

8. Анализ вынужденных параметрических колебаний косозубой передачи на АВМ // Динамические процессы в механизмах с зубчатыми передачами. Сб./Э.Л. Айрапетов, В.И. Апархов, А.А. Жирнов, О.И. Косарев, И.Т. Чернявский.- М.: Наука, 1976. - С.111-125.

9. Возбуждение колебаний в зубчатых передачах // Динамические процессы в механизмах с зубчатыми передачами. Сб./Э.Л. Айрапетов, В.И. Апархов, М.Д. Генкин, А.А., Жирнов, О.И. Косарев.-М.: Наука, 1976.-С.3-18.

УДК 621.01+629.7.017

Л.А.Гурьева

РАСЧЕТ КОНИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С КОЛЬЦЕВЫМ РЕБРОМ ЗАДАННОЙ НАДЕЖНОСТИ

*Полоцкий государственный университет
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Любая конструкция проектируется с таким расчетом, чтобы она не разрушалась под действием нагрузок, возникающих в процессе ее эксплуатации. Это свойство конструкции сохранять работоспособность в определенных условиях эксплуатации обычно и называют ее надежностью.

Качество конструкции характеризуется в основном ее эффективностью и экономичностью. Под эффективностью понимают степень соответствия конструкции ее целевому назначению. Экономичность оценивается затратами, ценой которых достигается выполнение конструкцией ее задач.

Традиционные детерминированные методы расчетов на прочность, к сожалению, не дают возможности решить эту проблему в полной мере, более того, сложилось определенное несоответствие в методологии учета различных факторов, влияющих на снижение расходов материалов и прочность конструкции.

С одной стороны, в прочностных расчетах применяются самые совершенные методы строительной механики. С другой стороны, для компенсации случайных погрешностей и неучитываемых факторов вводятся коэффициенты безопасности или нормативные коэффициенты запаса, назначаемые, большей частью интуитивно, в соответствии с накопленным опытом, без достаточно строгого на то обоснования.

Более корректным подходом, позволяющим в значительной мере решить указанную проблему, представляется применение вероятностных методов в строительной механике различных конструкций, подчиненным задаче определения надежности конструкции как меры гарантии ее неразрушения. Вероятностный подход к задачам прочности позволяет более полно учесть возмущающие факторы и получить за счет рационального проектирования некоторый выигрыш в весе конструкции без ущерба для ее работоспособности.

На этапе проектирования конструкция существует не «в металле», а лишь в технической документации. Определить ее надежность опытным путем не представляется возможным. Поэтому для расчета надежности необходимо рассматривать конструкцию как систему, состоящую из ряда элементов. При разбиении конструкции на отдельные элементы в качестве таковых следует принимать такие составные части конструкции (обечайки, днища, шпангоуты и т.п.), надежность которых можно определить по

детерминированным расчетным схемам и известным вероятностным характеристикам возмущений.

Характерной особенностью большинства опубликованных работ в области расчета надежности конструкций является то, что в них рассматривается прямая задача строительной механики, когда определяется надежность известной конструкции, которая затем сравнивается с нормативной надежностью [1].

Проблема надежности по своей сути является технической, так как она непосредственно связана с процессами проектирования, опытной отработкой, производством и использованием продукции. Совокупность общих методов, позволяющих создавать технические устройства с высокой надежностью и рассчитывать ее количественные показатели, составляет основу теории надежности. Условно в проблеме надежности можно выделить два направления: обеспечение надежности и ее расчет (контроль). Если первое направление основывается на решении традиционных конструкторских и технологических задач по созданию высококачественных изделий и правильной их эксплуатации, то второе связано в основном с применением специальных математических методов.

В данной работе рассмотрена задача по определению толщины конической крышки и площади поперечного сечения опорного кольца при заданной надежности, т.е. решена обратная задача строительной механики, когда по нормативной заданной надежности определяются параметры конструкции, в частности, размеры ее поперечного сечения [2,3]. При расчете использована теория случайных величин.

Конический купол с углом α нагружен давлением q (рис.1), величина которого случайна с нормальным законом распределения (математическое ожидание $m_q=2$ МПа; среднее квадратичное отклонение $\sigma_q=0,2$ МПа). Кромки крышки жестко связаны с упругим кольцом ($R_k=2$ м). Материал оболочки и кольца одинаков, его несущая способность случайна с нормальным законом распределения ($m_R=500$ МПа; $\sigma_R=50$ МПа). Необходимо определить толщину оболочки h и площадь поперечного сечения опорного кольца, чтобы надежность $N_{зад}=0,99$. Случайный разброс толщины крышки учитывается с доверительной вероятностью $N_h=0,9986$, т.е. $N_{зад}/N_h=0,99/0,9986=0,9914$.

Для $N=0,9914$ гауссовский уровень надежности $\gamma_{кр}=2,3832$. Коэффициент $K_{кон}$ определяется по формуле

$$K_{кон} = \frac{m_R (1 - \gamma_{кр}^2 A_R^2)}{m_q \left(1 + \gamma_{кр} \sqrt{A_R^2 + A_q^2 - \gamma_{кр}^2 A_R^2 A_q^2} \right)},$$

где $A_R = \frac{\sigma_R}{m_R} = \frac{50}{500} = 0,1$; $A_q = \frac{\sigma_q}{m_q} = \frac{0,2}{2} = 0,1$.

После вычислений $K_{кон}=177$.

Для кольца $N=0,99$; гауссовский уровень надежности $\gamma_{кольца}=2,326$,

Коэффициент $K_{кольца}$ определялся по формуле

$$K_{кольца} = \frac{m_R (1 - \gamma_{кольца}^2 A_R^2)}{m_q \left(1 + \gamma_{кольца} \sqrt{A_R^2 + A_q^2 - \gamma_{кольца}^2 A_R^2 A_q^2} \right)},$$

$K_{кольца}=178,54$.

Площадь сечения кольца определялась при различных значениях α , при этом рассматривались прямоугольные сечения с соотношением сторон $B/b=2$.

При определении коэффициента $K_{кон}$ использовалось также выражение для максимальных напряжений

$$K_{\text{кон}} = \frac{R_{\text{к}}}{2h \cos \alpha} + \frac{1 + \frac{\sin \alpha}{2 - \nu} \cdot \frac{2h}{bB}}{1 + \frac{12\sqrt{2}h^2\sqrt{h}\sqrt{\cos \alpha}}{bB^3\rho^3} + \frac{12h^4}{b^2B^4\rho^4}} \cdot \frac{3(2 - \nu)}{2\rho^2} \cdot \frac{2}{h \cos \alpha}$$

а для кольца

$$K_{\text{кольца}} = \frac{R_{\text{кольца}}^2 \operatorname{tg} \alpha}{2A_{\text{кольца}}},$$

где ν - коэффициент Пуассона; $A_{\text{кольца}} = Bb$ - площадь поперечного сечения кольца;
 $\rho = \sqrt[4]{3(1 - \nu^2)}$.

Для определения толщины стенки конуса h при различных значениях α были решены следующие алгебраические уравнения:

1. $y^{10} - 0.005849y^8 + 0.00534y^7 - 0.00003123y^5 - 0.00000001y^2 - 3.0586832 \cdot 10^{-10} = 0$;
2. $y^{10} - 0.006524y^8 + 0.0102y^7 - 0.0000667y^5 - 0.000000102y^2 - 0.000000003 = 0$;
3. $y^{10} - 0.0079898y^8 + 0.01719y^7 - 0.00013753y^5 - 0.000000533y^2 - 0.000000021 = 0$;
4. $y^{10} - 0.0112995y^8 + 0.0249y^7 - 0.0002817y^5 - 0.00000276y^2 - 0.000000153 = 0$;
5. $y^{10} - 0.021829y^8 + 0.03876y^7 - 0.0008462y^5 - 0.000028y^2 - 0.000003 = 0$.

Наибольшая ошибка при решении уравнений составила $f(y) = 1,227349 \cdot 10^{-6}$.

Толщина конической крышки была получена для различных значений $\alpha = 15^\circ$; 30° ; 45° ; 60° ; 75° и равнялась соответственно $h = 1,1$; $1,69$; $2,48$; $3,86$; $6,16$ см.

Результаты расчетов представлены в таблице

α	$R_{\text{кольца}}, \text{ м}$	$A_{\text{кольца}}, \text{ м}^2$	$b, \text{ м}$	$B, \text{ м}$
15°	2	0,003	0,039	0,078
30°	2	0,0065	0,057	0,114
45°	2	0,0112	0,075	0,15
60°	2	0,0194	0,0985	0,197
75°	2	0,0418	0,1446	0,29

Проведенные исследования позволили получить удобные для практического применения соотношения, определяющие толщину стенки конуса h и площадь поперечного сечения опорного кольца $A_{\text{кольца}}$.

ЛИТЕРАТУРА

Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М.: Стройиздат, 1982. - 351 с. 2. Гурьева Л.А. Оптимальное распределение надежности между элементами оболочечной конструкции. Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения», Гомель, 2002. С. 17-18. 3. Гурьева Л.А., Гурьев И.Г. Расчет элементов оболочечной конструкции заданной надежности. Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения», Гомель, 2002. С. 16-17. 4. Канторович З.Б. Основы расчета химических машин и аппаратов. М.: Машгиз, 1960. - 526