая ферма (рис. 1).

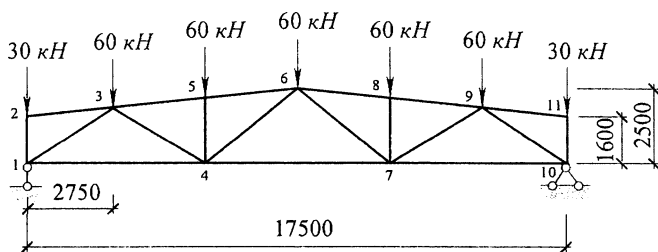


Рис. 1. Расчетная схема фермы

Нагрузка и размеры – детерминированы, прочность всех стержней случайна, независима и распределена одинаково по нормальному закону.

Материал элементов – сталь С245: предел текучести  $R_y=240$  МПа, математическое ожидание предела текучести  $\bar{R}_y = 260$  МПа; стандарт (среднеквадратическое отклонение)  $\sigma(R_y)=20$  МПа.

В процессе расчета выполнено следующее.

На 1 этапе методом сечений определены усилия в элементах фермы (графа 2 таблицы).

На 2 этапе согласно типовой серии для каждого элемента установлено унифицированное сечение, по сортаменту равнополочных уголков определены площади сечений (графы 3 и 4 таблицы).

На 3 этапе согласно [1] найдены напряжения в элементах фермы (графа 5 таблицы).

В 6-й графе таблицы указано предельные напряжения с учетом коэффициентов условия работы  $\gamma_c$  и надежности по нагрузке  $\gamma_n$ .

Таблица

### К определению вероятности не разрушения элементов фермы

Элемент	Расчетное усилие, кН	Унифицированное сечение	Площадь А, см <sup>2</sup>	Напряжение $\sigma$ , МПа	$R_y \frac{\gamma_c}{\gamma_n}$	Вероятности разрушения	
1	2	3	4	5	6	7	
ВП	3-5	-316.0	2L100x7	25.6	-220.4	228	0.024
	5-6	-316.0		25.6	-220.4		0.024
НП	1-4	232.2	2L75x5	14.78	157.2		0
	4-7	313.2		14.78	212.1		0.008
Ст	1-2	-30.0	2L50x5	9.6	-84.2		0
	4-5	-60.8		9.6	-141.5		0
Р	1-3	-313.8	2L90x6	21.2	-221.3		0.026
	3-4	148.2	2L50x5	9.6	154.3		0
	4-6	-30.7	2L63x5	12.26	-104.4		0

На 4 этапе определялись вероятности разрушения каждого элемента фермы.

Функция распределения прочности элементов:

$$P(\sigma) = \frac{1}{\sigma(R_y)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\sigma} \exp\left[-\frac{(\sigma - \bar{R}_y)^2}{2\sigma^2(R_y)}\right] d\sigma,$$

где  $\sigma$  - напряжение в стержне.

Значение  $P(\sigma)$  – есть вероятность того, что случайный предел текучести  $R_y$  будет меньше действующего напряжения  $\sigma$ , т.е. вероятность разрушения.

Через интеграл вероятности Гаусса:

$$P(\sigma) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{|\sigma| - \bar{R}_y}{\sigma(R_y)}\right),$$

определены вероятности разрушения каждого стержня. Значения функции  $\Phi(z)$  определялись с использованием специальных таблиц [2].

Покажем вычисление вероятностей разрушения для некоторых стержней.

Стержень 3-5:

$$P(2204) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{2204 - 260}{20}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(-1.98) = \frac{1}{2} - \Phi(1.98) = 0.5 - 0.476 = 0.024.$$

Стержень 1-4:

$$P(157.2) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{157.2 - 260}{20}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(-5.15) = 0.5 - 0.5 = 0.$$

Стержень 4-7:

$$P(212.1) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{212.1 - 260}{20}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(-2.4) = 0.5 - 0.492 = 0.008.$$

Стержень 4-5:

$$P(141.5) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{141.5 - 260}{20}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(-5.95) = 0.5 - 0.5 = 0;$$

Стержень 1-3:

$$P(221.3) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{221.3 - 260}{20}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(-1.95) = 0.5 - 0.474 = 0.026.$$

В остальных стержнях  $P(\sigma) \approx 0$ .

На 5 этапе определялась вероятность не разрушения фермы целиком.

Заданная ферма является статически определимой – она образована путем последовательного соединения элементов. В таких случаях разрушение происходит по наиболее слабому из них. Вероятность не разрушения фермы определяется по формуле:

$$1 - P_c(\sigma) = \prod_{i=1}^n [1 - P_i(\sigma)] = (1-0.0239)^4 \cdot (1-0.0082) \cdot (1-0.0256)^2 = 0.8548.$$

Выводы: ферма обладает такой надежностью в случае действия максимальных нагрузок, вероятность появления которых невелика, поэтому действительная надежность фермы больше. Кроме того, ферма не является в действительности статически определимой системой и появление в стержне напряжения равного пределу текучести еще не ведет к разрушению этого стержня.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования
2. Болотин, В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений – М.: Стройиздат, 1981. – 351 с.

Волконоцкая Е.И., Хотина М.В.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ НЕРАЗРУШЕНИЯ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СИСТЕМЫ

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель канд. техн. наук Трещачко В.М.*

В настоящее время является общепризнанным, что поведение реальных конструкций обусловлено взаимодействием ряда факторов случайной (стохастической) природы. Поэтому обоснованный подход к определению надежности и долговечности конструкций возможен только с позиций вероятностных методов.