

# Практическое занятие

По дисциплине: «Строительство автодорожных мостов»

На тему:

«Расчет строп и траверс. Расчет якорных закреплений плавучих средств»

Выполнила: ст. группы 4МТ-01  
Ерназарова Руфина



# Расчет якорных креплений плавучих средств

При расчете якорных креплений определяют усилие в якорном канате, передающееся с одной стороны на береговую или донный (опущенной на дно реки) якорь, а с другой – на якорные лебедки, установленные на плашкоуте. Сочетания нагрузок, учитываемые при расчете якорных креплений, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сочетания нагрузок при расчете якорей и лебедок

Нагрузки	Расчет якорей при ветре			Расчет лебедок при ветре		
	верховом	низовом	поперек течения	верховом	низовом	поперек течения
Давление ветра на плавучую систему при расчетной ветровой нагрузке	+	+	+	-	-	-
То же, при интенсивности 12,5 кг/м <sup>2</sup>	-	-	-	+	+	+
Давление воды на подводную часть плавучей системы максимальное	+	-	-	+	-	-
То же, минимальное	-	+	-	-	+	-

Примечание: Интенсивность давления ветра при расчете якорей по данной таблице не принимают

Схемы к расчету якорных закреплений:

а- при горизонтальном положении каната у якоря;

б- при положении, когда в канате у якоря

возникает вертикальная сила.

Наибольшее горизонтальное усилие в канате, у шлюза и равное ему у якоря, определяют по формуле:

$$T = \sqrt{1 + \frac{2qh}{R}}$$

Где  $q$ -погонная масса каната, кг./пог.м.

$h$ -расстояние от места закрепления каната на плашкоуте до дна реки, м;

$R$ -горизонтальное усилие, приходящееся

на якорь от воздействия расчетных нагрузок, кгс.

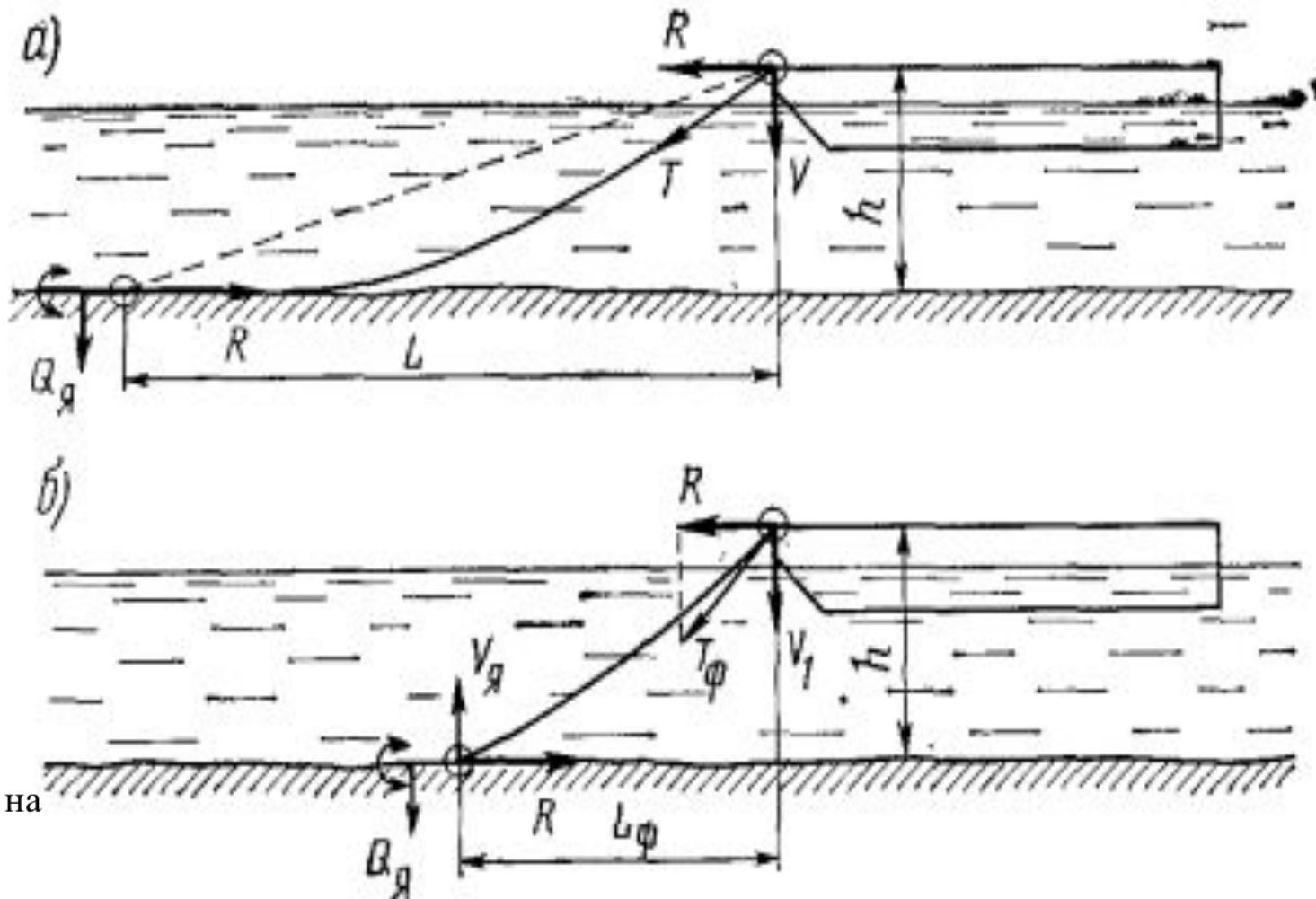


Рис. 1. Схемы к расчету якорных закреплений

Минимальную длину якорного каната исходя из условия горизонтального его положения у якоря (рис.1, а)

определяют по формуле:  $L = \sqrt{\frac{2RH}{q}}$

Величину вертикальной составляющей усилия в якорном канате при его фактической длине, меньшей минимальной необходимой ( $< L$ ), можно определить по формуле:

$$V = R \frac{H}{L_{\Phi}} - \frac{qH_{\Phi}}{2}$$

Где  $L_{\Phi} < L$  – фактическая длина каната.

Наибольшее усилие в якорном канате при его длине  $L_{\Phi}$  (рис. 1,б).

$$T = \sqrt{R_2 + V_1^2}$$

Где,  $V_1 = R \frac{h}{L_{\Phi}} + \frac{qL_{\Phi}}{2}$

Обозначение	Схемы строповки грузов				
СКП (УСК1)					
СКК (УСК2)					
М	1,0	0,8	2,0	1,4	1,0
Строповка грузов на примере СКП (УСК1) г/п 5,0 т					

\* М – коэффициент зависимости грузоподъемности от способа строповки, обвязки груза и угла наклона ветвей.

## Пример расчета якорного закрепления.

Исходные данные: Требуется подобрать верховое якорное закрепление в линии наплавного моста баржи-площадки при следующих условиях: полная длина баржи  $L_0 = 66$  м; длина баржи по ватерлинии  $L = 60$  м; высота борта  $h = 2$  м; осадка порожнем  $t_{\Pi} = 0,3$  м; наибольшая осадка  $t = 0,4$  м; средняя скорость течения  $v = 1,5$  м/с; средняя глубина воды  $H_{cp} = 5$  м; наибольшая глубина на длине баржи  $H = 8$  м; дно реки - песчаное; удельное ветровое давление  $w = 0,35$  кПа = 350 Н/м.

Расчет. 1. Определение усилия ветрового давления на борт баржи под нагрузкой по формуле:

$$R_1 = wfK_c = wL_0 (h - t) K_c = 350 \times 66(2,0-0,4) \times 0,1 = 36960 \times \text{Н} = 36,96 \text{ кН.}$$

2. Определяем усилие от давления воды.

Подводная площадь сечения судна:

$$p = L \times t = 60 \times 0,4 = 24,0 \text{ м}^2.$$

Коэффициент сопротивления  $C_0 = 0,9$  (см. табл. 1) для расположения судна лагом к течению.

Для отношения  $L_0 / L = 66/60 = 1,1$  находим значение  $C_1 = 0,8$ .

По табл. 2 для отношения  $H_{cp} / t = 5/0,4 = 12,5$  находим значение коэффициента для мостов-лент  $C_h = 1,8$ .

При плотности воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> по формуле находим искомое усилие:

$$R_2 = 0,9 * 0,8 * 1,8 * \frac{1000 * 1,5^2}{2} * 24 = 34992 \text{ Н} = 34,992 \text{ кН}$$

3. Общее верховое расчетное сдвигающее усилие:

$$R_B = 36,96 + 34,992 = 71,952 \text{ кН.}$$

4. Принимаем для закрепления два якоря Холла. По табл. 3 для песчаных грунтов находим значение коэффициента горизонтальной сдерживающей силы, равное 2,7 весам якоря. Тогда с учетом 1,5 запаса находим необходимый вес якоря:

$$P = \frac{71.925 * 1.5}{2 * 2.7} = 19.99 \text{ кН}$$

Следовательно, для закрепления баржи необходимо два якоря Холла массой по 2250 кг каждый. Вес якоря 22,07 кН обеспечивает его надежную работу, так как больше требуемого по расчету ( $P = 19,99$  кН).

5. Принимаем якорные цепи без распорок калибра 16 мм с разрывным усилием 96 кН, массой 5,64 кг/м. Длина цепи должна быть  $L = 10 \times H = 10 \times 8 = 80$  м.

6. Учитывая уменьшение веса цепи в воде на 1/8, по формуле находим вертикальную выдергивающую силу:

$$V = R_B \frac{H}{L'} - p \frac{L'}{2} = \frac{71.952 * 10}{2 * 80} - \frac{7 * 5.64 * 9.81 * 80}{8 * 2 * 1000} = 2.561 \text{ кН}$$

что допустимо меньше принятого веса якорей (22,07 кН).

7. Определяем усилие в цепи у баржи. По формуле находим вертикальную составляющую от веса цепи:

$$V'' = R_B \frac{H}{L'} + p \frac{L'}{2} = \frac{71.952 * 10}{2 * 80} + \frac{7 * 5.64 * 9.81 * 80}{8 * 2 * 1000} = 2.561 \text{ кН}$$

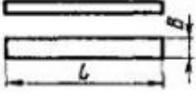
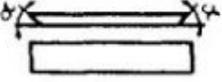
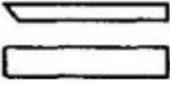
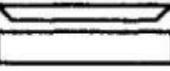
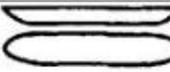
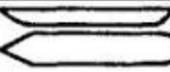
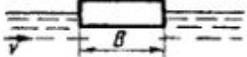
Тогда по формуле общее усилие в цепи:

$$T = \sqrt{R_B^2 + (V'')^2} = \sqrt{\frac{71.952^2}{2} + 6.443^2} = \sqrt{1335.65} = 36.55 \text{ кН}$$

Запас прочности цепи  $96/3645 = 2,63$ , что больше 2 и допустимо.

Вывод. Таким образом, для закрепления баржи в линии моста при условиях примера достаточно двух якорей Холла массой 2250 кг и якорных цепей без распорок калибром 16 мм.

Таблица

Характеристика обводов		$L/B$	Схема плавсредства	1.	$C_0$
носовых	кормовых				
Вертикальный транец		<3			1,25
		>4,5			1,0
Санообразные $\alpha = 40-45^\circ$		>4,5			0,5
Санообразные $\alpha = 20-25^\circ$	Вертикальный транец	<3			0,6
		>4,5			0,42
Санообразные $\alpha = 20-25^\circ$		>4,5			0,38
Лыжеобразные		>4,5			0,32
Утюгообразные		>4,5			0,29
Ложкообразные		>4,5			0,26
V-образные	Ложкообразные	>4,5			0,23
Лагом (бортом) к течению		-			0,9
$l/B \dots$	1,0-1,1	1,5-2,0	2,5-3,0	Более 4	
$C_l \dots$	0,8	1,0	1,2	1,0	

Таблица

Вид переправы	$H/t$	Значения $C_p$ при скорости течения или движения парама относительно воды, м/с						
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
Паромы и мосты на отдельных плавучих опорах	2	-	<u>1.6</u>	<u>1.65</u>	<u>2.25</u>	<u>3.3</u>	<u>4.5</u>	
		1,35	3,5	5,0	8,0	11,0	12,8	
	4	-	<u>1.05</u>	<u>1.07</u>	<u>1.3</u>	<u>1.75</u>	<u>2.7</u>	
		1,15	1,35	1,5	2,0	2,7	3,3	
	6	-	<u>1.0</u>	<u>1.02</u>	<u>1.05</u>	<u>1.12</u>	<u>1.25</u>	
		1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	2,2	
	8	-	<u>1.0</u>	<u>1.0</u>	<u>1.0</u>	<u>1.01</u>	<u>1.05</u>	
		1,1	1,15	1,2	1,3	1,35	1,45	
	Паромы-ленты и мосты-ленты	3	-	<u>1.9</u>	<u>2.9</u>	<u>4.6</u>	<u>7.0</u>	<u>10.0</u>
			-	10,0	27,0	43,0	50,0	65,0
		6	-	<u>1.1</u>	<u>1.1</u>	<u>1.15</u>	<u>1.25</u>	<u>1.35</u>
			-	1,75	2,0	2,5	9,0	10,0
9		-	<u>1.01</u>	<u>1.03</u>	<u>1.05</u>	<u>1.08</u>	<u>1.1</u>	
		-	1,35	1,8	2,8	5,0	-	

Таблица

Грунт дна	Коэффициент (число весов якоря) для якорей		
	Матросова	Холла	Адмиралтейских
Песчаный	4-8	2,0-2,7	2,7-3,3
Гравелистый, галечниковый	2,7-4,7	2,0-2,7	2,0-5,3
Илистый	7,3-11,5	1,3-2,0	1,3-2,7
Каменистый	6-12	2-4	2,0-5,3
Глинистый	3,3-6,0	6-9	7-10
Растительный	4-8	3-5	4-6
Среднее значение для всех грунтов	4,0-7,3	2,0-2,7	2-4

Исходные данные для расчета якорного  
закрепления

Таблица

№	h	t	V	Н	w				
1	63	57	2	0.3	0.4	1.7	6	9	350
2	42	36	1.5	0.2	0.3	1.2	7	10	350
3	50	44	2.5	0.2	0.3	1.3	4	7	350
4	61	55	2.3	0.3	0.4	1.4	6	9	350
5	66	60	2	0.3	0.4	1.5	5	8	350
6	70	64	3	0.4	0.5	1.6	7	10	350
7	66	60	2.5	0.4	0.5	1.5	5	8	350
8	54	48	2	0.2	0.3	1.3	4	7	350
9	62	56	2.3	0.3	0.4	1.3	6	9	350
10	63	57	2	0.2	0.3	1.2	5	8	350
11	65	59	1.7	0.2	0.3	1.3	7	10	350
12	67	61	2.1	0.3	0.4	1.4	6	9	350
13	54	48	2	0.2	0.3	1.3	7	10	350
14	56	50	2.5	0.2	0.3	1.2	5	8	350
15	63	57	2	0.2	0.3	1.2	4	7	350

## Продолжение таблицы

№			h		t	<sup>5</sup> V		H	w
16	63	57	2	0.3	0.4	1.7	6	9	350
17	42	36	1.5	0.2	0.3	1.2	7	10	350
18	50	44	2.5	0.2	0.3	1.3	4	7	350
19	61	55	2.3	0.3	0.4	1.4	6	9	350
20	66	60	2	0.3	0.4	1.5	5	8	350
21	70	64	3	0.4	0.5	1.6	7	10	350
22	66	60	2.5	0.4	0.5	1.5	5	8	350
23	54	48	2	0.2	0.3	1.3	4	7	350
24	62	56	2.3	0.3	0.4	1.3	6	9	350
25	63	57	2	0.2	0.3	1.2	5	8	350

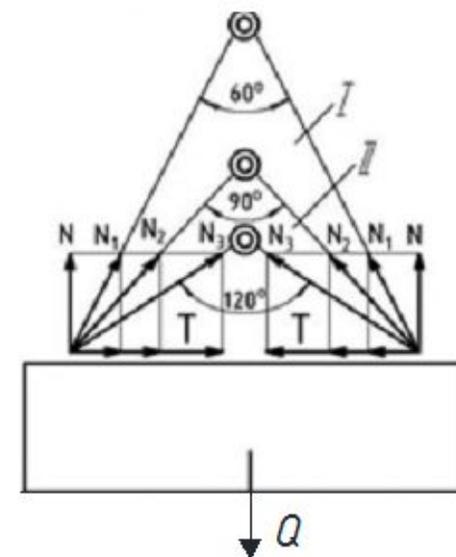
## Расчет строп и траверс.

Цель расчета - подбор ветвь стропы и поперечное сечение балки траверсы в зависимости от поднимаемого груза.

При выборе длины стропы следует исходить из того, что при малой длине угол между ветвями стропы будет больше  $90^\circ$ , а при большой длине — теряется высота подъема груза и возникает возможность его кручения. Оптимальные углы между ветвями стропы находятся в пределах  $60 - 90^\circ$  (рис.1).

При выборе стропы следует также определить, из каких элементов должна состоять гибкая часть стропы (стальной канат или цепь, или другой вид жестких строп и т. п.).

Рис.2. Схема распределения нагрузок на ветви стропы: I — рекомендуемая зона захвата груза; II — нерекомендуемая зона захвата груза. Здесь:  $N_3 > N_2 > N_1 > N$



Траверсы - грузоподъемные приспособления, которые воспринимают сжимающие или растягивающие усилия или работают на изгиб. Встречаются случаи, когда траверсы работают одновременно на сжатие и изгиб.

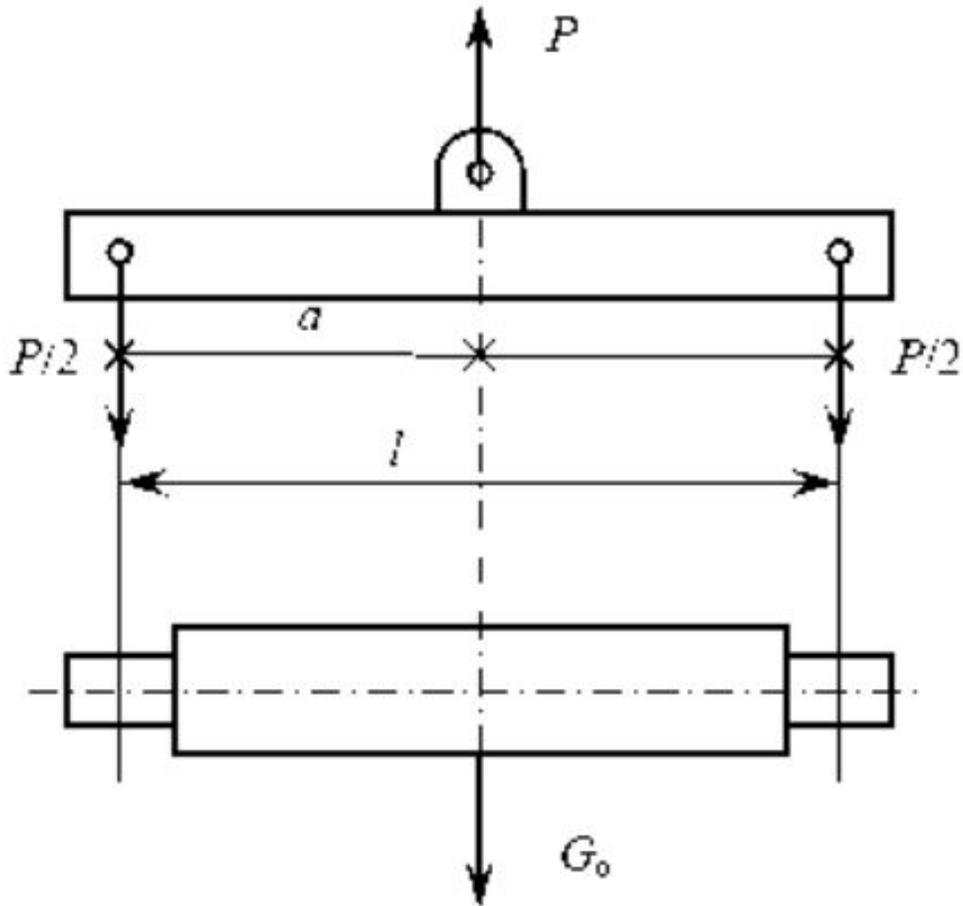


Рис. 3 Схема траверсы работающей на изгиб.

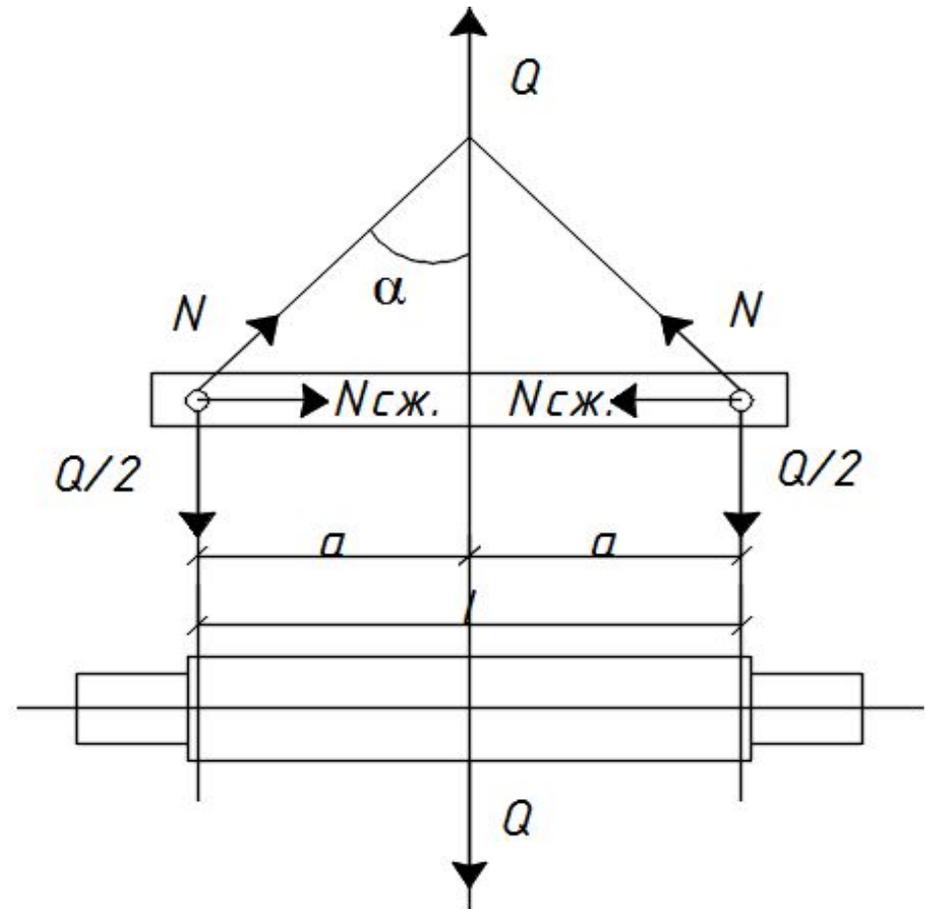


Рис. 4 Схема траверсы работающей на сжатие.

Траверсы, работающие на сжатие, требуют проверки на прочность и на устойчивость.

### Пример расчета №1.

Задача: Подобрать ветвь стропа в зависимости от следующих исходных данных.

Дано:

Материал стропа	Масса груза, кг	Количество ветвей n	Угол наклона ветви к вертикали $\alpha$
Канат	10000	4	45°

1. Определяем нагрузку (3) приходящуюся на каждую ветвь стропа S, Н:

$$S = \frac{1,414 \cdot 10000 \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{4} = 41960,8 \text{ Н,}$$

Согласно п. 1, при  $\alpha=45^\circ$ ,  $m=1,414$ .

2. По условию прочности (1), определяем необходимый предел прочности ветви стропа N, Н:

$$N \geq 41960,8 \cdot 6 = 251764,8 \text{ Н,}$$

Вывод: Таким образом согласно п.1 по ГОСТ 25573-82 «Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия», по разрывному усилию [N], принимаем ветвь стропа ВК-5.0, с разрывным усилием 294000 Н.

## Пример расчета №2.

Задача: Подобрать поперечное сечение балки траверсы, работающей на изгиб, в зависимости от следующих исходных данных.

Дано:

Балка траверсы	Масса груза, кг		Расстояние между канатными подвесками l, м
Двутавр	10000	16Д	4

1. Определяем нагрузку Q приходящуюся на траверсу:

$$Q = 9.81 * 10000 * 1,1 * 1,1 = 118,701 \text{ кН},$$

2. Изгибающий момент M от действующих нагрузок:

$$M = \frac{118,701 * 200}{2} = 11870,1 \text{ кН * см},$$

3. Из условия прочности находим минимальное предельное значение момента сопротивления  $W_{тр}$ .

$$W_{тр} \geq \frac{M}{m * 0.1 * R_y} = \frac{11870,1}{0,85 * 0.1 * 215} = 664,99 \text{ см}^3,$$

4. Согласно сортаменту и по Приложению 1 выбираем для траверсы сплошного сечения одиночный двутавр № 36 с  $W_x = 743 \text{ см}^3$ ,

$$W_x = 743 \text{ см}^3 \geq W_{тр} = 649,53 \text{ см}^3,$$

что удовлетворяет условию прочности расчётного сечения траверсы.

### Пример расчета №3.

Задача: Подобрать поперечное сечение балки траверсы, работающей на сжатие, в зависимости от следующих исходных данных.

Дано:

Сечение балки траверсы	Масса груза, кг		Расстояние между канатными подвесками l, м	$\alpha$	
Двутавр	10000	16Д	4	45	2

1. Определяем нагрузку Q приходящуюся на траверсу:

$$Q = 9.81 * 10000 * 1,1 * 1,1 = 118,701 \text{ кН},$$

2. Определяем сжимающее усилие  $N_{сж}$  в балке траверсы, Н:

$$N_{сж} = \frac{118,701}{2} \cdot \text{tg}(45) = 29,67 \text{ кН},$$

3. Согласно условию устойчивости найдем предельно-необходимой радиус инерции относительно предельной гибкости, см.

$$r_{\min} \geq \frac{l}{\lambda_{\text{пред}}} = \frac{400}{150} = 2,67 \text{ см},$$

4. Из условия прочности определим необходимую величину площади поперечного сечения траверсы, см<sup>2</sup>.

$$F_{\min} \geq \frac{N_{\text{сж}}}{\varphi \cdot m \cdot R_y} = \frac{29,67}{21,5 \cdot 0,31 \cdot 0,85} = 5,24 \text{ см}^2,$$

$\varphi = 0,984$  - коэффициент продольного изгиба, определяем согласно СП46.13330.2012 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП3.06.04-91» по табл. Ф.1. для стали класса С235, путём интерполяции для  $\lambda = 150$ , т.к. массу траверсы не учитываем, эксцентриситет считаем равным  $e = 0$  и  $\varphi = 0,31$ ;

5. Согласно сортаменту и по Приложению 1 выбираем для траверсы сплошного сечения одиночный двутавр № 10 с  $r = 4,06$  см,  $F = 12$  см<sup>2</sup>.

$$r = 4,06 \text{ см} \geq r_{\min} = 2,67 \text{ см}, F = 12 \text{ см}^2 \geq F_{\min} = 5,24 \text{ см}^2.$$

что удовлетворяет условию устойчивости и прочности расчётного сечения траверсы.

**Нормативные и расчетные сопротивления проката из сталей  
по ГОСТ 6713-91 и 19281-89 (таблица 50\* СНиП 2.05.03-84\*)**

Марка стали	Государственный стандарт	Прокат	Толщина проката <sup>1</sup> , мм	Нормативное сопротивление, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )		Расчетное сопротивление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	
				по пределу текучести $R_{yk}$	по временному сопротивлению $R_{yk}$	по пределу текучести $R_y$	по временному сопротивлению $R_u$
16Д	ГОСТ 6713-91	Любой	До 20	235 (24)	370 (38)	215 (2200)	340 (3450)
16Д	ГОСТ 6713-91	«	21-40	225 (23)	370 (38)	205 (2100)	340 (3450)
16Д	ГОСТ 6713-91	«	41-60	215 (22)	370 (38)	195 (2000)	340 (3450)
15ХСНД	ГОСТ 6713-91	«	8-32	340 (35)	490 (50)	295 (3000)	415 (4250)
15ХСНД	ГОСТ 6713-91	Листовой	33-50	330 (34)	470 (48)	285 (2900)	400 (4100)
10ХСНД	ГОСТ 6713-91	Любой	8-15	390 (40)	530 (54)	350 (3550)	470 (4800)
10ХСНД	ГОСТ 6713-91	Листовой	16-32	390 (40)	530 (54)	350 (3550)	470 (4800)
10ХСНД	ГОСТ 6713-91	«	33-40	390 (40)	510 (52)	350 (3550)	450 (4600)
390-15Г2АФДпс	ГОСТ 19281-89	«	4-32	390 (40)	540 (55)	355 (3600)	490 (5000)
390-14Г2АФД	ГОСТ 19281-89	«	4-50	390 (40)	540 (55)	355 (3600)	490 (5000)
09Г2С	ГОСТ 19281-89	«	не более 60	325 (33)	450 (46)	295 (3000)	405 (4150)

$\alpha$	m	$\alpha$	m
0	1	40	1,305
5	1,003	45	1,414
10	1,016	50	1,555
15	1,035	55	1,743
20	1,064	60	2
25	1,103	65	2,366
30	1,154	70	2,924
35	1,220	75	3,863

## Исходные

## Таблица

## Продолжение таблицы

1 задача (стропы)					2 задача (траверсы)					
№/№	m (кг)	Материал строп	n	α (град.)	m (кг)	Балка	Марка стали	L (м)	α (град.)	n
1	9300	канат	4	35	сжатие					
					23000	труба	15ХСНД	5	35	2
2	3150	текстиль	2	30	изгиб					
					12500	двутавр	09Г2С	4	-	-
3	6200	канат	3	45	изгиб					
					14000	швеллер	14Г2АФД	2	-	-
4	13000	текстиль	4	40	изгиб					
					17000	швеллер	15Г2АФДпс	3	-	-
5	10000	канат	4	35	сжатие					
					10000	двутавр	16Д	4	45	2
6	5500	канат	3	50	изгиб					
					10000	труба	15Г2АФДпс	2	-	-
7	6780	цепь	2	60	сжатие					
					26000	труба	16Д	4	60	2
8	8200	канат	4	45	изгиб					
					15000	двутавр	10ХСНД	3	-	-
9	3500	канат	3	45	сжатие					
					27000	швеллер	15Г2АФДпс	4	45	2
10	4200	цепь	3	25	сжатие					
					25500	труба	15Г2АФДпс	3	25	2

10	4200	цепь	3	25	6 сжатие					
					25500	труба	15Г2АФДпс	3	25	2
11	5000	канат	2	55	сжатие					
					34500	двутавр	09Г2С	2	55	2
12	3200	текстиль	2	35	изгиб					
					20000	труба	15ХСНД	2	-	-
13	2700	канат	2	55	сжатие					
					37580	двутавр	14Г2АФД	3	55	2
14	10300	цепь	4	25	сжатие					
					32000	швеллер	15Г2АФДпс	5	25	2
15	7300	канат	4	65	изгиб					
					23000	швеллер	10ХСНД	4	-	-
16	3450	текстиль	2	55	изгиб					
					21000	двутавр	10ХСНД	5	-	-
17	4000	канат	2	60	сжатие					
					35000	труба	16Д	3	60	2
18	8950	текстиль	4	50	изгиб					
					25300	двутавр	09Г2С	4	-	-
19	7610	канат	3	65	изгиб					
					27600	двутавр	09Г2С	4	-	-
20	7000	канат	3	45	сжатие					
					34700	швеллер	16Д	4	45	2