

## 4. ЗАДАЧА НА РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ

### Варианты заданий

Цель задания: проверка прочности различных подвижных и неподвижных соединений деталей при воздействии на них внешних сил и моментов из условия существования деформаций растяжения, среза и смятия. Предложенные шесть вариантов заданий имеют практическую инженерную направленность и могут быть использованы впоследствии в курсовом и дипломном проектировании.

Расчетные схемы и методические указания по решению задачи даются в каждом варианте отдельно.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные для расчета

№	$P$ , Н	$M$ , Н·мм	$\tau_c$ , МПа	$\sigma_c$ , МПа	$d$ , мм
1	200		50	80	
2	200		60	90	
3	1500		70	100	
4	2500		80	110	
5		20000	90	120	25
6		30000	100	130	30
7	3000		50	90	
8	300		60	100	
9	2000		70	110	
10	3000		80	120	
11		30000	90	130	35
12		35000	100	140	40
13	4000		60	90	
14	4000		70	100	
15	2500		80	110	
16	3500		90	120	
17		35000	100	130	45
18		40000	110	140	50
19	5000		50	100	
20	500		60	110	
21	3000		70	120	
22	4000		80	130	
23		40000	90	140	50
24		45000	100	150	60

## Основы теории для расчета прочности деталей

Расчет прочности соединений деталей требует рассмотрения многих вариантов разъемных и неразъемных соединений деталей с разными видами деформаций. Из большого числа соединений рассмотрим шесть характерных вариантов [2, 4, 5].

Первый вариант – заклепочное соединение (рис. 4.1).

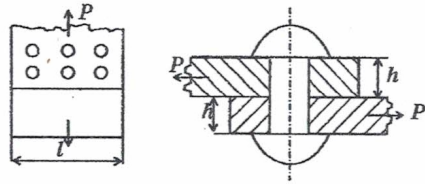


Рис. 4.1. Заклепочное соединение

Для заданного усилия  $P$  необходимо выбрать и обосновать параметры листов  $l$  и  $h$  и число заклепок  $n$ .

Число заклепок  $n$  из условия прочности на срез определяется по выражению

$$n \geq \frac{P}{\frac{\pi d_3^2}{4} [\tau]},$$

где  $P$  – заданное усилие;  $d_3$  – диаметр стандартной заклепки;  $[\tau]$  – допустимое касательное напряжение.

Число заклепок  $n$  из условия прочности на смятие определяется следующим образом:

$$n \geq \frac{P}{hd[\sigma_c]},$$

где  $h$  – толщина листа;  $[\sigma_c]$  – допустимое напряжение на смятие.

При большом количестве заклепок  $n$  и заданном значении ширины листка  $l$  указанное число заклепок может не укладываться в один ряд, поэтому выбирается число заклепок в ряду, равное  $n/k$ , где  $k$  – число рядов. Проверка прочности листа, сечение которого ослаблено отверстиями под заклепки, осуществляется по выражению

$$\frac{P}{h(l - md_3)} \leq [\sigma],$$

где  $m$  – число заклепок в ряду;  $[\sigma]$  – допустимое напряжение на растяжение.

Второй вариант – соединение вилки со штоком с помощью пальца (оси) (рис. 4.2). Необходимо подобрать диаметр пальца  $d$  и ширину элементов вилки  $h_1$  и штока  $h$ . Поскольку срезаются два сечения, то усилие, вызывающее срез, равно  $P/2$ .

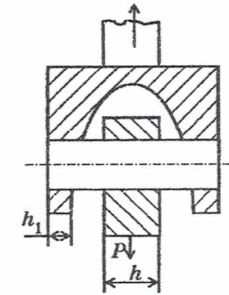


Рис. 4.2. Пальцевое соединение

Диаметр пальца определяется из условия прочности на срез

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau]}},$$

где  $[\tau]$  – допустимое касательное напряжение на срез. Параметры  $h_1$  вилки и штока  $h$  определяются из условия прочности на смятие.

Для вилки  $h_1 = \frac{P}{2d[\sigma_{см}]}$ , для штока  $h = \frac{P}{d[\sigma_{см}]}$ , где  $[\sigma_{см}]$  – допустимое напряжение на смятие.

Третий вариант – болтовое соединение (рис. 4.3)

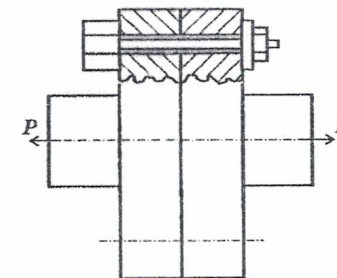


Рис. 4.3. Болтовое соединение



Подобрать число болтов и их диаметр в зависимости от заданного усилия  $P$ . Условие прочности при растяжении  $[\sigma] \geq \frac{P}{S}$ , где  $S$  – площадь сечения болта,  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ .

Диаметр болта определяется из условия

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{n\pi[\sigma]}}$$

где  $n$  – число болтов,  $[\sigma]$  – допустимое напряжение.

По полученному диаметру выбирается стандартный болт метрической резьбы  $Md$ .

Четвертый вариант – сварное соединение (рис. 4.4).

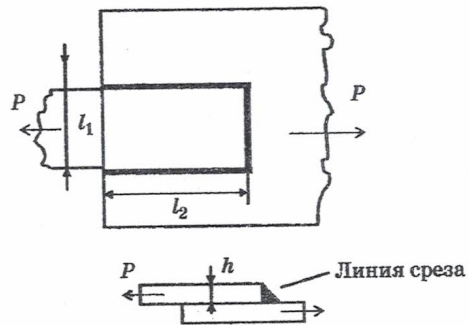


Рис. 4.4. Сварное соединение внахлест

Необходимо рассчитать длину  $l = l_1 + 2l_2$  для выдерживания усилия шва  $P$ . Поскольку сопротивление сдвига меньше чем сопротивление растяжения, то условие прочности следует записать в виде

$$\tau = \frac{P}{S}$$

где  $S$  – площадь шва. Толщина полос  $h$  – одинаковая. Срез происходит по сечению, где  $h$  уменьшается при срезе на коэффициент  $h^* = 0,7h$ .

Общая площадь будет равна  $S = 0,7h * l$ , где  $l$  – длина шва. При выбранной толщине  $h$  длина шва соответственно

$$l \geq \frac{P}{0,7h[\tau]}$$

Общая длина  $l = l_1 + 2l_2$ .

Распределение  $l$  на составляющие  $l_1$  и  $l_2$  осуществляется с учетом выбранного значения  $h$  толщины листа.

Пятый вариант – расчет штифта (рис. 4.5).

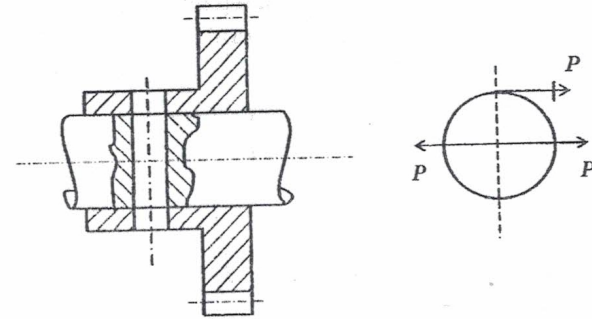


Рис. 4.5. Штифтовое соединение

Задан внешний крутящий момент  $M_{кр}$  и необходимо подобрать штифт для заданного диаметра вала  $d_v$ .

Диаметр штифта  $d$  выбирается из условий прочности на срез и смятие. Вначале необходимо определить усилие, действующее на штифт. Пара сил создает вращение на радиусе вала. Окружное усилие  $P$  переносится в центр вала в соответствии со схемой, показанной справа. Пара сил  $P$  создает вращающий момент на радиусе вала. Момент крутящий  $M_{кр} = Pd_v/2$ . При известном крутящем моменте усилие

$$P = \frac{2M_{кр}}{d_v}$$

Условие на срез записывается в виде  $[\tau] \geq \frac{4P}{\pi d^2}$ .

Отсюда диаметр штифта  $d = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau]}}$ .

Диаметр ступицы  $d_{ст}$  выбирается в диапазоне  $d_{ст} = (1,5, \dots, 2)d_v$ . Длина штифта  $h$ , работающая на смятие, соответственно  $h = \frac{d_{ст} - d_v}{2}$ . Рабочая площадь на смятие  $S_c$  равна  $S_c = h * d$ .

Условие прочности на смятие имеет вид  $[\sigma_{см}] \geq \frac{P}{S_c}$ , откуда диаметр

$$d \geq \frac{P}{h[\sigma]}$$

По полученным значениям диаметра выбирается стандартный диаметр штифта.

Шестой вариант – расчет шпонки (рис. 4.6).

Задан крутящий момент  $M_{кр}$ , диаметр вала  $d_B$ . Необходимо подобрать параметры шпонки: сечение и длину.

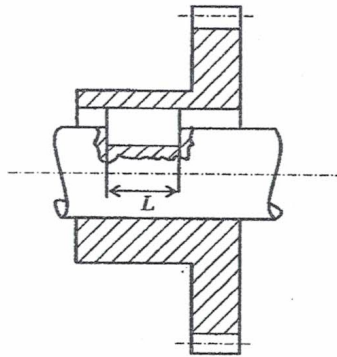


Рис. 4.6. Шпоночное соединение

Поскольку сечения шпонки стандартные, то основное внимание уделяется расчету длины  $l$ . Усилие, действующее на шпонку

$$P = \frac{2M_{кр}}{d_B}$$

Условие на срез записывается в виде

$$[\tau] \geq \frac{P}{hl}$$

где  $h$  – ширина шпонки квадратного сечения.

Длина шпонки будет соответственно равна

$$l = \frac{P}{h[\tau]}$$

Длина ступицы  $l_{ст}$  зубчатого колеса  $l_{ст} = 2d_B$ . Если  $l > l_{ст}$ , то необходимо увеличить параметр  $h$ .

Условие прочности на смятие запишется следующим образом

$$[\sigma_{см}] \geq \frac{2P}{hl}$$

Поскольку лишь только половина высоты шпонки работает на смятие. Длина шпонки

$$l \geq \frac{2P}{h[\sigma_{см}]}$$

Если  $l > l_{см}$  необходимо еще раз увеличить параметр  $h$ . Далее следует подобрать стандартную шпонку.

#### Список использованной литературы

- Державин Б. П., Лукьянов А. М., Монахов И. И. Построение эпюр внутренних деталей: учеб. пособие. М.: МИИТ, 2008. 44 с.
- Лилеев С. М. Примеры решения задач по сопротивлению материалов: учеб. пособие. Брянск: БГТУ, 2008. 71 с.
- Сиренко Р. Н. Сопротивление материалов: учеб. пособие. М.: РИОР, 2007. 157 с.
- Беляев Н. М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1976. 608 с.
- Елизаров С. В., Каптелин Ю. П., Кульгавин Я. К., Савкин Н. М. Сопротивление материалов. Основы теории. Примеры. Задачи: учеб. пособие/ СПб.: ПГУПС, 2006. 400 с.

#### СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
1. Задача на растяжение-сжатие .....	5
Варианты заданий .....	5
Пример решения задачи .....	6
2. Задача на кручение .....	10
Варианты заданий .....	10
Пример решения задачи .....	11
3. Задача на изгиб .....	15
Варианты заданий .....	15
Пример решения задачи .....	16
4. Задача на расчет прочности соединений деталей .....	21
Варианты заданий .....	21
Основы теории для расчета прочности деталей .....	22
Список использованной литературы .....	27