РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ
СОЕДИНЕНИЯ ШПОНОЧНЫЕ.
МЕТОДЫ РАСЧЕТА

МИНИСТЕРСТВО ТЯЖЕЛОГО И ТРАНСПОРТНОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ

МОСКВА 1977

gost.e-ecolog.ru

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

РТМ 24.090.16-75

КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ

СОЕДИНЕНИЯ ШПОНОЧНЫЕ.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА

Министерство тяжелого и транспортного
машиностроения

Москва

РАЗРАБОТАН Всесоюзным научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом подъемно-транспортного машиностроения, погрузочно-разгрузочного и складского оборудования и контейнеров (ВНИИПТМАШ)

Директор Комашенко А.Х.

Заведующий отделом стандартизации Оболенский А.С.

Руководитель темы Спицына И.О.

Всесоюзным заочным политехническим институтом (ВЗПИ)

Проректор по научной работе Малиновский В.А.

Руководитель темы
Руководитель и Ивашков И.И.
Исполнитель Асвадуров Д.С.

ВНЕСЕН Всесоюзным научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом подъемно-транспортного машиностроения, погрузочно-разгрузочного и складского оборудования и контейнеров (ВНИИПТМАШ)

Директор Комашенко А.Х.

ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Главным управлением подъемно-транспортного машиностроения.

Главный инженер Пирогов В.К.

УТВЕРЖДЕН Министерством тяжелого и транспортного машиностроения

Заместитель Министра

УДК Группа Г 86

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Краны грузоподъемные Соединения шпоночные Методы расчета	РТМ 24.090.16 - 75 Вводится впервые

Письмом Министерства тяжелого и транспортного машиностроения от "9" февраля 1978 г. № [illegible] данный руководящий материал утвержден в качестве рекомендуемого.

Настоящий РТМ распространяется на шпоночные соединения валов с муфтами, зубчатыми колесами и другими деталями.

РТМ содержит методику расчета неподвижных и подвижных соединений при помощи призматических шпонок (как стандартных, так и нестандартных), а также неподвижных при помощи клиновых (врезных и на лыске) и тангенциальных шпонок.

1. ШПОНКИ ПРИЗМАТИЧЕСКИЕ

1.1. Шпонки призматические стандартных размеров (см. табл.1) рассчитываются на смятие боковых рабочих граней.

Для призматических шпонок нестандартных размеров проводится два вида расчета:

- расчет на смятие боковых рабочих граней шпонки;
- расчет шпонки по напряжению среза.

Нагрузочная способность соединения определяется меньшим из двух значений крутящего момента, полученных расчетом на смятие и на срез. При шпоночном соединении с помощью двух призматических шпонок, которые следует располагать под углом 120° друг

к другу, принимается, что обе шпонки могут передать только полуторный крутящий момент по отношению к крутящему моменту, передаваемому одной шпонкой.

1.2. Расчет на смятие производится по формуле

$$\sigma = \frac{5M}{d\,h\,\ell_p} \leq [\sigma]_{см} \quad кг/см^2 \qquad (1)$$

или

$$[M]_{см} = \frac{d\,h\,\ell_p[\sigma]_{см}}{5} \quad кг\,см \qquad (2)$$

Таблица I

Шпонки призматические обыкновенные (выборка из ГОСТ 8788-68 и 8789-68). Шпонки клиновые (выборка из ГОСТ 8791-68, 8792-68 и 8793-68). Шпонки призматические высокие (выборка из ГОСТ 107).

Диаметр вала, d	Ширина шпонки, b	Толщина шпонки, h		Длина шпонки, ℓ
		обыкновенной	высокой	
От 6 до 8	2	2	–	От 6 до 20
св. 8" 10	3	3	–	" 6 " 36
" 10 " 12	4	4	–	" 8 " 45
" 12 " 17	5	5	–	" 10 " 56
" 17 " 22	6	6	–	" 14 " 70
" 22 " 30	8	7	–	" 18 " 90
" 30 " 38	10	8	9	" 22 " 110
" 38 " 44	12	8	11	" 28 " 140
" 44 " 50	14	9	12	" 36 " 160
" 50 " 58	16	10	14	" 45 " 180
" 58 " 65	18	11	16	" 50 " 200
" 65 " 75	20	12	18	" 56 " 220
" 75 " 85	22	14	20	"63 " 250
" 85 " 95	25	14	22	" 70 " 280
" 95 " 110	28	16	25	" 80 " 320
" 110 " 130	32	18	28	" 90 " 360
" 130 " 150	36	20	32	" 100 " 400
" 150 " 170	40	22	36	" 100 " 400
" 170 " 200	45	25	40	" 110 " 450

σ – среднее давление на боковых рабочих гранях шпонки, кг/см^2

M – расчетный крутящий момент, передаваемый соединением, кг см;

d – диаметр вала в ступице, см;

h – толщина шпонки, см;

$l_р$ – рабочая длина шпонки, (см. черт. 1), см;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение смятия, принимаемое по табл. 2, кг/см^2;

$[M]_{см}$ – допускаемый соединением крутящий момент (для одной шпонки), кг см.

1.3. Расчет на срез (для нестандартных шпонок) производится по формуле

$$\tau = \frac{2M}{d b l_р} \leq [\tau]_{ср} \text{ кг/см}^2; \qquad (3)$$

или

$$[M]_{ср} = \frac{d b l_р [\tau]_{ср}}{2} \text{ кгсм}, \qquad (4)$$

где τ – среднее напряжение среза шпонки, кг/см^2;

$M, d, l_р$ – см. пояснения к формулам (1) и (2);

b – ширина шпонки (см. черт. 1), см;

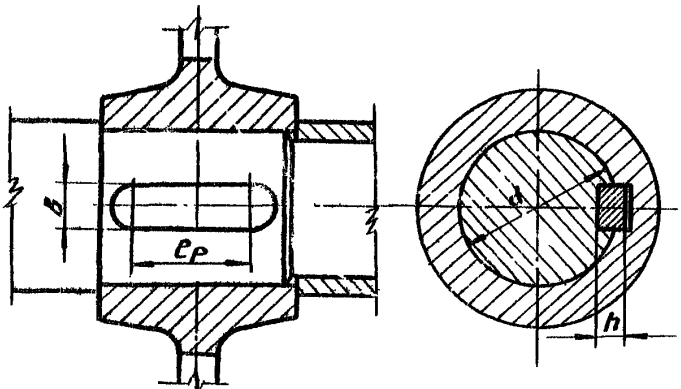
$[\tau]_{ср}$ – допускаемое напряжение среза, принимаемое по табл. 3, кг/см^2;

$[M]_{ср}$ – допускаемый соединением крутящий момент (для одной шпонки), кгсм.

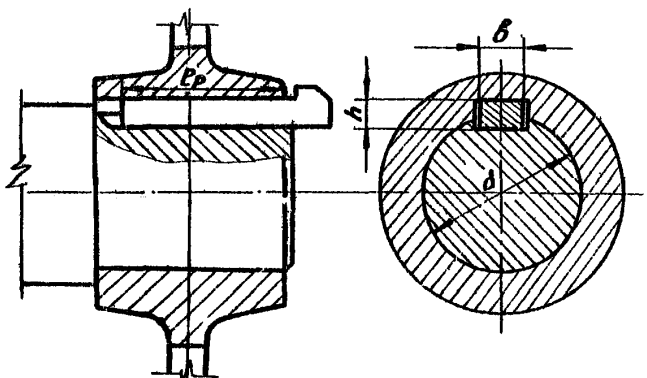
2. ШПОНКИ КЛИНОВЫЕ

Расчет ведется на смятие рабочих граней шпонки по формулам

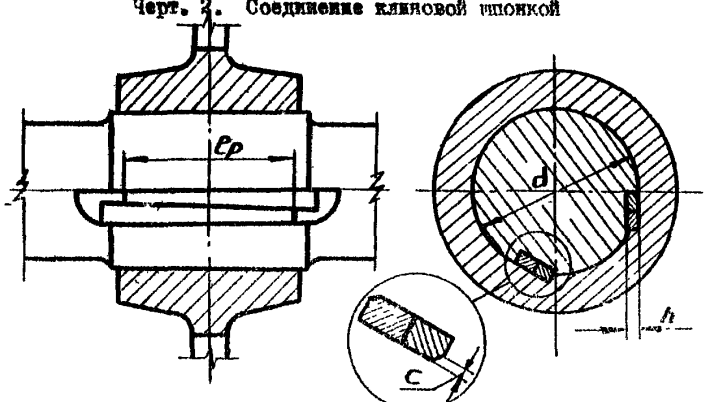
$$\sigma = \frac{12M}{b l_р (h + 6{,}8 f d)} \leq [\sigma]_{см}, \text{ кг/см}^2 \qquad (5)$$



Черт. 1. Соединение призматической шпонкой



Черт. 2. Соединение клиновой шпонкой



Черт.3. Соединение тангенциальной шпонкой

Таблица 2

Допускаемые напряжения смятия $[\sigma]_{см}$ кг/см^2 для соединений призматическими шпонками

Вид соединения	Материал	Режим работы: Легкий (1,2)	Средний (2,3)	Тяжелый (4,5)	Весьма тяжелый (6)
Нагрузка знакопостоянная					
Неподвижное	Сталь	$0,65\sigma_т$	$0,6\sigma_т$	$0,55\sigma_т$	$0,5\sigma_т$
	Чугун	$0,65\sigma_в$	$0,6\sigma_в$	$0,55\sigma_в$	$0,5\sigma_в$
Подвижное	Сталь	$0,22\sigma_т$	$0,2\sigma_т$	$0,18\sigma_т$	$0,16\sigma_т$
Нагрузка знакопеременная					
Неподвижное	Сталь	$0,43\sigma_т$	$0,4\sigma_т$	$0,36\sigma_т$	$0,33\sigma_т$
	Чугун	$0,43\sigma_в$	$0,4\sigma_в$	$0,36\sigma_в$	$0,33\sigma_в$
Подвижное	Сталь	$0,17\sigma_т$	$0,16\sigma_т$	$0,15\sigma_т$	$0,14\sigma_т$
Нагрузка ударная					
Неподвижное	Сталь	$0,22\sigma_т$	$0,2\sigma_т$	$0,18\sigma_т$	$0,16\sigma_т$
	Чугун	$0,22\sigma_в$	$0,2\sigma_в$	$0,18\sigma_в$	$0,16\sigma_в$
Подвижное	Сталь	$0,13\sigma_в$	$0,12\sigma_т$	$0,11\sigma_т$	$0,1\sigma_т$

Примечания: 1. Допускаемые напряжения смятия выбираются по материалу наименее прочной детали (ступицы, вала, шпонки).

2. $\sigma_т$ – предел текучести стали.

3. $\sigma_в$ – предел прочности при растяжении чугуна.

4. В скобках указаны примерные режимные группы по РС 5138-75 "Техника безопасности. Краны грузоподъемные. Классификация режимов работы механизмов".

Таблица 3

Допускаемые напряжения среза $[\tau]_{ср}$ кг/см^2

Вид соединения	Материал	Режим работы: Легкий (1,2)	Средний (2,3)	Тяжелый (4,5)	Весьма тяжелый (6)
		Нагрузка знакопостоянная			
Неподвижное	Сталь чистотянутая для шпонок ГОСТ 8787-68	$0,50\sigma_т$	$0,46\sigma_т$	$0,43\sigma_т$	$0,40\sigma_т$
Подвижное		$0,16\sigma_т$	$0,15\sigma_т$	$0,14\sigma_т$	$0,13\sigma_т$
		Нагрузка знакопеременная			
Неподвижное		$0,35\sigma_т$	$0,32\sigma_т$	$0,30\sigma_т$	$0,28\sigma_т$
Подвижное		$0,12\sigma_т$	$0,11\sigma_т$	$0,10\sigma_т$	$0,09\sigma_т$
		Нагрузка ударная			
Неподвижное		$0,22\sigma_т$	$0,20\sigma_т$	$0,18\sigma_т$	$0,16\sigma_т$
Подвижное		$0,08\sigma_т$	$0,07\sigma_т$	$0,06\sigma_т$	$0,05\sigma_т$

Примечание. См. примечание к табл.2

Таблица 4

Допускаемые напряжения смятия $[\sigma]_{см}$ кг/см^2 для соединений клиновыми шпонками

Материал	Режим работы: Легкий (1,2)	Средний (2,3)	Тяжелый (4,5)	Весьма тяжелый (6)
	Нагрузка знакопостоянная			
Сталь	$0,43\sigma_т$	$0,40\sigma_т$	$0,36\sigma_т$	$0,33\sigma_т$
Чугун	$0,43\sigma_в$	$0,40\sigma_в$	$0,36\sigma_в$	$0,33\sigma_в$
	Нагрузка знакопостоянная			
Сталь	$0,30\sigma_т$	$0,28\sigma_т$	$0,26\sigma_т$	$0,24\sigma_т$
Чугун	$0,30\sigma_в$	$0,28\sigma_в$	$0,26\sigma_в$	$0,24\sigma_в$
	Нагрузка ударная			
Сталь	$0,22\sigma_т$	$0,20\sigma_т$	$0,18\sigma_т$	$0,16\sigma_т$
Чугун	$0,22\sigma_в$	$0,20\sigma_в$	$0,18\sigma_в$	$0,16\sigma_в$

Примечание. См. примечание к табл.2.

или

$$[M]_{см} = \frac{b l_p (b + 6{,}8 f d)}{12} [\sigma]_{см}, \text{ кгсм} \qquad (6)$$

где

σ – расчетное напряжение смятия на рабочих гранях шпонки, кг/см^2;

M – расчетный крутящий момент, передаваемый соединением, кг.см ;

b – ширина шпонки (см. табл. 1), см;

l_p – рабочая длина шпонки, см;

d – диаметр вала в ступице,(см. черт. 2), см;

$f = 0{,}12$ – коэффициент трения между шпонкой и сопрягаемыми деталями;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение смятия на рабочих гранях шпонки, принимаемое по табл. 4;

$[M]_{см}$ – допускаемый соединением крутящий момент, кгсм.

3. ШПОНКИ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫЕ

Расчет ведется на одну шпонку (на одну пару клиньев), т.к каждая шпонка передает крутящий момент только в одном направлении.

$$\sigma = \frac{M}{(0{,}45 + \frac{2}{\pi} f) d\, l_p (h - c)} \leq [\sigma]_{см}, кг/см^2 \quad (7)$$

или

$$[M]_{см} = (0{,}45 + \frac{2}{\pi} f) d\, l_p (h - c) [\sigma]_{см} \; кгсм \quad (8)$$

где

σ – среднее давление на боковых рабочих гранях шпонки, кг/см^2;

M – расчетный крутящий момент, передаваемый соединением, кгсм;

d – диаметр вала в ступице (см. черт. 3), см;

h – толщина шпонки (см. табл. 4), см;

l_p – рабочая длина шпонки, см;

$f = 0{,}12$ – коэффициент трения между шпонкой и сопрягаемыми деталями;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение смятия на рабочих гранях шпонки, принимаемое по табл. 5;

$[M]_{см}$ – допускаемый соединением крутящий момент, кг см;

c – ширина фаски на рабочей грани шпонки (см. табл. 6), см.

Таблица 5

Допускаемые напряжения смятия $[\sigma]_{см}$ кг/см^2 для соединений тангенциальными шпонками

Материал	Режим работы			
	Легкий (I,2)	Средний (2,3)	Тяжелый (4,5)	Весьма тяжелый (6)
	Нагрузка знакопостоянная			
Сталь	0,30 $\sigma_т$	0,28 $\sigma_т$	0,26 $\sigma_т$	0,24 $\sigma_т$
Чугун	0,30 $\sigma_в$	0,28 $\sigma_в$	0,26 $\sigma_в$	0,24 $\sigma_в$
	Нагрузка ударная			
Сталь	0,22 $\sigma_т$	0,20 $\sigma_т$	0,18 $\sigma_т$	0,16 $\sigma_т$
Чугун	0,22 $\sigma_в$	0,20 $\sigma_в$	0,18 $\sigma_в$	0,16 $\sigma_в$

Примечание. См примечание к табл.2.

Таблица 6

Шпонки тангенциальные (выборка из ГОСТ 8796-68 и 8797-68)

Размеры сечений шпонок, мм

Диаметр вала, d	Шпонки нормальные		Шпонки усиленные	
	толщина* шпонки, h	ширина фаски, c	толщина* шпонки, h	ширина фаски, c
60	7	1,6		
70				
80	8			
90				
100	9		10	
110			11	
120	10		12	
130			13	
140	11	2,0	14	
150			15	
160	12		16	3,0
170			17	
180			18	
190	14		19	
200			20	
210			21	
220	16		22	
240			24	4,0

Примечание* В расчет принимается толщина шпонки, равная глубине шпоночного паза по ГОСТ 8796-68 и 8797-68.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример I

Определить наибольшую величину крутящего момента, которым можно нагрузить неподвижное шпоночное соединение с одной нестандартной призматической шпонкой шириной b = 1,8 см, толщиной h = I,6 см и рабочей длиной $l_р$ = 3,7 см, установленной на валу диаметром d = 6,0 см. Ступица чугунная, $\sigma_в$ = 1500кг/см^2 Предел текучести материала вала $\sigma_т^в$ = 3000 кг/см^2. Предел текучести материала шпонки $\sigma_т^ш$ = 3200 кг/см^2. Нагрузка знакопеременная . Режим работы тяжелый.

I. Определяем допускаемое напряжение смятия.

По табл. 2 при неподвижном соединении и знакопеременной нагрузке для тяжелого режима работы имеем:

для стали: $[\sigma]_{см}^{ст}$ = 0,36. $\sigma_т^{min}$ = 0,36 $\sigma_т^в$ = 0,36.3000 = = I080 кг/см^2

для чугуна $[\sigma]_{см}^{чуг}$ = 0,36. $\sigma_в$ = 0,36.I500 = 540 кг/см^2

Принимаем $[\sigma]_{см}$ = $[\sigma]_{см}^{чуг}$ = 540 кг/см^2

2. Находим наибольший крутящий момент из расчета на смятие:

$$[M]_{см} = \frac{d h l_р [\sigma]_{см}}{5} = \frac{6 \cdot 1.6 \cdot 3.7 \cdot 540}{5} = 3830 \text{ кг·м}$$

3. Определяем допускаемое напряжение среза.

По табл. 3 при неподвижном соединении и знакопеременной нагрузке для тяжелого режима работы имеем:

$[\tau]_{ср}$ = 0,3. $\sigma_т^ш$ = 0,3.3200 = 960 кг/см^2

4. Находим наибольший крутящий момент из расчета на срез.

$$[M]_{ср} = \frac{d b l_р [\tau]_{ср}}{2} = \frac{6 \cdot 1.8 \cdot 3.7 \cdot 960}{2} = 19000 \text{ кгсм}$$

5. Наибольшая величина крутящего момента определяется меньшим значением двух полученных крутящих моментов

$$M_{max} = [M]_{см} = 3820 \text{ кгсм}.$$

Пример 2.

Определить наибольшую величину крутящего момента, которым можно нагрузить неподвижное соединение с двумя стандартными шпонками шириной $b = 18$см, толщиной $h = 11$см и рабочей длиной $l_p = 40$ см, установленными на валу диаметром $d = 60$см. Все детали соединения стальные; наименьшее значение предела текучести $\sigma_T = 3000$ кг/см^2. Нагрузка ударная. Режим работы весьма тяжелый.

1. Определяем допускаемое напряжение смятия.

По табл.2 при неподвижном соединении и ударной нагрузке для весьма тяжелого режима работы имеем

$$[\sigma]_{см} = 0,16\ \sigma_T = 0,16 \cdot 3000 = 480 \text{ кг/см}^2.$$

2. Находим наибольший крутящий момент, передаваемый одной шпонкой, из расчета на смятие

$$[M]_{см} = \frac{d \cdot l_p \cdot h \cdot [\sigma]_{см}}{5} = \frac{6,1 \cdot 1,4 \cdot 480}{5} = 2520 \text{ кгсм}.$$

3. Определяем наибольший крутящий момент передаваемый соединением

$$M_{max} = 1,5\,[M]_{см} = 1,5 \cdot 2520 = 3780 \text{ кгсм}.$$

Пример 3.

Проверить допустимость крутящего момента M = 100000 кгсм для соединения вала диаметром $d = 15,5$ см одной клиновой шпонкой шириной $b = 4,0$ см, толщиной $h = 2,2$ см и рабочей длиной $l_p = 16$ см. Нагрузка знакопостоянная. Режим работы средний. Все детали соединения стальные:, наименьшее значение преде-

ла текучести $\sigma_т = 3200$ кг/см^2.

1. Определяем напряжение смятия на рабочих поверхностях шпонки

$$\sigma_{см} = \frac{12M}{z\ell_р(t+6{,}8fd)} = \frac{12 \cdot 100000}{4 \cdot 16(4+6{,}8 \cdot 0{,}12 \cdot 15{,}5)} = 1130 \text{ кг/см}^2$$

где $f = 0{,}2$ – коэффициент трения между шпонкой и сопрягаемыми деталями.

2. Определяем допускаемое напряжение смятия:

По табл. 4 для стали и знакопостоянной нагрузки при среднем режиме работы имеем:

$[\sigma]_{см} = 0{,}4 \quad \sigma_т = 0{,}4 \cdot 3200 = 1280$ кг/см^2

3. Сравниваем действующее напряжение смятия с допускаемым

$\sigma_{см} = 1130 < 1280 = [\sigma]_{см}$, следовательно, крутящий момент $M = 100000$ кгсм для данного соединения допустим.

Пример 4

Определить наибольшую величину крутящего момента, которым можно нагрузить соединение вала диаметром $d = 24{,}0$ см тангенциальными шпонками толщиной $h = 1{,}6$ см, рабочей длиной $\ell_р = 32{,}0$ см, с фаской $c = 0{,}2$ см. Нагрузка ударная. Режим работы легкий. Все детали соединения стальные; наименьшее значение предела текучести $\sigma_т = 3000$ кг/см^2.

1. Определяем допускаемое напряжение смятия.

По табл. 5 для стали и ударной нагрузки при легком режиме работы имеем

$[\sigma]_{см} = 0{,}22\ \sigma_т = 0{,}22 \cdot 3000 = 660$ кг/см^2

2. Находим наибольший крутящий момент, передаваемый соединением

gost.e-ecolog.ru

$$[M]_{см} = (0{,}45 + \frac{2}{\pi} \cdot f)d\,\ell_р(h-c)[\sigma]_{см} =$$

$$= (0{,}45 + \frac{2}{3{,}14} \cdot 0{,}12)24.32(1{,}6 - 0{,}2).660 = 362000 \text{ кгсм}.$$