

1 По схеме, на рисунке 2.14, определяем тип полиспаста – одинарный.

2 Кратность полиспаста,

$$U = \frac{Z}{Z_{к.б.}} = \frac{3}{1} = 3.$$

3 Максимальный вес груза,

$$G = Q \cdot g = 6 \cdot 9,8 = 58,8 \text{ кН}.$$

4 Определим максимальное натяжение каната, считая, что в блоках установлены подшипники качения. В соответствии с формулой (2.41),

$$F_{\max} = G \cdot \frac{1-\eta}{(1-\eta^Z) \cdot \eta^\theta} = 58,8 \cdot \frac{1-0,97}{(1-0,97^3) \cdot 0,97^2} = 20,9 \text{ кН}.$$

5 Определим расчетное разрывное усилие. Режим работы механизма, в соответствии с ИСО 4301/1 – М7 тяжелый, коэффициент запаса прочности, в соответствии с таблицей 1.1, $Z_p = 7,1$

$$F_{PA3} \geq F_{\max} \cdot Z_p,$$

$$F_{PA3} \geq 20,9 \cdot 7,1$$

$$F_{PA3} \geq 148,4 \text{ кН}.$$

6 По таблице 1.4, выбираем канат двойной свивки с линейным контактом в прядях проволок разного диаметра ЛК – Р ГОСТ 2688 – 80. По расчетному разрывному усилию, выбираем канат диаметром $d_k = 16,5 \text{ мм}$, с разрывным усилием 152,0 кН.

Канат 16,5-Г-1-ОЖ-Н-1770 ГОСТ 2688–80.

7 Следовательно, фактический коэффициент запаса прочности, составит

$$Z_\phi = \frac{F_{PA3}}{F_{\max}} = \frac{152,0}{20,9} = 7,27.$$

8 Диаметр приводного барабана и блоков, в соответствии с формулой (2.43)

$$D \geq h_1 \cdot d_K; \quad D \geq 22,4 \cdot 16,5 = 369,6 \text{ мм},$$

$$D_{\text{БЛ}} \geq h_2 \cdot d_K; \quad D_{\text{БЛ}} \geq 25,0 \cdot 16,5 = 412,5 \text{ мм};$$

$$D_{\text{УР.БЛ.}} \geq h_3 \cdot d_K; \quad D_{\text{УР.БЛ.}} \geq 18 \cdot 16,5 = 297 \text{ мм}.$$

где $h_1 = 22,4$; $h_2 = 25,0$; $h_3 = 18$, коэффициенты, выбранные в соответствии с таблицей 2.1.

Следовательно, в соответствии с рекомендуемыми значениями: диаметр приводного барабана $D = 400$ мм, а блоков $D_{\text{БЛ}} = 450$ мм, и $D_{\text{УР.БЛ.}} = 320$ мм.

9 Считаем, что приводной барабан изготовлен литым из стали 50Л ГОСТ 977 - 88, с допускаемым напряжением $[\sigma]_{\text{СЖ}} = 170 \text{ МПа}$. На поверхности барабана выполнена винтовая нарезка под канат, шаг навивки определяем по формуле (2.44)

$$t = 1,2 \cdot d_K = 1,2 \cdot 16,5 = 19,8 \text{ мм}.$$

Длина каната в соответствии с формулой, (2.48),

$$L_K = U \cdot H = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}.$$

Число витков каната определим по формуле (2.47),

$$Z_K = \frac{L_K}{\pi \cdot D_H} = \frac{15 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 433} \approx 12,0,$$

число неприкосновенных витков каната, принимаем равным $Z_1 = 2$.

Длина винтовой нарезки на барабане, в соответствии с выражением (2.46),

$$l_H = t \cdot (Z_K + Z_1) = 19,8 \cdot (12 + 2) = 277,2 \text{ мм}.$$

Расстояние от оси крайнего витка каната до края барабана, в соответствии с формулой (2.50),

$$l_0 = 2 \cdot t = 2 \cdot 19,8 = 39,6 \text{ мм}.$$

Длина участка барабана для крепления каната, по формуле (2.49), равна,

$$l_1 = 3 \cdot t = 3 \cdot 19,8 = 59,4 \text{ мм}.$$

Таким образом, длина приводного барабана, равна,

$$l_B = l_H + l_1 + 2 \cdot l_0 = 277,2 + 59,4 + 79,2 \approx 416 \text{ мм.}$$

10 С учетом технологических особенностей, изготовления стальных литых приводных барабанов, минимальную толщину стенки определим по формуле (2.55),

$$\delta_{\min} = 0,01 \cdot 400 + 3 = 7,0 \text{ мм.}$$

Проверим соотношение между длиной приводного барабана и диаметром,

$$l_B / D_H = 416 / 433 = 0,96 < 3,$$

так как соотношение не выполняется, для определения требуемой толщины стенки приводного барабана, воспользуемся формулой (2.57)

$$\delta_{\min} \geq \frac{F_{\max}}{\sigma_{СЖ} \cdot t} = \frac{20,9 \cdot 10^3}{170 \cdot 10^6 \cdot 19,8 \cdot 10^{-3}} = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Полученное значение меньше расчетного, следовательно, исходя из нормального ряда рекомендуемых значений, толщину стенки принимаем равным 8 мм.

11 В соответствии с исходным заданием, по таблице 2.5, выбираем заготовку крюка № 15, с креплением хвостовика (таблица 2.7), гайкой с метрической резьбой М52, шагом 3 мм. Минимальную высоту гайки рассчитываем по формуле (2.58),

$$H = \frac{G}{\pi \cdot d_1 \cdot k_1 \cdot k_H \cdot [\tau]} = \frac{6 \cdot 9,8}{3,14 \cdot 48,75 \cdot 0,87 \cdot 0,56 \cdot 34,5} = 21 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

где $d_1 = 48,75$ мм, внутренний диаметр резьбы;

$k_1 = 0,87$ - для метрической резьбы;

$k_H = 0,56$ - коэффициент неравномерности распределения нагрузки между витками при $d/S = 52/3,0 = 17,3 > 9$.

Считаем, что гайка изготавливается из углеродистой конструкционной стали 15 у которой, после нормализации предел текучести составляет $\sigma_T = 230$ МПа, допускаемое напряжение,

$$[\tau] = 0,15 \cdot 230 = 34,5 \text{ МПа.}$$

Принимаем гайку высотой 30 мм.

12 Возможны два способа выбора крюковых подвесок.

В первом случае, исходя из условий задания и полученных расчетных величин, по таблице 2.3 выбираем стандартную крановую подвеску с грузоподъемностью до 8 тонн, типа 2 – 8 – 406, с двумя блоками диаметром 406 мм.

Во втором случае, на основании полученных расчетов, диаметры блоков $D_{\text{БЛ}} = 450 \text{ мм}$, $D_{\text{УР.БЛ.}} = 320 \text{ мм}$, диаметр каната $d_{\text{К}} = 16,5 \text{ мм}$, с учетом режима работы М7, назначаем размеры траверсы подвески, в соответствии с рисунком 2,12 и таблицей 2.7, по аналогии со стандартной подвеской.

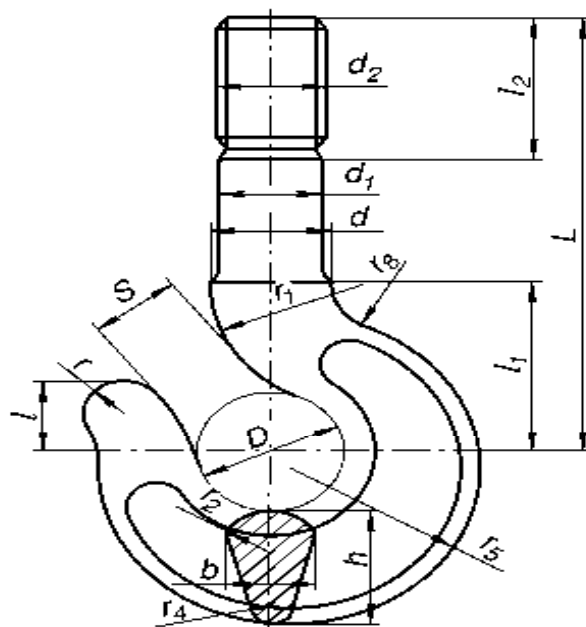


Рисунок 2.15 – Схема однорогого крюка

Расчет стальных канатов производят по методу, изложенному в правилах Госгортехнадзора

$$F \geq F_{\max} \cdot Z_p, \quad (1.1)$$

Разрывное усилие каната F_{PA3} , кН, которое в соответствии с выражением (1.1), определяется следующим образом,

$$F_{PA3} \geq F_{\max} \cdot Z_p. \quad (1.2)$$

где F_{\max} - сила максимального натяжения ветви каната без учета динамических нагрузок, Н;

Z_p - коэффициент запаса прочности, значение которого, определяется по таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Значение коэффициента Z_p запаса прочности каната

Группа классификации режима работы механизма по ИСО 4301/1	Режим работы по правилам ГГТН	Канат	
		Подвижный	Неподвижный
		Z_p	
M1	Легкий	3,15	2,5
M2	Легкий	3,35	2,5
M3	Легкий	3,55	3,0
M4	Легкий	4,00	3,5
M5	Легкий	4,50	4,0
M6	средний	5,60	4,5
M7	Тяжелый	7,10	5,0
M8	Весьма тяжелый	9,00	5,0

Срок службы каната зависит от числа его перегибов в процессе эксплуатации. Многократные перегибы при набегании на блок или барабан, выпрямление при сходе с них и особенно изменение направления перегибов являются причинами разрыва проволок каната. Эти разрушения наступают вследствие усталости металла.

Таблица 1.4 – Канат двойной свивки типа ЛК – Р конструкции 6х19 (1 + 6н + 6/6) + 1 о.с. по ГОСТ 2688 - 80

Номинальный диаметр каната, мм	Масса 1000 м смазанного каната, кг	Разрывная сила каната $F_{РАЗ}$ в целом, кН, (не менее)				
		Маркировочная группа, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$)				
		1370 (140)	1570 (160)	1770 (180)	1860 (190)	1960 (200)
1	2	3	4	5	6	7
4,1	64,1	-	-	9,75	10,15	10,85
4,5	73,9	-	-	11,25	11,75	12,50
4,8	84,4	-	-	12,85	13,40	13,90
5,1	95,5	-	-	14,60	15,15	15,80
5,6	116,5	-	15,8	17,80	18,55	19,35
6,2	141,6	-	19,25	21,10	22,25	23,45
6,9	176,6	-	24,00	26,30	27,45	28,70
8,3	256,0	-	34,80	38,15	39,85	41,60
9,1	305,0	-	41,55	45,45	47,50	49,60
9,6	358,6	-	48,85	53,45	55,95	58,35
11,0	461,6	-	62,85	68,80	72,00	75,15
12,0	523,0	-	71,75	78,55	81,90	85,75
13,0	596,6	71,05	81,25	89,00	92,80	97,00
14,0	728,0	86,70	98,95	108,00	112,50	118,00
15,0	844,0	100,00	114,50	125,50	131,00	137,00
16,5	1025,0	121,50	139,00	152,00	159,00	166,00
18,0	1220,0	145,00	166,00	181,50	189,50	198,00
19,5	1405,0	167,00	191,00	209,00	218,50	228,00
21,0	1635,0	194,50	222,00	243,50	254,00	256,00

Канат стальной двойной свивки типа ЛК – Р ГОСТ 7668 - 80 конструкции 6х36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 1 с органическим сердечником. Его задача – амортизация внешних проволочных прядей, противостояние радиальным нагрузкам. Для защиты от истирания и коррозии сердечник пропитывается специальной смазкой.

Учитывая, что тяговый элемент должен свободно ложиться в ручей блока и свободно выходить из него, при максимальной площади контакта, соотношение размеров тягового элемента и ручья блока должно соответствовать рисунку 2.7.

Соотношения между диаметрами барабанов D , мм, блоков $D_{БЛ}$, мм, уравнительных блоков $D_{УР.БЛ}$, мм, и диаметром тягового элемента, должны соответствовать следующим условиям

$$D \geq h_1 \cdot d_K; \quad D_{БЛ} \geq h_2 \cdot d_K; \quad D_{УР.БЛ} \geq h_3 \cdot d_K. \quad (2.43)$$

где h_1, h_2, h_3 - коэффициенты выбора диаметров соответственно барабана, блока и уравнительного блока; значения их приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Коэффициенты выбора диаметров

Группа классификации механизма по ИСО 4301/1	h_1	h_2	h_3
M1	11,2	12,5	11,2
M2	12,5	14,0	12,5
M3	14,0	16,0	12,5
M4	16,0	18,0	14,0
M5	18,0	20,0	14,0
M6	20,0	22,4	16,0
M7	22,4	25,0	16,0
M8	25,0	28,0	18,0

Долговечность тягового элемента, (троса, каната), во многом зависит от соотношения между диаметром барабана и тягового элемента, D/d_K , характеризующего контактные напряжения и напряжения, возникающие при изгибе тягового элемента.

Диаметр барабана и блоков следует выбирать из следующего рекомендуемого ряда: 160; 200; 250; 320; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900 и 1000 мм.

k_H – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между витками резьбы;

$$k_H = 5S/d, \text{ - при } d/S < 9; k_H = 0,56, \text{ при } d/S > 9;$$

где d – наружный диаметр резьбы, мм;

S – шаг резьбы, мм.

Таблица 2.5 - Грузоподъемность однорогих крюков для грузоподъемных машин с машинным приводом, т (по ГОСТ 6627-74 с сокращениями)

№ заготовки	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Группа режима работы по ИСО 4301/1									
До М6	0,32	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0
М7-М8	0,25	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0

Продолжение таблицы 2.5

№ заготовки	11	12	13	14	15	16	17	18
Группа режима работы по ИСО 4301/1								
До М6	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	12,5	16
М7-М8	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,0

В крюковой подвеске, траверсу 1, рассчитывают как балку, которая опирается на две опоры, щеки подвески, а вся нагрузка сосредоточена в среднем сечении. Под весом G , H , груза, на траверсу действует напряжение изгиба, предельное значение которого, определяется следующим образом,

$$\sigma_{И} = \frac{3 \cdot G \cdot l}{2 \cdot h^2 \cdot (b - d_0)} \leq [\sigma], \quad (2.59)$$

где l – расстояние между щеками обоймы, м;

b и h – соответственно ширина и высота траверсы, м;

d_0 – диаметр отверстия для крюка, м.

С учетом сложной конфигурации траверсы, коэффициент запаса прочности должен быть не менее трех.

Таблица 2.7 – Размеры однорогих крюков, мм (по ГОСТ 6627-74)

№ заготовки	D	S	b	h	d	d ₁	d ₂	L
2	22	16	13	21	15	12	M12	70
3	25	18	15	24	18	15	M14	75
4	30	22	18	26	20	17	M16	85
5	32	24	20	28	20	17	M16	90
6	36	26	22	32	25	20	M20	105
7	40	30	24	36	25	20	M20	110
8	45	33	26	40	30	25	M24	130
9	50	36	30	45	35	30	M27	145
10	55	40	34	52	35	30	M30	165
11	60	45	38	55	40	35	M33	180
12	65	50	40	65	45	40	M36	195
13	75	55	48	75	52	45	M42	250
14	85	65	54	82	56	50	M48	280
15	95	75	60	90	62	55	M52	310
16	110	85	65	100	68	60	M56	340
17	120	90	75	115	80	70	M64	415
18	130	100	80	130	85	75	M70	440

Продолжение таблицы 2.7

№ заготовки	l ₁	l ₂	l	r ₄	r ₂	r ₈	r ₅	r	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	32	20	10	4	12	12	28	4,5	0,22
3	35	20	12	4	13	13	32	5	0,35
4	40	25	15	5	14	14	37	5,5	0,5
5	45	25	16	5,5	16	16	40	6	0,6
6	50	30	18	5,5	18	18	45	6	0,9
7	55	30	20	6	20	20	50	6,5	1,1
8	65	35	22	6	30	22	56	7	1,7
9	70	40	25	7	36	25	62	8	2,6

Таблица 2.2 – Параметры крюковых подвесок

Тип	Размеры, мм									
	D	d	d ₁	d ₂	d ₃	B	B ₁	B ₂	B ₃	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1-3,2-336	336	55	100	М 33	28	138	90	8		
1-3,2-406	406			М 36	32					
1-3,2-500	500									
1-5-406	406	90	140	М 42	70	148	96	8		
1-5-500	500			М 48						
1-5-610	610									
2-5-336	336	55	100	М 42	55	170	118		56	
2-5-406	406			М 48						
2-5-500	500									
2-8-406	406	90	140	М 52	70	190	130	12	62	
2-8-500	500			М 56						
2-8-610	610									
2-10-406	406			М 64	90					
2-10-500	500									
2-10-610	610									
3-10-336	336	90	140	М 56	70	250	192	12	62	
3-10-406	406			М 64	90	250				
3-10-500	500					260				
3-12,5-406	406			трап 70x10	90	270	192			16
3-12,5-500	500									
3-12,5-610	610									

Таблица 2.3 – Параметры крюковых подвесок

Тип	Размеры, мм				Грузо-подъемность, т	Группа режима работы	Диаметр каната d _к , мм
	H	H ₁	H ₂	Масса, кг			
1	2	3	4	5	6	7	8
1-3,2-336	666	106	285	36,	3,2	До 4М	11-14
1-3,2-406	772	114	330	47,8		5М	
1-3,2-500	872		380	61,8		6М	
1-5-406	840	143	355	70,6	5	До 4М	14-17
1-5-500	987	162	420	90,2		5М	
1-5-610	1117		485	120		6М	14-18
2-5-336	766		143	320		61,3	До 4М
2-5-406	887	162	370	84,9		5М	

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
2-5-500	987		420	107		6М	11-14
2-8-406	940	182	390	116	8	До 4М	14-17
2-8-500	1079	202	440	157		5М	
2-8-610	1207		505	213		6М	14-18
2-10-406	977	242	390	129	10	До 4М	14-17
2-10-500	1172		475	180		5М	
2-10-610	1302		540	285		6М	14-18
3-10-336	897	202	350	145		До 4М	11-14
3-10-406	1072	242	425	161		5М	
3-10-500	1172		475	193		6М	
3-12,5-406	1072	260	430	205	12,5	До 4М	14-17
3-12,5-500	1215		480	250		5М	
3-12,5-610	1345		545	340		6М	14-18

Примечание – Первая цифр в типе крюковой подвески обозначает число блоков, вторая – грузоподъемность, а третья - диаметр блока по дну канавки в мм.

Когда, в соответствии с конструкцией подъемного устройства, требуется многослойная навивка каната, приводной барабан, изготавливают гладким.

Длину каната $L_{К,м}$, наматываемого на гладкий барабан, в соответствии с рисунком 2.10, определяют следующим образом,

$$L_K = \pi \cdot i \cdot Z \cdot [D + d_K \cdot (Z - 1)] = U \cdot H, \quad (2.52)$$

где i - число витков каната в слое, шт;

Z - число слоев навивки каната, шт.

Основные геометрические параметры гладкого приводного барабана должны соответствовать рисунку 2.10.

Длину барабана $l_B, мм$, рассчитывают с учетом его диаметра, D , мм, диаметра каната d_K , мм, его длины, наматываемой на барабан L_K , мм, и числа слоев Z каната,

$$l_B = \frac{L_K \cdot d_K}{\pi \cdot Z \cdot (D + Z \cdot d_K)}. \quad (2.53)$$