

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Игнатенко Виталий Иванович

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике

Дата подписания: 03.03.2021 08:51:38

Уникальный программный ключ:

a49ae343af5448d45d7e3e1e499659da8109ba78

**Министерство науки и высшего образования РФ**

**ФГБОУВО «Заполярный государственный**

**университет им. Н.М. Федоровского»**

**Кафедра технологических машин и оборудования**

# **КРАНЫ И ЛИФТЫ**

## **Расчетно-практические задания**

*Методические указания*

**Норильск 2021**

ББК 39.92я7

Краны и лифты. Расчетно-практические задания: метод. указ. / составитель Х.Л. Нгуен; Министерство науки и высшего образования РФ, Заполярный гос. ун-т им. Н.М. Федоровского. – Норильск: ЗГУ, 2021. – 38 с. – Библиогр.: с. 36. – Текст: непосредственный.

В методических указаниях рассмотрены расчет и правильный подбор элементов и узлов для кранов и лифтов. Приведены варианты индивидуальных заданий и справочные данные.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Краны и лифты, особенно башенные краны, широко применяют на объектах строительства как средство доставки грузов и людей на высоту.

К основным параметрам кранов относят грузоподъемность, вылет, максимальный грузовой момент, высоту подъема, скорости подъема, опускания груза, передвижения, общую массу. Для обеспечения этих показателей конструкция кранов должна обеспечить устойчивость в процессе работы при передвижении и повороте стрелы или башни, канат должен выдержать растяжение от поднимаемого груза, а привод способен обеспечить передвижения крана вместе с грузом.

Для лифтов учитывают комфорт, скорость передвижения и грузоподъемность. Эти характеристики достигаются количеством лифтов и с помощью механизма привода.

В методических указаниях приводится порядок расчета параметров конструкции и привода, необходимых для обеспечения основных характеристик кранов и лифтов, что позволяет обучающимся освоить это оборудование.

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА

**Цель:** определить эффективность совмещения операций при работе башенного крана.

Исходные данные для расчета принимаются согласно варианту (табл. 1).

Таблица 1

## Исходные данные

№ варианта	Масса поднимаемого груза $Q_{сп}$ , т	$h_1$ , м	$h_3$ , м	$h_4$ , м	Продолжительность ручных операций, мин.			Угол поворота крана $\alpha$ , град	Длина пути передвижения крана $L_{пер}$ , м
					$t_1$	$t_6$	$t_7$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,15	18	2,60	3,0	1,5	8,5	0,6	35	10
2	2,70	18	3,80	4,0	1,5	8,5	0,6		15
3	3,60	30	2,68	4,0	1,0	7,5	0,5		20
4	4,67	21	2,44	3,0	1,0	7,5	0,5		25
5	3,00	20	2,44	3,0	1,5	8,5	0,6		30
6	2,20	22	0,22	2,5	1,5	8,5	0,6		35
7	6,00	16	0,22	2,5	1,0	7,5	0,5	40	20
8	4,12	18	2,44	3,0	1,0	7,5	0,5		15
9	2,95	15	2,44	3,0	1,0	7,5	0,5		40
10	2,45	16	2,68	3,0	1,0	7,5	0,5		35
11	4,75	15	2,56	4,0	1,0	8,0	0,5	45	30
12	2,50	24	2,69	4,0	1,0	8,0	0,5		20
13	5,85	15	0,22	2,5	1,0	8,0	0,5		10
14	6,0	17	0,22	2,0	1,0	7,5	0,5		40
15	2,67	13	2,44	3,0	1,0	7,5	0,5		35
16	5,47	16	2,68	4,0	1,0	7,5	0,5	50	10
17	3,40	14	2,68	4,0	1,5	8,0	0,6		20
18	4,20	12	0,40	2,5	1,5	8,0	0,6		30
19	3,00	13	0,40	2,5	1,0	7,5	0,5		40
20	4,50	25	0,40	2,0	1,0	7,5	0,5		45
21	4,45	15	2,87	3,0	1,0	7,5	0,5		55
22	3,03	16	0,22	4,0	1,5	8,5	0,6	30	
23	5,00	15	2,58	4,0	1,5	8,5	0,6	35	
24	3,66	15	2,58	3,0	1,0	8,5	0,6	40	
25	3,75	16	2,68	3,5	1,0	8,0	0,6	45	
26	4,00	20	0,80	2,0	1,5	8,0	0,6	60	15
27	4,20	15	0,80	2,5	1,5	8,0	0,5	10	
28	5,43	12	2,68	3,0	1,0	7,5	0,5	60	20
29	3,00	14	2,44	2,5	1,0	8,0	0,5		25
30	3,45	20	2,68	3,0	1,0	8,0	0,5		28
31	3,12	28	2,44	3,0	1,5	7,5	0,5		70
32	4,60	15	2,68	2,5	1,0	8,5	0,5	45	
33	6,66	20	2,58	4,0	1,5	7,5	0,5	20	
34	5,00	10	0,80	3,5	1,0	8,0	0,5	40	

По рис. 1 видно, что высота подъема крюка  $H$  равна:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

где  $h_1$  – заданная высота уровня монтажа, м;  $h_2$  – высота подъема груза над уровнем монтажа, по условиям техники безопасности  $h_2 = 2,5 \dots 3,0$  м;  $h_3$  – высота груза, м;  $h_4$  – длина строп, м.

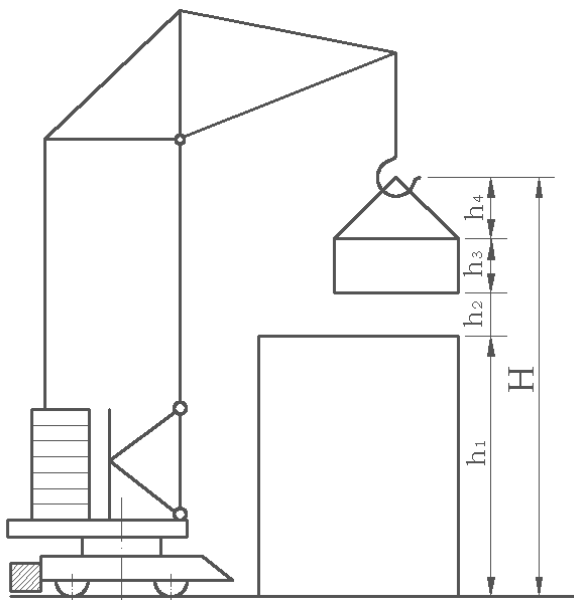


Рис. 1. Расчетная схема башенного крана

По найденной высоте подъема крана  $H$  и массе поднимаемого груза, пользуясь табл. 2, выбрать кран.

Таблица 2

**Технические характеристики башенных передвижных кранов [1]**

Показатель	КБ-160	КБ-308	КБ-403	КБ-503А	КБ-405
Грузоподъемность, т	5–8	3,2–8	4,5–8	7,5–10	4,8–8
Вылет, м	13–25	4,5–25	5,5–30	7,5–35	16–30
Вылет при максимальной грузоподъемности, м	13	4,5	5,5	7,5	11
Максимальный грузовой момент, кН·м	1600	1000	1125	2800	1350
Высота подъема, м	41–55	32,5–42	41–57,5	53–67,5	54–70

Окончание табл. 2

Показатель	КБ-160	КБ-308	КБ-403	КБ-503А	КБ-405
Скорость, 10 <sup>-2</sup> м/с					
Подъем и опускание	33; 66	30; 60	37	50	37
Посадка	6,7	8; 4	8	5	8
Передвижение крана	32,8	30	33	20	33
Передвижение грузовой тележки	-	27; 13,3	25	11,5; 46	-
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Масса крана, т					
Общая	79,5	84	80,5	145	107,2
Конструктивная	49,5	38	50,5	90	51,2

При работе без совмещения операций рабочий цикл крана равен сумме времени всех операций:

$$t_u = \sum_1^{11} t.$$

Для увеличения производительности крана некоторые операции можно совмещать (например, подъем и перемещение груза, перемещение крана и опускание крюка). В таком случае, вычисляя продолжительность рабочего цикла, учитывают время более продолжительной операции из тех, которые совмещаются:

$$t_u^{\text{совм}} = t_1 + t_{(2 \text{ или } 4)} + t_3 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10 \text{ или } 11},$$

где  $t_1$  – время на строповку груза, с;  $t_2$  – время на подъем груза до нужного уровня, с;  $t_3$  – время поворота стрелы крана, с;  $t_4$  – время перемещения крана по рельсам, с;  $t_5$  – время опускания грузов до уровня монтажа, с;  $t_6$  – время удержания груза, когда его устанавливают и закрепляют, с;  $t_7$  – время на расстроповку груза, с;  $t_8$  – время подъема крюка с грузоподъемным приспособлением над уровнем монтажа, с;  $t_9$  – возврат стрелы в исходное положение, с;  $t_{10}$  – обратное перемещение крана, с;  $t_{11}$  – время опускания крюка с грузозахватным приспособлением.

Продолжительность ручных операций  $t_1$ ,  $t_6$ ,  $t_7$  нужно принимать согласно данным табл. 1, а продолжительность

остальных операций вычислять приближенно, при постоянстве скоростей рабочих движений крана, не учитывая периодов разгона и торможения.

Продолжительность подъема груза равна:

$$t_2 = \frac{h_1 + h_2}{v_{под}},$$

где  $v_{под}$  – скорость подъема, м/с.

Время поворота стрелы крана равно:

$$t_3 = \frac{\alpha}{6n_1},$$

где  $\alpha$  – рабочий угол поворота крана, град;  $n_1$  – частота вращения, мин<sup>-1</sup>.

Продолжительность передвижения крана по рельсам

$$t_4 = \frac{L_{неп}}{v_{неп}},$$

где  $L_{неп}$  – длина пути передвижения крана, м;  $v_{неп}$  – скорость передвижения крана, м/с.

Время, затрачиваемое на опускание груза до уровня монтажа,

$$t_5 = \frac{h_2}{v_{он}},$$

где  $v_{он}$  – скорость опускания груза, м/с.

Продолжительность подъема крюка со стропами над уровнем монтажа

$$t_8 = \frac{h_2}{v_{под}}.$$

Продолжительность других операций

$$t_9 = t_8; \quad t_{10} = t_4;$$

$$t_{11} = \frac{h_1 + h_2}{v_{он}}.$$

Сменные производительности крана (т/смена) при совмещенном и несовмещенном циклах равны:

$$\Pi_{см.сов} = TQk_z k_{ep} n_{сов};$$

$$\Pi_{см} = TQk_z k_{ep} n,$$

где  $T$  – продолжительность смены,  $T = 8$  ч;  $Q$  – грузоподъемность выбранного крана, т;  $k_z$  – коэффициент использования крана по грузоподъемности,  $k_z = 0,8$ ;  $k_{ep}$  – коэффициент использования крана по времени на протяжении смены,  $k_{ep} = 0,82 - 0,88$ ;  $n_{сов}$ ,  $n$  – число рабочих циклов крана в час.

При совмещенном и несовмещенном циклах  $n$  соответственно равно:

$$n_{сов} = \frac{3600}{t_{у.сов}}; \quad n = \frac{3600}{t_{у}},$$

где  $t_{у.сов}$  – время совмещенного рабочего цикла, с;  $t_{у}$  – время несовмещенного рабочего цикла, с.

Эффективность совмещения операций при работе крана характеризуется повышением его производительности:

$$\Theta = \frac{\Pi_{см.сов} - \Pi_{см}}{\Pi_{см}} \cdot 100 \text{ \%}.$$



## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРИВодОВ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КРАНА

**Цель:** научиться оценить нагрузки на опоры крана и рассчитать мощность привода для него.

Исходные данные для расчета принимают по табл. 1 и 2. Для расчета воспользуемся схемой нагрузок на рис. 2.

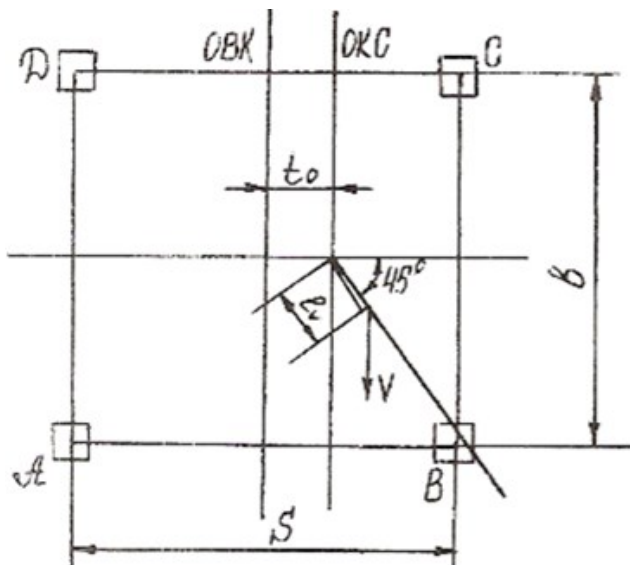


Рис. 2. Схема нагрузок на опоры крана

Максимальная нагрузка на опору *B* равна:

$$R_B = 1/4(G_{общая} + G_{груз}) + (G_{общая} + G_{груз})(t_0/2S) + M \cos \varphi / 2S + M \sin \varphi / 2b,$$

где  $G_{общая}$  – общий вес крана, кН;  $G_{гр}$  – вес груза, кН;  $M$  – максимальный грузовой момент, кН·м;  $t_0$  – расстояние между осью вращения крана и башней, м;  $S$  и  $b$  – расстояния между колесами, м.

Для кранов КБ-160, КБ-403, КБ-405 ширина колеи и длина базы равны 6 м, КБ-308 – 4,5 м, КБ-503А – 7,5 и 8 м соответственно. Все краны могут поворачиваться вокруг оси почти весь оборот и базироваться на рельсах Р43 [1; 3].

Минимальная нагрузка на опору  $D$  равна:

$$R_D = 1/4(G_{общая} + G_{груз}) + (G_{общая} + G_{груз})(t_0/2S) - M \cos \varphi / 2S - M \sin \varphi / 2b.$$

Количество ходовых колёс равно:

$$Z_{он} = P_{онmax} / [p],$$

где  $Z_{он}$  – число колёс на одной опоре;  $[p]$  – допустимая нагрузка на одно колесо, зависящая от материала, из которого изготовлено колесо, и шпального покрытия,  $[p] = 200\text{--}500$  кН.

Фактическая максимальная нагрузка на колесо равна:

$$P_{кmax} = P_{онmax} / Z_{он}.$$

Минимальная нагрузка на колесо

$$P_{кmin} = P_{онmin} / Z_{он}.$$

Расчётное значение приводных колёс должно быть таким, чтобы обеспечивалось устойчивое передвижение крана при неблагоприятных условиях:

$$Z_{пр.к.он} = \sum P_{кпр} / 4P_{кmin};$$

$$\sum P_{к.пр} = W_{общ} / (\mu + \mu_{см}),$$

где  $\mu$  – коэффициент трения в цапфах колеса,  $\mu = 0,01$ ;  $\mu_{см}$  – коэффициент трения между колесом и цапфой,  $\mu_{см} = 0,12$ ;  $W_{общ}$  – общее сопротивление передвижению крана,

$$W_{общ} = W_{тр} + W_e + W_y + W_{ин},$$

здесь  $W_e$  – сопротивление от ветра, кН;  $W_y$  – сопротивление от уклона подкрановых путей, кН;  $W_{ин}$  – сопротивление от сил инерции, кН;  $W_{тр}$  – сопротивление от трения, кН,

$$W_{тр} = 9,81(G_{общ} + G_{рп})(\mu D_{к}/6 + 2f) \times K_p / D_{к},$$

где  $f$  – коэффициент трения качения по рельсу,  $f = 0,05$  см;  $K_p$  – коэффициент, учитывающий трение реборд колеса о рельс,  $K_p = 1,2$ ;  $D_{к}$  – диаметр колеса, см,

$$D_{к} = 2P_{кmax} / b_{к},$$

где  $b_{к}$  – ширина опорной части колеса, принимать равной ширине рельса, см.

В множителе 2 учтены все вспомогательные коэффициенты. По ГОСТ 28648-90 [4] принимаем  $D_{\kappa}$ .

Сопротивление от ветра

$$W_{\varepsilon} = (\sum K_{cni}F_{\kappa pi} + K_{cn}F_{zp})[p_{\varepsilon}] / 1000,$$

где  $\sum K_{cni}F_{\kappa pi}$  – сумма всех наветренных площадей крана, принимаем условно  $\sum K_{cni}F_{\kappa pi} = 81 \text{ м}^2$ ;  $F_{zp}$  – площадь груза, принимаем условно  $F_{zp} = 14 \text{ м}^2$ ;  $[p_{\varepsilon}]$  – удельное давление ветра на единицу площади, для рабочего состояния крана  $[p_{\varepsilon}] = 250 \text{ Па}$ ;  $K_{cn}$  – коэффициент сплошности конструктивных элементов крана, для груза  $K_{cn} = 1$ .

Сопротивление от сил инерции

$$W_{ин} = (G_{общ} + G_{zp})a,$$

где  $a$  – ускорение передвижения машины,  $a = 0,15 \text{ м/с}^2$ .

Сопротивление от уклона подкрановых путей

$$W_y = (G_{общ} + G_{zp})\sin\beta,$$

где  $\beta$  – угол уклона подкрановых путей,  $\beta = 1^{\circ}$ .

Общая мощность электродвигателей крана для приводов равна:

$$N_{пробщ} = W'_{общ}v_{\partial\varepsilon} / \eta_{общ},$$

где  $W'_{общ}$  – общее сопротивление движению без учета сил инерции, кН;  $v_{\partial\varepsilon}$  – скорость движения крана, м/с;  $\eta_{общ}$  – общий КПД всех приводов,  $\eta_{общ} = 0,8$ .

Мощность одного привода равна:

$$N_{пр} = 0,25 \times N_{пробщ} / Z_{пркон}.$$

Производим корректировку мощности:

$$N_{конпр} = ПВ_{\phi} / ПВ_n N_{пр}.$$

Принимаем  $ПВ_{\phi} / ПВ_n = 14 / 15$ .

Частота вращения ходового колеса равна:

$$n_{\kappa} = 60v_{\partial\varepsilon}D_{\kappa} / \pi.$$

По мощности привода и частоте колеса можно подобрать электродвигатель и редуктор как стандартные единицы.

### 3. РАСЧЕТ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЛЕБЕДКИ БАШЕННОГО КРАНА

**Цель:** научиться проектировать механизм подъема кранов.

Исходные данные для расчета приводятся в табл. 1–3 и на рис. 3.

Таблица 3

**Схемы полиспаста по вариантам**

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схема	б	в	б	в	г	а	в	а	б	в
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Схема	б	г	б	б	в	в	б	в	в	б
Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Схема	г	а	б	а	в	г	а	а	б	г

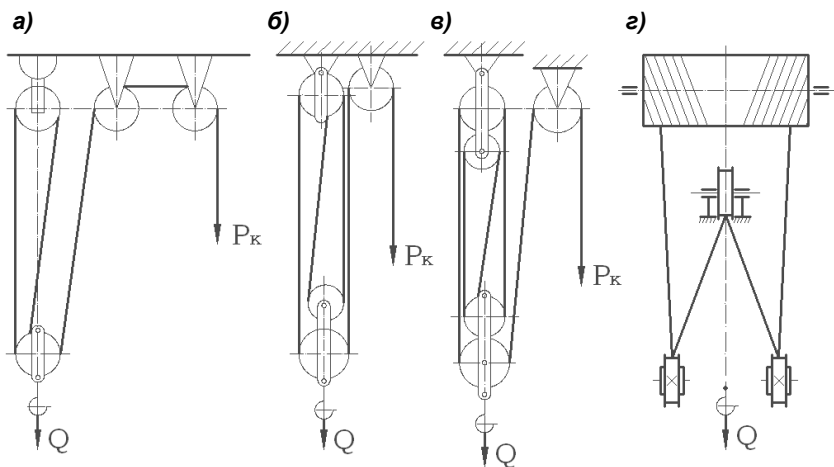


Рис. 3. Схемы полиспастов

Общий КПД подъемного механизма определяют:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{пол}} \eta_{\text{обв. бл}},$$

где  $\eta_{\text{пол}}$  – КПД полиспаста;  $\eta_{\text{обв. бл}}$  – КПД обводных (отклоняющих) блоков.

Для полиспаста, у которого тянущая ветвь сходит с верхнего неподвижного блока, КПД определяют по форму-

ле (1), а при сбегании каната с нижнего подвижного блока – по формуле (2):

$$\eta_{пол} = \frac{\eta_{бл}}{i_{пол}} \frac{1 - \eta_{бл}^z}{1 - \eta_{бл}}; \quad (1)$$

$$\eta_{пол} = \frac{1}{1 + i_{пол}} \frac{1 - \eta_{бл}^z}{1 - \eta_{бл}}, \quad (2)$$

где  $\eta_{бл}$  – КПД одного блока,  $\eta_{бл} = 0,98$ ;  $i_{пол}$  – кратность полиспаста;  $z$  – число блоков в полиспасте.

В грузоподъемных машинах применяют преимущественно канаты двойной свивки типа ЛК с шестью рядами в поперечном сечении и числом проволок в каждой от 19 до 37. Подбирают стальной канат по допускаемому разрывному усилию:

$$R = kP_{\kappa},$$

где  $k$  – коэффициент запаса прочности каната на разрыв в зависимости от режима работы лебедки (15% – легкий:  $k = 5$ ; 25% – средний:  $k = 5,5$ ; 40% – тяжелый:  $k = 6$ );  $P_{\kappa}$  – максимальное рабочее усилие в канате, навиваемом на барабан при подъеме, Н,

$$P_{\kappa} = \frac{9,81Q}{i_{пол} \eta_{общ}},$$

где  $Q$  – масса поднимаемого груза, кг (в случае строительных подъемников к грузу добавится масса грузовой платформы).

Данные по канатам приведены в табл. 4.

Барабаны для канатов выполняют сварными или литыми, их поверхность может быть гладкой или с канавками для каната (рис. 4), размеры профиля которых приведены в табл. 5.

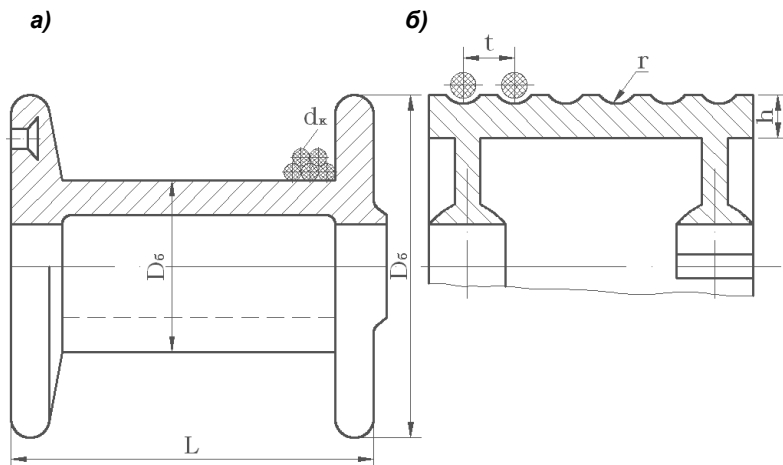


Рис. 4. Разновидности барабанов лебедок: а – гладкий; б – с канавками

Таблица 4  
**Разрывное усилие стальных канатов двойной свивки  
 типа ЛК-Р (ГОСТ 2688-80) [2]**

Диаметр каната, мм	Масса 1 м каната, кг	Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup> (кг/мм <sup>2</sup> )			
		1370 (140)	1570 (160)	1770 (180)	1960 (200)
8,3	0,256	–	34800	38150	41600
9,1	0,305	–	41550	45450	49600
9,9	0,359	–	48850	53450	58350
11,0	0,462	–	62850	68800	75100
12,0	0,527	–	71750	78550	85750
13,0	0,597	71050	81250	89000	97000
14,0	0,728	86700	98950	108000	118000
15,0	0,804	100000	114500	125500	137000
16,5	1,025	121500	139000	152000	166000
18,0	1,220	145000	166000	181500	198000
19,5	1,405	167000	191000	209000	228000
21,0	1,635	194500	222000	243500	265500
22,5	1,850	220000	251000	275000	303500
23,5	2,110	250500	287000	314000	343000
25,5	2,390	284000	324500	355500	288500
27,0	2,585	319000	365000	399500	436500

**Размеры профиля канавок на барабана лебедок [5], мм**

Диаметр каната $d_k$	Радиус канавки барабана $r$	Толщина стенки барабана $h$	Шаг нарезки $t$	Диаметр каната $d_k$	Радиус канавки барабана $r$	Толщина стенки барабана $h$	Шаг нарезки $t$
7,4...8	4,5	2,5	9,0	20...21,5	12	6,5	24
9...8	5,0	3,0	10,0	21,5...23	12,5	7	26
9...10	5,5	3,0	11,0	23...24,5	13,5	7,5	28
10...11	6,0	3,5	12,5	24,5...26	14	8	29
11...12	6,5	3,5	13,5	26...27,5	15	8,5	32
12...13	7,0	4,0	15,0	27,5...29	16	9	34
13...14	7,5	4,5	16,0	29...31	17	9,5	36
14...15	8,5	4,5	17,0	31...33	18	10	38
15...16	9,5	5,0	18,0	33...35	19	10,5	40
16...17	9,5	5,5	19,0	35...37,5	21	11,5	42
17...18	10,0	5,5	20,0	37,5...40	23	12	44
18...19	10,5	6,0	22,0	40...42	23	13	48
19...20	11,0	6,0	23,0	42,5...45,5	25	14	50

Рабочая длина барабана определяется:

- при многослойной навивке

$$L_{\sigma} = \frac{L_{\kappa} t}{\pi \cdot m (D_{\sigma} + d_{\kappa} m)};$$

- при однослойной навивке

$$L_{\sigma} = \frac{L_{\kappa} t}{\pi (D_{\sigma} + d_{\kappa})},$$

где  $L_{\kappa}$  – длина каната, навиваемого на барабан, м;  $t$  – шаг витков каната (при навивке каната на гладкий барабан  $t = d_{\kappa}$ );  $m$  – число слоев навивки каната.

В строительном подъемнике диаметры барабана лебедки  $D_{\sigma} = 230$  мм,  $D'_{\sigma} = 370$  мм, в башенном или козловом кране –  $D_{\sigma} = 410$  мм,  $D'_{\sigma} = 670$  мм.

Число слоев навивки каната на барабан:

$$m = \frac{D'_{\sigma} - D_{\sigma}}{2d_{\kappa}} - 2.$$

Расчетное число слоев навивки каната на барабан округляется до большего целого числа.

Длина каната, навиваемого на барабане, равна:

$$L_{\kappa} = bH + 2\pi(D_{\sigma} + d_{\kappa}),$$

где  $b$  – количество ветвей каната в полиспасте;  $H$  – заданная высота подъема груза, м.

Канатоемкость барабана равна:

$$L = \pi L_{\sigma} m (D_{\sigma} + m d_{\kappa}) / d_{\kappa}.$$

Пригодность лебедки по канатоемкости определяется из условия  $L_{\kappa} < L$ .

Необходимая мощность двигателя в кВт определяется по максимальному рабочему усилию в канате  $P_{\kappa}$ , скорости навивки каната  $v_{\kappa} = v_{\text{пр}} i_{\text{пол}}$  и КПД лебедки  $\eta_{\text{леб}} = 0,8$ :

$$N_{\text{дв}} = \frac{P_{\kappa} v_{\kappa}}{1000 \eta_{\text{леб}}}.$$

По табл. 6 выбрать двигатель в соответствии с вычисленной мощностью.

Таблица 6

**Основные характеристики электродвигателей грузовых лебедок башенных кранов КБ и кранов МСК**

Марка электродвигателя	МТВ-411-8	МТВ-412-6с	МТВ-412-6с	МТВ-412-8; МТК-111-6	МТВ-412-8; МТК-112-6
Мощность, кВт	30	30	30	22 и 15	22 и 5
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	11,83	16,1	16,1	11,9 и 14,58	11,9 и 14,58

Передаточное число редуктора равно:

$$u = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\sigma}},$$

где  $n_{\text{дв}}$  – частота вращения вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;  $n_{\sigma}$  – частота вращения барабана, мин<sup>-1</sup>:

$$n_{\sigma} = \frac{60 v_{\kappa}}{\pi [D_{\sigma} + d_{\kappa} (2m - 1)]}.$$

Редуктор выбирают по табл. 7.



Таблица 7

**Мощности на ведущем валу редукторов [9], кВт**

Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Передаточное число									ПВ, %
	8,32	9,8	12,41	16,3	19,88	24,9	32,42	41,34	50,94	
Редуктор Ц2-200										
600	7,7	6,8	6,1	5,8	5,4	4,4	3	2,4	2	25
	5,9	5,2	4,2	3,9	3,6	2,5	1,6	1,6	1,1	40
	4,6	3,8	3,3	2,1	1,7	1,3	0	0,7	0,5	100
750	9,3	8	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
	5,7	4,8	3,8	2,6	2,1	1,7	1,3	0,8	0,7	100
1000	11,5	10	8	7,9	6,6	5,4	4,1	4,1	3,7	25
	8,8	7,8	6,1	5,9	4,2	3,2	2,1	2,1	1,6	40
	7,65	6,3	5,1	3,4	2,8	2,2	1,7	1,1	0,9	100
Редуктор Ц2-250										
600	19,3	17,1	15,2	11,3	9,4	7	5,2	4,3	3,9	25
	14,2	12,5	9,9	7,2	6,4	5,5	3,6	3	2,6	40
	7,9	6,7	5,3	3,6	2,9	2,3	1,8	1,2	2	100
750	23	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	40
	9,1	8,3	6,6	4,5	3,7	2,9	2,2	1,5	1,2	100
1000	27,1	23,8	20,5	17,3	14,1	11,7	9,2	7,3	6	25
	42,8	39	33	24,1	21,1	18,1	15,6	10,2	9	40
	28,7	23,9	19,2	19,9	11,7	9,2	7,1	4,9	3,9	100
Редуктор Ц2-500										
600	137	120	113	82,5	75,2	63,3	42,7	34,5	31,8	25
	102	90,6	77	53,6	51	44,1	28,7	24,1	20,4	40
	57,8	49	38,7	26,3	23,6	19	14,3	10	8	100
750	163	140	112	103	89,2	75,6	52,7	42,2	37	25
	121	106	84,7	61	58,7	51,5	32,8	28,4	23,3	40
	72,5	61,2	48,4	32,9	29,6	23,6	18,2	12,4	10	100
1000	197	178	143	122	104	91,7	68,6	58,5	49	25
	145	132	103,2	74,2	65,4	52,8	40,2	37	28,5	40
	100	82	64	44	36	31,4	24	16,5	13,5	100

## 4. РАСЧЁТ ТОРМОЗА С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ

**Цель:** ознакомиться с устройством тормозов механизма подъема груза на кранах, их рассчитать и подбирать.

Исходные данные для расчета приводятся в табл. 1–3, 6–7.

В механизмах грузоподъемных машин применяют тормоза с электрогидравлическим толкателем (рис. 5), в котором замыкание колодок осуществляется усилием сжатых пружин 1, расположенных между стойкой 2 и гидротолкателем 3. Шток 4 толкателя соединен с тормозной системой посредством рычага 5.

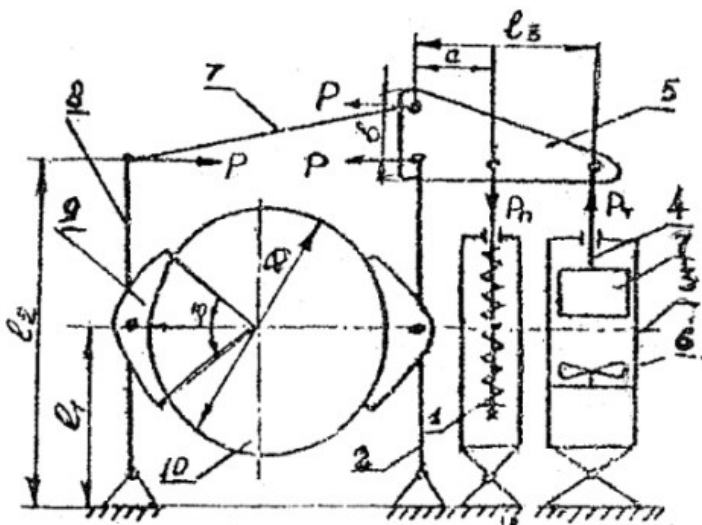


Рис. 5. Расчётная схема тормоза с электрогидравлическим толкателем:  
1 - пружины; 2 - стойка; 3 - гидротолкатель; 4 - шток; 5 - рычаг;  
6 - крыльчатка; 7 - тяга; 8 - стойка; 9 - колодка; 10 - шкив

При пуске механизма грузоподъема ток приводит в движение электродвигателя механизма подъема и гидротолкателя одновременно. Вал электродвигателя приводит во вращение крыльчатку 6, которая, выполняя роль насосного колеса, создает избыточное давление масла под поршнем 7 гидротолкателя. Вместе с поршнем поднимается вверх шток 4 и вращает рычаг 5, который тянет за со-

бой тягу, сжимая пружины 1, и отводит стойку 8 с колодкой 9 от тормозного шкива 10 посредством другой тяги 7.

При выключении электродвигателя механизма грузо-подъема и толкателя останавливаются, пружина, разжимаясь, вращает все рычаги в обратной последовательности, и колодки прижимаются к тормозному шкиву.

Тормоз устанавливается соосно с валом электродвигателя механизма подъема, так как вал имеет наименьший крутящий момент. В качестве шкива тормоза используется шкив упругой муфты, соединяющей вал электродвигателя с валом редуктора.

Тормоза с электрогидротолкателями имеют следующие преимущества перед тормозами с электромагнитами:

- плавность включения и выключения тормоза, что способствует уменьшению динамических нагрузок в механизмах и повышает их долговечность; возможность регулировки тормозного момента;

- возможность большого числа включений тормоза в час (до 2000);

- меньшие пусковые токи;

- выше износостойкость и надежность.

Однако тормоза с электрогидротолкателями имеют ограниченное применение, т.к. не могут работать в условиях низких температур и при установке тормоза в наклонном положении (отклонение не более  $15^\circ$ ).

Вычисляют необходимый тормозной момент по формуле, Н·м,

$$M_T = M_{\partial\epsilon}^T k_T,$$

где  $M_{\partial\epsilon}^T$  – момент, приведенный к валу, на котором установлен тормоз, Н·м;  $k_T$  – коэффициент запаса торможения, выбираемый в зависимости от группы режима работы механизма, для кранов  $k_T = 2$ .

Момент  $M_{\partial\epsilon}^T$  определяют по формуле, Н·м,

$$M_{\partial\epsilon}^T = \frac{N_{\partial\epsilon}}{\omega_{\partial\epsilon}},$$

где  $N_{\partial\epsilon}$  – мощность электродвигателя, Вт;  $\omega_{\partial\epsilon}$  – угловая скорость вала электродвигателя,  $\text{с}^{-1}$ .

По величине тормозного момента подбирают тормоз (табл. 8).

Таблица 8

**Тормоза и толкатели [10]**

Типоразмер тормоза	Тормозной момент, Н·м	В, мм	$\beta$ , °	Толкатель	
				Тип	Усилие, Н
ТКГ-160	100	80	70	ТЭ-30	300
ТКГ-200	300	90		ТЭ-30	300
ТКГ-300	600	140		ТЭ-50	500
ТКГ-400	1200	180		ТЭ-80	800

Нормальное усилие воздействия колодки на шкив определяют по формуле, Н,

$$F_{\text{колод}} = \frac{M_T}{fD_{\text{шкив}}},$$

где  $f$  – коэффициент трения (табл. 9);  $D_{\text{шкив}}$  – диаметр тормозного шкива.

Удельное усилие, передаваемое колодкой на шкив, определяют по формуле, Н/м<sup>2</sup>,

$$P = \frac{F_{\text{колод}}}{S} = \frac{F_{\text{колод}}}{\pi D_{\text{шкив}} B \beta},$$

где  $B$  – ширина тормозного шкива, м;  $\beta$  – угол обхвата шкива колодкой, град.

Чтобы тормоз эффективно работал, значение  $P$  должно быть меньше либо равно  $[P]$ .

Таблица 9

**Допускаемое давление и коэффициент трения  $f$  в колодочных тормозах**

Материал трущихся поверхностей	[P], МПа		$f$
	Стопорный тормоз	Спускной тормоз	
Чугун и сталь по чугуну	2,0	1,5	0,15
Сталь по стали	0,4	0,2	0,2
Тормозная асбестовая лента по чугуну и стали	0,6	0,3	0,35
Вальцованная лента по чугуну и стали	0,6	0,4	0,42

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЛЕТНЫХ КРАНОВ

**Цель:** научиться определять эксплуатационную производительность козлового (мостового) крана.

Исходные данные приведены в табл. 10.

Таблица 10

### Исходные данные

№ варианта	Грузоподъемность $Q$ , т	Средневзвешенная грузоподъемность крана $Q_{з.ср}$ , т	Скорость подъема груза $u_1 \cdot 10^{-2}$ , м/с	Скорость передвижения грузовой тележки $u_2 \cdot 10^{-2}$ , м/с	Скорость передвижения крана $u_3 \cdot 10^{-2}$ , м/с	Высота подъема груза $H$ , м	Длина пути грузовой тележки $L_1$ , м	Длина пути крана $L_2$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Козловой кран</b>								
1	20,0	15,6	8,5	40,0	40,0	8,5	30	40
2	20,0	17,7	15,0	66,7	83,0	11	42	65
3	20,0	14,8	15,5	52,0	68,0	7	28	30
4	25,0	17,0	12,5	41,6	33,4	20	30	50
5	18,0	16,8	12,5	13,1	33,4	24	32	55
6	25,0	18,6	8,3	36,7	33,4	28	40	45
7	30,0	27,6	12,5	41,6	33,4	15	25	52
8	30,0	27,0	12,5	41,6	33,4	12	10	64
9	40,0	28,6	12,5	41,6	33,4	20	25	58
10	45,0	28,6	8,3	41,6	33,4	22	23	48
11	10,0	5,9	25,0	66,7	60,0	10	35	37
12	12,5	6,3	13,4	64,3	83,0	10	38	42
13	12,5	5,5	13,4	53,3	83,0	9	24	57
14	12,5	6,3	13,4	53,3	83,0	8	18	65
15	18,0	14,8	12,5	64,3	33,4	10	38	72
16	30,0	27,0	12,5	41,6	33,4	10	25	53
17	40,0	28,6	8,3	41,6	33,4	10	20	45
<b>Мостовой кран</b>								
18	5,0	4,0	10,8	38	76	15	8	30
19	5,0	4,0	11,0	34	70	14	10	45
20	5,0	4,6	11,2	36	72	13	9	52
21	5,0	4,8	11,6	40	74	10	10	36
22	15,0	12,6	9,2	32	60	10	15	40
23	15,0	13,8	9,4	34	62	11	20	52

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	15,0	14,0	9,8	36	64	8	15	45
25	15,0	14,2	10,0	38	68	10	10	50
26	12,5	11,2	9,2	36	75	10	12	46
27	12,5	10,8	9,4	34	78	12	10	34
28	12,5	11,8	9,6	32	80	10	10	30
29	20,0	16,2	7,2	30	76	12	12	40
30	20,0	17,8	7,4	30	74	10	15	50
31	20,0	18,3	7,6	32	72	11	18	35
32	15,0	14,2	9,4	34	62	12	11	45
33	5,0	4,0	11,6	36	74	8	8	55
34	12,0	10,8	9,2	36	80	11	10	48

Эксплуатационная производительность козлового (мостового) крана равна:

$$П_{\text{эспл}} = Qnk_2,$$

где  $Q$  – грузоподъемность крана, т;  $n$  – количество рабочих циклов крана;  $k_2$  – коэффициент использования крана по грузоподъемности,

$$k_2 = \frac{Q_{z.c\bar{c}}}{Q},$$

где  $Q_{z.c\bar{c}}$  – средневзвешенная грузоподъемность, т;

$$n = \frac{3600}{t_u}.$$

Продолжительность одного цикла козлового (мостового) крана равна:

$$t_u = k_1 k_2 \left( \frac{2H}{v_1} + \frac{2L_1}{v_2} + \frac{2L_2}{v_3} \right) + \sum t_{p.o},$$

где  $k_1$  – коэффициент, учитывающий потерю времени на пуск, остановку и реверсирование,  $k_1 = 1,1 \dots 1,2$ ;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий сокращение продолжительности цикла из-за совмещения операций во времени,  $k_2 = 0,80 \dots 0,85$ ;  $H$  – высота подъема груза, м;  $L_1$  – длина

пути грузовой тележки, м;  $L_2$  – длина пути крана, м;  $v_1$  – скорость подъема груза, м/с;  $v_2$  – скорость передвижения грузовой тележки крана, м/с;  $v_3$  – скорость передвижения крана, м/с;  $\sum t_{p.o}$  – время ручных операций: зацепка – 1 мин.; установка – 3 мин.; расстроповка – 0,5 мин. при  $Q = 5$  т; соответственно, 1,5 мин.; 4,5 мин.; 6 мин. при  $Q = 10$  т и более.

## 6. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЛИФТОВ

**Цель:** научиться рассчитывать количество и параметры лифтов в зависимости от типа здания, его вместимости и этажности.

Исходные данные приведены в табл. 11, 12.

Таблица 11

### Исходные данные

Вариант	Тип здания	Вместимость	Высота этажа, м	Этажность	Тип лифта	Скорость лифта, м/с	Грузоподъемность, кг
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Гостиница	600	3,3	9	П	1,0	500
2	НИИ	1500	3,0	9	П	1,0	630
3	ВУЗ	3000	3,6	14	П	4,0	1600
4	Санаторий	300	2,8	7	П	0,71	400
5	Бизнес-центр	1200	3,3	16	П	1,4	1000
6	Общежитие	500	2,8	9	П	0,71	400
7	Административное здание	2000	3,0	20	П	4,0	1600
8	Пансионат	400	2,8	5	П	0,71	400
9	ВУЗ	2500	3,6	9	ГП	1,4	500
10	Административное здание	1000	3,3	12	П	1,4	1000
11	Гостиница	800	3,0	9	П	1,0	500
12	Санаторий	500	3,0	6	П	0,71	400
13	Бизнес-центр	1500	3,3	16	ГП	1,0	500
14	ВУЗ	1000	3,5	9	ГП	1,4	500

Окончание табл. 11

1	2	3	4	5	6	7	8
15	Гостиница	700	2,8	12	П	1,0	630
16	Общежитие	750	2,8	9	П	0,71	400
17	Административное здание	800	3,0	9	П	1,4	400
18	ВУЗ	900	3,3	7	П	1,4	1000
19	Проектный институт	1300	3,0	16	П	1,4	1000
20	Административное здание	800	3,3	12	ГП	1,4	500
21	Гостиница	1000	2,8	20	П	1,0	630
22	НИИ	1300	3,0	12	ГП	1,4	500
23	Санаторий	250	2,8	4	П	1,0	400
24	Бизнес-центр	600	3,0	7	ГП	1,4	500
25	Административное здание	2000	3,3	18	П	4,0	1600
26	Гостиница	750	3,0	14	П	1,4	1000
27	НИИ	1900	3,0	16	ГП	1,4	500
28	ВУЗ	3300	3,6	9	ГП	1,4	500
29	Гостиница	600	3,0	9	П	0,71	400
30	Пансионат	350	2,8	5	П	0,71	400
31	Бизнес-центр	3000	3,0	20	П	4,0	1600
32	Административное здание	2500	3,0	16	П	4,0	1600
33	Гостиница	900	3,0	12	П	1,0	500
34	ВУЗ	2500	3,3	7	П	1,4	1000
35	Проектный институт	1000	3,0	10	П	1,0	650



**Показатель интенсивности пятиминутного  
пикового пассажиропотока**

Назначение здания	Показатель $i$ , %
Жилые здания	4–6
Гостиницы	7–10
Административно-хозяйственные здания	12–20
ВУЗ	20–35
Больницы	15–17
Общежития	10–12
Санатории, пансионаты	15–20
Зрелищные здания	15–20
Магазины	10–15

Находим высоту подъема лифта как разность между отметками уровней верхней и нижней остановок:

$$H = h(N - 1),$$

где  $h$  – высота этажа, м;  $N$  – количество этажей.

Вместимость лифта равна (принимая среднюю массу одного человека в 80 кг):

$$E = G/80,$$

где  $G$  – грузоподъемность лифта, кг.

Вероятное число остановок лифта при его движении в одну сторону (вверх или вниз) равно:

$$n_s = n_1 - (n_1 - 1)[(n_1 - 1)/n_1]^{E\gamma},$$

где  $n_1$  – число возможных остановок выше первой (при подъеме) или ниже последней (при спуске),  $n_1 = N - 1$ ;  $\gamma$  – коэффициент заполняемости лифта,  $\gamma = 0,8$  – для жилых зданий,  $\gamma = 1$  – для всех остальных типов зданий.

Число остановок может быть дробным, так как оно есть среднее за длительный промежуток времени (большое число круговых рейсов лифта).

Время кругового рейса равно [6]:

$$T = 2H/v + \Sigma t;$$

$$\Sigma t = \Sigma t_n + \Sigma t_c;$$

$$\Sigma t_n = (t_1 + t_2 + t_3)(n_{\text{э}} + 1) + (t_4 + t_5)E\gamma_n + t_6;$$

$$\Sigma t_c = (t_1 + t_2 + t_3)(n_{\text{э}} + 1) + (t_4 + t_5)E\gamma_c + t_6,$$

где  $t_1$  – время, затрачиваемое на ускорение и замедление лифта, с;  $t_2$  – время, необходимое для пуска лифта, с;  $t_3$  – время, требуемое на открывание и закрывание дверей кабины и шахты лифта, с;  $t_4$  – время, необходимое на вход пассажиров, с;  $t_5$  – время, необходимое на выход пассажиров, с;  $t_6$  – время на случайные задержки,  $t_6 = 0,05-0,1T$ , с;  $\gamma_n$ ,  $\gamma_c$  – коэффициенты заполняемости лифта при подъеме и спуске соответственно.

Для пассажирских лифтов  $t_1 + t_2 + t_3 = 10-12$  с, для грузопассажирских –  $t_1 + t_2 + t_3 = 12-14$  с,  $t_4 = t_5 = 1,5-2$  с на одного пассажира.

Расчетный пятиминутный пассажиропоток («пятиминутный пик») при равномерной заселенности этажей, определяется по формуле:

$$Q_5 = A(N - a)/100N,$$

где  $a$  – число этажей, население которых не пользуется лифтом;  $A$  – вместимость здания, чел.

Расчетный часовой пассажиропоток равен:

$$Q_{\text{рч}} = 12Q_5.$$

Часовая производительность лифта определяется по формуле, чел.-ч.,

$$P = 3600E(\gamma_n + \gamma_c)/2T.$$

Необходимое число лифтов в здании равно:

$$K = Q_{\text{рч}}/P.$$

Проектируемый вертикальный транспорт должен обеспечивать требуемую провозную способность людей и нормативный уровень транспортной комфортности, характеризуемый временем ожидания:

$$t_{\text{ож}} = T/K.$$

В табл. 13 представлена оценка уровня транспортной комфортности от интервала движения лифтов.

**Зависимость оценки уровня транспортной  
комфортности от интервала движения**

Оценка	Величина интервала $t_{ож}$ , с	
	В жилых домах	В общественных и административных зданиях
Отлично	До 45	До 30
Хорошо	45–60	30–45
Удовлетворительно	60–90	45–60
Неудовлетворительно	Более 90	Более 60

## 7. РАСЧЕТ ЛИФТОВОГО МЕХАНИЗМА

**Цель:** научиться проводить проектировочный расчет лифтов.

Исходные данные приведены в табл. 11.

### Расчет и подбор каната

Канаты подъёмных механизмов лифтов обеспечивают передачу движения от лебедки к кабине и противовесу с небольшими потерями мощности на канатоведущем органе и отклоняющих блоках.

Канаты воспринимают растягивающие нагрузки при движении и неподвижном состоянии кабины, в нормальных эксплуатационных и аварийных режимах.

От надежности работы системы подвески подвижных частей лифта зависит жизнь пассажиров. Поэтому к стальным канатам и тяговым цепям лифтов предъявляются повышенные требования прочности и долговечности: номинальный диаметр тяговых канатов лифтов для перевозки людей должен быть не менее 8 мм, а в ограничителях скорости и лифтах, не рассчитанных на транспортировку людей, – не менее 6 мм.

Условия работы канатов в лифтах с канатоведущим шкивом отличаются наличием изгибающих, растягивающих, скручивающих и сдвигающих нагрузок, поэтому очень важно иметь большую поверхность касания проволочек в отдельных слоях. Этому требованию в наибольшей

степени отвечают канаты типа ЛК с линейчатым касанием между проволоками.

Стальные канаты должны рассчитываться на статическое разрывное усилие [7]:

$$P = S \cdot K,$$

где  $P$  – разрывное усилие каната, кН;  $K$  – коэффициент запаса;  $S$  – расчетное статическое натяжение ветви каната, кН.

Коэффициент запаса прочности тяговых канатов должен быть не менее:

- 12 для лебедки с канатоведущим шкивом или барабаном трения и тремя и более канатами;
- 16 для лебедки с канатоведущим шкивом или барабаном трения и двумя канатами;
- 12 для лебедки барабанной.

Величина расчетного натяжения ветви канатной подвески должна определяться по следующим зависимостям:

- для канатов подвески кабины, Н,

$$S_K = \frac{Q + Q_K + Q_{TK} + 0,5Q_{HY}}{n} g;$$

- для канатов подвески противовеса, Н,

$$S_{II} = \frac{Q_{II} + Q_{TK} + 0,5Q_{HY}}{n} g,$$

где  $Q$  – грузоподъемность лифта, кг;  $Q_K$  – масса кабины, кг;  $Q_{II}$  – масса противовеса, кг;  $Q_{TK}$  – масса тяговых канатов от точки схода с канатоведущего шкива до подвески, кг;  $Q_H$  – масса натяжного устройства уравнивающих канатов, ориентировочно 25–35 кг;  $n$  – число параллельных ветвей канатов, для лифтов от 500 до 1000 кг  $n = 3-6$ ;  $g$  – ускорение свободного падения.

Масса тяговых канатов определяется по формуле:

$$Q_{mc} = n \cdot q_{mc}^n (H + 3 \dots 4),$$

где  $q_{mc}^n$  – приближенное значение массы 1 м тягового каната, принимается 0,4–0,5 кг/м;  $H$  – расчетная высота подъема кабины, м.

Масса кабин пассажирских лифтов отечественного производства приближенно определяется по следующей формуле:

$$Q_{\kappa} = (500...550)AB,$$

где  $A, B$  – ширина и глубина кабины (табл. 14), м.

Масса противовеса определяется по формуле:

$$Q_n = Q_{\kappa} + \Psi Q,$$

где  $\Psi$  – коэффициент уравнивания массы груза, для пассажирских лифтов жилых зданий рекомендуется принимать  $\Psi = 0,35-0,4$ .

Выбираем канат по ГОСТ 2680–80.

Таблица 14

**Площадь кабины лифта**

Номинальная грузоподъемность, кг	Полезная максимальная площадь кабины, м <sup>2</sup>	Номинальная грузоподъемность, кг	Полезная максимальная площадь кабины, м <sup>2</sup>
100*	0,37	900	2,20
180**	0,58	975	2,35
225	0,70	1000	2,40
300	0,90	1050	2,50
375	1,10	1125	2,65
400	1,17	1200	2,80
450	1,30	1250	2,90
525	1,45	1275	2,95
600	1,60	1350	3,10
630	1,66	1425	3,25
675	1,75	1500	3,40
750	1,90	1600	3,56
800	2,00	2000	4,20
825	2,05	2500***	5,00

\* Минимум для лифта на одного человека.

\*\* Минимум для лифта на двух человек.

\*\*\* После 2500 кг добавлять 0,16 м<sup>2</sup> на каждые последующие 100 кг.

Для промежуточных значений нагрузки площадь определяется посредством линейной интерполяции.

## Расчет диаметра канатоведущего шкива и обводных блоков

В конструкции механизмов подъема лифтов с канатной подвеской кабины (противовеса) канатоведущие шкивы используются для преобразования вращательного движения выходного вала механизма привода в поступательное перемещение кабины (противовеса). В зависимости от кинематической схемы лифта применяются также отклоняющие блоки.

Применение канатоведущего шкива в лифтовых лебедках позволяет существенно повысить безопасность пассажиров, практически исключая опасность обрыва канатов, так как кабина может быть подвешена на нескольких параллельных ветвях канатов, а высота переподъема ограничивается проскальзыванием канатов из-за посадки противовеса на буфер.

Канатоведущие шкивы и отклоняющие блоки изготавливаются из чугунного или стального литья. Отливка в зоне обода должна иметь достаточно высокую твердость и однородную структуру.

Расстояние между канавками обода КВШ зависит от диаметра каната и определяется по формуле:

$$t = (1,2 \div 2,0) \cdot d.$$

Ширина обода шкива определяется числом параллельных ветвей канатов:

$$B = (m \cdot t + 2 \cdot d) \cdot z,$$

где  $t$ ,  $d$  – шаг канавок и диаметр каната, мм;  $m$  – число параллельных ветвей канатов;  $z$  – число обхватов канатами КВШ.

Для обеспечения долговечности каната важно обеспечить отношение между диаметром шкивов, блоков и барабанов и номинальным диаметром тяговых канатов должен быть не менее 40.

Подбираем диаметр шкива и обводных блоков.

## Расчет тяговой способности канатоведущего шкива

Тяговое усилие канатоведущего шкива определяется силой трения канатов о шкив. Если кабину лифта начать постепенно перегружать, то при определенном значении массы груза сила трения окажется недостаточной, и канаты начнут скользить по шкиву. Причем начало скольжения канатов происходит при совершенно определенном соотношении между усилиями в левой и правой ветвях каната.

Во избежание полного проскальзывания каната относительно шкива необходимо выполнить условие формулы Эйлера:

$$\frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{S_{нб}}{S_{об}} \leq e^{\mu\alpha},$$

где  $\mu$  – коэффициент трения между канатом и ручьем шкива,  $\mu = 0,2$ ;  $\alpha$  – угол обхвата шкива, рад,  $\alpha = \pi$ .

Величина  $e^{\mu\alpha}$  называется тяговым коэффициентом или тяговым фактором, и чем она больше, тем большее тяговое усилие может создавать канатоведущий шкив.

При проектировании лифтов с канатоведущими шкивами необходимо проводить проверку тяговой способности шкива. Для расчета выбирается такой режим работы, когда усилие в более загруженной ветви достигает максимума, а в менее загруженной ветви – минимума. Обычно это соответствует периоду пуска полностью грузной кабины с первого этажа (рис. 6).

В этом случае усилие в точке набегания канатов на шкив

$$S_{нб} = (Q + Q_{\kappa} + Q_{mk}) \left( 1 + \frac{a_n}{g} \right) Q \mu_1 \frac{A + B}{3h},$$

где  $a_n$  – ускорение пуска, максимальное ускорение пуска для лифтов, в которых допускается транспортировка людей,  $a_n = 2 \text{ м/с}^2$ ;  $\mu_1$  – коэффициент трения башмаков (для металлических башмаков принимается равным 0,12);  $h$  – расстояние между башмаками по вертикали,  $h = 3 \text{ м}$ .

Усилие в точке сбегания (рис. 6)

$$S_{сб} = Q_n \left( 1 + \frac{a_n}{g} \right).$$

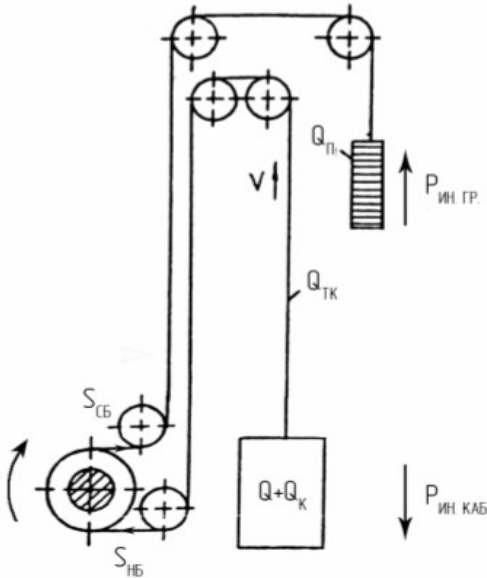


Рис. 6. Кинематическая схема лифта

### Расчет электродвигателя

Потребная мощность двигателя лебедки для обычных лифтов выбирается по условию движения полностью груженной кабины с первого этажа без учета инерционных нагрузок:

$$N = \frac{(W_0 + W_{\text{верхн. бл}} + W_{\text{нижн. бл}}) \cdot V}{1000 \cdot \eta_n \cdot \eta_{шк}},$$

где  $\eta_n$  – КПД передачи (для червячной передачи  $\eta_n = 0,6-0,8$ , КПД возрастает с увеличением числа заходов червяка);  $\eta_{шк}$  – КПД шкива или барабана ( $\eta_{шк} = 0,94-0,98$ , меньшие значения относятся к шкивам на подшипниках скольжения, большие – к шкивам на подшипниках качения);  $V$  – скорости кабины, м/с.



В лифтах с противовесом окружное усилие

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб}.$$

Сопротивление на отклоняющих блоках можно с достаточной точностью определить по формуле:

$$W_{бл} = 2 \cdot S_{бл} \cdot \omega \cdot \sin \frac{\alpha}{2},$$

где  $S_{бл}$  – усилие в канате при набегании на отклоняющий блок, принимать равной максимальной силе в точке набегания на шкив, Н;  $\alpha$  – угол обхвата блока канатами, для нижнего блока  $\alpha = 90^\circ$ , для верхнего блока  $\alpha = 180^\circ$ ;  $\omega$  – коэффициент сопротивления (для блоков на подшипниках качения  $\omega = 0,02$ ; на подшипниках скольжения  $\omega = 0,04$ ).

Выбираем электродвигатель по табл. 15.

Таблица 15

**Двигатели закрытые обдуваемые единой серии 4А  
(тип/ асинхронная частота вращения, мин<sup>-1</sup>)**

Мощность, кВт	Синхронная частота, мин <sup>-1</sup>			
	3000	1500	1000	750
0,25	–	–	–	71B8/680
0,37	–	–	71A6/910	80A8/675
0,55	–	71A4/1390	71B6/900	80B8/700
0,75	71A2/2840	71B4/1390	80A6/915	90LA8/700
1,1	71B2/2810	80A4/1420	80B6/920	90LB8/700
1,5	80A2/2850	80B4/1415	90L6/935	100L8/700
2,2	80B2/2850	90L4/1425	100L6/950	112MA8/700
3	90L2/2840	100S4/1435	112MA6/950	112MB8/700
4	100S2/2880	100L4/1430	112MB6/950	132S8/720
5,5	100L2/2880	112M4/1445	132S6/965	132M8/720
7,5	112M2/2900	132S4/1455	132M6/970	160S8/730
11	132M2/2900	132M4/1460	160S6/975	160M8/730
15	160S2/2940	160S4/1465	160M6/975	180M8/730
18,5	160M2/2940	160M4/1465	180M6/975	–
22	180S2/2945	180S4/1470	–	–
30	180M2/2945	180M4/1470	–	–

## Расчет редуктора

В редукторах лифтовых лебедках преимущественное распространение получили червячные передачи (рис. 7) в силу ряда очевидных преимуществ: возможность получения больших передаточных чисел в одной паре, а также плавность и бесшумность работы. Недостатком червячной передачи является сравнительно низкий КПД, повышенный износ в связи с большими скоростями скольжения в зацеплении, склонность к задирам и заеданию контактирующих поверхностей.

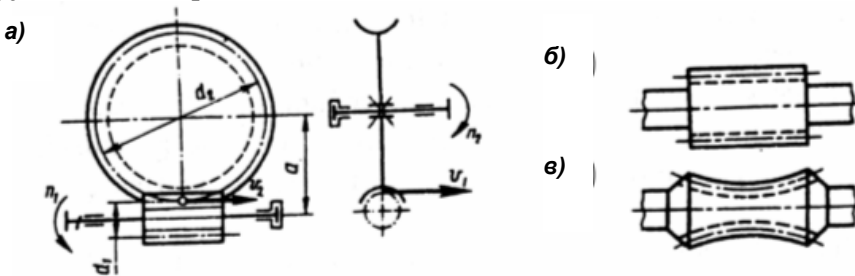


Рис. 7. Схема червячной передачи лифтового редуктора: а - червячная передача; б - червяк цилиндрический; в - червяк глобоидный

Предпочтительным является червячный редуктор с глобоидной передачей, при выборе которого необходимо учитывать, что табличное значение передаточного числа редуктора должно быть больше либо равно расчетному  $U_p \geq U_o$ .

Передаточное число редуктора определяется с учетом кинематической схемы лифта по следующей формуле:

$$U_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{V \cdot 60},$$

где  $D$  – расчетная величина диаметра канатоведущего шкива, м;  $n_n$  – номинальное значение частоты вращения вала двигателя, об/мин.

Выбираем редуктор по табл. 16.

После выбора редуктора лебедки производится уточнение диаметра шкива по кинематическому условию, гарантирующему обеспечение номинальной скорости движения кабины с погрешностью, не превышающей 15%:

$$D = \frac{60 \cdot V_p \cdot U_p}{\pi \cdot n_n},$$

где  $V_p$  – рабочая скорость кабины, равная номинальной или отличающейся на 15%, м/с;  $U_p$  – табличное значение передаточного числа редуктора лебедки;  $n_n$  – номинальное значение частоты вращения вала двигателя, об/мин.

Таблица 16

**Параметры глобидных червячных редукторов [8]**

Типоразмер редуктора	Передаточное число	Частота вращения входного вала, об/мин.								
		750			1000			1500		
		Мощность на входном валу, кВт	Момент на выходном валу Н.м	$\eta$	Мощность на входном валу, кВт	Момент на выходном валу Н.м	$\eta$	Мощность на входном валу, кВт	Момент на выходном валу Н.м	$\eta$
Чг-80	10	3,75	400	0,82	4,02	325	0,83	5,05	275	0,84
	12,5	3,62	475	0,81	3,75	375	0,82	4,45	300	0,83
	16	2,86	476	0,80	3,55	450	0,81	3,84	333	0,82
	20	2,48	508	0,79	3,15	492	0,80	3,46	365	0,81
	25	2,04	508	0,77	2,48	476	0,79	3,15	412	0,81
	31,5	1,78	540	0,74	2,18	508	0,76	2,32	380	0,80
	40	1,32	492	0,72	1,65	476	0,74	1,75	350	0,77
	50	0,89	397	0,69	1,05	365	0,71	1,25	300	0,74
63	0,67	349	0,63	0,73	302	0,67	0,90	260	0,69	
Чг-100	10	5,95	650	0,84	6,35	600	0,84	8,05	450	0,86
	12,5	5,57	750	0,83	5,88	600	0,84	7,25	500	0,85
	16	4,84	825	0,82	5,50	714	0,83	6,88	600	0,48
	20	4,16	873	0,81	4,96	794	0,82	6,50	700	0,83
	25	3,26	825	0,78	4,06	794	0,80	5,60	746	0,82
	31,5	2,68	825	0,75	3,38	809	0,78	4,80	794	0,81
	40	2,02	762	0,73	2,50	730	0,75	3,53	714	0,78
	50	1,45	651	0,69	1,75	619	0,72	2,48	603	0,75
63	1,14	603	0,65	1,09	508	0,68	1,68	492	0,71	
Чг-125	10	9,5	1050	0,85	9,86	825	0,86	12,7	725	0,88
	12,5	9,0	1225	0,84	9,44	975	0,85	11,7	825	0,87
	16	8,4	1450	0,83	8,80	1150	0,84	10,8	975	0,87
	20	7,5	1600	0,82	8,36	1350	0,83	10,1	1125	0,86
	25	6,20	1587	0,78	7,62	1510	0,81	9,54	1300	0,84
	31,5	4,77	1492	0,76	6,10	1460	0,78	8,5	1428	0,82
	40	3,72	1428	0,74	4,72	1398	0,76	6,5	1350	0,80
	50	2,86	1302	0,70	3,45	1238	0,73	4,77	1190	0,77
63	2,18	1190	0,66	2,60	1110	0,70	3,68	1080	0,72	

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башенные краны: справочные данные. – URL: <http://bakran.ru> (дата обращения 28.02.2021). – Текст: электронный.

2. ГОСТ 2688-80. Канат двойной свивки типа АК-Р конструкции 6×19(1+6+6/6)+1 о.с. Сортамент: Межгосударственный стандарт: дата введения 1982-01-01. – Текст: непосредственный.

3. ГОСТ 7173-54. Рельсы железнодорожные типа р43 для путей промышленного транспорта: государственный стандарт: дата введения 1955-01-01. – Текст: непосредственный.

4. ГОСТ 28648-90. Колеса крановые. Технические условия: Межгосударственный стандарт: дата введения 1991-07-01. – Текст: непосредственный.

5. ГОСТ 33710-2015. Краны грузоподъемные. Выбор канатов, барабанов и блоков: Межгосударственный стандарт: дата введения 2017-01-04. – Текст: непосредственный.

6. ГОСТ Р 52941-2008 (ИСО 4190-6:1984). Лифты пассажирские. Проектирование систем вертикального транспорта в жилых зданиях: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2009-07-01. – Текст: непосредственный.

7. ГОСТ Р 56943-2016. Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке. Лифты для транспортирования грузов: Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2017-01-01. – Текст: непосредственный.

8. Редукторы типа ЧГ-80, ЧГ-100, ЧГ-125: справочные данные. Барнаул, 2021. – URL: <http://reduktor-market.ru/jg.htm> (дата обращения 28.02.2021). Текст: электронный.

9. Редукторы цилиндрические: справочные данные. – Санкт-Петербург, 2008. – URL: <https://reduktor-union.ru> (дата обращения 28.02.2021). – Текст: электронный.

10. Тормоз ТКГ – колодочный тормоз с гидротолкателем ТЭ: справочные данные. – Челябинск, 2002. – URL: <https://telfers.ru/kranovoe-oborudovanie/tormoz-tkg.html> (дата обращения: 28.02.2021). – Текст: электронный.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА</b> .....	4
<b>2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРИВОДОВ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КРАНА</b> .....	9
<b>3. РАСЧЕТ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЛЕБЕДКИ БАШЕННОГО КРАНА</b> .....	12
<b>4. РАСЧЁТ ТОРМОЗА С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ</b> .....	18
<b>5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЛЕТНЫХ КРАНОВ</b> .....	21
<b>6. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЛИФТОВ</b> .....	23
<b>7. РАСЧЕТ ЛИФТОВОГО МЕХАНИЗМА</b> .....	27
<b>Библиографический список</b> .....	36

Компьютерная верстка Т.В. Телелева

Темплан ФГБОУВО «ЗГУ» 2021 г. Подписано в печать 27.10.2021.  
Формат 60x84 1/16. Бум. для копир.-мн.ап. Гарнитура *Bookman Old Style*.  
Печать плоская. Усл.п.л. 2,4. Уч.-изд.л. 2,4. Тираж 30 экз. Заказ 25.

663310, Норильск, ул. 50 лет Октября, 7. E-mail: RIO@norvuz.ru

---

Отпечатано с готового оригинал-макета в отделе ТСОиП ФГБОУВО «ЗГУ»