

2011

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИВОДНЫХ ВАЛОВ



М. В. Фомин

МГТУ им. Н.Э. Баумана

## Расчеты на прочность приводных валов

### 1. Приводной вал с барабаном и муфтой

Вращающий момент на приводном валу  $T = F_t D / 2$ ,

где  $F_t = F_1 - F_2$  – окружная сила на барабане,  $D$  – диаметр барабана.

Радиальная нагрузка на валу от ленты транспортера  $F_R = F_1 + F_2$ .

В зависимости от условий работы  $F_R = (1,8 \dots 5,3)F_t$ , (см. [1], стр. 39).

Направление действия радиальной нагрузки  $F_M$  на конец приводного вала от муфты неизвестно, поэтому для расчета вала выбирают наиболее опасное из возможных направлений, как показано на рис. 1а. Силу  $F_M$  прикладывают в середине посадочного места муфты на вал. При расчете подшипников вала выбирают противоположное направление консольной нагрузки (рис. 1б).

Числовое значение силы  $F_M$  зависит от типа муфты. Можно в первом приближении принять 0,2 от окружной силы на муфте или по рекомендациям ([1], стр. 40).

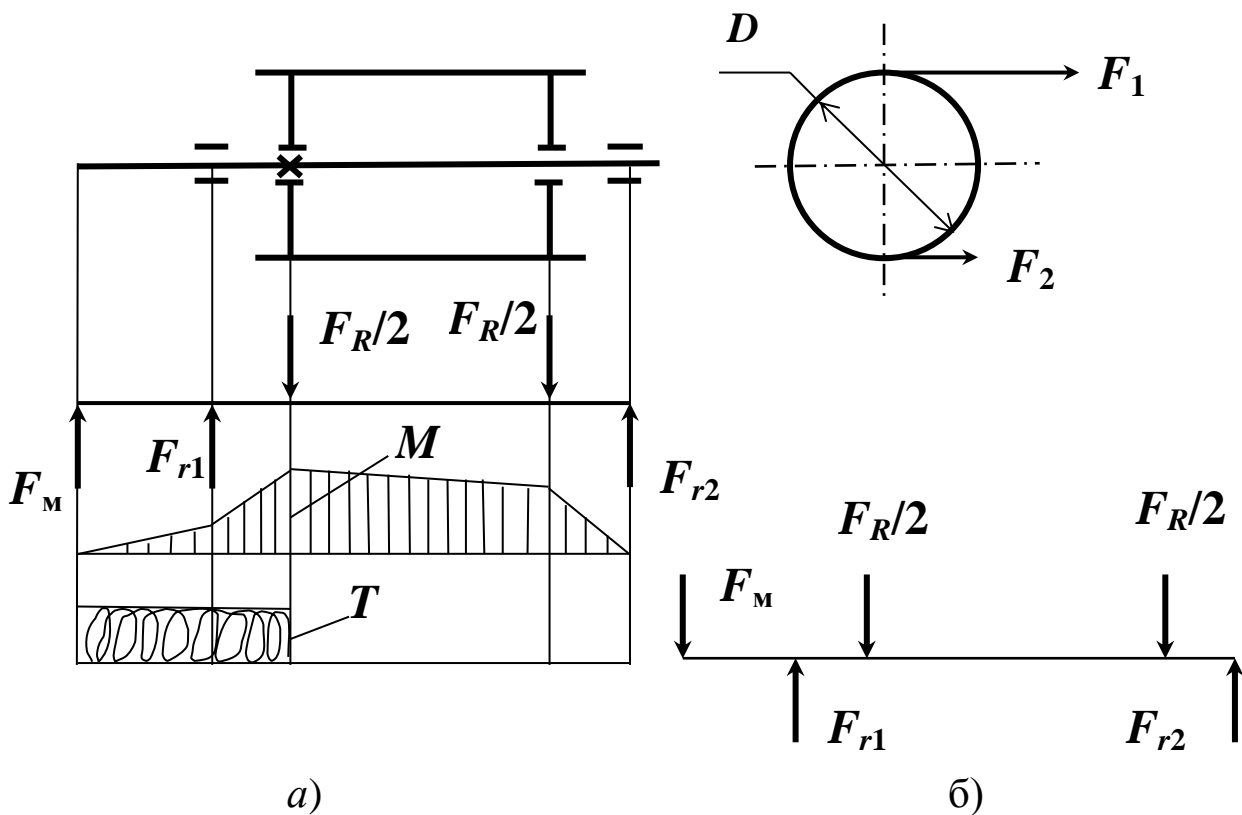


Рис. 1. Вал с барабаном и муфтой

## 2. Приводной вал с тяговыми звездочками и муфтой

Вращающий момент на приводном валу  $T = F_t D_{зв} / 2$ .

Суммарное натяжение ведущих ветвей тяговой цепи  $F_1$ .

Суммарное натяжение ведомых ветвей тяговой цепи  $F_2$ .

Разность натяжений между ведущими и ведомыми ветвями определяет полезную окружную силу на двух тяговых звездочках  $F_t = F_1 - F_2$ .

Отношение натяжений ветвей на двух тяговых звездочках обычно  $F_2 / F_1 \approx 0,2$ .

Решив систему двух последних уравнений, находят радиальную нагрузку от тяговой цепи на двух звездочках  $F_R = F_1 + F_2 \approx 1,5F_t$ .

В связи с возможными перекосами приводного вала в горизонтальной плоскости, ошибками шага тяговой цепи и звездочек, тяговые звездочки нагружены неравномерно. Неравномерность может достигать 20% от номинального значения.

Направление действия радиальной нагрузки  $F_M$  на конец приводного вала от муфты неизвестно, поэтому для расчета вала выбирают наиболее опасное из возможных направлений, как показано на рис. 2а. При расчете подшипников выбирают противоположное направление силы  $F_M$  (рис. 2б).

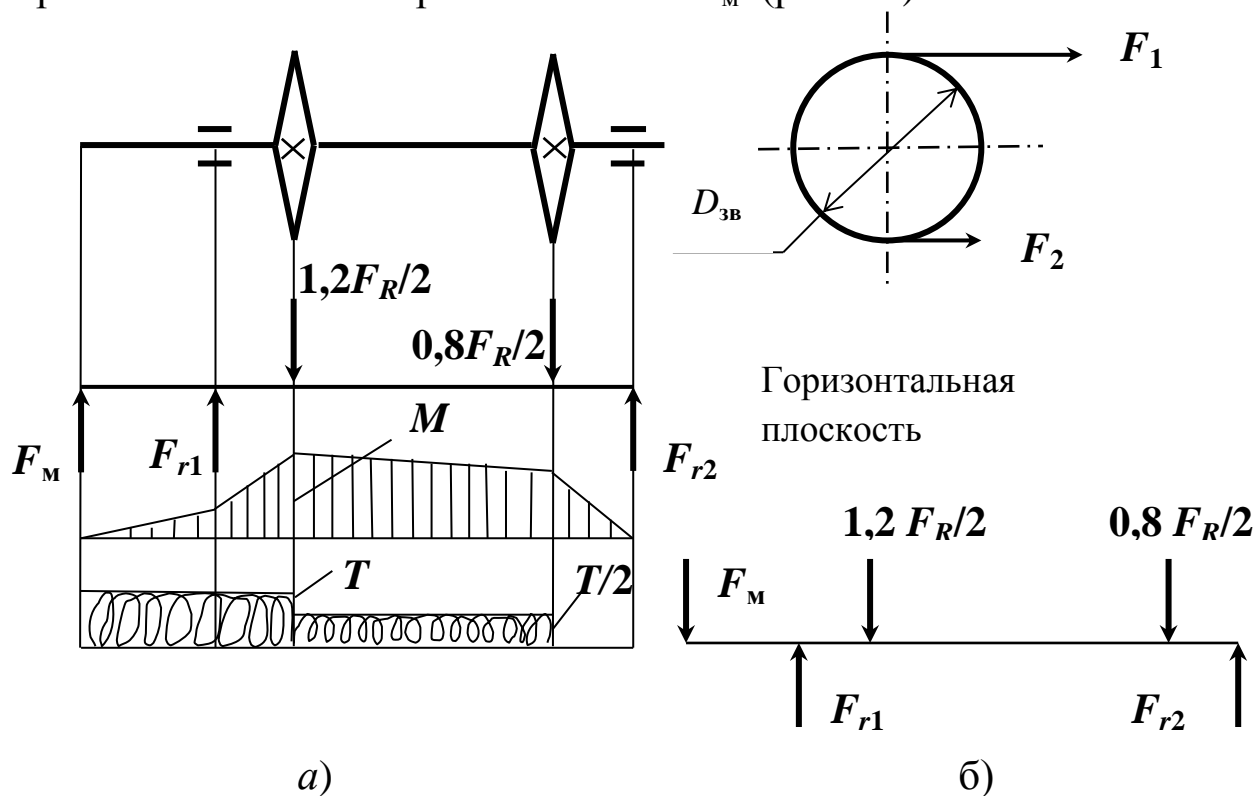


Рис. 2. Приводной вал с тяговыми звездочками и муфтой

### 3. Приводной вал с тяговыми звездочками и навесным редуктором

Вращающий момент на приводном валу  $T = F_t D_{зв}/2$ .

Суммарное натяжение ведущих ветвей тяговой цепи  $F_1$

Суммарное натяжение ведомых ветвей тяговой цепи  $F_2$

Разность натяжений между ведущими и ведомыми ветвями определяет полезную окружную силу на двух тяговых звездочках

$$F_t = F_1 - F_2.$$

Отношение натяжений ветвей на двух тяговых звездочках

$$F_2 / F_1 \approx 0,2.$$

Радиальная нагрузка на валу от тяговой цепи на двух звездочках

$$F_R = F_1 + F_2 \approx 1,5F_t.$$

Нагрузка вала от силы реактивной тяги, которая удерживает редуктор от вращения

$$F_T = T/h.$$

При расчете подшипников выходного звена навесного редуктора следует дополнительно учесть действие силы реактивной тяги  $F_T$

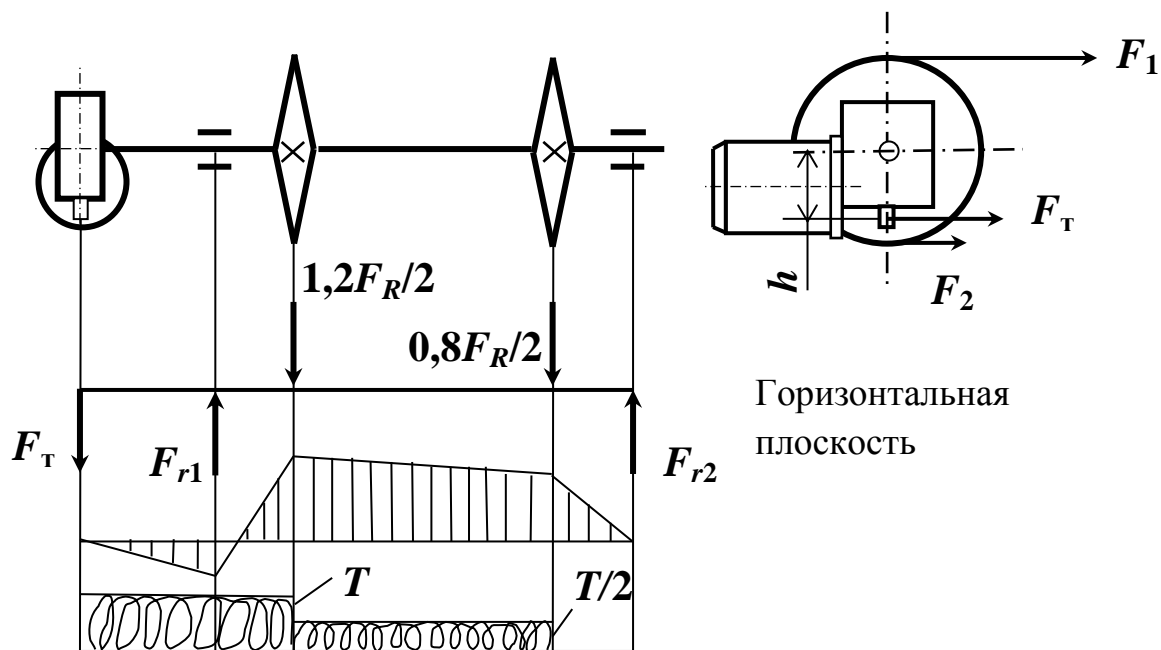


Рис. 3. Вал с двумя тяговыми звездочками и навесным мотор-редуктором

#### 4. Приводной вал с тяговыми звездочками и цепной передачей

Консольная нагрузка на вал  $F_Q$  от натяжения приводной цепи в общем случае направлена под углом  $\alpha$  к горизонту. Если  $\alpha < 30^\circ$ , то для упрощения расчетов допускается принимать  $\alpha = 0^\circ$ . Определение силы  $F_R$  см. п. 2.

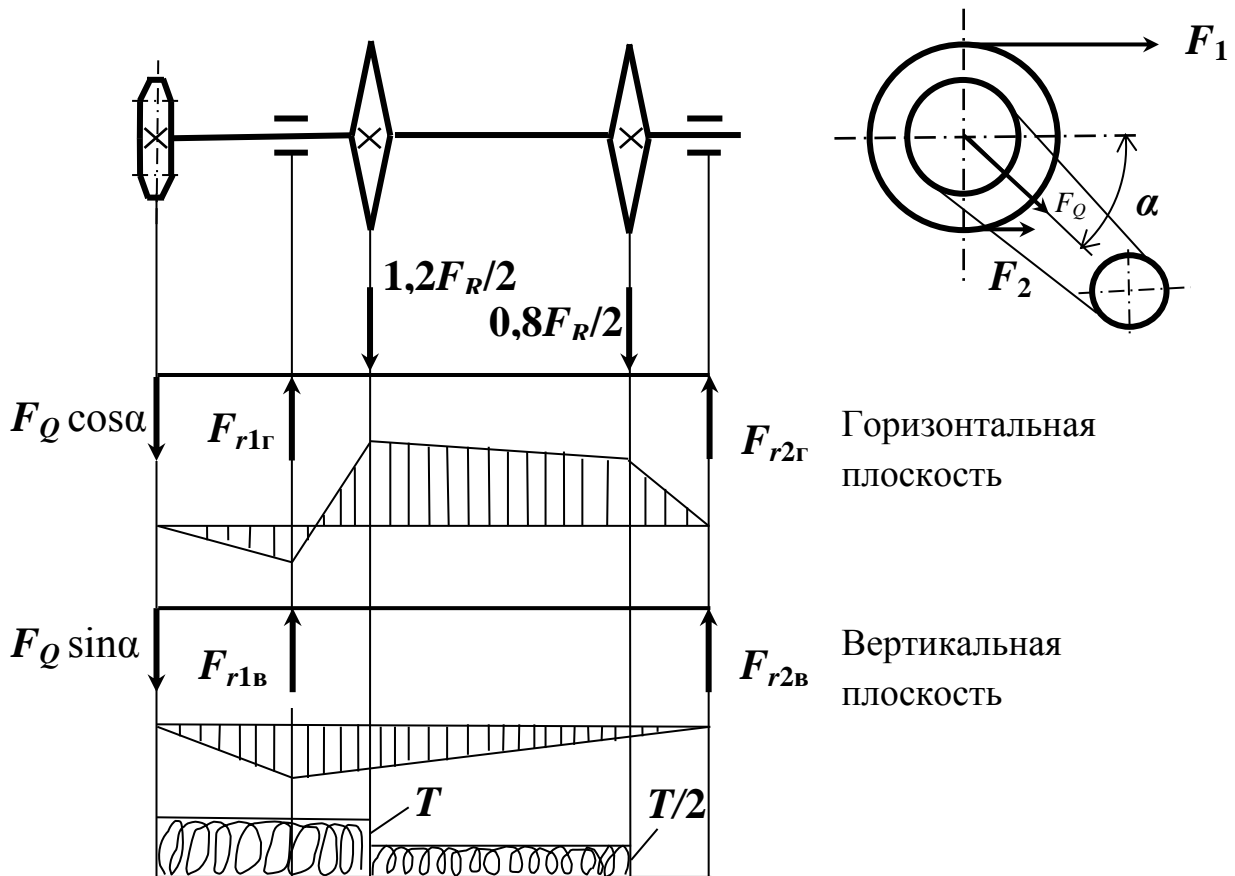


Рис. 4. Вал с приводной и двумя тяговыми звездочками

#### 5. Определение диаметров приводного вала

1. Предварительное значение диаметра конца приводного вала, мм

$$d_B \approx 10 \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}}$$

где  $T$  – вращающий момент на приводном валу, Н·м,  $[\tau]$  – допустимое касательное напряжение. Так как в этой формуле не учтен изгиб вала, то значения напряжений выбирают пониженными  $[\tau] = 15 \dots 30$  МПа.

2. Диаметр вала в опасном сечении, мм

$$d \approx 10 \sqrt[3]{\frac{10\sqrt{T^2 + 0,75M^2}}{[\sigma]}}$$

где  $M$  – суммарный изгибающий момент в опасном сечении приводного вала, Н·м;  $[\sigma]$  – допустимое номинальное напряжение, МПа (табл. 1).

Таблица 1. Допускаемое номинальное напряжение  $[\sigma]$  для вала со ступенчатой переходной поверхностью в опасном сечении [2]

Диаметр вала, $d$ , мм	$[\sigma]$ , МПа			
	35, Ст.5 $\sigma_B \geq 500$ $\sigma_T \geq 280$ $\sigma_{-1} \geq 220$	45, Ст.6 $\sigma_B \geq 600$ $\sigma_T \geq 650$ $\sigma_{-1} \geq 260$	45, закалка $\sigma_B \geq 850$ $\sigma_T \geq 700$ $\sigma_{-1} \geq 340$	45Х, закалка $\sigma_B \geq 1000$ $\sigma_T \geq 750$ $\sigma_{-1} \geq 400$
30	60	70	80	90
50	55	65	75	80
100	50	55	65	70

3. Эквивалентное напряжение в опасном сечении, МПа

$$\sigma_E = \frac{32 \cdot 10^3}{\pi d^3} \sqrt{T^2 + 0,75M^2}$$

4. Проверка запаса прочности по напряжениям текучести

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_E} \geq 1,6.$$

## 5. Проверка запаса прочности по сопротивлению усталости

$$n_a = \frac{\varepsilon\sigma_{-1}}{K_\sigma\sigma_E},$$

где  $\varepsilon \approx 0,98 - 0,0032d$  – масштабный фактор;  $\sigma_{-1}$  – предел выносливости материала при изгибе с симметричным циклом;  $K_\sigma \approx 1,8$  – эффективный коэффициент концентрации напряжений в опасном сечении вала со ступенчатым изменением диаметров. Значения напряжений  $\sigma_T$  и  $\sigma_{-1}$  для некоторых материалов указаны в табл. 1.

Уточненный расчет на сопротивление усталости не производят, если  $n_a \geq 2$ .

При необходимости уточненного расчета вала на сопротивление усталости см. [3].

### Список литературы

1. Фомин М.В. Расчеты опор с подшипниками качения. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
2. Решетов Д.Н. Детали машин. М.: Машиностроение. 1989.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2009.

### Содержание

1. Приводной вал с барабаном и муфтой.....	2
2. Приводной вал с тяговыми звездочками и муфтой.....	3
3. Приводной вал с тяговыми звездочками и навесным мотор-редуктором.....	4
4. Приводной вал с тяговыми звездочками и цепной передачей.....	5
5. Определение диаметров приводного вала.....	5
6. Список литературы.....	7