

Практическая работа №25

Тема: Расчет на прочность сварного барабана

Цель: Научиться проводить расчет на прочность сварного барабана

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями
2. Выполнить практические задания согласно варианту
3. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
4. Предоставить **отчет по практической работе и ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку в течение трех дней со дня выдачи задания.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна.*

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту ira.gnatyuk.60@inbox.ru

Теоретические сведения

В большинстве случаев барабан представляет собой сварную конструкцию, изготовленную из листов. Однако в некоторых изделиях основой барабана служит каркас, выполненный из профильного материала.

Каркас представляет собой пространственную жесткую систему, к которой приваривают барабанную обшивку. Такие конструкции встречаются сравнительно редко и главным образом в крупных шахтных подъемниках.

Цилиндрическую часть барабана соединяют с торцевыми стенками (днищами). Последние представляют собой плоские круглые листовые элементы, к которым приварены цапфы.

В некоторых конструкциях барабанов цапфы являются концами валов, не имеющих разрывов (рисунок 1, а); в других — концами валов с разрывом (рисунок 1, б). Для корпусов барабанов малых диаметров используют трубы или отливки, для средних и больших диаметров корпуса барабанов вальцуют из одного или нескольких листов.

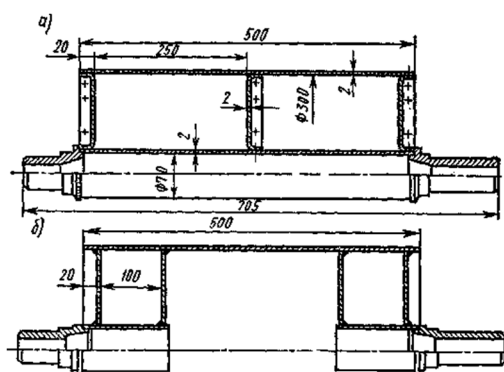


Рисунок 1 - Конструкция сварных барабанов

Расчет прочности барабана производят на сжатие, изгиб и кручение. Рассмотрим элемент обода под канатом (рисунок 2, ж). Усилие в ободке уравнивает силу z , приложенную к канату. Поэтому напряжение сжатия в ободке $\sigma = \frac{P}{ds}$

где d - ширина обода, равная диаметру каната,
 s — толщина обода (рисунок 2, з).

Рассмотрим, в какой степени сжимающие напряжения могут быть опасны для обода с точки зрения потери устойчивости. Допустим, что труба, не имеющая торцевых стенок, сжимается нагрузкой, равномерно распределенной по ее окружности (рисунок 2, и). Из теории упругости известно, что потеря устойчивости наступает при нагрузке

$$P_{кр} = \frac{3EJ}{R^3},$$

где J —момент инерции продольного сечения стенки трубы относительно оси;

E — модуль упругости;

R — радиус трубы.

Если принять элемент длины трубы равной d , а толщину стенки — s (рисунок 2 з), то

$$J = \frac{ds^3}{12},$$

Таким образом, нагрузка определится формулой

$$P_{кр} = \frac{Ed\left(\frac{s}{R}\right)^3}{4}$$

Установим зависимость нагруженном по поверхности распределенной нагрузкой p , образуется усилие

$$N = P = pR$$

Подставим вместо p его значение из формулы, тогда получим

$$P_{кр} = \frac{EdR\left(\frac{s}{R}\right)^3}{4}$$

Если принять коэффициент запаса на устойчивость равным 2, то допускаемая сила по устойчивости барабана

$$P_{кр} = \frac{EdR\left(\frac{s}{R}\right)^3}{8}$$

Напряжение в барабане, допускаемое с учетом устойчивости, составляет

$$[\sigma]_p \geq 0,5[\sigma]_{кр}$$

Торцевые стенки повышают устойчивость барабана по сравнению с ее допускаемым значением $R_{доп}$, полученным по формуле. Если $R_{расч} \geq 0,5R_{кр}$, то барабан следует усилить постановкой кольцевых элементов жесткости.

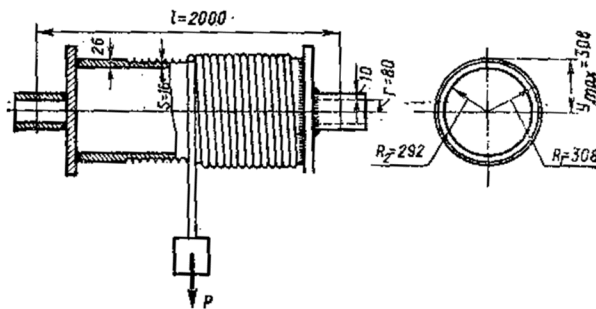


Рисунок 2 - К примеру расчета прочности сварного барабана

Кроме проверки на устойчивость оболочка должна быть проверена также на прочность в зависимости от изгибающего и крутящего моментов. Наибольший изгибающий момент имеет место в середине пролета (см. рисунок 2):

$$M = \frac{Pl}{4}$$

где l — расстояние между опорами барабана.

$$\text{Напряжение от изгиба } \sigma = \frac{M}{W}$$

Момент сопротивления барабана находится так же, как и в кольцевом сечении:

$$W = \frac{J}{R_i}$$

где R_i — внешний радиус.

Значение крутящего момента зависит от конструкции привода. При расположении его с одного конца вала

$$M_{кр} = PR.$$

$$\text{Напряжение от кручения } \tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}}$$

где $W_{кр}$ — полярный момент сопротивления.

В большинстве случаев напряжения от изгиба и кручения в барабанах незначительны по сравнению с напряжениями сжатия.

Задание для практической работы

Определить толщину листов барабана и провести расчет на прочность в соответствии с вариантом. Принять $E=0,1 \cdot 10^6$ МПа

№ варианта	R, мм	d, мм	P, кН	№ варианта	R, мм	d, мм	P, кН	№ варианта	R, мм	d, мм	P, кН
1	25	1,5	18	11	25	1,5	18	21	25	1,5	18
2	32	2,0	25	12	32	2,0	25	22	32	2,0	25
3	40	2,5	30	13	40	2,5	30	23	40	2,5	30
4	50	3,0	35	14	50	3,0	35	24	50	3,0	35
5	60	3,5	40	15	60	3,5	40	25	60	3,5	40

6	25	1,5	18	16	25	1,5	18	26	25	1,5	18
7	32	2,0	25	17	32	2,0	25	27	32	2,0	25
8	40	2,5	30	18	40	2,5	30	28	40	2,5	30
9	50	3,0	35	19	50	3,0	35	29	50	3,0	35
10	60	3,5	40	20	60	3,5	40	30	60	3,5	40

Пример выполнения практической работы

Пример расчета 1

Требуется из условия определить необходимую толщину листов барабана, у которого радиус $R=30$ см, $d=2$ см, $P=20$ кН, $E=0,1 \cdot 10^6$ МПа (рисунок 3).

По формуле

$$P_{кр} = \frac{EdR\left(\frac{s}{R}\right)^3}{8} \quad \text{имеем}$$

$$\frac{R}{s} = \sqrt[3]{\frac{EdR}{8P}} = \sqrt[3]{\frac{0,21 \cdot 0,02 \cdot 0,3 \cdot 10^6}{8 \cdot 0,02}} = 19,6$$

$$\text{откуда } s \frac{R}{19,6} = \frac{30}{19,6} = 1,53 \text{ см} = 16 \text{ мм.}$$

Напряжение сжатия в оболочке определяется по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{P}{ds} = \frac{0,02}{0,02 \cdot 0,016} = 62,5 \text{ МПа.}$$

Если углубление канавки составляет $d/2=10$ мм, то полная толщина листа барабана равна $16+10=26$ мм,

Пример расчета 2. Допустим, что длина барабана, - рассмотренного в предыдущем примере, $l=2000$ мм. Остальные условия те же.

Определим момент, вызванный в барабане изгибом

$$M = \frac{Pl}{4}$$

Крутящий момент в случае, если двигатель находится с одной стороны вала, составит

$$M_{кр} = PR \leq 20 \cdot 0,3 = 6 \text{ кНм}$$

$$\text{Осовой момент инерции кольца } J = \pi \frac{R_1^4 - R_2^4}{4}$$

Принимаем для упрощения расчета $R_1 = R_2 + s$.

$$\text{Тогда } J = \frac{\pi}{4} (4 \cdot 29,2^3 - 1,6^3 + 6,29^3 - 2 \cdot 1,6^3 + 1,6^4) = 135 \, 740 \text{ см}^4.$$

Напряжение от изгиба по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{0,01 \cdot 0,308}{135740 \cdot 10^{-3}} = 2,3 \text{ МПа}$$

$$\text{Полярный момент инерции } J_{кр} = 2l = 271 \, 480 \text{ см}^4.$$

$$\text{Напряжение от кручения по формуле } \tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}}$$

$$\tau = 0,006 \cdot 0,308 / (271 \, 480 \cdot 10^{-8}) = 0,67 \text{ МПа.}$$

Напряжения ничтожно малы.

Допустим, что внутренний радиус цапфы $r=8,0$ см и толщина ее $S_y=1$ см. Полярный момент инерции поперечного сечения цапфы

$$J_{p_0} = \frac{(r_1+1,0)^4 - r_1^4}{2} = \frac{(8+1)^4 - 8^4}{1} = 3864 \text{ см}^4$$

Напряжение от кручения в цапфе и в шве, соединяющем цапфу торцевой стенкой, при $K = 6$ мм, $\tau = 14$ МПа, что вполне допустимо.

Список рекомендованной литературы:

- 1 Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование . - М: Высшая школа, 1990
- 2 Овчинников, В.В. Расчет и проектирование сварных конструкций / В.В. Овчинников. – М.: Academia, 2013.

Контрольные вопросы:

1. Какие специфические требования предъявляются к сварным деталям машин помимо прочности?
2. Какое значение имеет в деталях машин наплавка?
3. Какие виды сварочных процессов помимо традиционных применяются в сварных деталях машин?
4. Как учитывается динамический эффект в нагружении деталей машин?
5. Каким образом назначаются допустимые напряжения в деталях машин?
6. Какие особенности в конструкции барабанов больших диаметров под тяжелые нагрузки?
7. Что такое надежность машин?
8. Какую роль играют в надежности материалы?