

САНКТ - ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНО - СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

доцент, к.т.н. Галузин В.М., доцент, к.т.н. Данилов В.М.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям по строительным машинам

РАБОТА N 1

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ГРУЗОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА**

Указания разработаны на кафедре
«Технология, организация и экономика строительства»

Санкт - Петербург
2000 г.

РАБОТА N 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА

1. Исходные данные

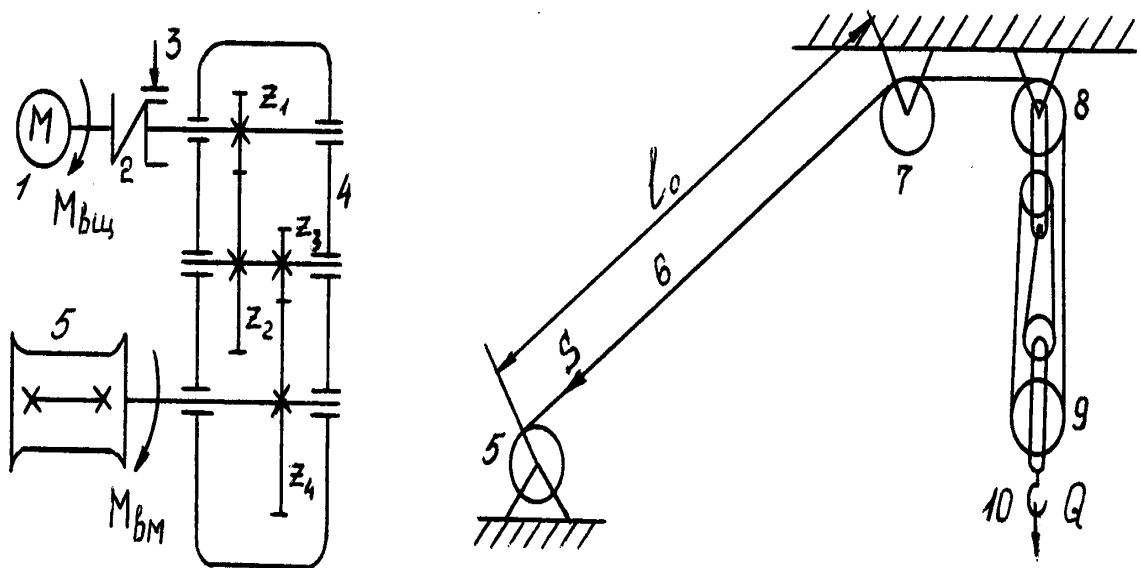
Принципиальная схема грузоподъемного устройства. Варианты данных для расчета (приложение 1). Данные для выбора каната, барабана, электродвигателя и редуктора (приложения 2 ...5).

2. Состав задания

- 2.1. Изобразить схему грузоподъемного устройства.
- 2.2. Определить усилие S и подобрать канат.
- 2.3. Определить размеры барабана.
- 2.4. Подобрать электродвигатель.
- 2.5. подобрать редуктор.

3. Рекомендации по выполнению.

3.1. Схема грузоподъемного устройства.



- 1-электродвигатель,
- 2- соединительная муфта,
- 3- колодочный тормоз,
- 4- двухступенчатый цилиндрический редуктор,
- 5- барабан лебедки,

- 6. - стальной трос,
- 7. - направляющий блок,
- 8. - неподвижные блоки полиспаста
- 9. - подвижные блоки,
- 10. - крюковая подвеска

S - усилие в канате, идущем на барабан лебедки,

Q - масса поднимаемого груза,

Z_1 и Z_2 , Z_3 и Z_4 - находящиеся попарно в зацеплении зубчатые колеса

Барабан лебедки приводится в движение электродвигателем, соединенным с редуктором муфтой. Наружная поверхность муфты используется как тормозной шкив двухколесного тормоза. Двухступенчатый редуктор обеспечивает увеличение крутящего момента электродвигателя

$$M_{\text{ВМ}} = M_{\text{ВЩ}} * i * \eta \quad (1)$$

где : $M_{\text{ВМ}}$ - крутящий момент, передаваемый на барабан лебедки,
 i - передаточное число редуктора,
 η - КПД редуктора.

Передаточное число редуктора $i = i_{12} * i_{34}$, передаточное число каждой ступени i_{12} и i_{34} можно определить на основании различных известных параметров зацепления - угловой скорости - ω , частоты вращения - n , диаметра колес - d или числа зубьев z .

$$i_{12} = \omega_1 / \omega_2 = n_1 / n_2 = d_2 / d_1 = z_2 / z_1 \quad (2)$$

Полиспастный механизм (полиспаст), состоит из системы подвижных и неподвижных блоков и перекинутого через них троса. Обычно один конец троса закреплен на барабане лебедки, другой - на полиспасте. Тяговое усилие канату сообщается при его навивке на барабан лебедки.

Применяют полиспаст для выигрыша в силе (реже для выигрыша в перемещении) и передаче усилий на значительное расстояние, изменяющееся в процессе работы (например, грузоподъемное устройство крана). С позиций кинематики полиспастный механизм преобразует вращательное движение барабана лебедки в поступательное движение крюка крана.

Выигрыш в силе зависит от кратности полиспаста $i_{\text{п}}$

$$Q = S * i_{\text{п}} * \eta_{\text{п}} \quad (3)$$

где : Q - усилие, развиваемое полиспастом (или наибольшая масса груза вместе с крюковой подвеской и оснасткой),

S - усилие в ветви каната, идущей на барабан,

$i_{\text{п}}$ - кратность полиспаста, равная числу канатов, сходящих с обоймы подвижных блоков,

$\eta_{\text{п}}$ - КПД полиспаста.

3.2 Определить усилие S и подобрать канат.

Усилие в канате S определяем по основной формуле полиспаста

$$(Q = S * i_{\text{п}} * \eta_{\text{п}}) \quad (4)$$

т.е.

$$S = Q * 9,8 / \iota_{\Pi} * \eta_{\Pi} [\text{Н}] \quad (5)$$

Полная масса Q в кг. , складывается из массы груза $Q_{гр}$ и массы крюковой подвески с оснасткой $Q_{кп}$, которая обычно принимается равной $0,02 Q_{гр}$. Тогда

$$Q = Q_{гр} + 0,02Q_{гр} = 1.02 Q_{гр} [\text{кг}] \quad (6)$$

Принимаем 4^x -кратный полиспаст (изображен на схеме стр. 2 , $\iota_{\Pi} = 4$), который часто используется в грузоподъемных механизмах строительных кранов. Коэффициент полезного действия полиспаста зависит от количества блоков

$$\eta_{\Pi} = \eta_{\text{б}}^n \quad (7)$$

где: $\eta_{\text{б}}$ - КПД одного блока (находится в пределах 0,96...0,99, в среднем можно принять 0,97)

n - количество блоков в грузоподъемном устройстве, в нашем случае, включая направляющий блок,
 $n = 5$.

Тогда

$$\eta_{\Pi} = 0,97^5 = 0,86 \quad (8)$$

Разрывное усилие каната определяется по формуле:

$$S_p = S * k [\text{кН}] \quad (9)$$

где : k - коэффициент запаса прочности, определяемый в зависимости от режима работы грузоподъемного механизма по таблице

продолжительность включений ПВ%	режим работы грузоподъемного механизма	Коэффициент запаса прочности каната	соотношение диаметра барабана $D_{\text{б}}$ и диаметра каната $d_{\text{к}}$
15	легкий (л)	5,0	$D_{\text{б}} \geq 16d_{\text{к}}$
25	средний (с)	5,5	$D_{\text{б}} > 18d_{\text{к}}$
40	тяжелый (т)	6,0	$D_{\text{б}} > 20d_{\text{к}}$
40	весьма тяжелый (вт)	6,5	$D_{\text{б}} > 25d_{\text{к}}$

Относительная продолжительность включений ПВ есть отношение продолжительности работы приводного двигателя (сумма времени пуска и установившегося режима) к определенному времени цикла (для механизмов время цикла принимается равным 60 минутам).

Легкий режим характеризуется большими перерывами в работе, низким коэффициентом использования грузоподъемности, малыми скоростями и

числом включений в час до 60. При среднем режиме работа производится с грузами различной величины, со средними скоростями, при числе включений в час до 120. Тяжелый режим характеризуется работой с высоким коэффициентом использования грузоподъемности, с высокими скоростями и числом включений в час до 240. При весьма тяжелом режиме работа производится с грузами номинальной массы, с высокими скоростями и числом включений в час более 240.

По величине разрывного усилия, пользуясь приложением 2, определяем диаметр каната d_k

3.3 Определить размеры барабана

В зависимости от режима работы по таблице (см. выше), определяем диаметр барабана $D_б$, округляя полученное значение в большую сторону до числа, кратного 10.

Рабочая длина барабана $L_б$ при многослойной навивке определяется по формуле :

$$L_б = \frac{L_k * t}{\pi * m * (D_б + d_k * m)} \quad [\text{м}] \quad (10)$$

где: L_k - длина каната, определяемая по формуле :

$$L_k = (t_n + 1) * H + l_0 + 2\pi D_б \quad [\text{м}] \quad (11)$$

t - шаг витков каната, принимаемый по приложению 3
(при навивке на гладкий барабан $t = d_k$)

m - число слоев навивки каната на барабан, принимаем
 $m = 4$.

3.4 Подобрать электродвигатель привода

Мощность электродвигателя привода определяем по формуле:

$$N_{дв} = \frac{S * V_k}{1000 * \eta} \quad [\text{кВт}] \quad (12)$$

где : V_k - скорость навивки каната на барабан,

$$V_k = V_{гр} * t_n \quad [\text{м/сек}] \quad (13)$$

η - КПД всего грузоподъемного механизма,
принимаем равным 0,85.

По приложению 4 выбираем электродвигатель определенной мощности, равной или несколько большей, чем требуется по расчету.

3.5 Подобрать редуктор

Для определения передаточного числа редуктора

$$i_p = \frac{n_{дв}}{n_{б}} \quad (14)$$

необходимо установить частоту вращения барабана $n_{б}$. Она зависит главным образом от скорости навивки каната на барабан, его диаметра и определяется по формуле:

$$n_{б} = \frac{60 * V_{к}}{\pi [D_{б} + d_{к} (2m - 1)]} \text{ [мин}^{-1}\text{]} \quad (15)$$

По приложению 5 подбираем редуктор определенной марки. Мощность на ведущем валу редуктора должна быть близка (но не меньше) мощности привода $N_{дв}$. В связи с тем, что фактические параметры передачи при выборе типового редуктора несколько отличаются от расчетных, необходимо определить, в каких пределах будет изменяться скорость подъема груза. Фактическая частота вращения барабана

$$n_{б.факт} = \frac{n_{дв}}{i_{р.факт}}$$

Тогда скорость навивки каната на барабан

$$V_{к1} = \frac{\pi (D_{б} + d_{к}) * n_{б.факт}}{60} \text{ [м/сек]} \quad (16)$$

При четвертом слое навивки

$$V_{к4} = \frac{\pi [D_{б} + d_{к} (2m - 1)] * n_{б.факт}}{60} \text{ [м/сек]} \quad (17)$$

Соответственно, скорость подъема груза $V_{гр}$ будет изменяться в пределах

$$V_{гр} = \frac{V_{к1}}{i_{п}} \dots \frac{V_{к4}}{i_{п}} \quad (18)$$

Литература:

1. Дроздов Н.Е., Фейгин Л.А. Курсовое и дипломное проектирование по специальности строительные машины и оборудование. М., Стройиздат, 1980, 159 с.
2. Заленский В.С. Строительные машины. Примеры расчетов. М., Стройиздат, 1983, 271 с.
3. Лейко В.С. Строительные машины и механизмы в энергетическом строительстве. М., Машиностроение, 1985, 222 с.

Варианты исходных данных

номер варианта	масса груза Q , кг	скорость подъема груза $V_{гр.м/сек}$	высота подъема груза H , м	свободная длина троса l_0 , м	ПВ%
1	2000	0,2	40	10	25
2	2000	0,3	50	15	40
3	3000	0,15	30	12	25
4	3000	0,4	50	10	40
5	3500	0,1	40	14	25
6	3500	0,3	60	10	40
7	4000	0,2	30	12	25
8	4000	0,13	25	10	40
9	4500	0,25	35	13	25
10	4500	0,35	40	15	40
11	5000	0,15	55	12	25
12	5000	0,4	30	15	40
13	5500	0,2	50	10	25
14	5500	0,5	25	11	40
15	6000	0,12	35	16	25
16	6000	0,2	40	12	40
17	6500	0,3	60	15	25
18	6500	0,16	30	14	40
19	7000	0,18	45	10	25
20	7000	0,4	50	13	40

Канат двойной свивки

диаметр каната,мм	марка каната					
	1	2	3	4	5	6
	расчетное разрывное усилие каната, кН					
5,0	-	-	-	12	13	15
5.4	-	-	-	14	16	18
5,8	-	-	-	17	19	21
6,3	-	-	-	20	22	23
6.7	-	-	-	23	25	27
7,6	-	26	28	29	32	34
8,5	-	33	35	37	40	43
9,0	-	36	39	41	44	47
11,5	-	57	61	62	67	-
13,5	-	82	87	89	97	-
15,5	98	112	119	122	132	-
18,0	130	147	156	160	173	-
20,0	167	186	197	202	219	-
22,5	200	229	243	249	270	-
24,5	242	277	294	301	327	-
27,0	289	330	351	360	390	-
29,0	339	387	412	422	458	-
33,5	451	516	548	561	610	-
36,5	514	587	624	639	694	-
38,0	580	662	704	721	782	-
39,5	650	743	789	808	875	-
44,5	802	914	971	995	1080	-

Размеры профиля канавок на барабанах, мм

d_k	T	d_k	t
7,4 - 8,0	9,0	20,0 - 21,5	24,0
9,0 - 8,0	10,0	21,5 - 23,0	26,0
9,0 - 10,0	11,0	23,0 - 24,5	28,0
10,0 - 11,0	12,5	24,5 - 26,0	29,0
11,0 - 12,0	13,5	26,0 - 27,5	32,0
12,0 - 13,0	15,0	27,5 - 29,0	34,0
13,0 - 14,0	16,0	29,0 - 31,0	36,0
14,0 - 15,0	17,0	31,0 - 33,0	38,0
15,0 - 16,0	18,0	33,0 - 35,0	40,0
16,0 - 17,0	19,0	35,0 - 37,5	42,0
17,0 - 18,0	20,0	37,5 - 40,0	44,0
18,0 - 19,0	22,0	40,0 - 42,5	48,0
19,0 - 20,0	23,0	42,5 - 45,5	50,0

Приложение 4

Основные параметры крановых электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором серии МТК

тип двигателя	мощность на валу, кВт		частота вращения вала, мин. ⁻¹	
	ПВ - 25%	ПВ - 40%	ПВ - 25%	ПВ - 40%
МТК 011-6	1.4	1.1	840	885
МТК 012-6	2.2	1.8	830	870
МТК 111-6	3.5	2.8	875	900
МТК112-6	5.0	4.2	875	900
МТК 211-6	7.5	6.0	880	910
МТКВ 311-6	11.0	9.0	900	920
МТКВ 312-6	16.0	13.0	900	925
МТКВ 411-6	22.0	17.0	935	950
МТКВ 412-6	30.0	24.0	935	950
МТКВ 413-6	36.0	30.0	935	950
МТКВ 414-6	42.0	36.0	950	970

Мощность на ведущем валу редукторов типа Ц2

частота вращения вала мин ⁻¹	Передаточное число $i_{факт}$									ПВ %
	8,32	9,80	12,41	16,30	19,88	24,9	32,42	41,34	50,94	
	Мощность на ведущем валу, кВт									
Редуктор Ц2 – 200										
600	7,7	6,8	6,1	5,8	5,4	4,4	3,0	2,4	2,0	25
	5,9	5,2	4,2	3,9	3,6	2,5	1,6	1,6	1,1	40
750	9,3	8,0	6,7	6,2	5,5	5,4	3,8	3,2	2,7	25
	7,2	6,1	4,8	4,2	3,7	2,7	1,8	1,8	1,3	40
1000	11,5	10,0	8,0	7,9	6,6	5,4	4,1	4,1	3,71,	25
	8,8	7,8	6,1	5,9	4,2	3,2	2,1	2,1	6	40
1500	13,0	11,5	10,8	10,8	8,7	6,6	4,8	4,7	3,9	25
	11,8	10,0	8,4	6,8	6,4	4,6	2,9	2,9	2,1	40
Редуктор Ц2 – 250										
600	19,3	17,1	15,2	11,3	9,4	7,0	5,2	4,3	3,9	25
	14,2	12,5	9,9	7,2	6,4	5,5	3,6	3,0	2,6	40
750	23,0	19,7	16,6	13,5	11,1	9,4	7,6	5,6	4,2	25
	16,6	14,5	12,3	8,3	7,3	6,9	4,5	3,5	3,0	40
1000	27,1	23,8	20,5	17,3	14,1	11,7	9,2	7,3	6,0	25
	17,8	15,6	14,1	10,2	8,9	7,6	5,0	4,2	3,5	40
1500	34,0	30,2	25,4	23,8	19,0	16,5	11,9	9,8	8,5	25
	25,1	21,3	18,3	13,7	12,0	10,1	7,1	5,5	4,7	40
Редуктор Ц2 – 350										
600	45,7	39,6	34,0	26,8	22,3	16,6	12,0	10,2	9,4	25
	34,0	29,4	25,7	17,2	15,2	13,0	11,1	7,2	6,3	40
750	61,0	52,0	43,5	32,0	26,5	22,4	16,6	13,4	11,1	25
	35,8	31,6	29,2	19,5	17,7	16,6	12,9	8,4	7,3	40
1000	71,9	61,2	50,8	37,1	33,5	21,7	21,8	17,3	14,5	25
	42,8	39,0	33,0	24,1	21,1	18,1	15,6	10,2	9,0	40
1500	79,5	84,7	70,0	51,4	43,7	39,5	30,2	24,4	20,4	25
	59,0	50,0	43,3	28,6	25,6	24,1	20,2	13,3	11,4	40