

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА»
(наименование дисциплины)**

Направление подготовки	08.03.01 Строительство
Направленность (профиль)	Проектирование зданий
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная

Ставрополь

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

ТЕМА: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

Цель занятия: Произвести тяговый расчет тракторного поезда в условиях строительства при транспортировке грузов и определить его производительность.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тяговые показатели характеризуют потребительские свойства трактора и наряду с другими эксплуатационными показателями влияют на производительность тракторного агрегата. Тяговые показатели зависят как от конструкции трактора (тип двигателя, число передач, тяговый фактор, мощность двигателя), так и от вида и состояния грунта, на котором работает агрегат. Данные для расчета приведены в табл. 1.1 – 1.5.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить возможную силу тяги трактора по условиям сцепления применительно к наиболее тяжелому участку пути.
2. Установить на какой передаче может двигаться трактор, исходя из возможного сцепления.
3. Вычислить вес груза в прицепе.
4. Подсчитать количество прицепов тракторного поезда применительно к наиболее тяжелому участку пути.
5. Определить требуемые тяговые усилия на крюке трактора и скорости движения на всех участках пути.
6. Вычислить продолжительность движения поезда на отдельных участках трассы с грузом и без него.
7. Вычислить длительность рейса тракторного поезда, включая погрузку и разгрузку.
8. Определить сменную производительность тракторного поезда.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Определяем силу тяги трактора по условию сцепления с дорогой, исключаям буксование, для каждого участка пути (рис. 1.1). Распределение сил, действующих на тракторный поезд, показано на рис. 1.2.

$$F_{\text{сц}} = \varphi \cdot G_{\text{тр}}, \text{ Н} \quad (1.1)$$

где $G_{\text{тр}}$ – сила веса трактора, Н (табл. 1.2);
 φ – коэффициент сцепления двигателя с дорогой (табл. 1.4).

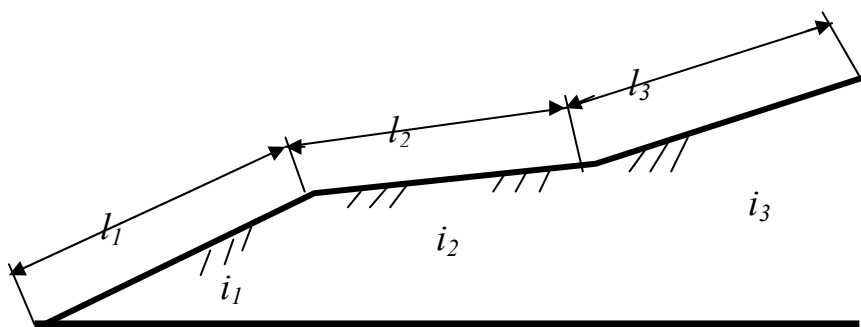


Рисунок 1.1 - Схема пути движения тракторного поезда по заданию

2. Определяем силу тяги на крюке по условию

$$F_{\text{кр}} \leq F_{\text{сц}} - G_{\text{тр}} f, \text{ Н}, \quad (1.2)$$

где f – основное удельное сопротивление движению (табл. 4).

Используя полученное значение $F_{кр}$ по табл.1.2 выбираем наименьшую передачу при наибольшем возможном по условию сцепления тяговом усилии $F_{крi}$, обеспечивающем движение трактора на каждом участке пути.

3. Вычисляем силу веса груза в прицепе и проверяем ее по грузоподъемности

$$Q = g\rho V \leq Q_{гр}, \text{ Н}, \quad (1.3)$$

где ρ – насыпная плотность груза, кг/м³ (табл. 1.5);
 V – емкость кузова прицепа, м³ (табл. 1.3);
 g – ускорение свободного падения 9,81 м/с²;
 $Q_{гр}$ – грузоподъемность прицепа, Н (табл. 1.3).

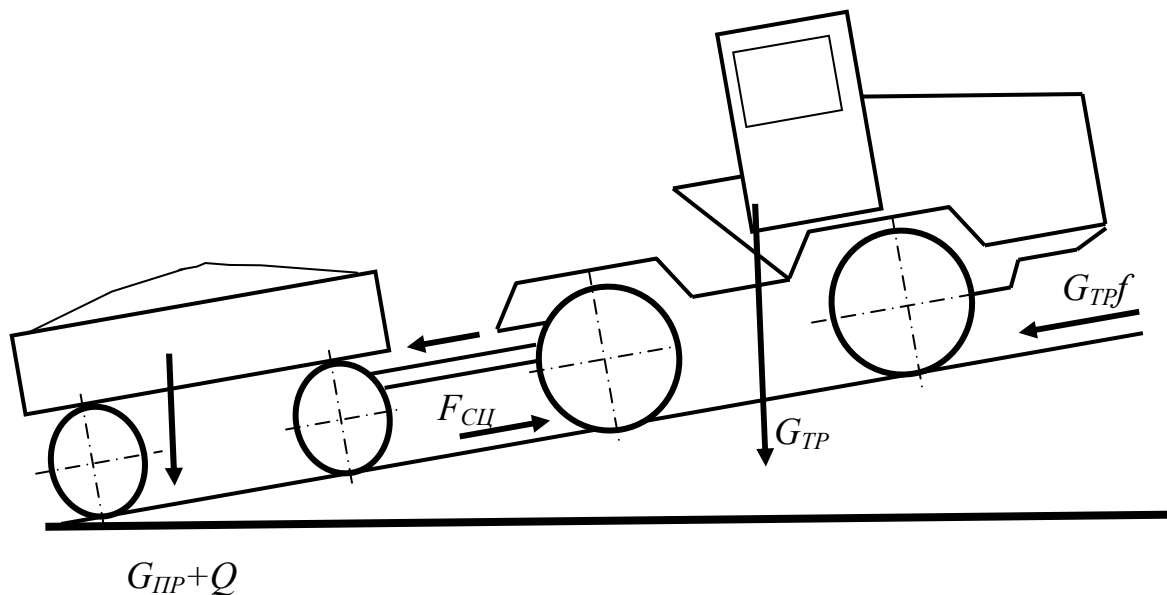


Рисунок 1.2 - Схема распределения сил, действующих на тракторный поезд

Если сила веса груза Q превышает грузоподъемность прицепа $Q_{гр}$, то ее приравнивают к последней.

4. Подсчитываем какое количество прицепов n может буксировать трактор во время подъема на каждом участке пути:

$$n_i = \frac{F_{крi} - G_{ПР} \cdot i}{(Q + G_{ПР})(f \pm i)}, \text{ шт.} \quad (1.4)$$

где $G_{ПР}$ – сила веса прицепа без груза, Н (табл. 1.3);
 $F_{крi}$ – тяговое усилие трактора на i - той передаче (см. п.2);
 i – уклон пути (знак плюс при подъеме, минус – при спуске) (см. табл. 1.1).

При получении дробного числа, его значение округляем до целого. Для дальнейших расчетов из трех значений n выбираем наименьшее, соответствующее наиболее тяжелому участку пути.

5. Определяем требуемое тяговое усилие на крюке трактора и скорости движения, как с грузом так и без груза, для каждого участка пути по формулам:

$$F_{кр}^{ГР} = n(G_{ПР} + Q)(f + i) + G_{ТР}i, \text{ Н} \quad (1.5)$$

$$F_{кр}^{ПОР} = nG_{ПР}(f + i) + G_{ТР}i, \text{ Н} \quad (1.6)$$

По полученным данным, пользуясь табл. 1.2, подбираем оптимальные передачи движения тракторного поезда и соответствующие им наивысшие скорости движения для каждого участка пути, т.е.

$$F_{кр i} \geq F_{кр}^{гр(пор)} \quad (1.7)$$

6. Вычисляем продолжительность движения тракторного поезда на каждом участке пути

$$t_k^{гр(пор)} = \frac{l_k}{0.8V_k}, \text{ с}, \quad (1.8)$$

где t_k, l_k, V_k – время движения, длина участка и скорость движения на k - том участке пути;
0,8 – коэффициент, учитывающий затраты времени на ускорение, замедление и переключение передач.

Порожний поезд практически движется на высшей (транспортной) передаче.

Вычисляем продолжительность одного цикла работы тракторного поезда по формуле

$$t_{ц} = t_1^{гр} + t_2^{гр} + t_3^{гр} + t_1^{пор} + t_2^{пор} + t_3^{пор} + n(t_{загр} + t_{разгр}), \text{ с}, \quad (1.9)$$

где $t_{загр}, t_{разгр}$ время загрузки и разгрузки одного прицепа (табл. 1.3).

9. Определяем сменную производительность тракторного поезда

$$n = \frac{3,6 \cdot T \cdot k_B \cdot Q \cdot n}{g \cdot t_{ц}}, \text{ т/смену}, \quad (1.10)$$

где T – количество часов в смене, 8,2 часа;

k_B – коэффициент использования сменного времени, равный 0,75-0,8.

Таблица 1.1 – Исходные данные к расчету

№ вар.	Тип дороги	Длина участка, м			Уклон участка		
		l_1	l_2	l_3	i_1	i_2	i_3
1	Сухая грунтов ая	350	800	700	0,09	0,04	0,05
2		400	850	650			
3		450	900	800			
4		500	950	400			
5		550	1350	600			
6	Целина, плотная залежь	600	1400	900	0,08	0,05	0,06
7		650	1450	850			
8		700	1500	800			
9		750	1550	750			
10		800	1600	350			
11	Залежь (скошен ный луг)	750	700	500	0,01	0,06	0,04
12		700	750	700			
13		650	800	650			
14		600	350	450			
15		550	900	800			
16	Поле рыхлое	900	950	900	0,07	0,05	0,04
17		850	350	950			
18		800	1000	750			

19	Сухая грунто вая дорога	750	950	450	0,04	0,09	0,05
20		700	500	550			
21		650	550	650			
22		600	600	750			
23		550	650	800			
24		500	700	900			
25	Укатанн ая снежная дорога	450	750	850	0,08	0,06	0,01
26		400	300	950			
27		350	350	1000			
28		400	900	850			
29		450	950	950			
30		500	800	800			

Таблица 1.3 – Технические характеристики колесных тракторных прицепов

Параметры	Марка прицепа			
	Д-179А	ЗПТС-12	2ПТС-6	Д-401А
Емкость кузова, V , м ³	9	6	3	13,5
Сила веса, $G_{пр}$, кН	53,0	27,0	16,7	109,6
Грузоподъемность, $Q_{гр}$, кН	180,0	120,0	60,0	270,0
Время загрузки, $t_{ЗАГР}$, с	150	180	90	210
Время разгрузки, $t_{РАЗГР}$, с	50	35	50	30

Таблица 1.4 – Основные удельные сопротивления движению f и коэффициенты сцепления φ

Наименование дороги	Двигатель			
	Пневмоколесный		Гусеничный	
	f	φ	f	φ
Сухая грунтовая	0,03-0,05	0,65-0,8	0,05-0,08	0,75-0,85
Целина, плотная залежь	0,05-0,07	0,65-0,8	0,06-0,08	0,85-0,95
Залежь (скошенный луг)	0,06-0,08	0,55-0,75	0,06-0,08	0,75-0,85
Поле рыхлое	0,16-0,18	0,4-0,6	0,09-0,15	0,55-0,65
Укатанная снежная дорога	0,03-0,04	0,3-0,35	0,06-0,9	0,55-0,65

Таблица 1.5 – Насыпная плотность грунта (вариант выбирается по последней цифре зачетки)

№ варианта	Перевозимый материал	Плотность, ρ , кг/м ³
0	Гравий для строительных работ	1700
1	Мел природный	960
2	Земля сухая растительная	1200
3	Глина обыкновенная не слежавшаяся	1500
4	Гравий для строительных работ	1700
5	Песок для строительных работ	1600
6	Камень бутовый	1900
7	Мел природный	960
8	Земля сухая растительная	1200
9	Глина обыкновенная не слежавшаяся	1500

Таблица 1.2 – Технические характеристики тракторов

Вариант	Марка трактора	Марка прицепа	Сила веса трактора G _{тр} , кН	Режим	Параметры	Передача							
						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1-5	К-700 колесный	ЗПТС-12	120,0	I	V _{м/с} F _{кр} , кН	0,81 60	1,0 60	1,20 60	1,45 60				
				II	V _{м/с} F _{кр} , кН	1,59 60	1,93 60	2,32 56,08	2,78 40,06				
				III	V _{м/с} F _{кр} , кН	2,6 45,8	3,16 36,6	3,80 29,3	4,59 22,4				
				IV	V _{м/с} F _{кр} , кН	5,04 20,7	6,13 16,0	7,39 12,2	8,88 8,6				
6-10	Т-150 гусеничный	2ПТС-6	74,0		V _{м/с} F _{кр} , кН	2,12 42,5	2,39 37,0	2,70 32,2	2,95 29,1	5,18 26,6	3,58 23,1	4,04 20,0	4,41 17,8
11-15	Т-150К колесный	2ПТС-6	80,2		V _{м/с} F _{кр} , кН	2,38 35,0	2,78 33,25	3,20 28,45	3,75 23,6	5,21 19,05	6,16 15,8	6,97 13,6	8,23 10,25
16-20	Т-130 гусеничный	Д-179А	130,0		V _{м/с} F _{кр} , кН	0,89 94,0	1,06 77,0	1,23 65,0	1,46 53,0	1,78 42,0	2,12 33,0	2,46 27,3	2,93 21,0
21-30	Т-4А гусеничный	2ПТС-6	84,0		V _{м/с} F _{кр} , кН	0,96 50,0	1,12 50,0	1,29 50,0	1,43 49,6	1,76 41,6	2,04 34,9	2,38 29,2	2,65 25,5

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

ТЕМА: ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Цель занятия: Произвести тяговый расчет автомобильного транспорта при транспортировке грузов, определить производительность и сменный пробег автомобиля.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить возможную силу тяги автосамосвала по условию сцепления с дорогой на каждом участке.
2. Определить скорость движения груженого и порожнего автомобиля на каждом участке пути.
3. Определить продолжительность движения автомобиля на каждом участке пути в оба конца.
4. Подсчитать время загрузки автомобиля.
5. Подсчитать длительность рейса автомобиля, учитывая время на разгрузку и загрузку.
6. Определить сменную производительность и сменный пробег машины.

Данные для расчета приведены в табл. 2.1 – 2.3.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Считая постоянной скоростью движения определяем возможную силу тяги автомобиля по условию сцепления с дорогой на каждом участке пути (рис. 2.1) по формуле:

$$F_{кр} = \varphi_k G_{сц}, Н, \quad (2.1)$$

где φ_k – коэффициент сцепления шин с дорогой на k - том участке пути (табл. 2.3).
 $G_{сц}$ – сила сцепления веса автомобиля, Н (табл.2.2).

Должно выполняться условие

$$F_k \geq G_g (f_k + i_k), Н, \quad (2.2)$$

где G_g – сила веса груженого автомобиля, эксплуатационная, Н (табл.2.2).
 f_k – удельное сопротивление движению на k - том участке пути (табл. 2.3).
 i_k - уклон k – того участка пути (табл. 2.1).

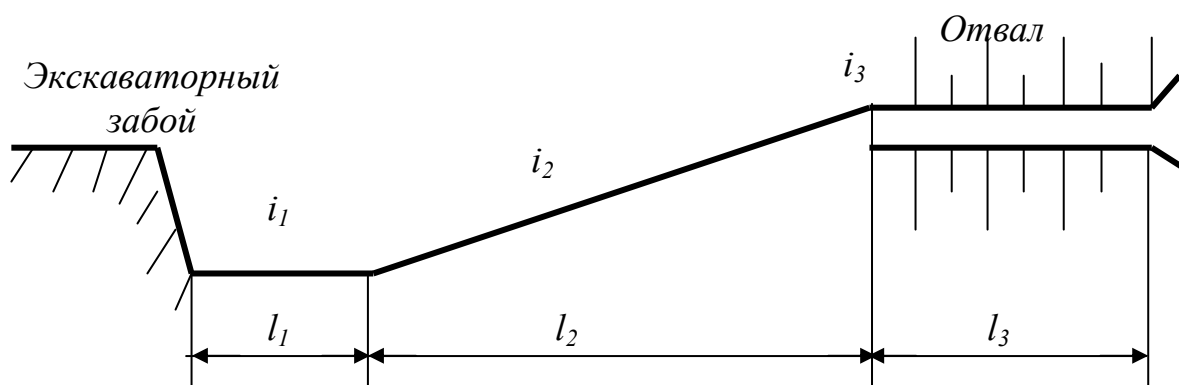


Рисунок 2.1 - Схема трассы движения автомобиля

2. Рассчитываем динамический фактор груженого D и порожнего D_0 автомобиля для каждого участка по формулам

$$\begin{aligned} D &= f + i, \\ D_0 &= f - i. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Пользуясь значениями динамического фактора выбираем по динамической характеристике (рис. 2.2) скорость движения груженого и порожнего автомобиля. При определении скорости порожнего автомобиля пользуемся шкалой: D_0 -V, груженого автомобиля шкалой D -V.

В случае отрицательного значения динамического фактора рассчитываем скорость движения на участке по формуле (2.4), задаваясь величиной S_T тормозного пути. Для условий строительной площадки можно принимать $S_T = 5$ м.

$$v = \sqrt{9,97 S_T (\varphi - i + f)}, \text{ м/с} \quad (2.4)$$

3. Определяем продолжительность движения на каждом участке трассы

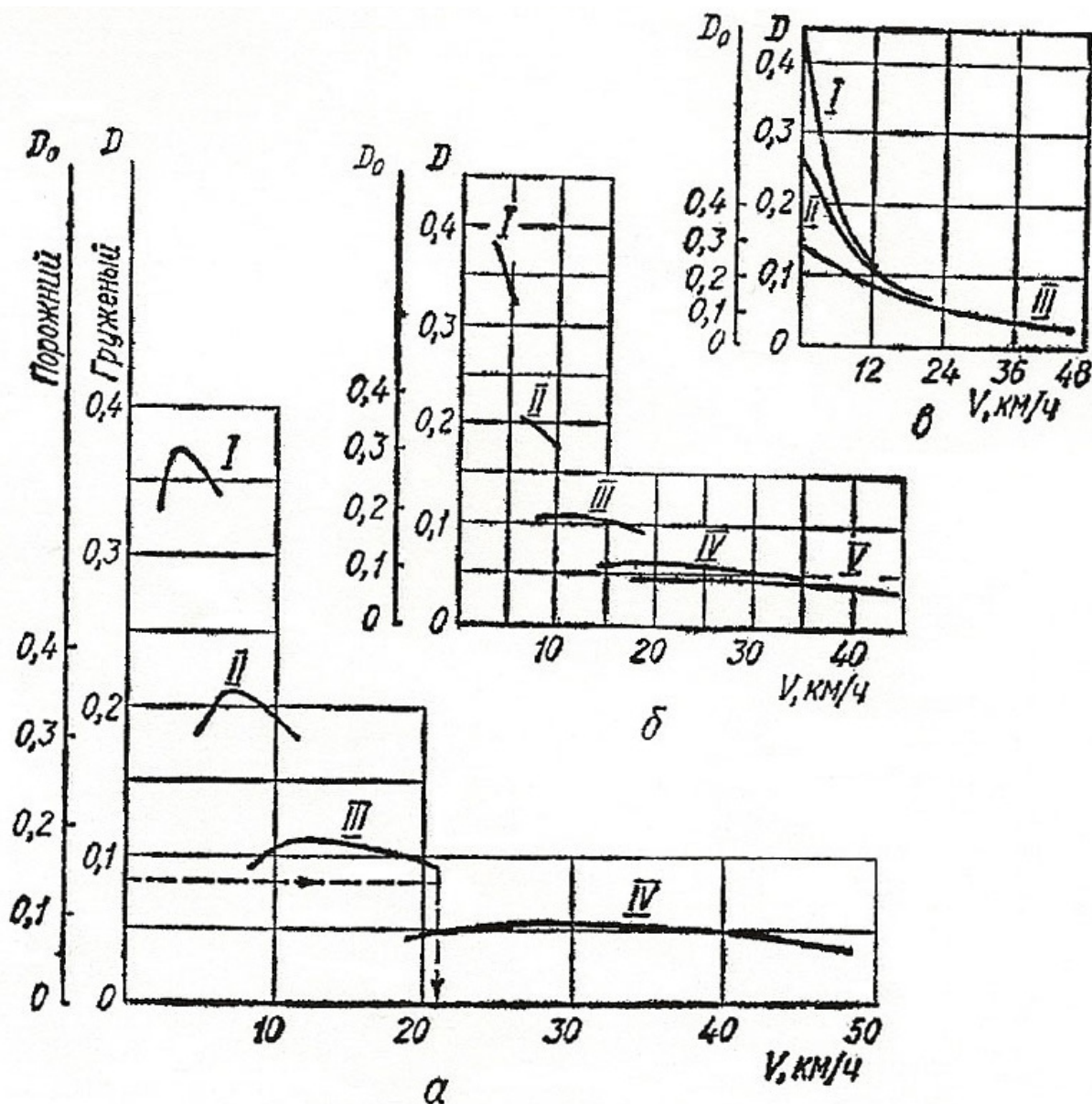
$$t_1 = \frac{l_1}{0,9} \left(\frac{1}{v_1^{\text{гр}}} + \frac{1}{v_1^{\text{пор}}} \right), \text{ с} \quad t_2 = \frac{l_2}{0,9} \left(\frac{1}{v_2^{\text{гр}}} + \frac{1}{v_2^{\text{пор}}} \right), \text{ с} \quad t_3 = \frac{l_3}{0,9} \left(\frac{1}{v_3^{\text{гр}}} + \frac{1}{v_3^{\text{пор}}} \right), \text{ с}, \quad (2.5)$$

где l_1, l_2, l_3 – длины участков трассы, м (табл. 2.1);

$v_1^{\text{гр}}, v_2^{\text{гр}}, v_3^{\text{гр}}$ – скорости движения груженого автомобиля на каждом участке пути, м/с;

$v_1^{\text{пор}}, v_2^{\text{пор}}, v_3^{\text{пор}}$ – скорости движения порожнего автомобиля на тех же участках, м/с;

0,9 – коэффициент, учитывающий затраты времени на ускорение и замедление движения.



a – МАЗ-503А; b – КрАЗ-256Б; v – БелАЗ-540

Рисунок 2.2 - Динамические характеристики автосамосвалов

Вычисляем продолжительность загрузки автомобиля

$$t_{\text{загр}} = t_{\text{ц}} n, \text{ с}, \quad (2.6)$$

где $t_{\text{ц}}$ – рабочий цикл экскаватора, с (табл. 2.2);
 n – количество ковшей вмещающихся в кузов автомобиля, (табл. 2.2).

Необходимо проверить условие грузоподъемности автомобиля

$$Q_{\text{гр}} \geq V_{\text{ков}} n \rho = Q, \text{ кг} \quad (2.7)$$

где $Q_{\text{гр}}$ – грузоподъемность автомобиля, кг (табл. 2.2);
 $V_{\text{ков}}$ – емкость ковша экскаватора, м^3 (табл. 2.2);
 ρ – насыпная плотность грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$ (табл. 1.5);
 Q – масса груза, кг.

Если условие (2.7) не выполняется, необходимо уменьшить количество ковшей грунта, засыпаемых в кузов автомобиля и уточнить время загрузки.

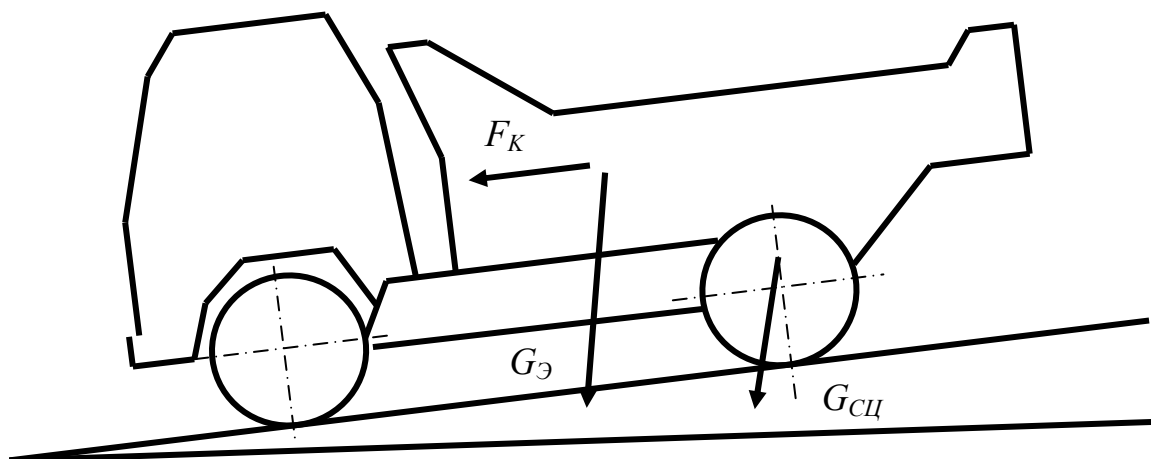


Рисунок 2.3 - Схема сил, действующих на автомобиль

4. Подсчитываем длительность рейса автомобиля, учитывая время на загрузку и разгрузку

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + t_{\text{загр}} + t_{\text{разгр}}, \text{ с}, \quad (2.8)$$

где $t_{\text{разгр}}$ – длительность разгрузки автомобиля с учетом маневров, с (табл. 2.2).

5. Определить сменную производительность автомобиля

$$P_c = \frac{3,6 T k_B Q}{t_p}, \quad (2.9)$$

и сменный пробег автомобиля

$$L_c = \frac{3,6 T k_B 2(l_1 + l_2 + l_3)}{t_p}, \text{ км}, \quad (2.10)$$

где T – количество часов в смену, 8,2 часа;
 k_B – коэффициент использования сменного времени равный 0,85-0,9.

Таблица 2.1 – Исходные данные к расчету

№ варианта	Длина участка, м(см. рис. 2.1)			Уклон участка		
	l_1	l_2	l_3	i_1	i_2	i_3

1	300	2000	1300	0,02	0,06	0,045
2	350	2100	400	0,03	0,08	0,035
3	400	3200	500	0,04	0,12	0,025
4	450	2300	300	0,025	0,05	0,04
5	500	2400	400	0,035	0,07	0,03
6	550	2500	500	0,045	0,10	0,02
7	600	2600	1300	0,02	0,06	0,045
8	650	2700	400	0,025	0,08	0,035
9	700	2800	500	0,03	0,1	0,025
10	750	2900	1300	0,04	0,12	0,04
11	800	3000	400	0,02	0,06	0,05
12	850	3100	500	0,03	0,05	0,04
13	900	3200	300	0,04	0,065	0,01
14	950	3300	400	0,02	0,06	0,045
15	1000	3400	500	0,03	0,08	0,035
16	300	3500	400	0,04	0,12	0,025
17	3500	3600	500	0,05	0,04	0,02
18	400	3700	1300	0,035	0,07	0,04
19	450	3800	400	0,035	0,07	0,04
20	500	3900	500	0,045	0,07	0,02
21	550	4000	300	0,02	0,06	0,045
22	600	4100	400	0,03	0,08	0,065
23	650	4200	500	0,04	0,12	0,02
24	700	4300	1300	0,025	0,05	0,04
25	750	4400	400	0,035	0,07	0,03
26	800	4500	500	0,045	0,1	0,02
27	850	4600	1300	0,04	0,12	0,035
28	900	4700	400	0,05	0,07	0,02
29	950	4800	500	0,025	0,06	0,04
30	1000	5000	1300	0,035	0,07	0,03

Таблица 2.2 – Технические характеристики автомобилей

Показатели	Марка автомобиля		
	МАЗ-503А	КрАЗ-256В	БелАЗ-540
Вариант	1 -10	11-20	21-30
Грузоподъемность $Q_{гр}$, кг	8000	12000	27000
Сила веса груженного автомобиля, G_z , Н	152500	230000	480000
Сила сцепного веса автомобиля, $G_{сц}$, Н	100000	190000	324000
Емкость ковша экскаватора, V_k , м ³	0,5	1,0	4,6
Количество ковшей грунта, n вмещающихся в кузов	9	7	4
Продолжительность рабочего цикла экскаватора $t_{ц}$, с	15	20	40

Продолжительность разгрузки с маневрированием $t_{\text{разгр.}}$, с	80	100	120
--	----	-----	-----

Таблица 2.3 – Значения коэффициентов удельного сопротивления движению f и сцепления φ автомобилей

№ вариантов	Характер дороги	f	φ
1, 2, 3, 4, 5	На первом участке асфальтированное шоссе	0,015	0,65
	На втором участке сухая грунтовая дорога	0,05	0,6
	На третьем участке песок	0,2	0,7
6, 7, 8, 9, 0	На первом участке гравийно-щебеночная дорога	0,025	0,6
	На втором участке грунтовая дорога после дождя	0,1	0,4
	На третьем участке степная укатанная дорога	0,035	0,35

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

ТЕМА: РАСЧЕТ ЛЕБЕДКИ

Цель занятия: По заданной схеме полиспаста подобрать электродвигатель и определить передаточное отношение редуктора.

Данные для расчета приведены в таблицах 4.1-4.2.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить общий коэффициент полезного действия блоков.
2. Определить усилие в канате и подобрать канат.
3. Определить основные размеры барабана лебедки.
4. Вычислить потребляемую мощность электродвигателем.
5. Вычислить общее передаточное число редуктора и лебедки.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. По заданной схеме запасовки каната (рис. 4.1) определим общий коэффициент полезного действия блоков полиспаста

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{бл}}^n, \quad (4.1)$$

где $\eta_{\text{бл}}$ – коэффициент полезного действия одного блока, $\eta_{\text{бл}} = 0,96 \div 0,99$;
 n – количество блоков.

2. Определяем растягивающее усилие и подбираем канат. Усилие, растягивающее канат, зависит от массы поднимаемого груза и схемы запасовки полиспаста

$$P_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{гр}} + q}{i_n \eta_{\text{общ}}}, \text{ Н} \quad (4.2)$$

где $Q_{\text{гр}}$ – сила веса груза, Н (табл. 4.1);
 q – сила веса грузовой площадки, Н (табл. 4.1);
 i_n – кратность полиспаста - определяют как отношение числа ветвей каната, на которых подвешен груз, к числу ветвей каната, наматываемых на барабан.

Разрывное усилие в канате определяем по формуле

$$S_{\text{р}} = k P_{\text{к}}, \text{ Н}, \quad (4.3)$$

где k – коэффициент запаса прочности.

По нормам Госгортехнадзора запас прочности канатов строительных подъемников с машинным приводом должен быть в пределах $5 \div 6,5$.

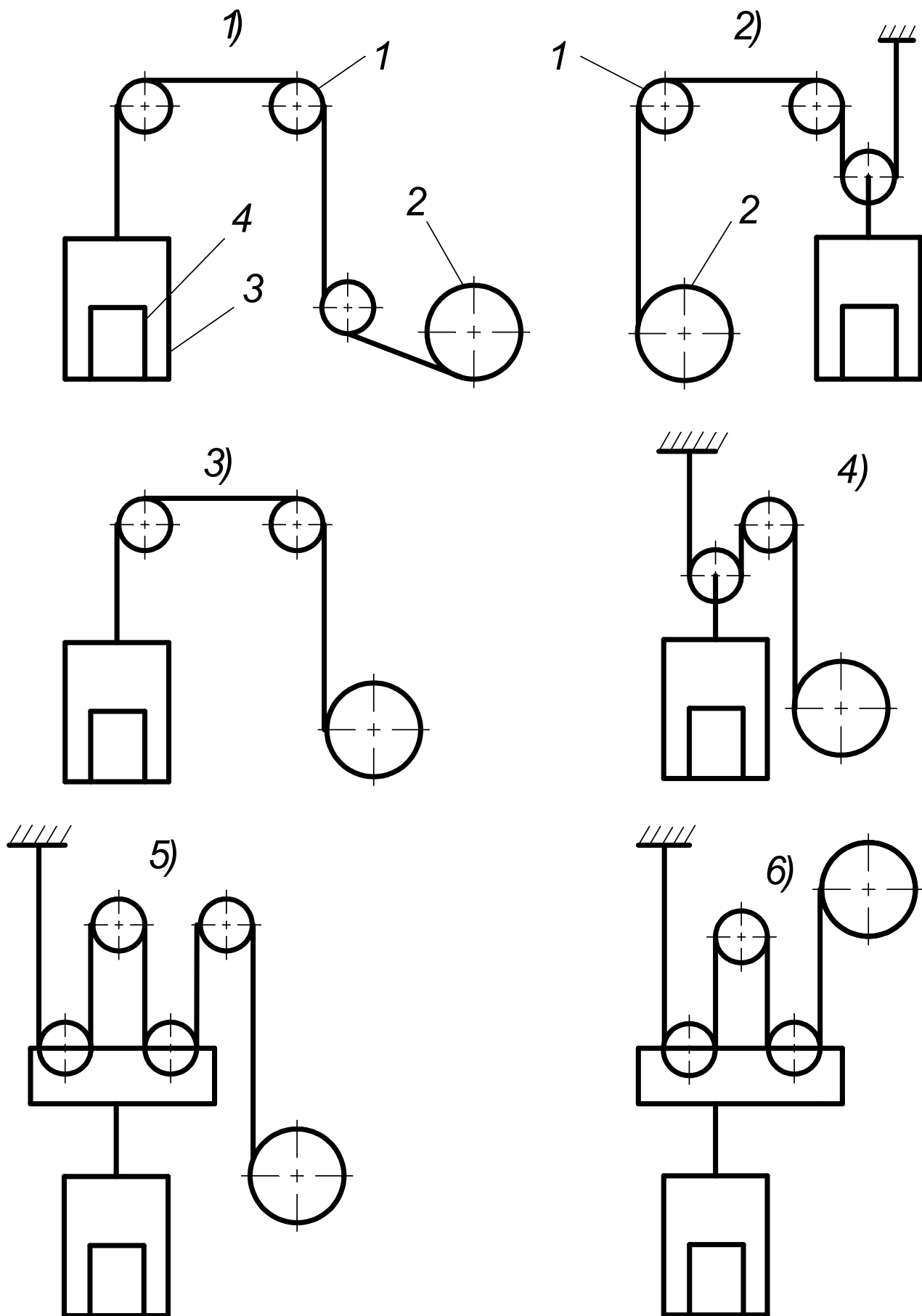
Требуемый диаметр каната $d_{\text{к}}$ и другие его данные выбираем по ГОСТ 3070-74 на основании расчетного разрывного усилия (табл. 4.2).

3. Определяем основные размеры барабана лебедки (рис. 4.2).

Предварительно определяем длину каната навиваемого на барабан

$$L_{\text{к}} = H(i_n + 1) + l_0 + b \pi D_{\text{б}}, \text{ м}, \quad (4.4)$$

где H – высота подъема груза, м (табл. 4.1);
 l_0 – расстояние от отводного блока до лебедки, м (табл. 4.1);
 b – число запасных витков на барабане (обычно принимается 2-3 витка);
 $D_{\text{б}}$ – диаметр барабана, м; $D_{\text{б}} = (16 \div 20) d_{\text{к}}$.



1 – блок; 2 – барабан лебедки; 3 – грузовая площадка; 4 - груз

Рисунок 4.1 - Схема запасовки каната в полиспастах

Вычисляем длину барабана по формуле

$$L_6 = \frac{L_k d_k}{\pi m (m d_k + D_6)}, \text{ м}, \quad (4.5)$$

где d_k – диаметр каната, м;

m – число слоев навивки каната на барабане. Число m подбирается путем расчета так, чтобы выполнялось условие $L_6 = (1,5 \div 2,5) D_6$. Первоначально задаемся $m = 2$.

4. Вычисляем потребляемую мощность электродвигателя

$$N_{дв} = \frac{P_k V_k}{1000 \eta_{леб}}, \text{ кВт}, \quad (4.6)$$

где $\eta_{леб}$ – к.п.д. лебедки; $\eta_{леб} = 0,8$;

V_k – скорость движения каната.

$$V_k = V_{гр} i_n, \text{ м/с}, \quad (4.7)$$

где $V_{гр}$ – скорость подъема груза, м/с (табл. 4.1).

По вычисленной мощности подбираем из табл. 3.10 тип электродвигателя

5. Вычисляем передаточное число редуктора лебедки

$$i = \frac{n_{дв}}{n_6}, \quad (4.8)$$

где $n_{дв}$ – частота вращения вала электродвигателя, об/мин (табл. 3.10);

n_6 – частота вращения барабана лебедки.

$$n_6 = \frac{60 V_k}{\pi [D_6 + d_k (2m - 1)]}, \text{ об/мин} \quad (4.9)$$

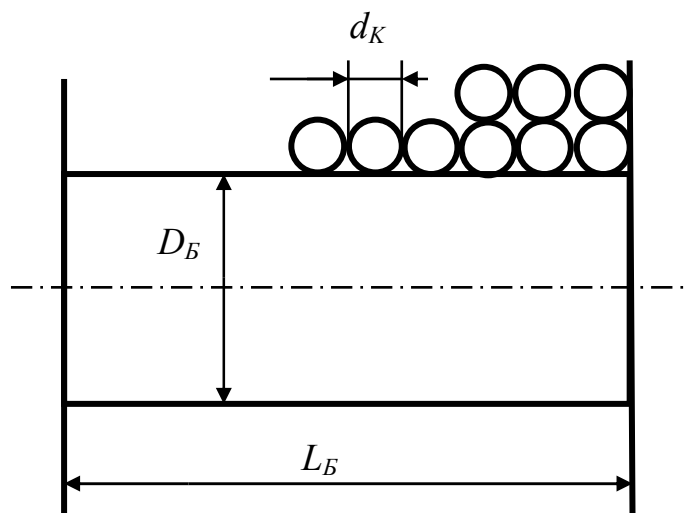


Рисунок 4.2 - Схема барабана лебедки

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Сила веса груза $Q_{гр}$, Н	Сила веса грузовой площадки q , Н	Высота подъема груза H , м	Расстояние от привоного блока до лебедки l_0 , м	Скорость подъема груза $V_{гр}$, м/с
1	4000	1300	15	4	1,95
2	5000	1300	17	4	1,90
3	6000	1300	19	4	1,85
4	7000	1300	21	4	1,80
5	8000	1300	23	4	1,75
6	9000	1500	25	4	1,70
7	10000	1500	27	4	1,65
8	11000	1500	29	4	1,60
9	12000	1500	31	4	1,55
10	13000	1500	33	4	1,50
11	14000	3000	35	5	1,45
12	15000	3000	37	5	1,40
13	16000	3000	39	5	1,35
14	17000	3000	41	5	1,30
15	18000	3000	43	5	1,25
16	19000	3000	45	5	1,20
17	20000	3000	47	5	1,15
18	21000	3000	49	5	1,10
19	22000	3000	51	5	1,05
20	23000	3000	53	5	1,00
21	24000	5000	55	5	0,95
22	25000	5000	57	5	0,90
23	26000	5000	59	6	0,85
24	27000	5000	62	6	0,80
25	28000	5000	65	6	0,75
26	29000	5000	68	6	0,70
27	30000	5000	71	6	0,65
28	31000	5000	75	6	0,60
29	32000	5000	80	6	0,55
30	33000	5000	100	6	0,50

Таблица 4.2 – Характеристики стальных канатов по ГОСТ 3070-74

Диаметр каната d_k , мм	Маркировочная группа по временному сопротивлению, разрыву, Н/мм ²				
	1400 (I гр)	1600 (II гр)	1800 (III гр)	2000 (IV гр)	2200 (V гр)
	Расчетное разрывное усилие каната в целом, Н, не менее				
5,5	-	14150	15900	17200	18600
5,8	-	15850	17850	19250	20800
6,5	-	19700	22200	24000	25950
8,1	-	30750	33700	36750	-
9,7	-	44200	48400	52800	-

13,0	68600	78450	85600	93400	-
14,5	86700	99000	108000	118000	-
16,0	107000	122000	134000	146000	-
17,5	129000	147500	161500	176500	-
19,5	154500	176500	193500	211000	-
21,0	181000	207000	227000	247500	-
22,5	210000	240000	263000	287000	-
24,0	241000	275500	302000	329000	-
25,5	274000	313500	343000	374500	-
27,0	309500	354000	387500	422500	-

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

ТЕМА: РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Цель занятия: По заданной производительности ленточного конвейера определить ширину ленты и мощность электродвигателя (рис. 3.1).

Данные для расчета приведены в таблицах 9-18 и рис. 6-7.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить площадь поперечного сечения материала на ленте.
2. Определить ширину ленты.
3. Вычислить мощность на валу приводного барабана конвейера.
4. Вычислить необходимую мощность двигателя.
5. Вычислить окружное усилие на приводном барабане и натяжение набегающей и сбегающей ветвей ленты.
6. Определить количество прокладок в ленте.
7. Определить диаметр приводного барабана и передаточное отношение приводного редуктора.

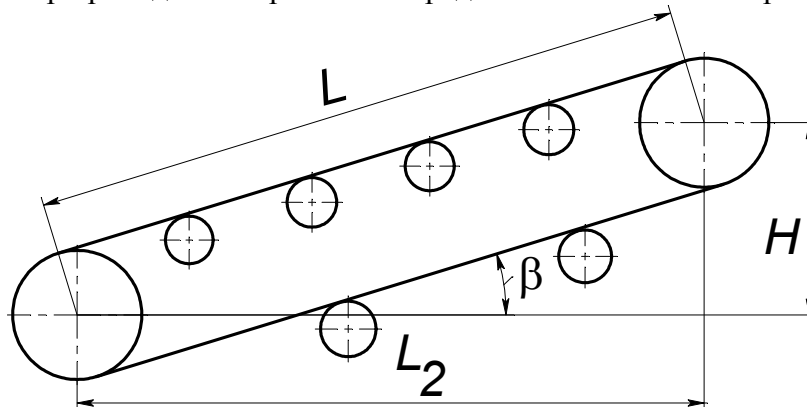


Рисунок 3.1 - Схема ленточного конвейера

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. По заданной производительности (табл. 3.1) определяем площадь поперечного сечения материала на ленте конвейера

$$F = \frac{\Pi}{3,6\nu\rho}, \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

где Π – производительность конвейера, т/ч;

ν – скорость движения ленты, м/с выбираем из табл. 3.3 в зависимости от транспортируемого материала;

ρ – насыпная плотность материала, кг/м³ (табл. 3.6).

2. Определяем ширину ленты по одной из формул (3.2) – (3.4) в зависимости от формы ленты (см. рис. 3.2). Форма ленты выбирается по последней цифре зачетки: а – 1, 2, 3; б – 4, 5, 6; в – 7, 8, 9, 0.

2.2 Лента плоская без бортов (рис. 3.2, а)

$$B = \sqrt{\frac{F}{0,25cK^2tg\rho_3}}, \text{ м}, \quad (3.2)$$

где c – коэффициент, учитывающий уменьшение площади сечения от ссыпания материала назад при транспортировании его наклонным конвейером (табл. 3.4);

ρ_3 – угол при основании площади поперечного сечения материала равен 15°, а $tg\rho_3=0,27$.

2.2 Плоская лента с бортами (рис. 3.2, б)

$$B = \sqrt{\frac{F}{0,25cK^2 \operatorname{tg} \rho_3 + KE}}, \text{ м}, \quad (3.3)$$

где E – отношение численно равное $\frac{h}{B} = 0,25$

2.3 Желобчатая лента (рис. 3.2, в)

$$B = \sqrt{\frac{F}{0,25[cK^2 \operatorname{tg} \rho_3 + (K^2 - K_1^2) \operatorname{tg} \psi]}}, \text{ м}, \quad (3.4)$$

где K_1 – отношение, численно равное $\frac{B_1}{B} = 0,38$;
 ψ – угол наклона боковых стенок $\psi = 30^\circ$, $\operatorname{tg} \psi = 0,58$;
 K – отношение, численно равное $\frac{B_0}{B} = 0,85$.

Получив ширину ленты принимаем в сторону увеличения из табл. 3.9 для дальнейших расчетов ее уточненное значение.

3. Вычисляем мощность на валу приводного барабана конвейера

$$N = (0,003PH + 0,00015PL_2 + 0,03L_2 Bv)k_1 k_2 + k\Pi, \text{ кВт} \quad (3.5)$$

где H – высота подъема материала (рис. 3.1)

$$H = L \sin \beta, \text{ м}; \quad L_2 = L \cos \beta, \text{ м}, \quad (3.6)$$

где L – длина конвейера, м (табл. 3.1);
 β – угол наклона конвейера, рад. (табл. 3.1);
 L_2 – длина горизонтальной проекции конвейера, м;
 k_1 – эмпирический коэффициент, учитывающий влияние относительной длины конвейера (табл. 3.5);
 k_2 – коэффициент, учитывающий расход энергии на преодоление сопротивлений, возникающих при прохождении ленты через сбрасывающую тележку (табл. 3.2);
 k – коэффициент, учитывающий расход энергии на работу сбрасывающего устройства (табл. 3.2).

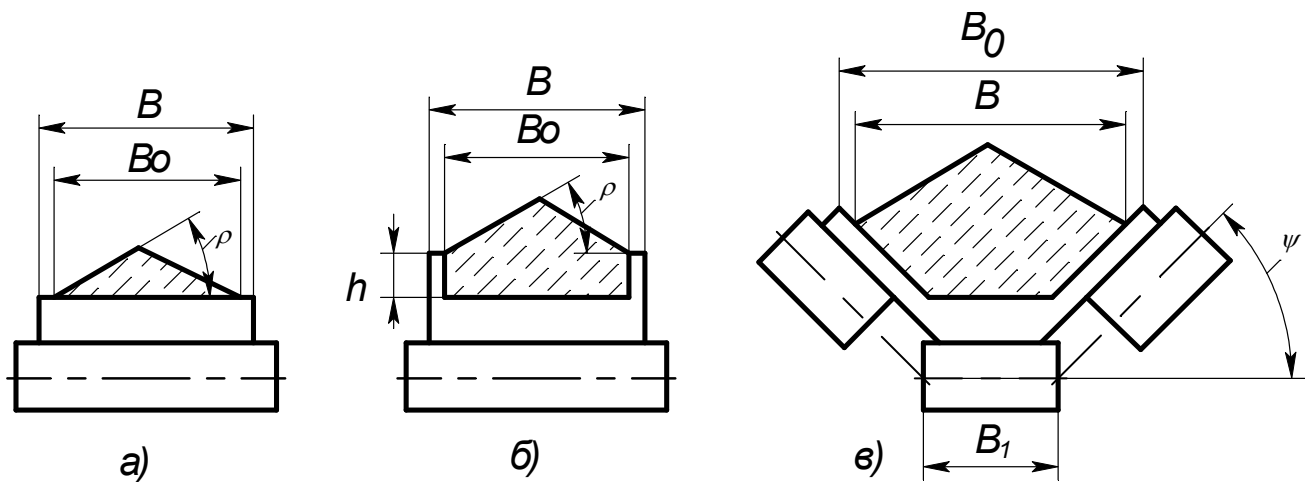


Рисунок 3.2 - Размещение транспортируемого материала на ленте при различных формах поперечного сечения конвейера

4. Вычисляем необходимую мощность электродвигателя

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta}, \text{ кВт}, \quad (3.7)$$

где η - коэффициент полезного действия привода барабана, $\eta = 0,75-0,8$.

Из таблицы 3.10 подбираем марку электродвигателя.

Таблица 3.1 – Данные к заданию

№ варианта	Вид транспортируемого материала	П, т/ч	L, м	β , рад	Материал трущейся поверхности барабана	Состояние атмосферы	α , рад
1.	Руда	100	100	0	чугун	очень влажно	3,14
2.	Камень	105	50	0,0175	чугун	влажная	3,67
3.	Кокс	110	40	0,07	чугун	сухая	4,2
4.	Песок	115	30	0,105	резина	очень влажно	4,8
5.	Цемент	120	20	0,140	резина	очень влажно	3,14
6.	Руда	125	10	0,3675	резина	сухая	3,67
7.	Щебень	130	100	0,2625	дерево	очень влажно	4,2
8.	Уголь	135	50	0,035	дерево	влажная	4,8
9.	Гравий	140	40	0,2275	дерево	сухая	3,14
10.	Мел	145	30	0,350	чугун	сухая	3,67
11.	Руда	150	20	0,385	чугун	влажная	4,2
12.	Камень	155	10	0,1225	чугун	очень влажно	4,8
13.	Кокс	160	100	0,245	резина	очень влажно	3,14
14.	Земля	165	50	0,3325	резина	влажная	3,67
15.	Гипс	170	40	0,210	резина	сухая	4,2
16.	Руда	175	30	0,0875	дерево	очень влажно	4,8
17.	Щебень	180	20	0,1575	дерево	влажная	3,14
18.	Уголь	185	10	0,315	дерево	сухая	3,67
19.	Песок	190	100	0,2275	чугун	очень влажно	4,2

20.	Цемент	195	50	0,385	чугун	влажная	4,8
21.	Руда	200	40	0,0175	чугун	сухая	3,14
22.	Камень	205	30	0,0525	резина	очень влажно	3,67
23.	Кокс	210	20	0,105	резина	влажная	4,2
24.	Гравий	215	10	0,1925	резина	сухая	4,8
25.	Мел	220	100	0,3325	дерево	сухая	3,14
26.	Руда	225	50	0,210	дерево	влажная	3,67
27.	Щебень	230	40	0,0275	дерево	очень влажно	4,2
28.	Камень	235	20	0,0525	резина	очень влажно	3,07
29.	Кокс	240	20	0,0105	резина	влажная	4,2
30.	Уголь	245	10	0,3675	чугун	сухая	4,5

Таблица 3.2 – Дополнительные варианты к заданию 3

Вариант	Конструкция разгрузочного устройства	k_2	k
а – 1-5	При наличии сбрасывающей тележки	1,25	0,005
б – 6-0	При разгрузке через натяжной барабан	1,0	0,05

Дополнительный вариант выбирается по последней цифре зачетной книжки

Таблица 3.3 – Скорость движения ленты от вида транспортируемого материала

Транспортируемый материал	v , м/с
Крупнокусковые абразивные грузы (руда)	1,6-3,15
Среднекусковые абразивные грузы (камень, щебень)	1,6-4,0
Малоабразивные среднекусковые грузы (кокс, уголь)	1,6-5,0
Абразивные мелкокусковые и зернистые грузы (песок, гравий, земля)	2,5-6,3
Пылевидные грузы (цемент, гипс, мел)	0,8-1,25

Примечание: Значение скорости следует выбирать из нормативного ряда скоростей ГОСТ 22644-77; 0,8; 1,25; 1,6; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3.

Таблица 3.4 – Величина коэффициента c

Угол наклона транспортера β , рад	0-0,175	0,1925-0,2625	0,28-0,385
Коэффициент c	1	0,97	0,9

Таблица 3.5 – Величина коэффициента k_1

Относительная длина конвейера L , м	до 16	15-30	30-50	свыше 50
Коэффициент k_1	1,25	1,15	1,05	1,0

Таблица 3.6 – Насыпная плотность груза ρ

Вид груза	ρ , кг/м ³	Вид груза	ρ , кг/м ³	Вид груза	ρ , кг/м ³
Руда	1750	Уголь	1300	Цемент	1300
Камень	1900	Песок	1550	Мел	950
Щебень	1700	Гравий	1800	Гипс	1100
Кокс	650	Земля	1250		

Таблица 3.7 – Значение коэффициента трения μ и величины ξ

Материал трущейся поверхности	Состояние атмосферы	μ	ξ
Обработанный чугун	Очень влажная	0,10	0,03

Обработанный чугун	Влажная	0,20	0,019
Обработанный чугун	Сухая	0,30	0,008
Футеровка из обрезающей ленты	Очень влажная	0,15	0,01
Футеровка из обрезающей ленты	Влажная	0,25	0,006
Футеровка из обрезающей ленты	Сухая	0,40	0,002
Футеровка из дерева	Очень влажная	0,15	0,02
Футеровка из дерева	Влажная	0,25	0,012
Футеровка из дерева	Сухая	0,35	0,004

5. Вычисляем окружное усилие на приводном барабане

$$P = \frac{1000 N_{\text{дв}}}{v}, \text{ Н}, \quad (3.8)$$

и натяжение набегающего и сбегающего концов ленты

$$\text{сбегающего } S_{\text{с}} = P \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{ Н}, \quad (3.9)$$

$$\text{набегающего } S_{\text{н}} = P \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{ Н}, \quad (3.10)$$

где μ - коэффициент трения ленты о барабан (табл. 3.7);
 α - угол обхвата, рад (табл. 3.1);

Значение $e^{\mu\alpha}$ даны в табл. 3.8.

6. Определяем количество прокладок в ленте

$$i_n = \frac{S_{\text{н}}}{B \cdot P} \quad (3.11)$$

где P – допускаемая нагрузка на 1 м ширины одной прокладки, $P = 5500 \text{ Н/м}$.

Подсчитанное число прокладок должно находиться в пределах приведенных в табл. 3.9

7. Определяем диаметр приводного барабана и лебедки

$$D_{\text{БАР}} = (0,12 \div 0,15) i_n, \text{ м}, \quad (3.12)$$

и передаточное отношение приводного редуктора

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{бар}}}, \quad (3.13)$$

где $n_{\text{дв}}$ – частота вращения ротора электродвигателя, об/мин. Значение $n_{\text{дв}}$ берем из табл. 3.10 по марке подобранного электродвигателя;

$n_{\text{бар}}$ – частота вращения приводного барабана.

$$n_{\text{БАР}} = \frac{60v}{D_{\text{БАР}}\pi(1-\xi)}, \text{ об/мин,} \quad (3.14)$$

где ξ - величина, характеризующая относительное скольжение и зависящая от материала трущейся поверхности барабана и состояния атмосферы (табл. 3.7).

Таблица 3.8 – Значение $e^{\mu\alpha}$

Угол обхвата α , рад	Коэффициент трения μ						
	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4
3,14	1,36	1,60	1,37	2,19	2,56	3,00	3,51
3,67	1,44	1,73	2,08	2,50	3,01	3,61	4,34
4,2	1,53	1,88	2,32	2,86	3,52	4,35	5,37
4,8	1,08	2,09	2,61	3,32	4,32	5,37	6,82

Таблица 3.9 – Допустимое число прокладок в зависимости от ширины ленты

B, м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
i_n	3-4	3-5	3-6	3-7	4-8	5-10	6-10	7-10

Таблица 3.10 – Типы и основные параметры электродвигателей

Тип двигателя	N _{дв} , кВт	n _{дв} , об/мин	Тип двигателя	N _{дв} , кВт	n _{дв} , об/мин
4AA50A2Y3	0,9	3000	4A118M2Y3	7,5	3000
4AA56A4Y3	0,12	1500	4A160M8Y3	11,0	750
4AA63A6Y3	0,18	1000	4A160M6Y3	15,0	1000
4AA63B6Y3	0,35	1000	4A160M4Y3	18,5	1500
4AA63B4Y3	0,37	1500	4A180S2Y3	22,0	3000
4AA63B2Y3	0,55	3000	4A225M8Y3	30,0	750
4A90LA8Y3	0,75	750	4A225M6Y3	37,0	1000
4A80B6Y3	1,1	1000	4A200L4Y3	45,0	1500
4A80B4Y3	1,5	1500	4A225M2Y3	55,0	3000
4A80B2Y3	2,8	3000	4A280M8Y3	75,0	750
4A112MB8Y3	3,0	750	4A280M6Y3	90,0	1000
4A112MB6Y3	4,0	1000	4A280S4Y3	110,0	1500
4A112MAУ3	5,0	1500	4A280M2Y3	132,0	3000

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ТЕМА: ВЫЧИСЛЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА

Цель занятия: определить производительность башенного крана

Данные для расчета приведены в табл. 5.1 и 5.2.

Краном (рис. 5.1) монтируют сборные конструктивные элементы здания и за один цикл поднимают и устанавливают одну конструкцию.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить необходимую высоту подъема крюка и вылет стрелы соответствующей этой высоте.
2. Вычислить коэффициент использования крана по грузоподъемности.
3. Начертить рабочую зону крана в масштабе.
4. Определить продолжительность отдельных операций рабочего цикла крана.
5. Вычислить длительность рабочего цикла крана без совмещения операций и при совмещении операций.
6. Начертить схемы последовательности операций рабочего цикла.
7. Определить эксплуатационную производительность башенного крана при работе по совмещенному и не совмещенному циклам.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Требуемую высоту подъема крюка (рис. 5.1) определяем суммированием:

$$H_{\text{тр}} = H + l_{\text{ст}} + h_{\text{изд}} + h_{\text{зап}}, \text{ м} \quad (5.1)$$

где H - заданная высота уровня монтажа, м (табл. 5.1);
 $l_{\text{ст}}$ - длина стропов, м (табл. 5.1);
 $h_{\text{изд}}$ - высота изделия, м (табл. 5.1);
 $h_{\text{зап}}$ - высота подъема груза над уровнем контакта (по условиям техники безопасности принимаем равной 2,5 - 3 м).

По полученному значению $H_{\text{тр}}$ из графика на рис. 5.2 находим вылет стрелы и грузоподъемность крана при этом вылете.

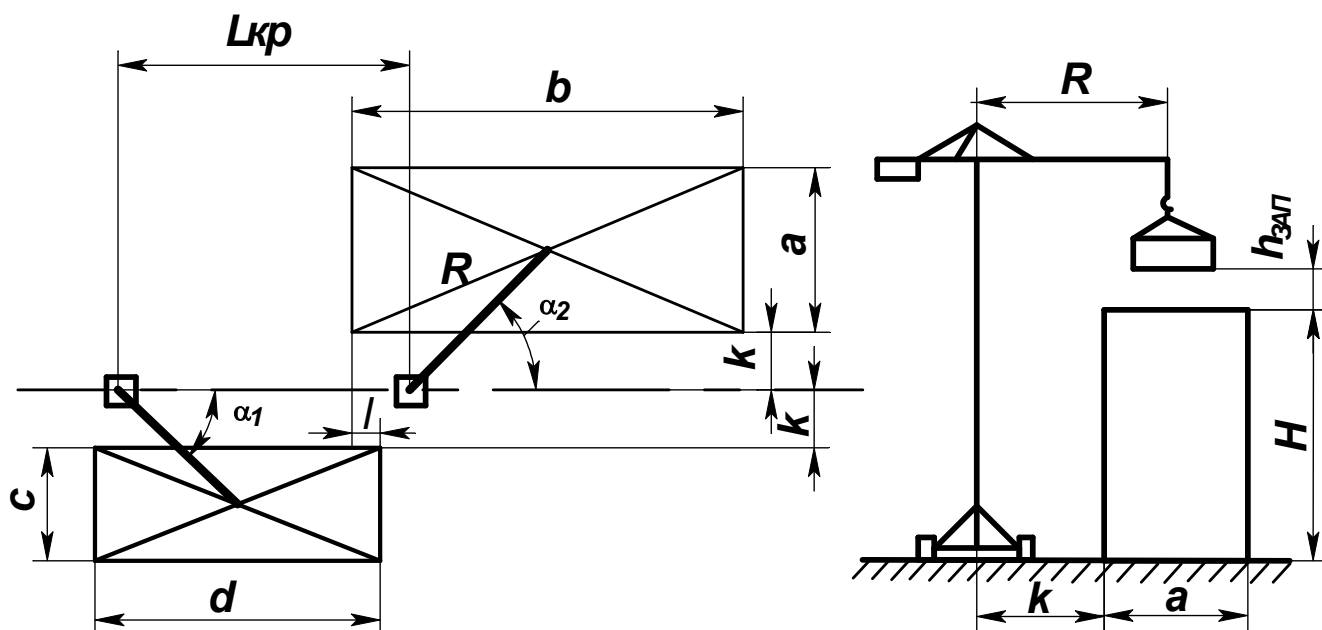


Рисунок 5.1 - Схема рабочей зоны крана: а - план, б- профиль.

2. Вычисляем коэффициент использования крана по грузоподъемности:

$$k_{\Gamma} = \frac{G}{Q}, \quad (5.2)$$

где G - масса изделия, т (табл. 5.1);

Q - грузоподъемность крана при выбранном вылете стрелы, т (рис. 5.2).

3. Чертим рабочую зону крана в масштабе на основании рис. 5.1 с учетом данных числовых значений варианта и выбранного вылета стрелы R . Расстояние k от оси подкранового пути до здания и склада принимаем равным 4-5 м. Марка крана выбирается по последней цифре зачетки (рис. 5.2): а - 1, 2; б - 3, 4; в - 5, 6; г - 7, 8; д - 9, е - 0.

4. Определяем продолжительность следующих операций рабочего цикла крана:

t_1 - строповка монтируемого изделия, с;

t_2 - подъем изделия до нужного уровня, с;

t_3 - поворот стрелы крана, с.

t_4 - перемещение крана по рельсовому пути;

t_5 - опускание груза до уровня монтажа, с;

t_6 - удержание монтируемого изделия во время установки, закрепления, подливки раствора, выверке положения и других операций, с.

t_7 - расстроповка монтируемого изделия, с;

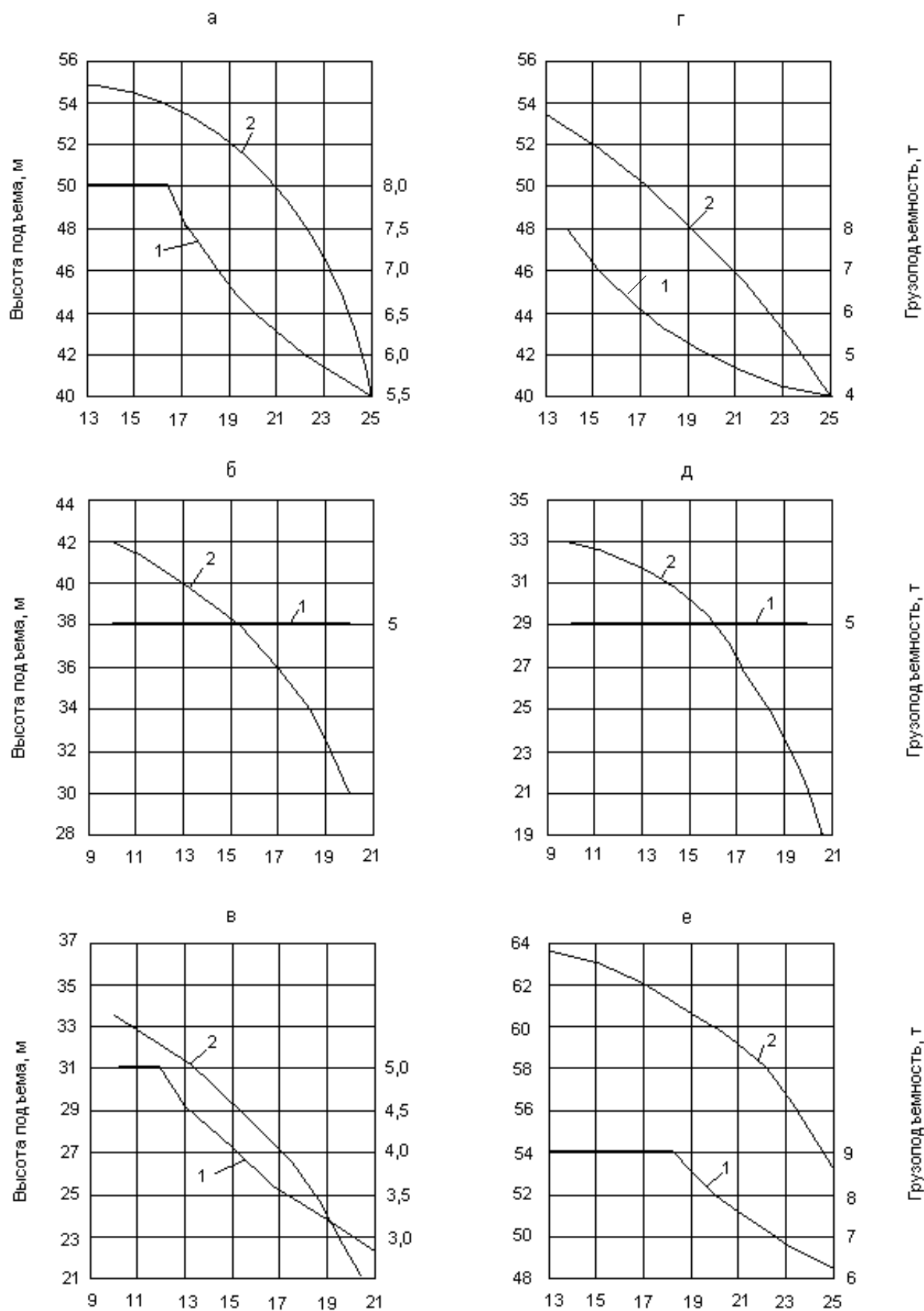
t_8 - подъем крюка с грузозахватными приспособлениями над уровнем монтажа, с;

t_9 - возвратный поворот стрелы, с;

t_{10} - возвратное перемещение крана, с;

t_{11} - опускание крюка с грузозахватными приспособлениями, с.

Продолжительность ручных операций t_1, t_6, t_7 принимаем по нормативным данным (табл. 5.1), а длительность остальных операций вычисляем приближенно по установившимся скоростям рабочих движений крана, без учета периодов разгона и торможения.



а - КБ-160.2, б - КБ-306А, в - КБ-100.ОМ, г - КБ-100.1, д - КБ-60, е - КБ-405

1- грузоподъемность; 2 - высота подъема

Рисунок 5.2 - Графики грузоподъемности и высоты подъема кранов

Продолжительность подъема

$$t_2 = \frac{H + h_{3АП}}{v_{ПОД}}, \text{ с} \quad (5.3)$$

где $v_{ПОД}$ – скорость подъема изделия, м/с (табл. 5.2).

Рабочий поворот

$$t_3 = \frac{\alpha_{СР}}{\omega}, \text{ с} \quad (5.4)$$

где $\alpha_{СР}$ – средний угол, рад;
 ω – угловая скорость поворотной платформы, с^{-1}

Средний рабочий угол поворота находим по схеме рабочей зоны крана (рис. 5.1) графическим способом или аналитическим способом по формуле:

$$\alpha_{СР} = \alpha_1 + \alpha_2 = \arcsin \frac{k + \frac{c}{2}}{R} + \arcsin \frac{k + \frac{a}{2}}{R}, \text{ рад} \quad (5.5)$$

где R – расчетный вылет стрелы.

Время перемещения крана по рельсовому пути:

$$t_4 = \frac{L_{ПЕР}}{v_{ПЕР}}, \text{ с} \quad (5.6)$$

где $L_{ПЕР}$ - средний путь перемещения, м
 $v_{ПЕР}$ - скорость перемещения, м/с (таблица 2.6)

Средний путь перемещения крана (рис. 5.1) принимаем равным расстоянию между центрами рабочих зон склада и здания. Определяем его графически или аналитически по формуле

$$L_{ПЕР} = \frac{b + d}{2} - l + R(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2), \text{ м} \quad (5.7)$$

Время опускания груза до уровня монтажа

$$t_5 = \frac{h_{3АП}}{v_{ОП}}, \text{ с} \quad (5.8)$$

где $v_{ОП}$ - скорость опускания изделия, м/с (таблица 5.2).

Продолжительность подъема крюка со стропами над уровнем монтажа

$$t_8 = \frac{h_{3АП}}{v_{ПОД}}, \text{ с} \quad (5.9)$$

Длительность остальных операций определяем аналогично:

$$t_9 = t_3; \quad (5.10)$$

$$t_{10} = t_4; \quad (5.11)$$

$$t_{11} = \frac{H + h_{3\text{АП}}}{v_{\text{оп}}}. \quad (5.12)$$

5. Вычисляем длительность рабочего цикла крана. При работе совмещения операций рабочий цикл крана равен сумме времени всех его операций

$$t_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^{11} t_i. \quad (5.13)$$

Для повышения производительности крана некоторые операции можно совмещать (например, подъем и перемещение груза). В этом случае при подсчете длительности рабочего цикла учитывают только наиболее длительную из совмещаемых операций:

$$t_{\text{ц}}^{\text{COBM}} = t_1 + t_{2 \times (4)} + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_{10 \times (11)}. \quad (5.14)$$

Вычисление длительности циклов (несовмещенного и совмещенного) надо иллюстрировать выполненными в масштабе схемами (рис. 5.3). Схема для совмещенных операций выполняется следующим образом. Не совмещаемые операции составляют в один ряд, а совмещаемые показываются сверху или снизу от основной, большей по длительности на совмещаемых, как это показано на рисунке 5.3б.

6. Определяем сменную эксплуатационную производительность башенного крана при работе по совмещенному и не совмещенному циклам:

$$П_{\text{см}} = TQk_{\Gamma}k_{\text{в}}n, \text{ т/смену} \quad (5.15)$$

где T – продолжительность смены, ч;

Q – грузоподъемность крана, т, при данном вылете стрелы;

k_{Γ} – коэффициент использования крана по грузоподъемности;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент использования крана по времени на протяжении смены, равный 0,82-0,83;

n – число рабочих циклов крана в час, подсчитываемое по формуле:

$$n = \frac{3600}{t_{\text{ц}}},$$

где $t_{\text{ц}}$ – средняя длительность рабочего цикла, с.

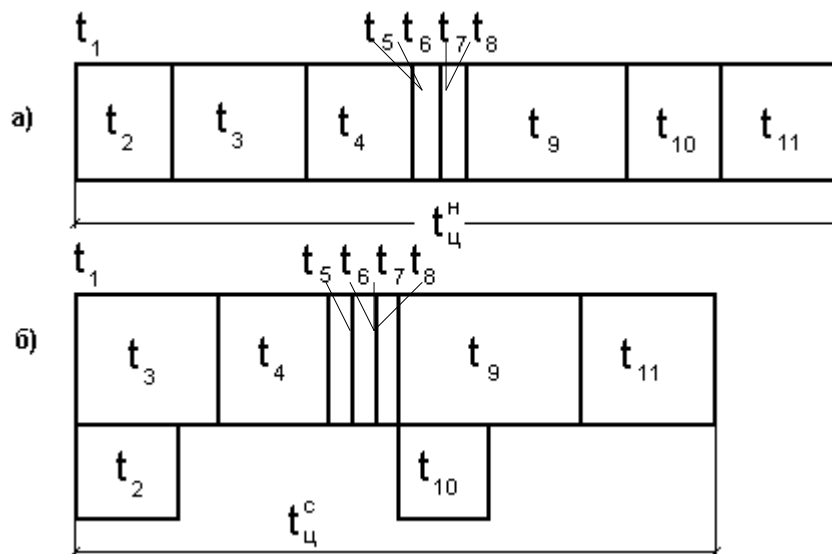


Рисунок 5.3 - Примерная схема построения рабочего цикла крана: а - без совмещения операций; б - с совмещением операций

Таблица 5.2 – Технические характеристики башенных кранов

Показатели	КБ-160.2	КБ-306А	КБ-100.ОМ	КБ-100.1	КБ-60	КБ-405
Грузоподъемность, т	8	8	5	5	5	10
Высота подъема, м	20	22	21	33	20	46
Вылет стрелы, м	19	25	20	25	15	25
Скорость подъема и опускания груза м/с $v_{\text{под}}$, $v_{\text{оп}}$	0,37	0,40	0,33	0,21	0,33	0,33
Скорость передвижная крана м/с $V_{\text{пор}}$	0,3	0,3	0,48	0,48	0,5	0,3
Частота вращения башни, ω , с^{-1}	0,01	0,01	0,0117	0,0117	0,0117	0,01

Таблица 5.1 – Характеристика изделия

№ п/п	Наименование изделия	Марка изделия	G	$h_{из0}$	l_{cm}	t_1	t_6	t_7	a	b	c	d	l	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Плита кровли	Л-3	4,75	0,28	3	1	7,5	0,5	10	50	15	25	12	10
2	Плита кровли	ПК-1	4,15	0,24	3	1	7,5	0,5	10	40	14	20	12	12
3	Плита перекрытия	ПК-8-63-12	4,11	0,22	4	1,5	8	0,6	10	40	13	30	10	13
4	Шахта лифта	2ЛШ-2	3,32	2,79	4	1,5	8	0,6	12	50	12	20	12	14
5	Плита лоджии	ЛП-60-10	3,20	0,22	2,5	1	7,5	0,5	12	40	11	20	10	15
6	Плита лоджии	ПЛ-60-10л	3,17	0,22	2,5	1	7,5	0,5	10	45	10	20	12	16
7	Блок внутренней плиты	ВБ-24-26-2-1	2,97	2,38	2,5	1	7,5	0,5	10	45	9	25	12	17
8	Опора лотка	ОЛК-1	2,86	0,24	2	1	7,5	0,5	10	40	8	20	10	4
9	Блок парапета	НБ-76г	2,72	2,24	2,5	1	7,5	0,5	14	45	7	25	12	19
10	Шахта лифта	2ЛШ-1	2,65	1,90	2,5	1	7,5	0,5	12	40	15	20	10	20
11	Плита перекрытия	ПТ-35-12а	2,27	0,22	2	1	7,5	0,5	14	45	14	25	10	21
12	Цокольный блок	Нц-15-15-45	2,21	1,48	2	1,5	7,5	0,5	12	40	13	20	10	22
13	Опора лотка	ОЛК-5	2,04	0,24	2,5	1	7,5	0,5	12	50	12	25	10	3
14	Перегородка внутренняя	ВПК-2-3	1,92	2,55	3	1,5	8,5	0,6	12	40	11	30	10	24
15	Цокольный блок	НЦ-15-13-45	1,73	1,48	4	1	7,5	0,5	12	50	10	25	12	25
16	Козырек входа	КВ-3-5	1,61	0,15	4	1	7,5	0,5	10	45	9	30	10	26
17	Лестница	ЛМ-28-12л	1,52	0,26	3	1,5	8,5	0,6	10	40	8	30	12	27
18	Наружный блок	НБУ-9/7-22,5,5-1	1,38	2,18	3	1,5	8,5	0,6	12	45	7	25	12	28
19	Ограждения лоджии	С-1	1,35	0,95	3	1	7,5	0,5	10	50	15	25	12	29
20	Плита балкона	ПБ-33-5	1,19	0,18	2	1,5	8,5	0,6	12	50	14	30	12	30
21	Перегородка внутренняя	ВПК-10	1,18	2,55	4	1,5	8,5	0,6	12	40	13	25	10	21
22	Лестница	ЛПР-25-12вв	1,16	0,32	3	1	8	0,5	14	45	12	20	12	22
23	Блок внутренней плиты	ВБ-9,26,2-1	1,08	2,54	2,5	1	8	0,5	10	50	11	30	10	23
24	Плита балкона	ПБ-27-5	0,07	0,18	3	1	8	0,5	12	40	10	25	12	24
25	Вентиляционный блок	ВБК	0,85	2,78	3	1	8	0,5	12	45	9	30	12	25
26	Вентиляционный блок	ВБВ9,28,3	0,79	2,78	4	1	8	0,5	14	48	8	20	10	26
27	Балка перемычка	БП-40	0,77	0,24	4	1	8	0,5	12	450	7	30	10	27
28	Блок парапета	НБ-69И	0,68	0,57	4	1	8,5	0,6	14	50	7	30	10	28
29	Ограждение лоджии	С-3	0,5	0,95	3	1	8	0,6	12	40	8	25	12	29
30	Наружный блок	НБО-12,8,4	0,48	1,79	3,5	1,5	8	0,6	14	45	0	30	12	30

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ТЕМА: РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ БАШЕННОГО КРАНА

Цель занятия: проверить грузовую и собственную устойчивость башенного крана

Данные для расчета смотри в табл. 6.1 – 6.13 и на рис. 6.1 – 6.15.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить координаты центра тяжести крана при горизонтальной стреле и при ее максимальном подъеме.
2. определить координаты центра парусности при горизонтальном положении стрелы ρ и при ее максимальном подъеме ρ_1 .
3. Вычислить наветренную площадь крана при горизонтальной стреле и при ее максимальном подъеме.
4. Определить распределенную ветровую нагрузку.
5. Проверить грузовую устойчивость крана.
6. Проверить собственную устойчивость крана.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Для определения координат центра тяжести крана располагаем координатные оси так, чтобы ось абсцисс лежала в плоскости головок рельсов, а ось ординат совпала с осью вращения крана.

Схему крана (рис. 6.1) разбиваем на части, вес которых известен. Сумму моментов сил тяжести этих частей относительно оси координат y или x приравниваем моменту силы тяжести всего крана относительно той же оси. Из этих двух уравнений определяем координаты центра тяжести.

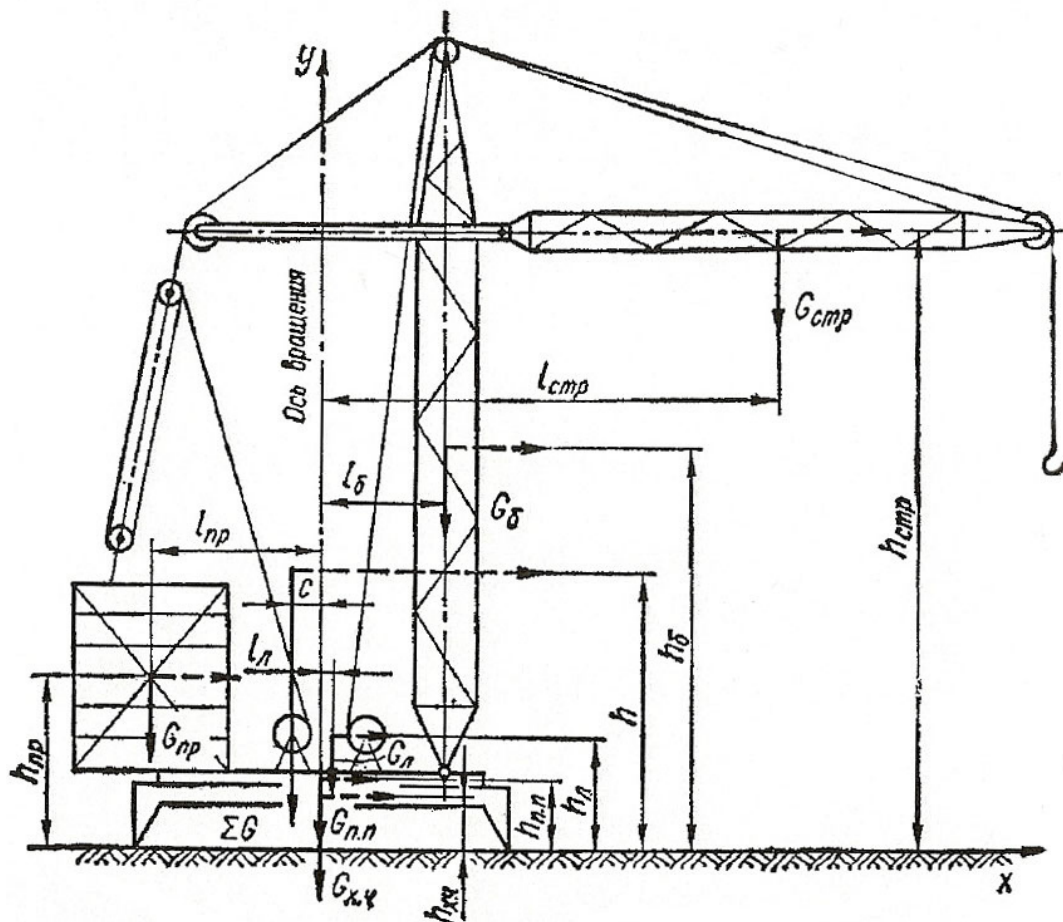


Рисунок 6.1 – Схема к определению центра тяжести крана

Например, для нахождения абсциссы c центра тяжести уравнение будет иметь такой вид:

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^y = c \sum_{i=1}^{i=n} G \quad (6.1)$$

Отсюда

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^y}{\sum G}, \quad (6.2)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^y &= G_{\text{ПР}} l_{\text{ПР}} + G_{\text{Л}} l_{\text{Л}} + G_{\text{Б}} l_{\text{Б}} + G_{\text{СТР}} l_{\text{СТР}} \\ \sum G &= G_{\text{ПР}} + G_{\text{Л}} + G_{\text{Б}} + G_{\text{СТР}} + G_{\text{Х.Ч.}} + G_{\text{П.П.}} \end{aligned} \right\} \quad (6.3)$$

Здесь $G_{\text{ПР}}$ – вес противовеса, Н;
 $l_{\text{ПР}}$ – плечо вектора веса противовеса относительно оси y , м;
 $G_{\text{Л}}$ – вес лебедок, Н;
 $l_{\text{Л}}$ – плечо вектора веса лебедок относительно оси y , м;
 $G_{\text{Б}}$ – вес башни крана, Н;
 $l_{\text{Б}}$ – плечо вектора веса башни относительно оси y , м;
 $G_{\text{СТР}}$ – вес стрелы, Н;
 $l_{\text{СТР}}$ – плечо вектора веса стрелы относительно оси y , м;
 $G_{\text{Х.Ч.}}$ – вес ходовой части крана, Н;
 $G_{\text{П.П.}}$ – вес поворотной платформы, Н;

Для определения ординаты h центра тяжести рекомендуется повернуть всю систему сил на 90° . Как это сделано на рис. 6.1. (Центр тяжести не меняет своего положения при повороте всей системы сил в одном направлении).

Составляем уравнение моментов

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^x = c \sum_{i=1}^{i=n} Gh \quad (6.4)$$

Отсюда

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^x}{\sum G}, \quad (6.5)$$

где

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_k}^x = G_{\text{ПР}} h_{\text{ПР}} + G_{\text{Л}} h_{\text{Л}} + G_{\text{Х.Ч.}} h_{\text{Х.Ч.}} + G_{\text{П.П.}} h_{\text{П.П.}} + G_{\text{Б}} h_{\text{Б}} + G_{\text{СТР}} h_{\text{СТР}}. \quad (6.6)$$

Координаты центра тяжести крана при максимально поднятой стреле определяем так же, как в случае, когда стрела крана горизонтальна.

Когда момент силы тяжести при горизонтальной стреле подсчитан, для перехода к моменту при поднятой стреле рекомендуется учитывать только разность моментов сил тяжести при ее горизонтальном и поднятом положении.

2. Координату центра парусности определяем как координату центра тяжести наветренной площади крана. В этом случае наветренную площадь разбиваем на фигуры, центры тяжести которых легко определить (рис. 6.2).

Составляем уравнение, в котором сумму моментов давления ветра на отдельные части крана относительно плоскости головок рельсов приравняем к моменту давления ветра на кран относительно той же плоскости. Согласно рис. 6.2,

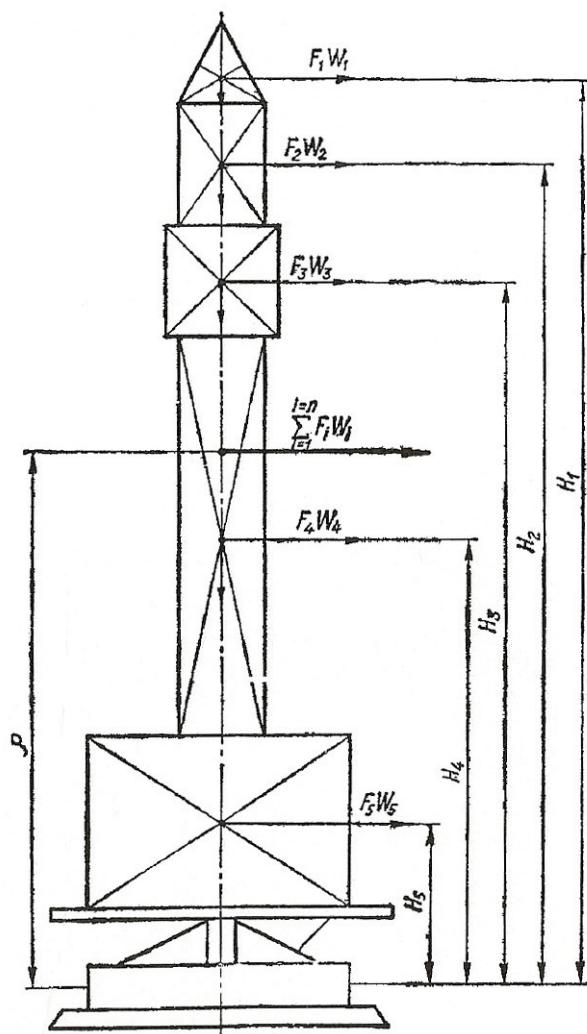


Рисунок 6.2 – Схема к определению центра парусности крана

$$F_1 H_1 \omega_1 + F_2 H_2 \omega_2 + F_3 H_3 \omega_3 + F_4 H_4 \omega_4 + F_5 H_5 \omega_5 = \rho \sum_{i=1}^n F_i \omega_i, \quad (6.7)$$

откуда

$$\rho = \frac{F_1 H_1 \omega_1 + F_2 H_2 \omega_2 + F_3 H_3 \omega_3 + F_4 H_4 \omega_4 + F_5 H_5 \omega_5}{\sum F_i \omega_i}, \quad (6.8)$$

где $F_1 - F_5$ – наветренные площади частей крана, м^2 ;
 $H_1 - H_5$ – высоты центров соответствующих площадей частей крана, м;
 $\omega_1 - \omega_5$ – распределенная ветровая нагрузка на наветренную часть соответствующих поверхностей крана, Н/м^2 .

3. Расчетные наветренные площади элементов металлоконструкций и узлов крана принимаем равными:

- для отдельных стержней и канатов – произведению длины стержня или каната на расчетную ширину сечения, указанную на схемах в табл. 6.9, или на диаметр стержня или каната;
- для плоских ферм – сумме площадей проекций элементов на плоскость фермы;

- для пространственных ферм – расчетной площади грани шириной b (схемы в табл. 6.12 и 6.13), рассматриваемой как плоская ферма;
- для кабин, лебедок, машинных отделений, плит балласта, противовеса и груза – площади проекции на плоскость, перпендикулярную к направлению ветра.

4. Распределенную ветровую нагрузку ω вычисляем по формуле

$$\omega = q_0 n c \gamma \beta, \quad (6.9)$$

где q_0 – скоростной напор ветра на высоте 10 м над поверхностью земли (табл. 6.3), Н/м²;
 n – поправочный коэффициент на возрастание скоростного напора в зависимости от высоты над поверхностью земли (табл. 6.4);
 c – аэродинамический коэффициент (расчет этого коэффициента по формуле 6.12);
 γ – коэффициент перегрузки, при расчете устойчивости крана принимаемый равным 1;
 β – коэффициент, учитывающий динамическое воздействие пульсации скоростного напора и определяемый по формуле

$$\beta = 1 + m_{\Pi} \xi. \quad (6.10)$$

Здесь m_{Π} – коэффициент пульсации скоростного напора, определяемый в зависимости от высоты расположения опорного шарнира стрелы над поверхностью земли, м (табл. 6.5);

ξ – коэффициент динамичности, определяемый в зависимости от периода свободных колебаний крана T_1 по табл. 6.6.

Период свободных колебаний T_1 , сек, для крана с грузом на крюке определяем по формуле

$$T_1 = T_0 \sqrt{\frac{H_B}{L_C}}, \quad (6.11)$$

где T_0 – принимают по табл. 6.7 в зависимости от вылета груза L_{Γ} и его нормативного веса Q^H ;

H_B – высота башни, м;

L_C – длина стрелы, м.

Для кранов без груза на крюке период свободных колебаний принимают равным половине периода свободных колебаний крана с наибольшим для данного вылета грузом на крюке.

Коэффициент β_{Γ} для ветровой нагрузки на груз принимается равным 1,25.

Аэродинамические коэффициенты c для стержней круглого сечения при ветре, перпендикулярном к их оси, берем из табл. 6.8.

Для стержней из прокатных и сварных профилей при ветре по стрелке аэродинамические коэффициенты принимаем по табл. 6.9.

Аэродинамические коэффициенты для кабин, лебедок, машинных отделений, плит балласта и противовеса, а также груза канатов и кабелей принимаем равными $c = 1,2$.

Для плоских ферм или сплошных балок, расположенных одна за другой (рис. 6.3), аэродинамические коэффициенты определяем по формуле

$$c = K_1 \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_i F_i}{F} \left[1 - \eta_{\Phi} (N_{\Phi} - 1) \right] \quad (6.12)$$

где K_1 – коэффициент, определяемый по табл. 6.10;

c_i – аэродинамический коэффициент i – го элемента фермы на ее плоскость;

F_i – площадь проекции i – го элемента фермы на ее плоскость;

$$F = \sum_{i=1}^i F_i, \text{ м}^2;$$

$\eta_{\text{ф}}$ – коэффициент, определяемый по табл. 6.11;

$N_{\text{ф}}$ – количество ферм.

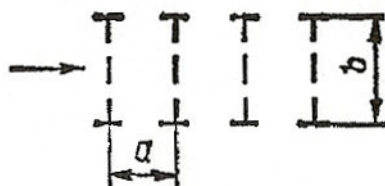


Рисунок 6.3 – Схема расположения ферм или сплошных балок к определению аэродинамического коэффициента

В табл. 6.10 и 6.11 ψ - коэффициент заполнения, равный отношению F к площади, ограниченной наружным контуром фермы.

Аэродинамические коэффициенты для пространственных ферм из угловой стали при ветре, перпендикулярном к продольной оси фермы, определяем по табл. 6.12.

Для пространственных ферм из труб при ветре, перпендикулярном к продольной оси фермы, аэродинамические коэффициенты определяем по формуле

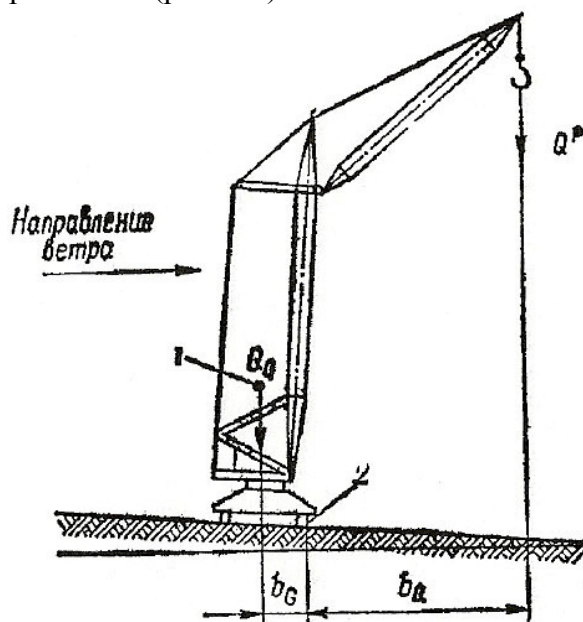
$$c = K_2 c_0, \quad (6.13)$$

где K_2 – коэффициент, принимаемый для ферм треугольного сечения с углом $\alpha = 30^\circ$ при набегаии ветра на основание или боковую грань треугольника равным 1;

c_0 – берем по табл. 6.13.

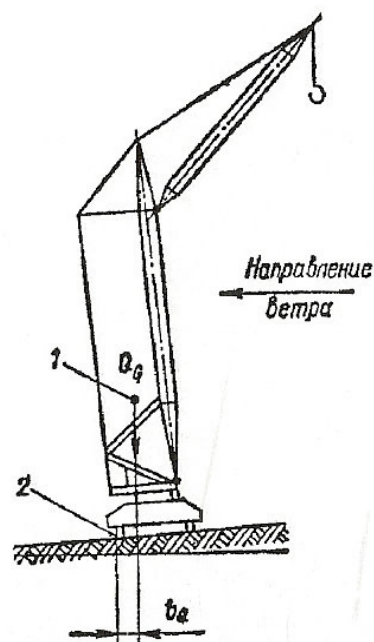
При проверке грузовой и собственной устойчивости следует выбирать такое положение ребра опрокидывания, при котором кран по устойчивости максимально приближается к предельному состоянию.

5. Для обеспечения грузовой устойчивости крана должно выполняться следующее неравенство (рис. 6.4):



1 – центр тяжести крана; 2 – ребро опрокидывания

Рисунок 6.4 – Схема к определению грузовой устойчивости крана



1 – центр тяжести крана; 2 – ребро опрокидывания

Рисунок 6.5 - Схема к определению собственной устойчивости крана

$$Q^p b_Q + M_W \leq m Q_G b_G, \quad (6.14)$$

где Q^p – расчетная нагрузка от веса поднимаемого груза, Н;
 b_Q – плечо силы Q^p , определяемое с учетом наклона основания фермы, м;
 M_W – момент относительно ребра опрокидывания от расчетной ветровой нагрузки, действующей на кран и груз, Н;
 $m = m_1 m_2 m_3$ – коэффициент условий работы. При расчете грузовой устойчивости башенных кранов, обслуживающих все виды строительства, кроме малоэтажного и сельского принимаем: $m_1 = 0,9$; $m_2 = 0,8$; $m_3 = 1$; (тогда $m = 0,72$);
 Q_G – расчетная нагрузка от веса крана, Н;
 b_G – плечо силы Q_G , определяемое с учетом наклона основания крана, м.

6. Для обеспечения собственной устойчивости крана должно выполняться неравенство (рис. 6.5)

$$M_W \leq m_0 Q_G b_G, \quad (6.15)$$

где M_W – момент относительно ребра опрокидывания от расчетной ветровой нагрузки, действующей на кран, Н;
 m_0 – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1.

Таблица 6.1 – Варианты заданий

Вариант	Кран	Груз	
		вес, Н	Размеры наветренной поверхности, м ²
1	БК-215А	15000	5,0x0,2
2		20000	
3		30000	
4	С-390	15000	3,5x0,2
5		20000	3,5x2
6		30000	5,0x0,2
7	МСК-3-5-20	50000	5,0x0,3
8		30000	5,0x0,2
9		40000	
10	МБТК-80	50000	5,0x0,3
11		45000	
12		40000	
13	БКСМ-5-5А	50000	6,0x0,3
14		45000	
15		40000	
16	БК-5-248	50000	6,0x0,3
17		40000	5,0x0,3
18		45000	
19	КБ-60	40000	5,0x0,2
20		30000	
21		50000	5,0x0,3
22	КБ-100.0	50000	5,0x0,2
23		40000	
24		50000	
25	КБ-100.1	50000	6,0x0,3

26	КБ-160.2	50000	5,0x0,3
27		40000	5,0x2,0
28		80000	6,0x3,0
29		65000	6,0x2,0
30		50000	6,0x0,3

Таблица 6.3 – Скоростной напор ветра q_0 Н/м²

Ветровые районы СНГ по ГОСТ 1451-65	Состояние крана	
	нерабочее	рабочее
1-3	450	11
4-5	700	
6-7	1000	18

Таблица 6.4 – Значения коэффициента n

Высота над поверхностью земли, м	До 10	10- 20	20- 30	30- 40	40- 50	50- 60	60- 70	70- 80	80- 90	90- 100
n	1,0	1,32	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,12	2,18	2,24

Таблица 6.5 – Коэффициент пульсации скоростного напора ветра, m_{Π}

Высота над поверхностью земли, м	До 20	20- 30	30- 40	40- 50	50- 60	60- 70	70- 80	80- 90	90- 100	100- 120
m_{Π}	0,35	0,34	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,21

Таблица 6.6 – Коэффициент динамичности ξ

T_1 , сек	1	2	3	4	5	6	7	8
ξ	1,75	2,25	2,65	2,96	3,16	3,22	3,26	3,3

Примечание. Для промежуточных значений T_1 допускается линейная интерполяция

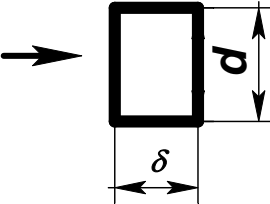
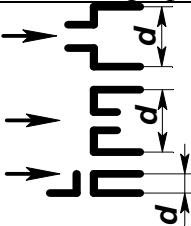
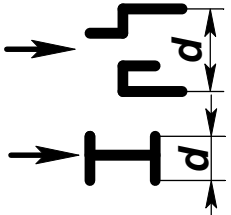
Таблица 6.7 – К подсчету периода свободных колебаний T_0 , сек

L_{Γ} , м	Q^H , кН									
	5-10	10-20	20- 40	40- 80	80- 120	120- 160	160- 200	200- 300	300- 400	400- 500
4	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
16	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4
20	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,6
30	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8
40	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0

Таблица 6.8 – Значения коэффициента c для стержней круглого сечения

$q_0 n d^2$, Н	До 3	5	10	15	20	25	26- 140	250	500	1000	1500	2000- 10000
c	1,2	1,1	0,8	0,65	0,5	0,35	0,33	0,44	0,52	0,6	0,65	0,7

Таблица 6.9 – Значения коэффициента c для профильных стержней

Профиль			
c	2	1,5	1,75

Продолжение табл. 6.9

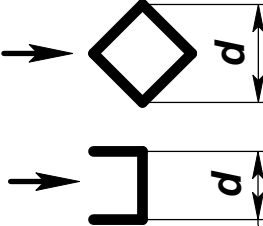
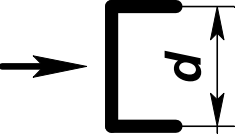
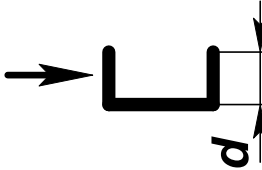
Профиль				
c	2,05	2,2	1,9	1,25

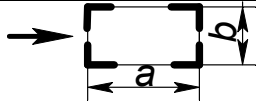
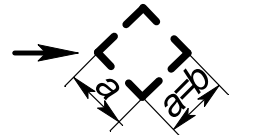
Таблица 6.10 – Коэффициент $K_1 = f(\psi)$

ψ	0	0,3-0,9	1
K	1	0,75	1

Таблица 6.11 – Коэффициент $\eta_\Phi = f(\psi)$

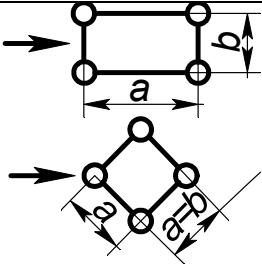
ψ	Отношение a/b			
	До 1	2	4	6
	η_Φ			
0,1	1	1	1	1
0,2	0,85	0,9	0,93	0,97
0,3	0,68	0,75	0,8	0,8
0,4	0,5	0,6	0,67	0,7
0,5	0,33	0,45	0,53	0,6
0,6	0,15	0,3	0,4	0,5

Таблица 6.12 – Коэффициент $c = f(\psi)$

Поперечное сечение фермы			ψ				
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
			c				
 	$\frac{a}{b}$	2,0	3,56	3,32	3,08	2,85	2,62
		1,5	3,55	3,24	2,96	2,71	2,49
		1,0	3,53	3,13	2,78	2,47	2,24
		0,67	3,5	3,05	2,34	2,24	2,0
		0,50	3,45	2,84	2,34	2,02	1,08

Примечание. ψ - коэффициент заполнения грани шириной b .

Таблица 6.13 - Коэффициент $c_0 = f(\psi)$

Поперечное сечение фермы			ψ				
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
			c_0				
	$\frac{a}{b}$	2,0	2,34	1,94	1,77	1,66	1,7
		1,5	2,22	1,9	1,74	1,64	1,58
		1,0	2,13	1,82	1,68	1,56	1,5
		0,67	2,05	1,76	1,6	1,5	1,44
		0,50	2,0	1,68	1,54	1,44	1,38

Примечание. ψ - коэффициент заполнения грани шириной b .

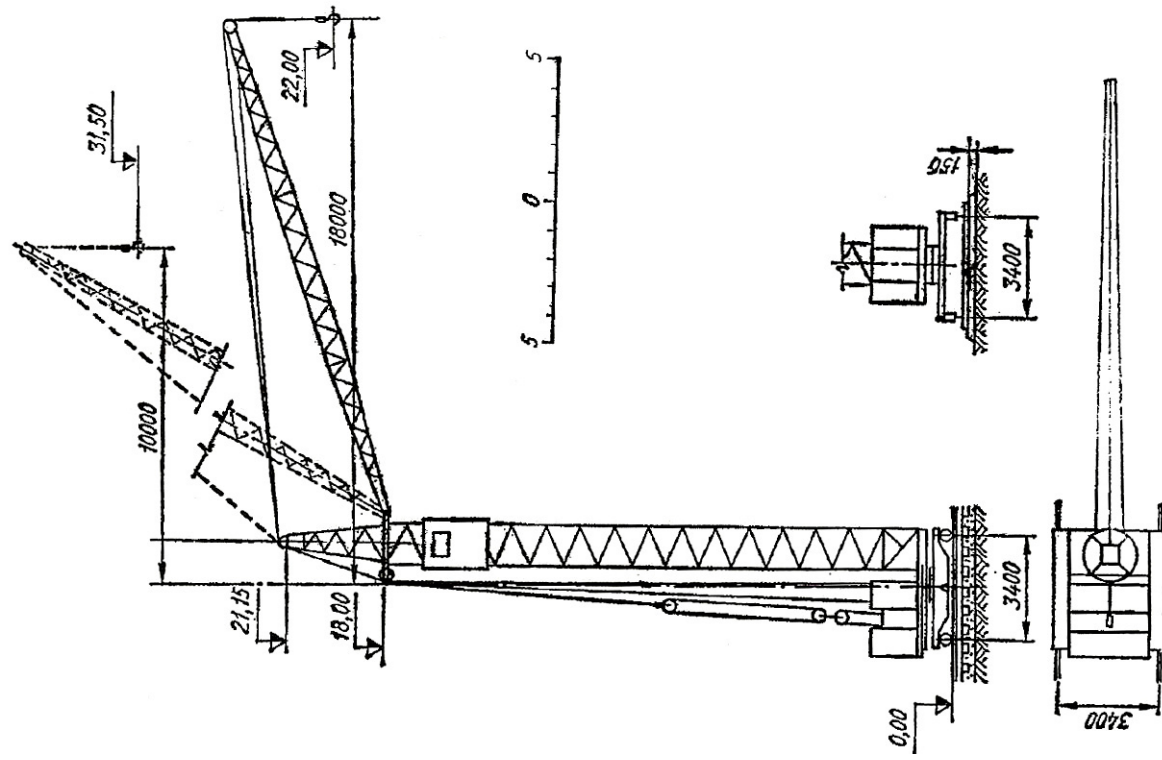


Рисунок 6.6 – Схема крана БК-215А

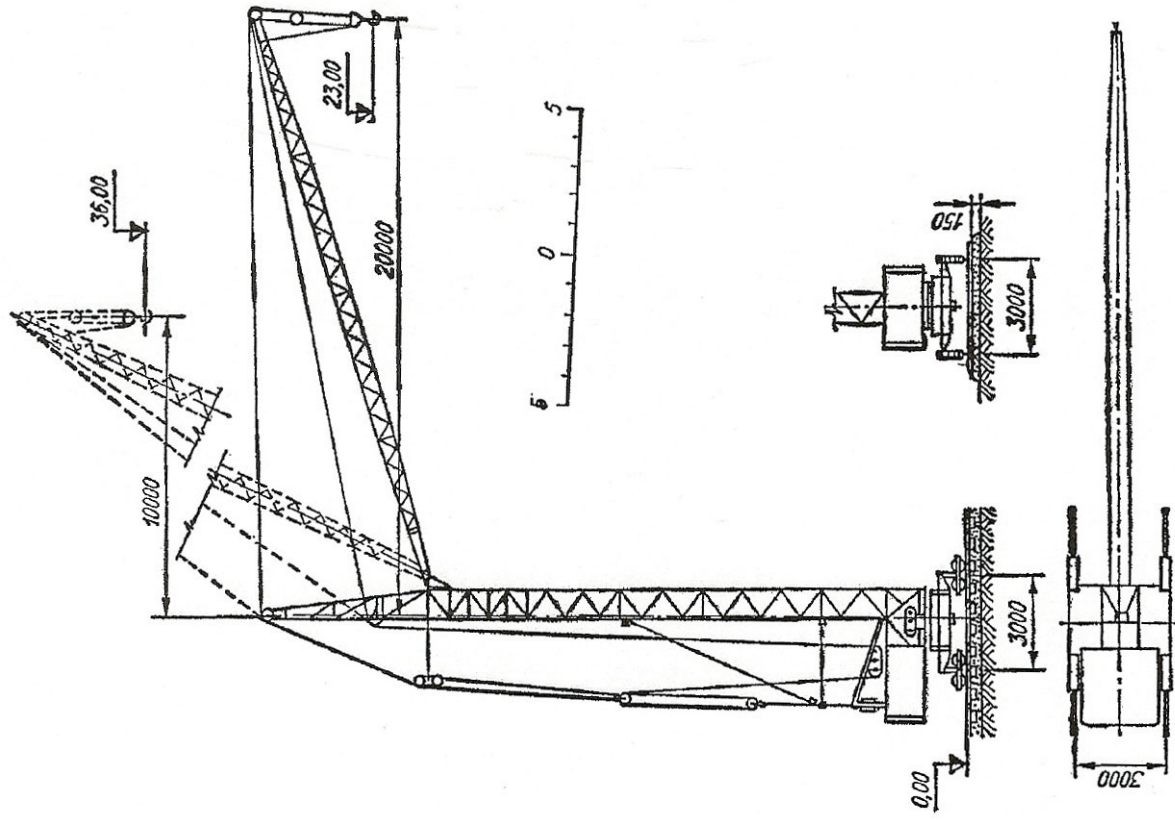


Рисунок 6.7 – Схема крана С-390

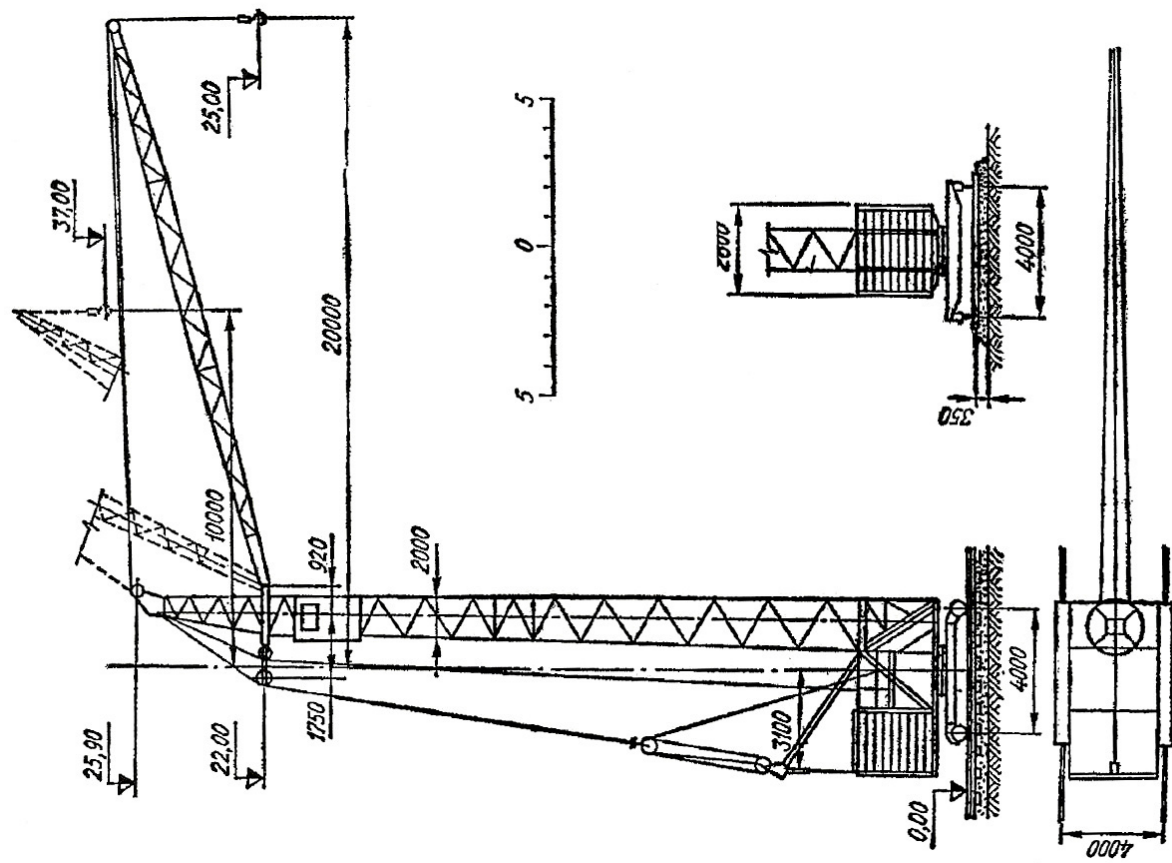


Рисунок 6.8 – Схема крана МСК-3-5-20

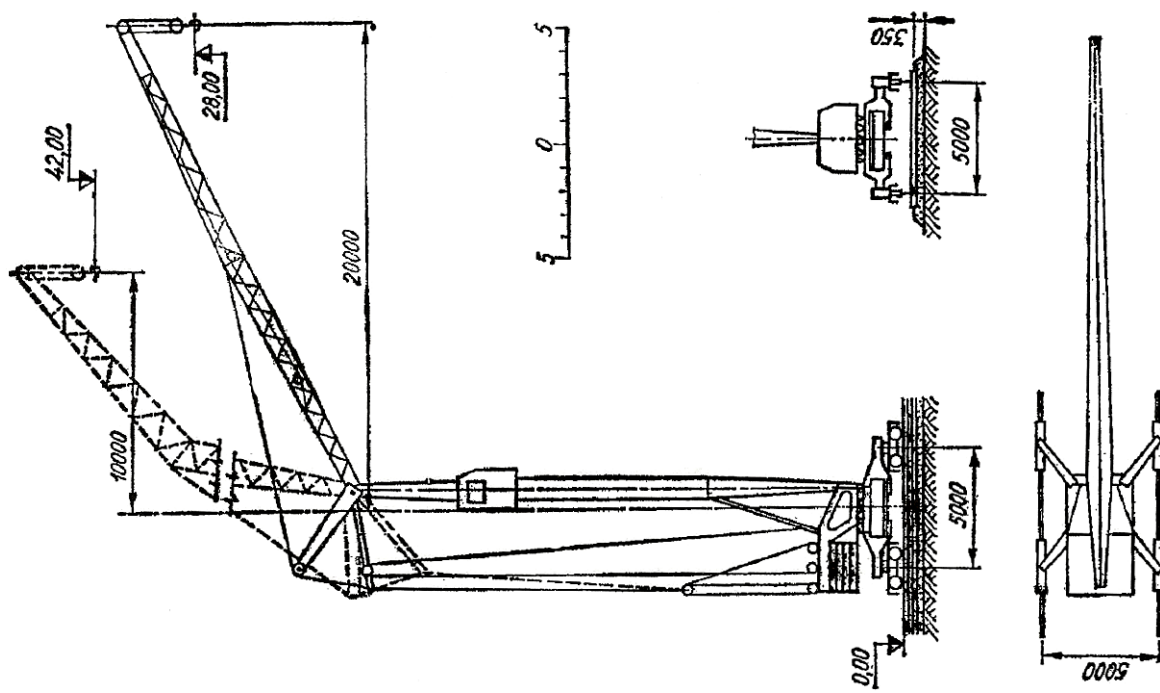


Рисунок 6.9 – Схема крана МБТК-80

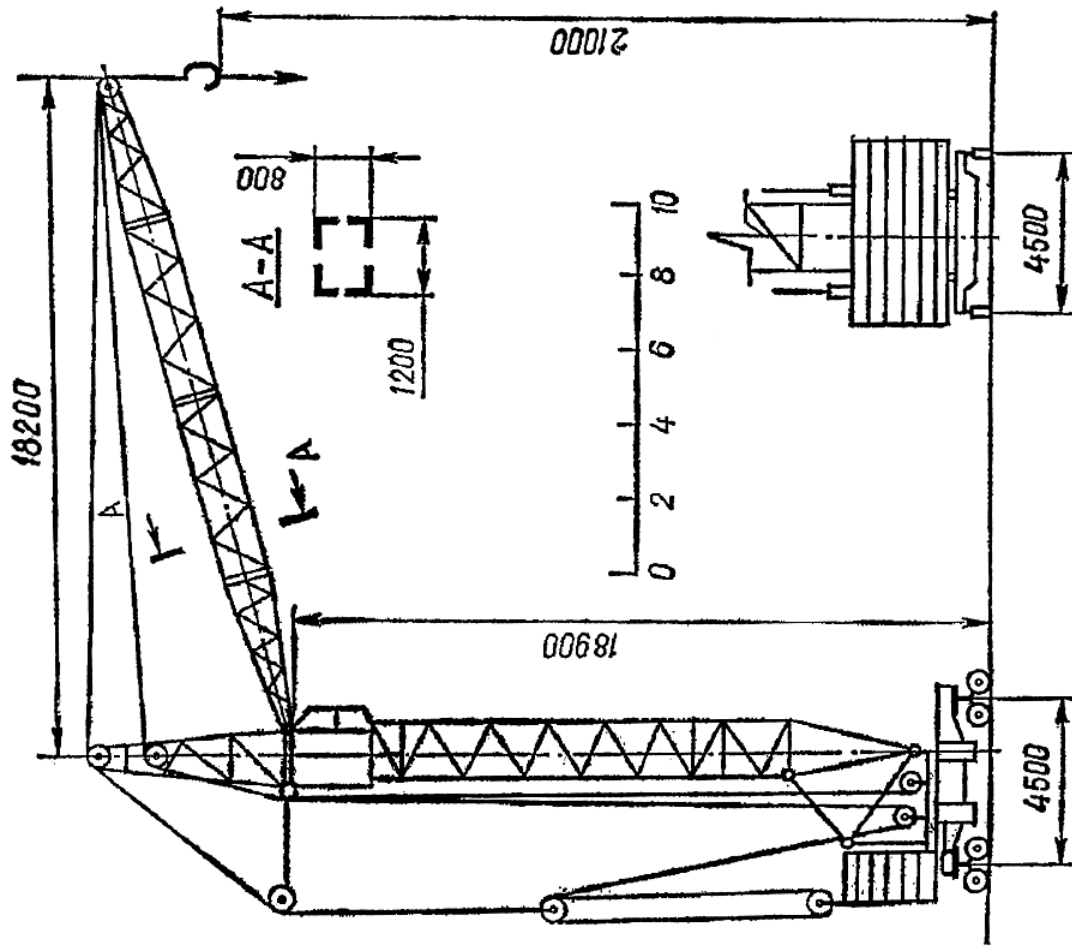


Рисунок 6.12 – Схема крана КБ-60

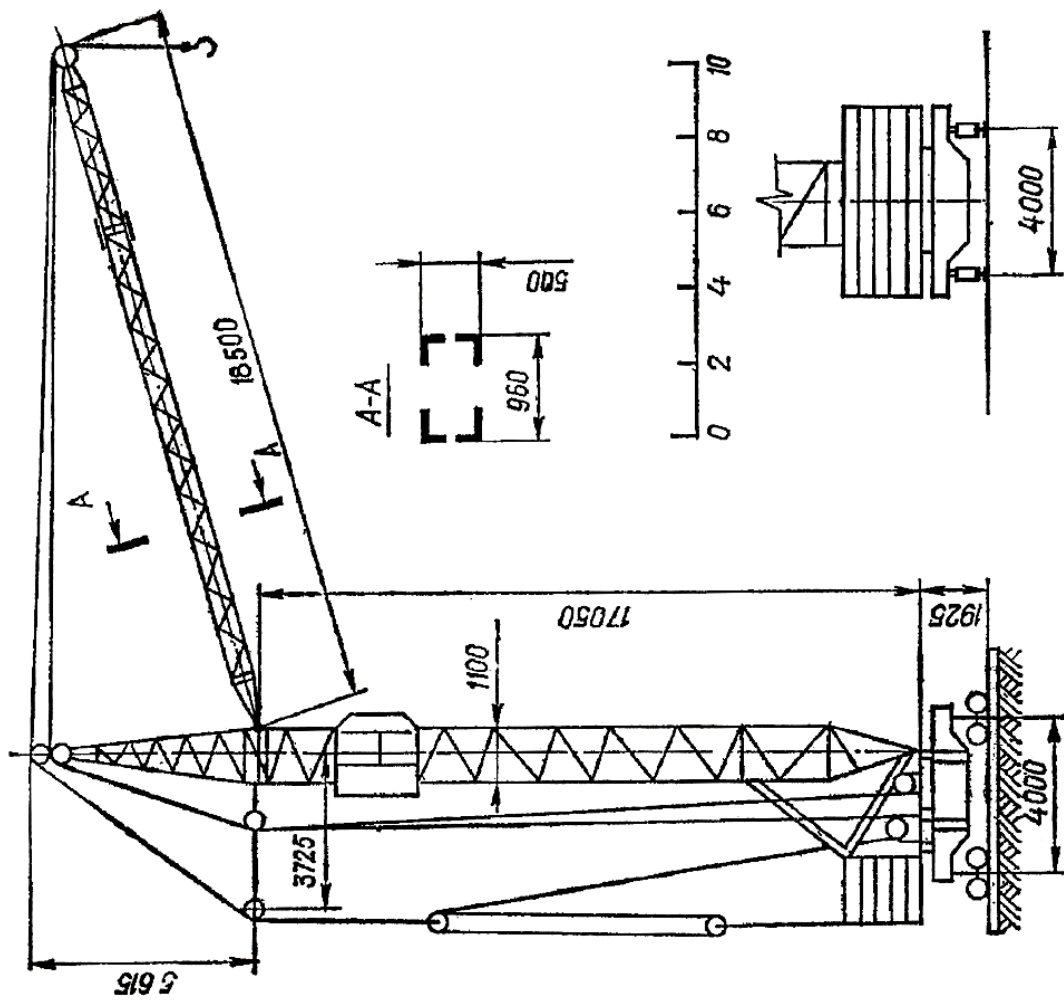


Рисунок 6.13 – Схема крана КБ-100.0

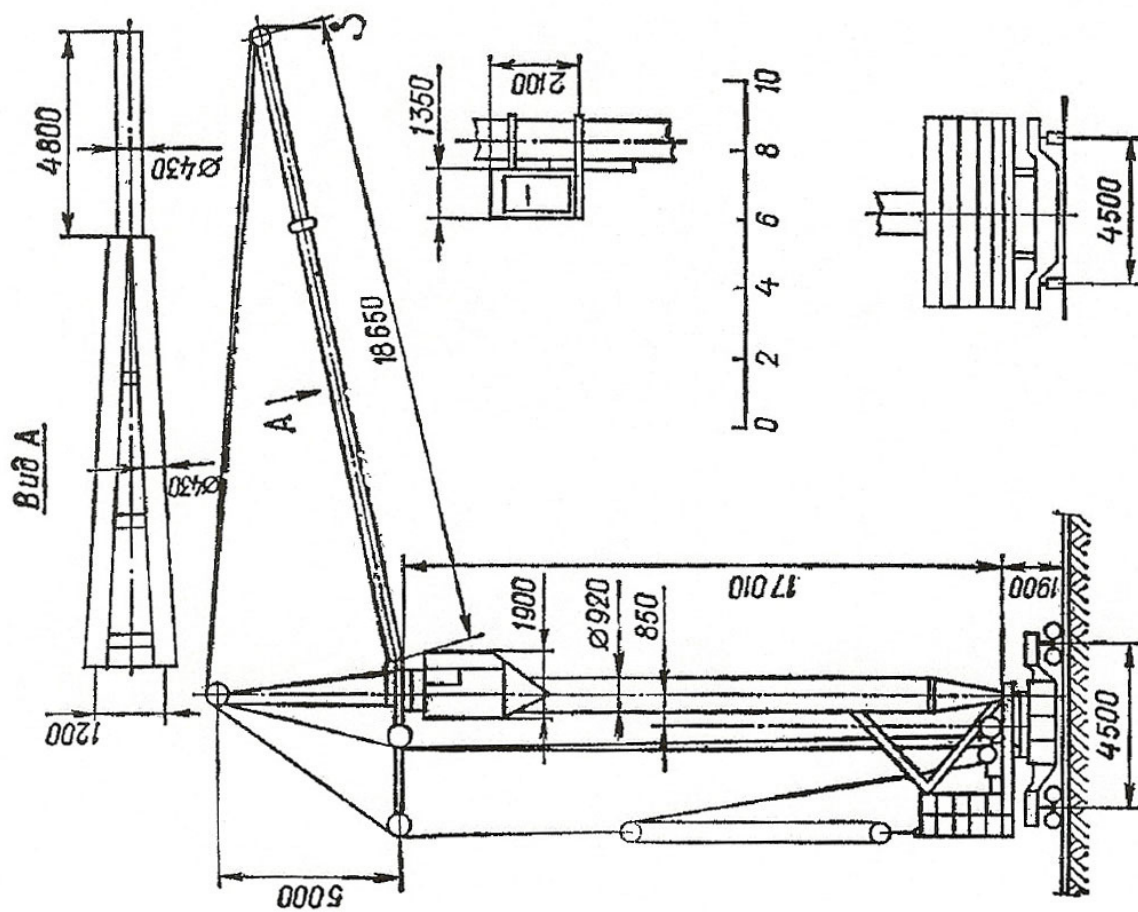


Рисунок 6.14 – Схема крана КБ-100.1

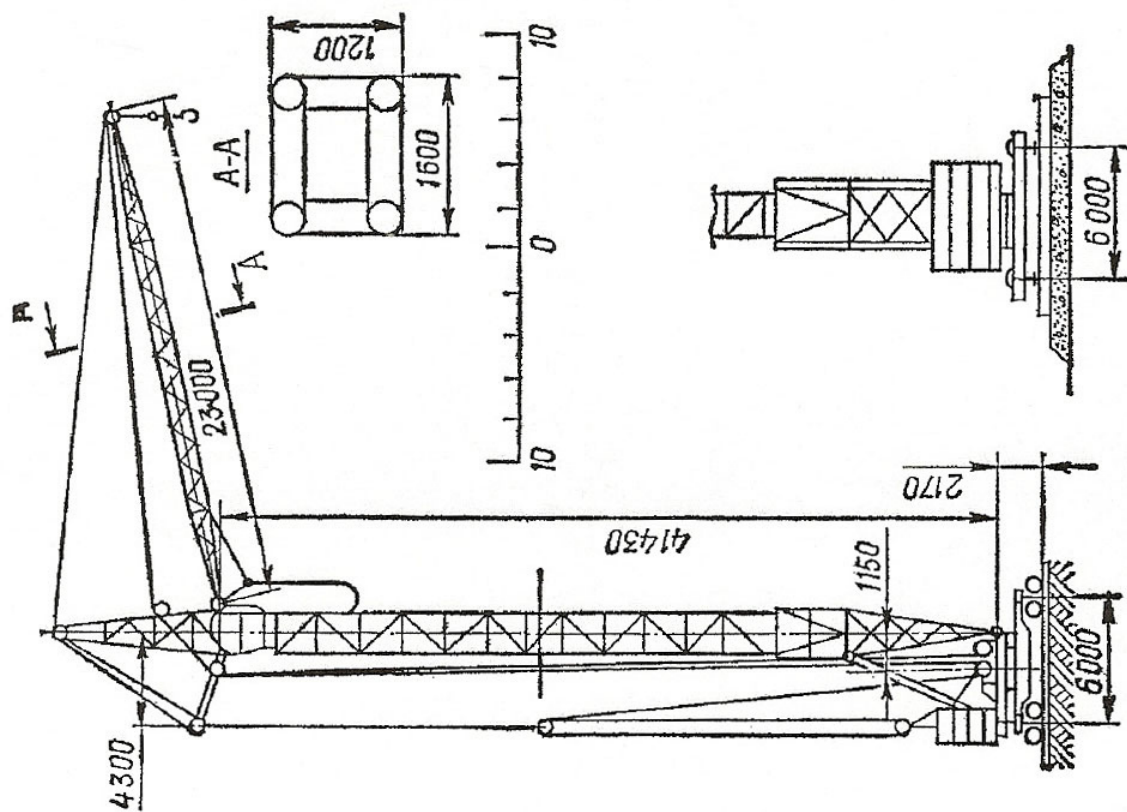


Рисунок 6.15 – Схема крана КБ-160.2

Таблица 6.2 – Технические характеристики башенных кранов

Основные параметры	Краны									
	БК-215А (рис. 6.6)	С-390 (рис. 6.7)	МСК-3-5- 20 (рис. 6.8)	МБТК-80 (рис. 6.9)	БКСМ-5- 5А (рис. 6.10)	БК-5-248 (рис. 6.11)	КБ-60 (рис. 6.12)	КБ-100.0 (рис. 6.13)	КБ-100.1 (рис. 6.14)	КБ-160.2 (рис. 6.15)
Грузоподъемность, кН:										
наибольшая	30	30	50	50	50	50	50	50	50	80
наименьшая	15	15	30	40	50	50	30	50	50	50
Вылет стрелы, м:										
наибольший	18	20	20	20	22	22,7	20	20	20	25
наименьший	10	10	10	10	4,5	9	10	10	10	13
Высота подъема груза, м:										
наибольшая	33	36	35	42	39	48	33,5	33	33	60,5
наименьшая	22	23	25	28	21,5	32	21,5	21	21	46
Длина стрелы, м	16,5	19	18	20	21,9	21,5	18,5	18,65	18,65	23
Ширина колеи, м	3,4	3	4	5	4,5	5	4	4,5	4,5	6
База крана, м	3,4	3	4	5	4,5	5	4	4,5	4,5	6
Вес крана (полный), кН	237	275	450	440	718	790	382	501	512	780
Вес элементов крана, кН										
канаты	3	5	5	5	4,5	7	7	8	14,6	15,4
механизмы	54	45	86	86	88	100	74	69	28,6	111
электрооборудование	15	20	26	25	-	30	-	-	9,8	22
противовес	-	-	-	-	100	50	-	-	-	-
балласт	80	120	200	160	258	360	170	240	244	300
металлоконструкции, в т.ч.	85	85	133	164	267,5	243	131	18,4	215	331,6
стрела	8	8	13	20	41	36	15	20	19,1	27
башня	30	30	47	47	87,5	14,5	51	68	62,5	157,6
поворотная головка	-	-	-	-	46	22	-	-	-	-
портал	-	-	-	-	93	40	-	-	-	-
поворотная платформа	22	25	36	38	-	-	25	31	41,1	66
ходовая рама	25	22	37	59	-	-	40	65	92,3	81

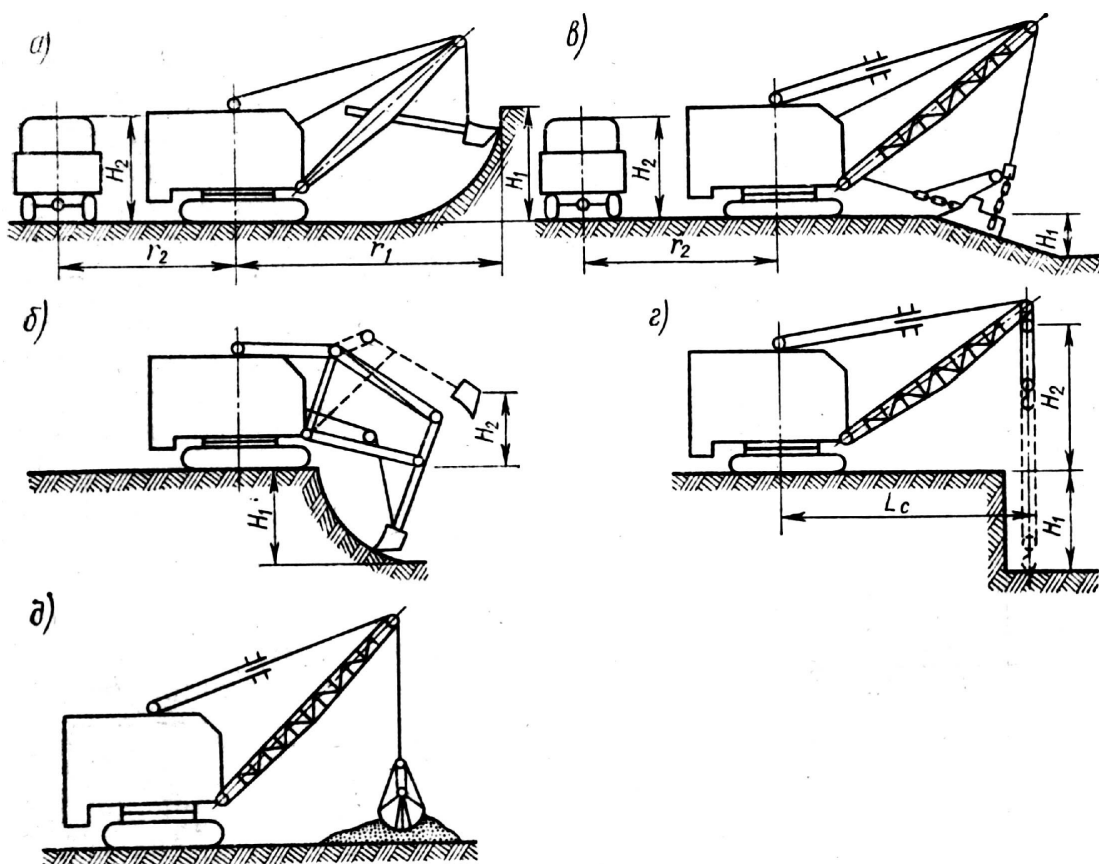
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

ТЕМА: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

Цель занятия: Изучить кинематическую схему, научиться определять техническую и сменную эксплуатационную производительность одноковшового экскаватора

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Выполнить кинематическую схему одноковшового экскаватора.
2. По схеме указать название узлов и механизмов, обозначенных римскими цифрами и буквами.
3. Определить по кинематической схеме угловую скорость вращения звена (звездочка или шестерня), указанного в задании.
4. Определить техническую производительность экскаватора.
5. Определить сменную эксплуатационную производительность экскаватора.



а—прямая лопата; б—обратная лопата; в—драглайн; г—кран; д — грейфер; H_1 — высота (глубина) копания; H_2 —высота разгрузки (подъема); r_1 — радиус копания; r_2 — радиус выгрузки

Рисунок 7.1 - Основные виды рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По рис. 7.2 вычерчиваем кинематическую схему экскаватора Э-652.
2. Указываем на схеме, пользуясь табл. 7.2 и плакатами, название основных деталей и узлов.
3. Определяем угловую скорость вращения заданного звена (см. табл. 7.2) по формуле

$$\omega_{\Pi} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{i_{\text{общ}}}, \text{ с}^{-1} \quad (7.1)$$

где $\omega_{\text{дв}}$ – угловая скорость вращения вала двигателя, с^{-1} ;
 $i_{\text{общ}}$ – общее передаточное число, определяемое произведением

$$i_{\text{общ}} = i_1 i_2 i_n \quad (7.2)$$

где i_n – передаточное число одной кинематической пары. Последнее, определяется отношением

$$i_n = \frac{z_n}{z_{n-1}}, \quad (7.3)$$

где z_n, z_{n-1} – количество зубьев соответственно ведомого и ведущего звеньев

Таблица 7.1 – Исходные данные для расчета

Вариант	Высота забоя H , м	Вместимость Q , м^3	Группа грунта	Угол поворота экскаватора, град	Частота вращения двигателя	Номер позиции элемента для расчета
1	6,2	7,2	I	90	84	24
2	5,8	6,0	II	135	84	7
3	5,4	5,3	III	180	84	10
4	5,0	5,0	IV	90	84	20
5	4,5	3,0	I	135	84	6
6	4,0	7,2	II	180	84	21
7	6,2	6,0	III	90	84	9
8	5,8	5,3	IV	135	84	18
9	5,4	5,0	I	180	84	25
10	5,0	3,0	II	90	84	19
11	4,5	7,2	III	135	94	11
12	4,0	6,0	IV	180	94	5
13	6,2	5,3	I	90	94	12
14	5,8	5,0	II	135	94	13
15	5,4	3,0	III	180	94	22
16	5,0	7,2	IV	90	94	21
17	4,5	6,0	I	135	94	20
18	4,0	5,3	II	180	94	19
19	6,2	5,0	III	90	94	18
20	5,8	3,0	IV	135	94	18
21	5,4	7,2	I	180	104	19
22	5,0	6,0	II	90	104	20
23	4,5	5,3	III	135	104	21
24	4,0	5,0	IV	180	104	22
25	6,2	3,0	I	90	104	23
26	5,8	7,2	II	135	104	24
27	5,4	6,0	III	180	104	25
28	5,0	5,3	IV	90	104	24
29	4,5	5,0	I	135	104	23
30	4,0	3,0	II	180	104	15

Таблица 7.2 – Обозначение к кинематической схеме экскаватора Э-652

Позиция	Наименование узла или детали	Позиция	Наименование узла или детали
А	Двигатель	1	Звездочка $z_1 = 23$
Б	Главная муфта	2	Звездочка $z_2 = 96$
В	Стрелоподъемный барабан	3	Шестерня $z_3 = 15$
Г	Подъемный барабан	4	Шестерня $z_4 = 70$
Д	Напорный барабан	5	Шестерня $z_5 = 76$
І	Вал главной муфты	6	Звездочка $z_6 = 15$
ІІ	Горизонтальный вал реверсивного механизма	7	Звездочка $z_7 = z'_7 = 15$
ІІІ	Промежуточный вал	8	Звездочка $z_8 = 19$
ІV	Вал главной лебедки	9	Звездочка $z_9 = 15$
V	Вал напорного барабана	10	Звездочка $z_{10} = 15$
VI	Вертикальный вал реверсивного механизма	11	Коническая шестерня $z_{11} = 18$
VII	Вал переключения передач	12	Коническая шестерня $z_{12} = 27$
VIII	Вал механизма поворота	13	Шестерня $z_{13} = 12$
IX	Вертикальный вал механизма	14	Шестерня $z_{14} = 17$
X	Горизонтальный вал механизма хода	15	Шестерня $z_{15} = 24$
XI	Приводной вал ведущей звездочки ходовой части	16	Шестерня $z_{16} = 30$
		17	Шестерня $z_{17} = 40$
22	Коническая шестерня $z_{22} = 17$	18	Шестерня $z_{18} = 10$
23	Звездочка $z_{23} = 10$	19	Зубчатый венец $z_{19} = 79$
24	Звездочка $z_{24} = 19$	20	Шестерня $z_{20} = 40$
25	Звездочка $z_{25} = 8$	21	Коническая шестерня $z_{21} = 11$

4. Определяем техническую производительность одноковшового экскаватора по формуле

$$\Pi_{\text{ТЕХ}} = \frac{3600 g k_H}{t_{\text{ц}} k_p}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.4)$$

где g – емкость ковша экскаватора, м^3 (табл. 7.5);
 k_H – коэффициент наполнения ковша грунтом (табл. 7.4);
 k_p – коэффициент разрыхления грунта в ковше (табл. 7.4);
 $t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла.

$$t_{\text{ц}} = t_k + t_n + t'_n + t_p, \text{ с}, \quad (7.5)$$

где t_p – время разгрузки, принимаем 2 с;
 t_k – время копания грунта.

$$t_{\text{ж}} \leq 2,7 \sqrt[4]{G k_B}, \text{ с}, \quad (7.6)$$

где k_B – коэффициент изменения времени копания (табл. 7.4);

G – масса экскаватора, т (табл. 7.5);
 t_{Π} – время поворота экскаватора к месту разгрузки, с;
 t'_{Π} – время поворота экскаватора к исходному положению, с, принимаем $t_{\Pi} = t'_{\Pi}$, поэтому $t_{\Pi} + t'_{\Pi} = 2 t_{\Pi}$.

Время $2 t_{\Pi}$ выбирается по следующей зависимости, заданной углом поворота экскаватора

$$\begin{array}{ll} 90^{\circ} & 2 t_{\Pi} \leq 1,2 R_{\text{в}} \\ 135^{\circ} & 2 t_{\Pi} \leq 1,55 R_{\text{в}} \\ 180^{\circ} & 2 t_{\Pi} \leq 1,99 R_{\text{в}} \end{array}$$

где $R_{\text{в}}$ – радиус выгрузки, м (табл. 7.5).

5. Определяем сменную эксплуатационную производительность экскаватора

$$\Pi_{\text{см}} = \Pi_{\text{тех}} K_{\text{тр}} K_{\text{пер}} \Pi_{\text{р}}, \quad (7.7)$$

где $K_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий перерывы на смену транспортных средств у экскаватора

$$K_{\text{тр}} = \frac{Q / \Pi_{\text{тех}}}{Q / \Pi_{\text{тех}} + t_{\text{обм}}}, \quad (7.8)$$

где Q – емкость кузова автосамосвала, м³ (табл. 7.1);
 $t_{\text{обм}}$ – время обмена автосамосвала у экскаватора, принимаем 0,01 ч;
 $K_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий время на передвижение экскаватора.

$$K_{\text{пер}} = \frac{V / \Pi_{\text{тех}} K_{\text{тр}}}{V / \Pi_{\text{тех}} K_{\text{тр}} + t_{\text{пер}}}.$$

$t_{\text{пер}}$ – время передвижения экскаватора к новому элементу забоя, принимаем равное 0,018 ч;

V – объем элемента забоя, разрабатываемый с одной стоянки.

$$V = \frac{\pi H}{2} [R^2 - (R - l_{\text{р}})^2], \text{ м}^3 \quad (7.9)$$

где H – высота забоя, м (табл. 7.1);
 R – наибольший радиус копания, м (табл. 7.5);
 $l_{\text{р}}$ – длина рукоятки, м (табл. 7.5);
 $\Pi_{\text{р}}$ – число часов работы экскаватора в смену, исключая время на пересмену, смазку машины, крепежный ремонт, очистку ковша и т.д., принимаем 7 ч.

Таблица 7.3 – Характеристика грунтов

№ варианта	Грунт	ρ , кг/м ³	k , Н/м ²	χ	f	φ	$k_{\text{р}}$
1	Сухой песок	1500	12×10^4	0,48	0,15	0,50	1,10
2	Песок влажностью 12-15%	1650	$11,6 \times 10^4$	0,46	0,05	0,70	1,15
3	Чернозем влажностью 4-6%	1555	$11,2 \times 10^4$	0,43	0,08	0,60	1,30
4	Супесь и суглинок влажностью 4-6%	1700	$10,8 \times 10^4$	0,39	0,20	0,55	1,30
5	Сухая глина	1750	$10,4 \times 10^4$	0,31	0,25	0,85	1,25
6	Сухой песок	1500	12×10^4	0,48	0,15	0,50	1,10
7	Песок влажностью	1650	$11,6 \times 10^4$	0,46	0,05	0,70	1,15

	12-15%						
8	Чернозем влажностью 4-6%	1555	$11,2 \times 10^4$	0,43	0,08	0,60	1,30
9	Супесь и суглинок влажностью 4-6%	1700	$10,8 \times 10^4$	0,39	0,20	0,55	1,30
0	Сухая глина	1750	$10,4 \times 10^4$	0,31	0,25	0,85	1,25

Дополнительный вариант выбирается по последней цифре зачетной книжки

Таблица 7.4 – Значения коэффициентов

Группа грунта	I	II	III	IV
Коэффициент наполнения, K_n	1,05	1,1	1,2	1,05
Коэффициент рыхления грунта, K_p	1,05	1,1	1,15	1,2
Коэффициент времени копания, K_v	0,75	0,9	1,0	1,3

Таблица 7.5 – Параметры экскаваторов

Показатель	Марка экскаватора					
	ЭО-3311	ЭО-4111	ЭО-1001	ЭО-6111	ЭО-6112	ЭО-2505
Дополнительный вариант	1,2	3,4	5,6	7,8	9	0
$g, м^3$	0,4	0,65	1,0	1,25	1,25	2,5
$G, т$	11,7	22,6	36,0	43,0	42,0	94,0
$R_v, м$	5,4	7,2	7,4	7,9	8,3	9,7
$R, м$	5,9	7,8	8,4	9,9	9,1	11,1
$l_p,$	2,3	4,5	4,91	4,9	4,9	6,1

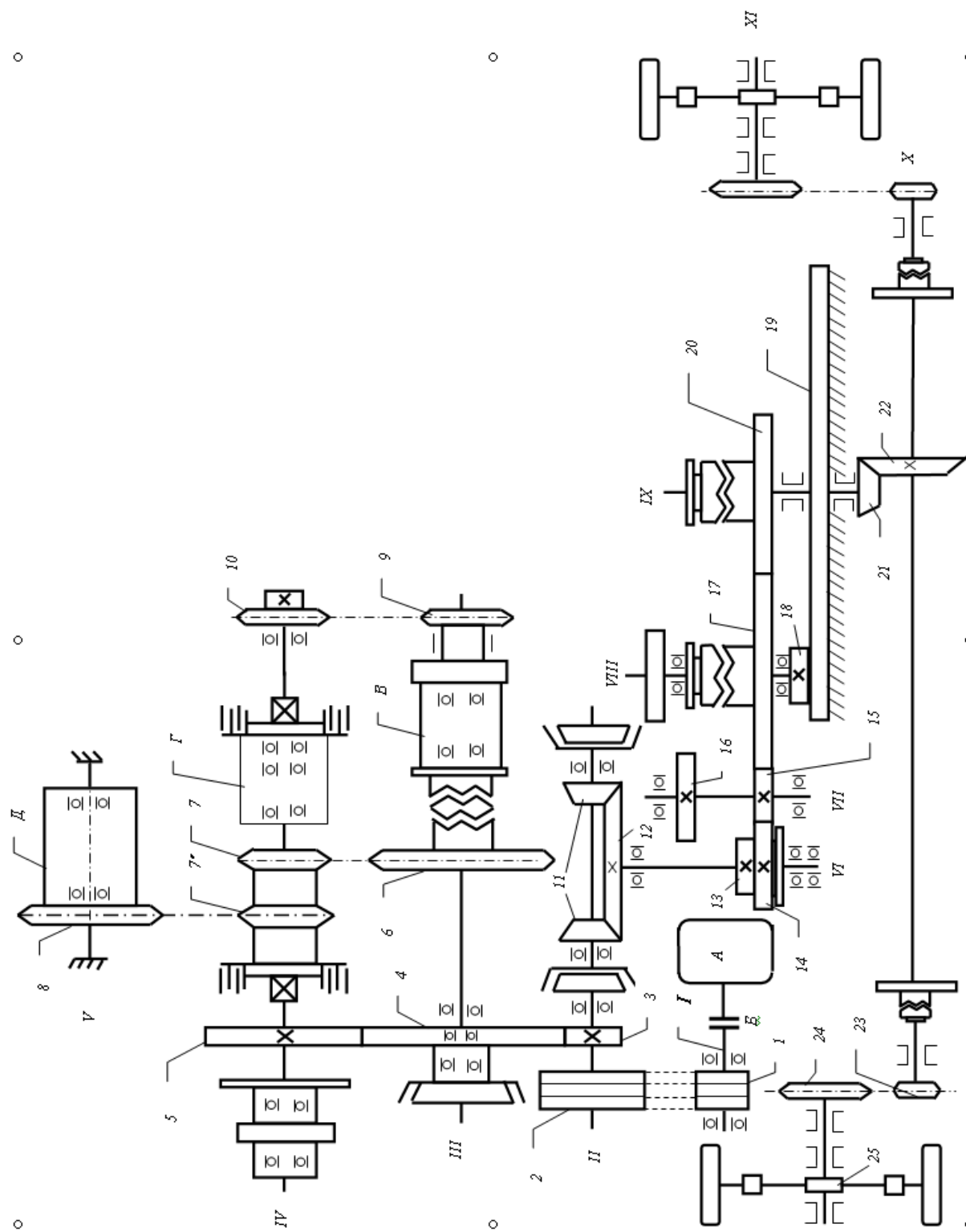


Рисунок 7.2 – Кинематическая схема экскаватора Э-652

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

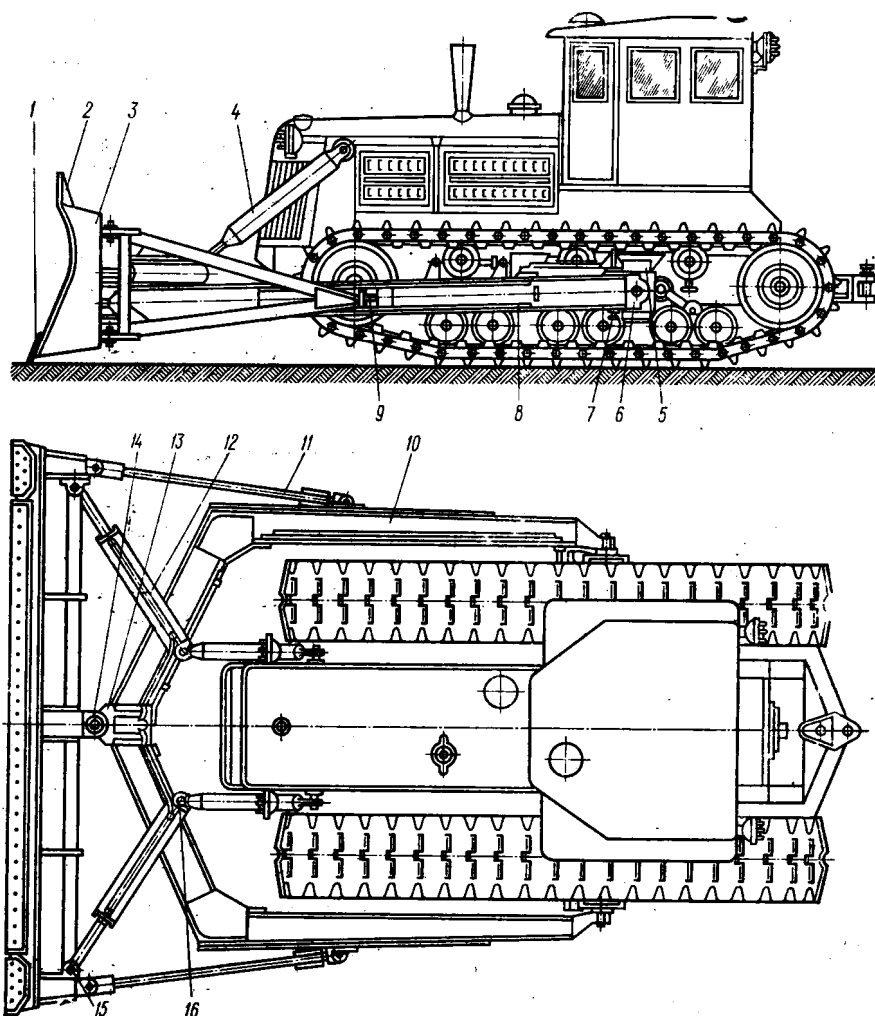
ТЕМА: РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРА

Цель занятия: Произвести расчет производительности бульдозера.

Данные для расчета приведены в таблице 9.1.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить общее усилие сопротивления при работе бульдозера.
2. Проверить по условию сцепления отсутствие буксования движителей трактора.
3. Вычислить продолжительность цикла работы бульдозера.
4. Определить производительность бульдозера при разработке и транспортировке грунта.



1—ножи; 2 — козырек; 3—отвал; 4—гидроцилиндры подъема и опускания отвала; 5—направляющие ползуны опорных пальцев; 6 — опорный шарнир; 7 — гидроцилиндры перекоса отвала; 8—направляющие ползун толкателей; 9 — ползун; 10—универсальная рама; 11—толкатель; 12 — гидроцилиндр поворота отвала в плане; 13—наголовник; 14 — штырь; 15, 16—проушины

Рисунок 9.1 - Бульдозер с поворотным отвалом

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Определяем общее усилие сопротивления при работе бульдозера по формуле

$$P' = P_p + P_r + P_t + P_{пт}, \quad (9.1),$$

где P_p – сопротивление грунта резанию, Н;
 $P_{п}$ – сопротивление волочению призмы грунта, Н;
 $P_{т}$ – сопротивление внутреннему трению, Н;
 $P_{пт}$ – сопротивление передвижению базового трактора, Н.

1.1. Сопротивление грунта резанию

$$P_p = bck, \text{ Н}, \quad (9.2)$$

где b – длина отвала, м (табл. 9.2);
 c – толщина срезаемого слоя, м (табл. 9.4);
 k – коэффициент сопротивления грунта резанию, Н/м² (табл. 9.4).

1.2. Сопротивление волочению призмы грунта впереди отвала

$$P_{п} = \frac{gh^2b\rho(\mu + i)}{\operatorname{tg} \varphi_r}, \text{ Н}, \quad (9.3)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;
 h – высота отвала, м (табл. 9.2);
 φ_r – угол естественного откоса грунта, $\varphi_r = 39-40^\circ$;
 ρ – плотность грунта, кг/м³ (табл. 9.4);
 μ – коэффициент трения грунта по грунту равный 0,3-0,5;
 i – уклон пути (табл. 9.1).

1.3. Сопротивление внутреннему трению

$$P_{т} = gbh^2\rho\chi, \text{ Н}, \quad (9.4)$$

где χ – коэффициент, учитывающий влияние вида грунта (табл. 9.4).

1.4. Сопротивление движению трактора

$$P_{пт} = G(f + i), \text{ Н}, \quad (9.5)$$

где G – сила веса бульдозера с трактором, Н (табл. 9.2);
 f – удельное сопротивление движению (табл. 9.4).

2. Проверяем по условию сцепления отсутствие буксования движителей трактора

$$F_{сц} = G\varphi \geq P \geq P', \text{ Н}, \quad (9.6)$$

где φ – коэффициент сцепления с поверхностью пути (табл. 9.4);
 P – тяговое усилие трактора, Н (табл. 9.3).

3. Вычисляем продолжительность цикла работы бульдозера по формуле

$$t_{ц} = t_p + t_{пг} + t_{ох} + t_{дв}, \text{ с}, \quad (9.7)$$

где t_p ; $t_{пг}$; $t_{ох}$; $t_{дв}$ – время соответственно резания, перемещения грунта, обратного хода и дополнительное, с.

Таблица 9.1 - Исходные данные для расчета

№ варианта	Длина участка l_2 , м	Уклон i	Марка трактора
1	400	0,03	Т-100МЗГП
2	450	0,04	Т-74-09
3	500	0,05	ДТ-75-С2
4	550	0,06	Т-4АП2
5	600	0,07	Т-100МЗ
6	650	0,08	Т-130.1.Г-1
7	700	0,09	Т-130.1.Г-1
8	750	0,02	ДЭТ-250
9	800	0,015	Т-180
10	850	0,020	Т-4АП1
11	900	0,025	Т-100МЗГП
12	950	0,030	Т-74-09
13	1000	0,035	ДТ-75-С2
14	900	0,040	Т-4АП2
15	800	0,045	Т-100МЗ
16	700	0,050	Т-100МЗГП
17	600	0,055	Т-74-09
18	500	0,060	ДТ-75-С2
19	400	0,065	Т-4АП2
20	300	0,070	Т-100МЗ
21	350	0,075	Т-130.1.Г-1
22	400	0,085	Т-130.1.Г-1
23	450	0,090	ДЭТ-250
24	500	0,020	Т-180
25	550	0,025	Т-4АП1
26	600	0,030	Т-100МЗГП
27	650	0,035	Т-74-09
28	700	0,040	ДТ-75-С2
29	750	0,045	Т-4АП2
30	800	0,050	Т-100МЗ

Время резания подсчитывается по формуле

$$t_p = \frac{l_1}{v_p}, \text{ с}, \quad (9.8)$$

где v_p – скорость движения бульдозера при резании грунта, м/с.

Здесь и далее скорости подбираются по табл. 9.3 из условия, что окружное усилие на ободе ведущего колеса (звездочке) больше суммы сил сопротивлений, действующих на бульдозер при выполнении определенной операции;

l_1 – длина пути резания, определяемая по формуле

$$l_1 = \frac{h^2}{2\mu c}, \text{ м}, \quad (9.9)$$

Время перемещения грунта определим по формуле

$$t_{\text{пр}} = \frac{l_2}{v_{\text{пр}}}, \text{ с}, \quad (9.10)$$

где l_2 – длина пути перемещения грунта, м (табл. 9.1);
 $v_{\text{пр}}$ – скорость движения бульдозера при перемещении грунта, м/с.

Время обратного хода бульдозера определим по формуле

$$t_{\text{ох}} = \frac{l_1 + l_2}{v_{\text{ох}}}, \text{ с}, \quad (9.11)$$

где $v_{\text{ох}}$ – скорость движения бульдозера при обратном ходе, м/с;
 t – дополнительное время, с.

В дополнительное время входит время на переключение скорости (до 5 с), подъем и опускание отвала (до 4 с) и разворот трактора (до 10 с).

4. Определяем производительность бульдозера при разработке и транспортировке грунта

$$П = \frac{1}{2} abhn\psi \frac{1}{k_p}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (9.12)$$

где k_p – коэффициент разрыхления грунта (табл. 9.4);
 a – ширина призмы грунта впереди отвала

$$a = \frac{h}{\text{tg} \varphi_r}, \quad (9.13)$$

ψ – коэффициент потери грунта

$$\psi = 1 - 0,0005l_2 \quad (9.14)$$

n – число циклов за один час работы

$$n = \frac{3600}{t_{\text{ц}}}. \quad (9.15)$$

Таблица 9.2 – Характеристика бульдозеров

Параметры	ДЗ-29	ДЗ-42Г	ДЗ-128	ДЗ-101	ДЗ-101А	ДЗ-54	ДЗ-27С	ДЗ-110	ДЗ-110А	ДЗ-35	ДЗ-35Б	ДЗ-118	ДЗ-59	ДЗ-124ХЛ
Базовый трактор	Т-74	ДТ-75	ДТ-75П	Т-4АП1	Т-4АП2	Т-100М	Т-130	Т-130	Т-130	Т-180	Т-180КС	ДЭТ-250М	Т-330	Т-330
Класс трактора	3	3	3	4	4	10	10	10	10	15	15	25	25	25
Сила веса бульдозера с трактором G, кН	65,6	69,1	72,5	98,2	101,5	137,1	133,5	163,0	160,5	170,6	202,9	348,0	440,0	465,0
Длина отвала <i>b</i> , м	2,56	2,56	2,56	2,8	2,8	3,22	3,22	3,22	3,22	3,36	3,64	4,31	3,6	4,73
Высота отвала <i>h</i> , м	0,8	0,8	0,8	0,99	0,99	1,1	1,1	1,15	1,18	1,2	1,2	1,37	1,2	1,55

Таблица 9.3 – Технические характеристики тракторов

Марка трактора	Параметры	Передача							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ДТ-75-С2	Скорость, <i>v</i> , м/с	1,47	1,64	1,83	2,03	2,27	2,52	3,11	-
	Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	34,7	30,6	27,0	23,8	20,3	17,9	13,5	-
Т-4АП1	Скорость, <i>v</i> , м/с	0,96	1,12	1,29	1,40	1,76	2,04	2,38	2,65
Т-4АП2	Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	50,0	50,0	50,0	49,6	41,6	34,9	29,2	25,5
Т-100М3	Скорость, <i>v</i> , м/с	0,66	1,05	1,25	1,76	2,04	-	-	-
Т-100МЗГП	Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	95,0	56,0	45,5	29,0	15,0	-	-	-
Т-130.1.Г-1	Скорость, <i>v</i> , м/с	0,89	1,06	1,23	1,46	1,76	2,12	2,46	2,93
	Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	95,0	77,0	65,0	53,0	42,0	33,0	27,3	21,0
Т-180	Скорость, <i>v</i> , м/с	0,79	1,29	1,77	2,4	3,38	-	-	-
ДЭТ-250	Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	132,8	81,8	59,2	43,6	26,2	-	-	-
Т-74-С9	Скорость, <i>v</i> , м/с	1,2	1,51	1,86	2,12	2,6	3,19	-	-
	Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	34,0	27,0	27,0	18,2	14,1	10,7	-	-

Таблица 9.4 – Характеристика грунтов

№ вариан та	Грунт	ρ , кг/м ³	k , Н/м ²	χ	f	φ	k_p	c
1	Сухой песок	1500	12×10^4	0,48	0,15	0,50	1,1	0,10
2	Песок влажностью 12-15%	1650	$11,6 \times 10^4$	0,46	0,05	0,70	1,15	0,15
3	Чернозем влажностью 4-6%	1555	$11,2 \times 10^4$	0,43	0,08	0,60	1,30	0,25
4	Супесь и суглинок влажностью 4-6%	1700	$10,8 \times 10^4$	0,39	0,20	0,55	1,30	0,15
5	Сухая глина	1750	$10,4 \times 10^4$	0,31	0,25	0,85	1,25	0,10
6	Сухой песок	1500	12×10^4	0,48	0,15	0,50	1,1	0,10
7	Песок влажностью 12-15%	1650	$11,6 \times 10^4$	0,46	0,05	0,70	1,15	0,15
8	Чернозем влажностью 4-6%	1555	$11,2 \times 10^4$	0,43	0,08	0,60	1,30	0,25
9	Супесь и суглинок влажностью 4-6%	1700	$10,8 \times 10^4$	0,39	0,20	0,55	1,30	0,15
0	Сухая глина	1750	$10,4 \times 10^4$	0,31	0,25	0,85	1,25	0,10

Дополнительный вариант выбирается по последней цифре зачетной книжки.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

ТЕМА: РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ВСАСЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ

Цель занятия: произвести расчет основных параметров пневморазгрузочной установки всасывающего действия

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

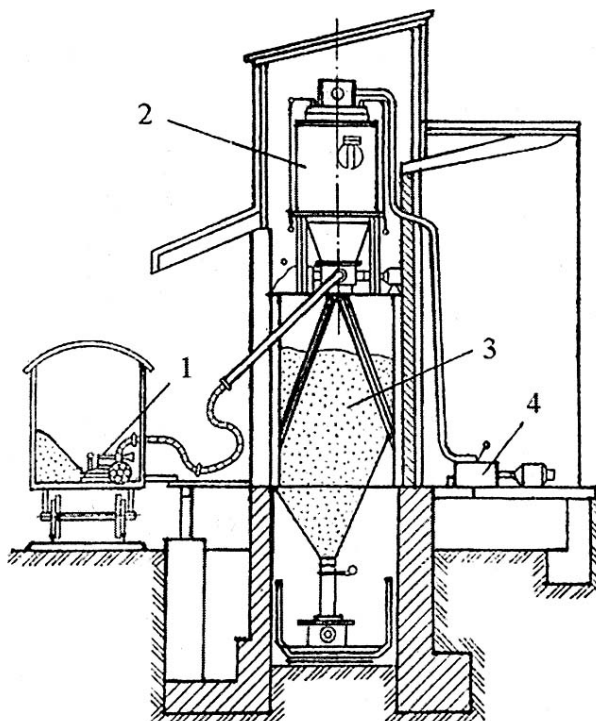
1. Определить эквивалентную длину транспортирования.
2. Определить скорость движения воздуха на начальном участке трубопровода.
3. Определить потребный расход воздуха.
4. Рассчитать давление воздуха в трубопроводе и в воздуходувной машине.
5. Определить мощность двигателя воздуходувной машины.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При использовании пневморазгрузочных установок их выбор диктуется узкоспецифическими условиями работы. Эффективность использования кинетической энергии струи для захвата и перемещения материала определяется в первую очередь свойствами этого материала. Предварительный выбор разгрузчиков и элементов пневмотранспортных устройств всасывающего действия по характеристикам исходных данных, как правило, требует ряда уточняющих расчетов.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Произвести расчет характеристик установки (рис. 11.1) для разгрузки цемента из крытых вагонов производительностью $\Pi = 50$ т/ч при длине горизонтального транспортирования $h_{\Gamma} = 12$ м и высоте подъема $h_{\text{В}} = 4$ м. Исходные данные по вариантам приведены в табл. 11.1.



1 – заборное устройство; 2 – осадительная камера; 3 – приемное устройство; 4 – вакуум-насос

Рисунок 11.1 – Схема установки всасывающего действия для разгрузки цемента из крытых вагонов

Таблица 11.1 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Производительность Π , т/ч	Длина горизонтального транспортирования l_{Γ} , м	Высота подъема, h_B , м
1	50	10	4
2	50	12	5
3	50	14	6
4	50	16	7
5	50	18	8
6	50	20	9
7	50	22	10
8	50	24	11
9	50	26	12
10	50	28	13
11	60	30	14
12	60	10	15
13	60	12	16
14	60	14	17
15	60	16	18
16	60	18	19
17	60	20	20
18	60	22	4
19	60	24	5
20	60	26	6
21	70	28	7
22	70	30	8
23	70	10	9
24	70	12	10
25	70	14	11
26	70	16	12
27	70	18	13
28	70	20	14
29	70	22	15
30	70	24	16

1. Эквивалентная длина транспортирования

$$L_{\Pi P} = l_{\Gamma} + h_B + l_{\text{ЭК}} = 12 + 4 + 18 = 34 \text{ м.}$$

где l_{Γ} - длина горизонтальных участков трубопроводов, м;

h_B - высота подъема, м;

$l_{\text{ЭК}}$ - сумма длин, эквивалентных коленам трубопровода, м (эквивалентная длина одного колена составляет 4-10 м, в данной схеме 4 колена – принимаем $l_{\text{ЭК}} = 18$ м).

2. Скорость движения воздуха на начальном участке трубопровода, где грузу, сообщается рабочая скорость, равная

$$v_B = \alpha \sqrt{v_{ц}} = 12 \sqrt{3,0} = 20,8 \text{ м/с},$$

где α - коэффициент, учитывающий крупность частиц груза: для пылевидных грузов $\alpha = 10 \dots 16$, принимаем 12;

$v_{ц}$ - удельная масса цемента, $v_{ц} = 3,0 \text{ т/м}$.

3. Концентрация воздушно-цементной смеси по массе зависит от диаметра трубопровода, давления воздуха, степени слеживаемости, влажности, склонности к аэрированию и приведенной длины транспортирования. Для расчета принимаем концентрацию смеси по массе $\mu = 50 \text{ кг цемента / кг воздуха}$. Для цемента и угольной пыли 20-100; зерна 3-25; песка 3-20.

4. Потребный расход воздуха

$$V_B = \frac{\Pi}{3,6 \cdot v_B \cdot \mu} = \frac{50}{3,6 \cdot 12 \cdot 50} = 0,23 \text{ Н·м}^3/\text{с или } 13,8 \text{ Н·м}^3/\text{мин}.$$

где v_B - объемная масса воздуха: в нормальных условиях $1,29 \text{ кг/м}^3$; для всасывающих установок - $0,8-0,95$; для нагнетательных - $1,6-2,0 \text{ кг/м}^3$.

5. Внутренний диаметр трубопровода

$$D_T = \sqrt{\frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot v_B}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,23}{3,14 \cdot 20,8}} = 0,118 \text{ м}.$$

Принимаем $D_T = 0,125 \text{ м}$.

6. Давление воздуха в трубопроводе

$$P_T = 10^5 \sqrt{1 - \frac{\beta \cdot \mu \cdot L_{пп} \cdot v_B}{D_T}} - P_{п},$$

где β - опытный коэффициент, равный $1,5 \cdot 10^{-7}$;

$P_{п}$ - давление столба смеси воздуха с цементом на единицу площади поперечного сечения трубы, Па;

$$P_{п} = 9,81 \cdot h_B \cdot v'_B \cdot \mu;$$

где v'_B - средняя удельная масса воздуха на участке подъема, принимаем $0,9 \text{ кг/м}^3$,

$$P_T = 10^5 \sqrt{1 - \frac{1,5 \cdot 10^{-7} \cdot 50 \cdot 34 \cdot 20,8^2}{0,125}} - 9,81 \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot 50 = 0,33 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

7. Давление в воздуходувной машине

$$P_M = P_P \cdot \alpha,$$

где $\alpha = 1,15-1,25$ - коэффициент потерь в осадительной камере. Принимаем $\alpha = 1,2$;

P_P - рабочее давление (разрежение) воздуха в конечной точке трубопровода,

$$P_P = P_a - P_T,$$

где P_a - атмосферное давление, равное 10 Па .

$$P_M = (10^5 - 0,33 \cdot 10^5) \cdot 1,2 = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

8. Мощность электродвигателя воздуходувной машины

$$N = \frac{L_M \cdot V_B}{60 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{35000 \cdot 13.8}{60 \cdot 1000 \cdot 0.6} = 13,2 \text{ кВт.}$$

где L_M – теоретическая работа воздуходувной машины, отнесенная к 1 м³ засасываемого воздуха при изотермическом сжатии, Н·м/м³. Из табл. 11.2 принимаем $L_M = 35000$ Н·м/м³;
 η - КПД (общий) воздуходувной машины. Принимаем $\eta = 0,6$.

Таблица 11.2 – Значение величины L_M в зависимости от давления P_M

Давление в воздуходувной машине P_M , 10 ⁵ Па	0,6	0,7	0,8	0,9
Теоретическая работа воздуходувной машины L_M , Н·м/м ³	47000	41000	35000	27000

По табл. 3.10 выбираем электродвигатель 4А160М6У3 мощностью $N_{дв} = 15$ кВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко Н.И., Чередниченко С.П. Транспортно-грузовые системы и склады. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007. – 400 с.
2. Васильев А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.
3. Васильев А.А. Дорожные машины. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.
4. Ветров Ю.А. Строительные машины. Практические упражнения. – К.: Вища школа, 1970. – 160 с.
5. Гаркави Н.Г. и др. Машины для земляных работ. – М.: Высшая школа, 1982. – 335 с.
6. Гоберман Л.А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 464 с.
7. Гриф М.И. Погрузчики мира. Справочник. Выпуск 10. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005. – 216 с.
8. Додонов Б.П. Грузоподъемные и транспортные устройства. – М.: Машиностроение, 1990. – 248 с.
9. Захарчук Б.З. Бульдозеры и рыхлители. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
10. Хальфин М.Н. Грузоподъемные машины для монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 608 с.

Практическое занятие 8

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ МНОГОКОВШОВЫХ ТРАНШЕЙНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Цель работы - произвести эксплуатационные расчеты многоковшовых траншейных экскаваторов.

Данные для расчета см. в таблице 1.

Последовательность выполнения задачи

1. По заданным глубине и ширине траншеи выбрать экскаватор.
2. Вычислить техническую производительность экскаватора.
3. Определить, оптимальную скорость передвижения экскаватора.
4. Выбрать рабочую скорость его передвижения.
5. Подсчитать сменную эксплуатационную производительность.
6. Вычислить количество смен работы экскаватора.

Методика расчета

1. Выбирая экскаватор, надо исходить из условия, что он должен копать траншеи заданных ширины и глубины.

Технические характеристики основных моделей многоковшовых траншейных экскаваторов приведены в табл. 2.

2. Вычисляем техническую производительность экскаватора $П_T$. Она зависит от емкости ковшей и числа разгрузок их за единицу времени:

$$П_T = 3,6 \frac{q}{k_p} i \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где q - емкость ковша, л (табл. 2);

k_p - коэффициент разрыхления грунтов (табл. 3);

i - количество разгрузок ковшей.

Для цепных траншеекопателей

$$i = \frac{v_u}{a},$$

а для роторных

$$i = \frac{nn_k}{60}.$$

Здесь v_u - скорость ковшовой цепи, м/сек;

a - шаг ковшей, м;

n - число оборотов ротора, об/мин; сек;

n_k - количества ковшей на роторе.

Примечание. В расчете принимаем, что во время работы экскаватора весь ковш заполняется грунтом.

Таблица 1

Варианты заданий к работе 4

Вариант	Грунты	Размеры траншей, м		
		глубина	ширина	длина
1	Суглинок лессовидный	2	0,5	1000
2		3,5	0,8	1500
3		4	0,8	1200
4		1,6	0,8	1000
5		1,8	1,4	2000
6	Суглинок с примесью щебня и гравия	1,8	0,5	2000
7		3,2	0,8	1800
8		3,8	0,8	1500
9		1,4	0,8	1000
10		1,8	1,4	2500
11	Лесс естественной влажности	1,7	0,5	500
12		3	1,1	800
13		3,7	1,2	900
14		1,5	0,8	700
15		1,6	1,4	600
16	Глина ломовая	1,9	0,5	2000
17		3,4	1,1	1800
18		3,6	0,8	1900
19		1,6	0,8	1700
20		1,7	1,4	1600
21	Глина мягкая жирная	2	0,5	1500
22		3,5	1,1	1100
23		4	1,2	1300
24		1,6	0,8	1400
25		1,8	1,4	1600

Продолжение таблицы 1

26	Супесок с примесью щебня и гравия	1,8	0,5	1200
27		3	0,8	1000
28		3,9	1,2	1000
29		1,5	0,8	1600
30		1,6	1,4	1800

Таблица 2

Технические характеристики траншейных экскаваторов

Показатели	Марка				
	ЭТЦ-202	ЭТУ-354А	ЭТЦ-402	ЭТР-161	ЭР-7Е
Глубина траншей, <i>м</i>	2	3,5	4	1,6	1,8
Ширина траншеи, <i>м</i>	0,5	0,8-1,1	0,8-1,2	0,8	1,4
Емкость ковша, <i>л</i>	23	35	40	70	130
Шаг ковшей, <i>м</i>	0,95	0,76	0,8	-	-
Количество ковшей, шт.	-	-	-	10	14
Скорость ковшовой цепи, <i>м/сек</i>	1,18	1,17	1,12	-	-
Число оборотов ротора, <i>м/сек</i>	-	-	-	11,7	9,6
Рабочая скорость передвижения, <i>м/ч</i>	I диапазон 14 – 250 II диапазон 34 – 590	14,7	От 0 до 280	54	31
I		18,2		67	49
II		25,4		81	59
III		34		101	84
IV		75		125	89
V		113		151	112
VI		135		179	140
VII		-		221	-
VIII		-		266	-
IX		-		-	-
Двигатель: марка	Д-50	Д-54	АМ-01	СМД-14А	Д-108
мощность, <i>л.с.</i>	50	54	110	75	108

Таблица 3

Коэффициент разрыхления грунтов

Грунт	Категория грунта	k_p
Суглинок лессовидный	I	1,28
Суглинок с примесью щебня и гравия	II	1,32
Лесс естественной влажности	II	1,28
Глина ломовая	II	1,32
Глина мягкая жирная	II	1,31
Супесок с примесью щебня и гравия	II	1,28

3. Вычисляем оптимальную рабочую скорость, которая обеспечивает наибольшую производительность экскаватора при наилучшем использовании его двигателя.

Для расчета принимаем, что оптимальная скорость экскаватора соответствует его технической производительности при отрывке траншей заданных размеров:

$$v_{э.опт} = \frac{P_T}{BH} \text{ м/ч,} \quad (2)$$

где P_T - техническая производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$;

B - ширина траншеи, м (табл. 2);

H - глубина траншеи, м (там же).

4. Рабочую скорость передвижения экскаватора выбираем по табл. 3 (обычно она равна вычисленной оптимальной или ближайшей к ней меньшей):

$$v_p \leq v_{э.опт}.$$

5. Сменную эксплуатационную производительность экскаватора подсчитываем по формуле

$$P_{см} = BHv_p T \kappa_э \text{ м}^3/\text{смену,} \quad (3)$$

где v_p - рабочая скорость, м/ч ;

T - продолжительность смены, ч ;

$\kappa_э$ - коэффициент использования рабочего времени экскаватора (0,7—0,9).

6. Количество смен работы, которое зависит от объема работ, вычисляем по формуле

$$n_{см} = \frac{BHL}{P_{см}} \text{ ч,} \quad (4)$$

где L - длина траншей, м (табл. 1).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

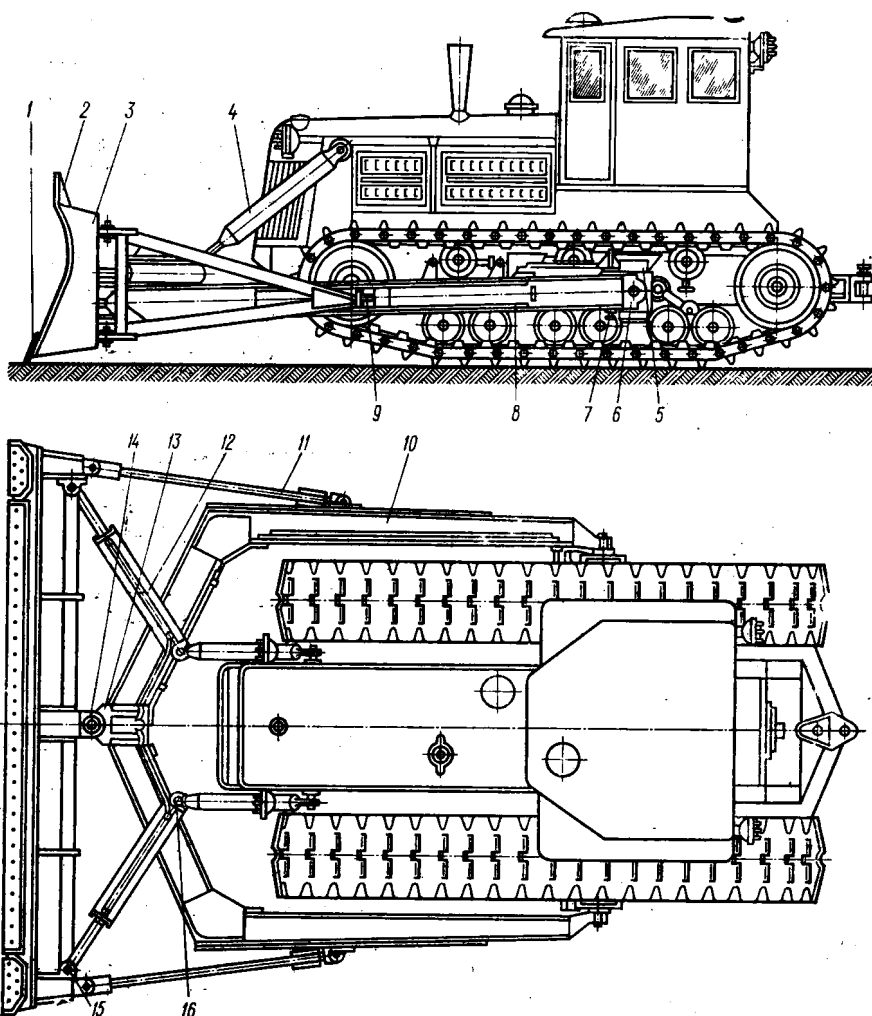
ТЕМА: РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРА

Цель занятия: Произвести расчет производительности бульдозера.

Данные для расчета приведены в таблице 9.1.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить общее усилие сопротивления при работе бульдозера.
2. Проверить по условию сцепления отсутствие буксования движителей трактора.
3. Вычислить продолжительность цикла работы бульдозера.
4. Определить производительность бульдозера при разработке и транспортировке грунта.



1—ножи; 2 — козырек; 3—отвал; 4—гидроцилиндры подъема и опускания отвала; 5—направляющие ползуны опорных пальцев; 6 — опорный шарнир; 7 — гидроцилиндры перекоса отвала; 8—направляющие ползунков толкателей; 9 — ползун; 10—универсальная рама; 11—толкатель; 12 — гидроцилиндр поворота отвала в плане; 13—наголовник; 14 — штырь; 15, 16—проушины

Рисунок 9.1 - Бульдозер с поворотным отвалом

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Определяем общее усилие сопротивления при работе бульдозера по формуле

$$P' = P_p + P_r + P_t + P_{пт}, \quad (9.1),$$

где P_p – сопротивление грунта резанию, Н;
 P_{Π} – сопротивление волочению призмы грунта, Н;
 P_{τ} – сопротивление внутреннему трению, Н;
 $P_{\text{пт}}$ – сопротивление передвижению базового трактора, Н.

1.1. Сопротивление грунта резанию

$$P_p = bck, \text{ Н}, \quad (9.2)$$

где b – длина отвала, м (табл. 9.2);
 c – толщина срезаемого слоя, м (табл. 9.4);
 k – коэффициент сопротивления грунта резанию, Н/м² (табл. 9.4).

1.2. Сопротивление волочению призмы грунта впереди отвала

$$P_{\Pi} = \frac{gh^2b\rho(\mu+i)}{\operatorname{tg}\varphi_r}, \text{ Н}, \quad (9.3)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;
 h – высота отвала, м (табл. 9.2);
 φ_r – угол естественного откоса грунта, $\varphi_r = 39-40^\circ$;
 ρ – плотность грунта, кг/м³ (табл. 9.4);
 μ – коэффициент трения грунта по грунту равный 0,3-0,5;
 i – уклон пути (табл. 9.1).

1.3. Сопротивление внутреннему трению

$$P_{\tau} = gbh^2\rho\chi, \text{ Н}, \quad (9.4)$$

где χ – коэффициент, учитывающий влияние вида грунта (табл. 9.4).

1.4. Сопротивление движению трактора

$$P_{\text{пт}} = G(f+i), \text{ Н}, \quad (9.5)$$

где G – сила веса бульдозера с трактором, Н (табл. 9.2);
 f – удельное сопротивление движению (табл. 9.4).

2. Проверяем по условию сцепления отсутствие буксования движителей трактора

$$F_{\text{сц}} = G\varphi \geq P \geq P', \text{ Н}, \quad (9.6)$$

где φ – коэффициент сцепления с поверхностью пути (табл. 9.4);
 P – тяговое усилие трактора, Н (табл. 9.3).

3. Вычисляем продолжительность цикла работы бульдозера по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{р}} + t_{\text{пг}} + t_{\text{ох}} + t_{\text{дв}}, \text{ с}, \quad (9.7)$$

где $t_{\text{р}}$; $t_{\text{пг}}$; $t_{\text{ох}}$; $t_{\text{дв}}$ – время соответственно резания, перемещения грунта, обратного хода и дополнительное, с.

Таблица 9.1 - Исходные данные для расчета

№ варианта	Длина участка l_2 , м	Уклон i	Марка трактора
1	400	0,03	Т-100МЗГП
2	450	0,04	Т-74-09
3	500	0,05	ДТ-75-С2
4	550	0,06	Т-4АП2
5	600	0,07	Т-100МЗ
6	650	0,08	Т-130.1.Г-1
7	700	0,09	Т-130.1.Г-1
8	750	0,02	ДЭТ-250
9	800	0,015	Т-180
10	850	0,020	Т-4АП1
11	900	0,025	Т-100МЗГП
12	950	0,030	Т-74-09
13	1000	0,035	ДТ-75-С2
14	900	0,040	Т-4АП2
15	800	0,045	Т-100МЗ
16	700	0,050	Т-100МЗГП
17	600	0,055	Т-74-09
18	500	0,060	ДТ-75-С2
19	400	0,065	Т-4АП2
20	300	0,070	Т-100МЗ
21	350	0,075	Т-130.1.Г-1
22	400	0,085	Т-130.1.Г-1
23	450	0,090	ДЭТ-250
24	500	0,020	Т-180
25	550	0,025	Т-4АП1
26	600	0,030	Т-100МЗГП
27	650	0,035	Т-74-09
28	700	0,040	ДТ-75-С2
29	750	0,045	Т-4АП2
30	800	0,050	Т-100МЗ

Время резания подсчитывается по формуле

$$t_{\text{р}} = \frac{l_1}{v_{\text{р}}}, \text{ с}, \quad (9.8)$$

где $v_{\text{р}}$ – скорость движения бульдозера при резании грунта, м/с.

Здесь и далее скорости подбираются по табл. 9.3 из условия, что окружное усилие на ободе ведущего колеса (звездочке) больше суммы сил сопротивлений, действующих на бульдозер при выполнении определенной операции;

l_1 – длина пути резания, определяемая по формуле

$$l_1 = \frac{h^2}{2\mu c}, \text{ м}, \quad (9.9)$$

Время перемещения грунта определим по формуле

$$t_{\text{пр}} = \frac{l_2}{v_{\text{пр}}}, \text{ с}, \quad (9.10)$$

где l_2 – длина пути перемещения грунта, м (табл. 9.1);
 $v_{\text{пр}}$ – скорость движения бульдозера при перемещении грунта, м/с.

Время обратного хода бульдозера определим по формуле

$$t_{\text{ох}} = \frac{l_1 + l_2}{v_{\text{ох}}}, \text{ с}, \quad (9.11)$$

где $v_{\text{ох}}$ – скорость движения бульдозера при обратном ходе, м/с;
 t – дополнительное время, с.

В дополнительное время входит время на переключение скорости (до 5 с), подъем и опускание отвала (до 4 с) и разворот трактора (до 10 с).

4. Определяем производительность бульдозера при разработке и транспортировке грунта

$$П = \frac{1}{2} abhn\psi \frac{1}{k_p}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (9.12)$$

где k_p – коэффициент разрыхления грунта (табл. 9.4);
 a – ширина призмы грунта впереди отвала

$$a = \frac{h}{\text{tg} \varphi_r}, \quad (9.13)$$

ψ – коэффициент потери грунта

$$\psi = 1 - 0,0005l_2 \quad (9.14)$$

n – число циклов за один час работы

$$n = \frac{3600}{t_{\text{ц}}}. \quad (9.15)$$

Таблица 9.2 – Характеристика бульдозеров

Параметры	ДЗ-29	ДЗ-42Г	ДЗ-128	ДЗ-101	ДЗ-101А	ДЗ-54	ДЗ-27С	ДЗ-110	ДЗ-110А	ДЗ-35	ДЗ-35Б	ДЗ-118	ДЗ-59	ДЗ-124ХЛ
Базовый трактор	Т-74	ДТ-75	ДТ-75П	Т-4АП1	Т-4АП2	Т-100М	Т-130	Т-130	Т-130	Т-180	Т-180КС	ДЭТ-250М	Т-330	Т-330
Класс трактора	3	3	3	4	4	10	10	10	10	15	15	25	25	25
Сила веса бульдозера с трактором G, кН	65,6	69,1	72,5	98,2	101,5	137,1	133,5	163,0	160,5	170,6	202,9	348,0	440,0	465,0
Длина отвала <i>b</i> , м	2,56	2,56	2,56	2,8	2,8	3,22	3,22	3,22	3,22	3,36	3,64	4,31	3,6	4,73
Высота отвала <i>h</i> , м	0,8	0,8	0,8	0,99	0,99	1,1	1,1	1,15	1,18	1,2	1,2	1,37	1,2	1,55

Таблица 9.3 – Технические характеристики тракторов

Марка трактора	Параметры	Передача							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ДТ-75-С2	Скорость, <i>v</i> , м/с Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	1,47 34,7	1,64 30,6	1,83 27,0	2,03 23,8	2,27 20,3	2,52 17,9	3,11 13,5	- -
Т-4АП1 Т-4АП2	Скорость, <i>v</i> , м/с Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	0,96 50,0	1,12 50,0	1,29 50,0	1,40 49,6	1,76 41,6	2,04 34,9	2,38 29,2	2,65 25,5
Т-100М3 Т-100МЗГП	Скорость, <i>v</i> , м/с Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	0,66 95,0	1,05 56,0	1,25 45,5	1,76 29,0	2,04 15,0	- -	- -	- -
Т-130.1.Г-1	Скорость, <i>v</i> , м/с Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	0,89 95,0	1,06 77,0	1,23 65,0	1,46 53,0	1,76 42,0	2,12 33,0	2,46 27,3	2,93 21,0
Т-180 ДЭТ-250	Скорость, <i>v</i> , м/с Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	0,79 132,8	1,29 81,8	1,77 59,2	2,4 43,6	3,38 26,2	- -	- -	- -
Т-74-С9	Скорость, <i>v</i> , м/с Тяговое усилие, <i>P</i> , кН	1,2 34,0	1,51 27,0	1,86 27,0	2,12 18,2	2,6 14,1	3,19 10,7	- -	- -

Таблица 9.4 – Характеристика грунтов

№ вариан та	Грунт	ρ , кг/м ³	k , Н/м ²	χ	f	φ	k_p	c
1	Сухой песок	1500	12×10^4	0,48	0,15	0,50	1,1	0,10
2	Песок влажностью 12-15%	1650	$11,6 \times 10^4$	0,46	0,05	0,70	1,15	0,15
3	Чернозем влажностью 4-6%	1555	$11,2 \times 10^4$	0,43	0,08	0,60	1,30	0,25
4	Супесь и суглинок влажностью 4-6%	1700	$10,8 \times 10^4$	0,39	0,20	0,55	1,30	0,15
5	Сухая глина	1750	$10,4 \times 10^4$	0,31	0,25	0,85	1,25	0,10
6	Сухой песок	1500	12×10^4	0,48	0,15	0,50	1,1	0,10
7	Песок влажностью 12-15%	1650	$11,6 \times 10^4$	0,46	0,05	0,70	1,15	0,15
8	Чернозем влажностью 4-6%	1555	$11,2 \times 10^4$	0,43	0,08	0,60	1,30	0,25
9	Супесь и суглинок влажностью 4-6%	1700	$10,8 \times 10^4$	0,39	0,20	0,55	1,30	0,15
0	Сухая глина	1750	$10,4 \times 10^4$	0,31	0,25	0,85	1,25	0,10

Дополнительный вариант выбирается по последней цифре зачетной книжки.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

ТЕМА: РАСЧЕТ СКРЕПЕРА

Цель занятия: Определить производительность прицепного скрепера.

Данные для расчета приведены в таблице 7.1 – 7.5.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Взять из таблицы 7.2 значения толщины срезаемого слоя, плотности грунта, коэффициентов наполнения ковша грунтом в разрыхленном состоянии, разрыхления грунта в ковше и коэффициента волочения.
2. Подсчитать длину пути набора ковша скрепера и длину пути отсыпки грунта.
3. Определить требуемые тяговые усилия на крюке трактора-тягача при транспортировке и разгрузке скрепера.
4. Определить время рабочего цикла скрепера.
5. вычислить производительность скрепера в смену.
6. Подсчитать количество скреперов на один толкач.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Согласно заданного варианта берем из таблицы 7.2 толщину срезаемого слоя C , коэффициент k_n наполнения ковша грунтом в разрыхленном состоянии, коэффициент разрыхления грунта в ковше k_p , плотность грунта и коэффициент, учитывающий призму волочения m .

Коэффициент m есть отношение объема призмы волочения, накапливающейся перед ковшом, к его емкости.

2. Вычисляем длину пути набора грунта ковшом скрепера рис. 7.1.

$$l_3 = \frac{qk_n(1+m)}{k_pcb}, \text{ м}, \quad (7.1)$$

где q – емкость ковша скрепера, м^3 (табл. 7.3);
 b – ширина захвата режущими ножами, м (табл. 7.3).

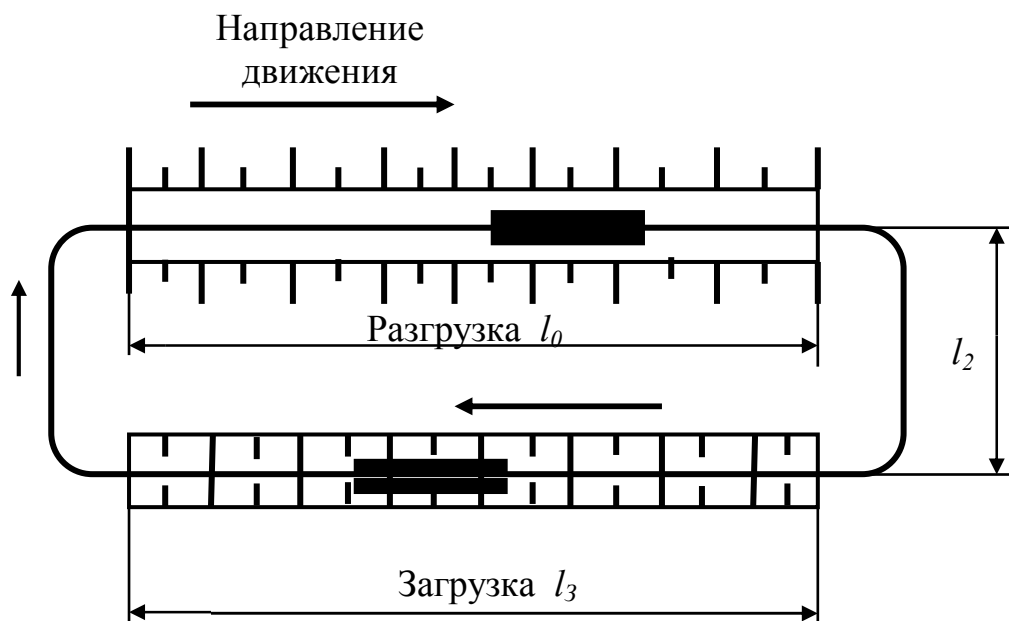


Рисунок 7.1 - Схема движения скрепера

2.2 Вычисляем длину пути отсыпки грунта

$$l_0 = \frac{q}{C_1 b k_{\text{нр}}}, \text{ м} \quad (7.2)$$

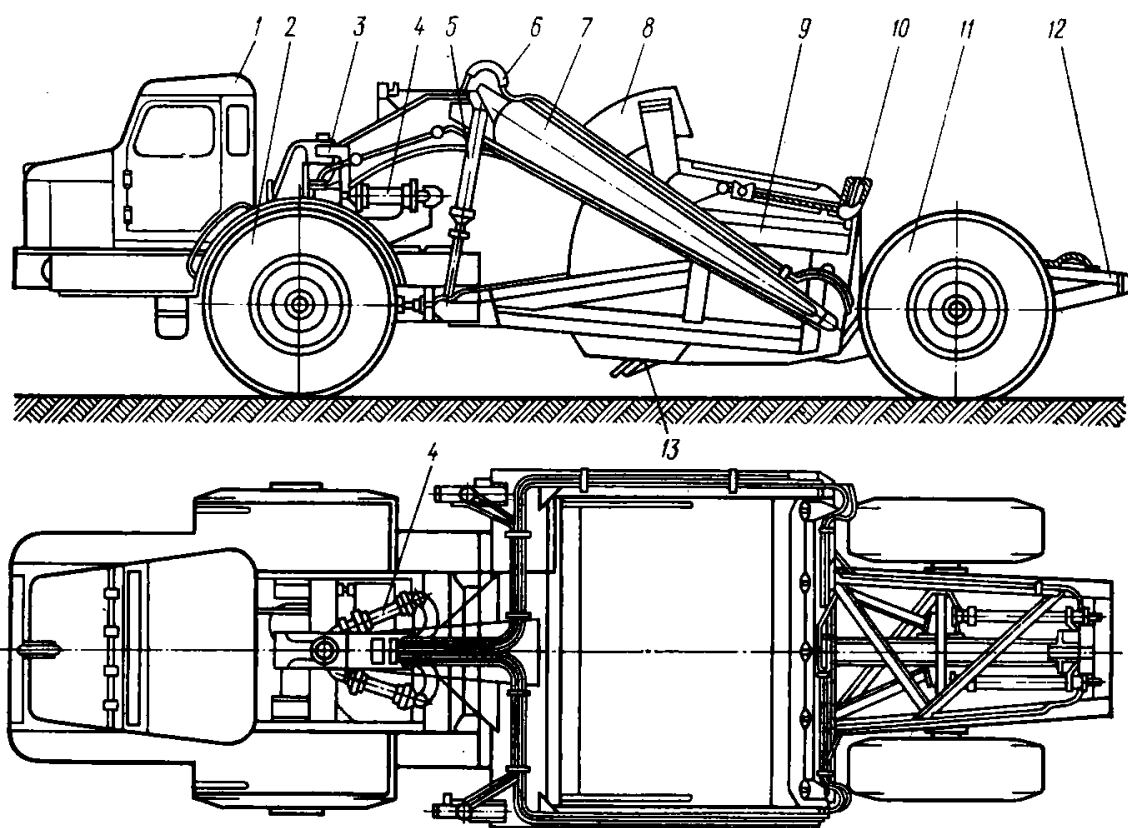
где C_1 – средняя толщина отсыпаемого слоя, м (табл. 7.3);
 $k_{\text{нр}}$ – коэффициент неравномерности осыпаемого грунта, равный 0,8.

3. Определяем требуемое тяговое усилие трактора-тягача для основных операций.

3.1 Определяем требуемое тяговое усилие при загрузке по формуле

$$P'_3 = P_d + P_p + P_{\text{п}} + P_{\text{т}} + P_{\text{тр}}, \text{ Н}, \quad (7.3)$$

где P_d – сила сопротивления движению, Н;
 P_p – сила сопротивления грунта резанию, Н;
 $P_{\text{п}}$ – сила сопротивления призмы волочения, Н;
 $P_{\text{т}}$ – сила сопротивления тяжести грунта, Н;
 $P_{\text{тр}}$ – сила сопротивления внутреннего трения грунта в ковше, Н.



1—тягач; 2— ведущие колеса; 3— сцепное устройство; 4 — гидроцилиндры поворота; 5— гидроцилиндр подъема ковша; 6 — гидросистема; 7—передок; 8—заслонка; 9—ковш и задняя рама; 10—задняя стенка; 11—ведомые колеса; 12 — буферное устройство; 13 -ножи

Рисунок 7.2 - Конструктивная схема полуприцепного скрепера

Сопротивление скрепера движению запишется уравнением

$$P_d = (G_k + G_r) f, \text{ Н}, \quad (7.4)$$

где G_k – сила тяжести ковша, Н (табл. 7.3);
 f – общий коэффициент сопротивления качению колес скрепера (табл. 7.2);
 G_r – сила тяжести грунта в ковше, Н;

$$G_r = g q \rho, \text{ Н}, \quad (7.5)$$

где g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

ρ - плотность грунта, кг/м³.

Сопротивление грунта резанию

$$P_p = cbk, \text{ Н}, \quad (7.6)$$

где k – общий коэффициент удельного сопротивления грунта резанию, Н/м² (табл. 7.2).

Сопротивление призмы волочения

$$P_{\pi} = ybh^2 q \rho \mu, \text{ Н}, \quad (7.7)$$

где y – коэффициент высоты призмы, $y = 0,5 \div 0,6$;
 h – высота грунта в ковше, м (табл. 7.3);
 μ – коэффициент трения грунта призмы по грунту поверхности забоя, равный $0,3 \div 0,5$.

Сопротивление силы тяжести грунта

$$P_t = bchq\rho, \text{ Н}, \quad (7.8)$$

Сопротивление внутреннего трения грунта в ковше

$$P_{\text{тр}} = \chi bh^2 q \rho, \text{ Н}, \quad (7.9)$$

где χ - коэффициент, определяемый по формуле

$$\chi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}, \quad (7.10)$$

где φ - угол внутреннего трения грунта, рад (табл. 7.2).

При загрузке скрепера необходимо проверить условие, обеспечивающее возможность работы

$$P' = P_{\text{тяг}}, \text{ Н}, \quad (7.11)$$

где $P_{\text{тяг}}$ – тяговое усилие буксирующего скрепера, Н (табл. 7.5).

Если условие (7.11) не выполняется, то подобрать из таблицы 7.5 толкач по формуле

$$P' \leq P_{\text{тяг}} + P_{\text{тол}}, \text{ Н}, \quad (7.12)$$

где $P_{\text{тол}}$ – тяговое усилие толкача, Н (табл. 7.5).

По таблице 7.5 подобрать рабочие скорости (передачи) тягача и толкача.

3.2 Определяем тяговое усилие тягача при транспортировке груженого скрепера по формуле

$$P'_{\text{тг}} = (G_k + G_r)(f - i), \text{ Н}, \quad (7.13)$$

где i – уклон пути (табл. 7.1).

3.3 Определяем тяговое усилие трактора-тягача во время разгрузки скрепера. В этой операции на скрепер действует только сила сопротивления движению, поэтому

$$P'_{\text{раз}} = P_d, \text{ Н}, \quad (7.14)$$

3.4 Определяем тяговое усилие тягача при транспортировке порожнего скрепера по формуле

$$P'_{\text{тг}} = G_k(f + i), \text{ Н}, \quad (7.15)$$

4. Определяем время рабочего цикла скрепера по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_3 + t_{\text{тр}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{тп}}, \quad (7.16)$$

где t_3 ; $t_{\text{тп}}$; $t_{\text{раз}}$; $t_{\text{тр}}$ – время, соответственно загрузки, транспортирования груженного, разгрузки и транспортирование порожнего скрепера.

4.1 Время разгрузки

$$t_3 = \frac{l_3 k_d}{v_3}, \text{ с}, \quad (7.17)$$

где k_d – коэффициент, учитывающий дополнительное время, расходуемое на движение скрепера без копания, равный 1,5;

v_3 – скорость движения при загрузке, м/с.

4.2 Время движения груженного скрепера

$$t_{\text{тр}} = \frac{l k_y}{v_{\text{тр}}}, \text{ с}, \quad (7.18)$$

где k_y – коэффициент, учитывающий время на ускорение, замедление движения и переключение передач (табл. 7.4);

$v_{\text{тр}}$ – скорость движения на этом участке, м/с;

l – длина участка дороги

$$l = l_2 + 0,5(l_1 + l_3), \text{ м} \quad (7.19)$$

где l_1 – общая длина участка загрузки, м;

l_2 – расстояние между участками загрузки и разгрузки, м;

l_3 – общая длина участка разгрузки, м.

4.3 Время разгрузки

$$t_{\text{раз}} = \frac{l_0}{v_{\text{раз}}}, \text{ с}, \quad (7.20)$$

где $v_{\text{раз}}$ – скорость движения порожнего скрепера, м/с.

4.4 Время транспортирования порожнего скрепера

$$t_{\text{пп}} = \frac{l_2}{v_{\text{паз}}}, \quad (7.21)$$

5. Вычисляем сменную производительность скрепера

$$П_{\text{см}} = \frac{3600 k_n q k_{\text{и}} T}{t_{\text{ц}} k_p}, \quad (7.22)$$

где T – продолжительность смены, 8,2 ч;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени, равный 0,8÷0,9;

3600 – переводной коэффициент времени.

6. Подсчитываем количество скреперов на один толкач

$$n = \frac{t_{\text{ц}}}{\frac{l_3 k_d}{v_3} + \frac{l_3}{v_{\text{тр}}} + t_{\text{под}}}, \text{ шт}, \quad (7.23)$$

где v_t – скорость возвращения толкача, м/с (табл. 7.5);
 $t_{\text{под}}$ – время на подход трактора-толкача (30-40с).

При получении дробного числа округляем количество скреперов в сторону уменьшения до целого.

Таблица 7.1 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Длина участка, м			Уклон второго участка i	Марка машины	
	l_1	l_2	l_3		скрепера	трактора- тягача
1	110	400	110	0,03	ДЗ-20	Т-100МЗГП
2	120	450	120	0,04	ДЗ-30	Т-74-09
3	130	500	130	0,05	ДЗ-33	ДТ-75-С2
4	140	550	140	0,06	ДЗ-111	Т-4АП2
5	150	600	150	0,07	ДЗ-12А	Т-100МЗ
6	160	650	160	0,08	ДЗ-20В	Т-130.1.Г-1
7	165	700	170	0,09	ДЗ-770	Т-130.1.Г-1
8	170	750	180	0,02	Д-511	ДЭТ-250
9	180	800	190	0,015	Д-213А	Т-180
10	190	850	200	0,020	Д-697	Т-4АП1
11	200	900	210	0,025	ДЗ-20	Т-100МЗГП
12	210	950	220	0,030	ДЗ-20	Т-74-09
13	220	1000	230	0,035	ДЗ-30	ДТ-75-С2
14	230	900	240	0,040	ДЗ-33	Т-4АП2
15	240	800	250	0,045	ДЗ-111	Т-100МЗ
16	250	700	260	0,050	ДЗ-12А	Т-100МЗГП
17	260	600	270	0,055	ДЗ-20В	Т-74-09
18	270	500	280	0,060	ДЗ-770	ДТ-75-С2
19	280	400	290	0,065	Д-511	Т-4АП2
20	290	300	300	0,070	Д-213А	Т-100МЗ
21	300	350	310	0,075	Д-697	Т-130.1.Г-1
22	310	400	320	0,085	ДЗ-770	Т-130.1.Г-1
23	320	450	330	0,090	Д-511	ДЭТ-250
24	330	500	340	0,020	ДЗ-111	Т-180
25	340	550	350	0,025	ДЗ-12А	Т-4АП1
26	350	600	360	0,030	ДЗ-20В	Т-100МЗГП
27	360	650	370	0,035	ДЗ-770	Т-74-09
28	370	700	380	0,040	Д-511	ДТ-75-С2
29	380	750	390	0,045	Д-213А	Т-4АП2
30	390	800	400	0,050	Д-697	Т-100МЗ

Таблица 7.2 – Характеристика грунтов

№ доп. варианта	Грунт	$C, \text{м}$	k_n	k_p	ρ	m	$\varphi, \text{рад}$	f	$k, \text{Н/м}^2$
-----------------------	-------	---------------	-------	-------	--------	-----	-----------------------	-----	-------------------

1	Сухой песок	0,18	0,65	1,10	1550	0,27	0,65	0,15	12×10^4
2	Песок влажностью 12-15%	0,16	0,80	1,15	1650	0,27	0,60	0,05	$11,6 \times 10^4$
3	Чернозем влажностью 4-6%	0,18	1,20	1,30	1555	0,27	0,55	0,03	$11,2 \times 10^4$
4	Супеси и суглинки влажностью 4-6%	0,10	1,15	1,30	1700	0,1	0,45	0,20	$10,8 \times 10^4$
5	Сухая глина	0,09	1,05	1,25	1750	0,1	0,25	0,25	$10,4 \times 10^4$
6	Сухой песок	0,18	0,65	1,10	1550	0,27	0,65	0,15	12×10^4
7	Песок влажностью 12-15%	0,16	0,80	1,15	1650	0,27	0,60	0,05	$11,6 \times 10^4$
8	Чернозем влажностью 4-6%	0,18	1,20	1,30	1555	0,27	0,55	0,03	$11,2 \times 10^4$
9	Супеси и суглинки влажностью 4-6%	0,10	1,15	1,30	1700	0,1	0,45	0,20	$10,8 \times 10^4$
0	Сухая глина	0,09	1,05	1,25	1750	0,1	0,25	0,25	$10,4 \times 10^4$

Примечание: Дополнительный вариант выбирается по последней цифре зачетной книжки

Таблица 7.3 – Технические характеристики скреперов

Пара метр	Марка скрепера									
	ДЗ-20	ДЗ-30	ДЗ-33	ДЗ-111	ДЗ-12А	ДЗ-20В	ДЗ-770	Д-511	Д-213А	Д-697
$q, \text{ м}^3$	7	3	3	4,5	6	7	8	15	10	4,5
$G_k, \text{ кН}$	70,0	23,8	27,5	44,2	73,1	71,0	92,0	240,0	140,0	43,0
$b, \text{ м}$	2,65	2,148	2,100	2,43	2,672	2,65	2,718	2,85	2,82	2,42
$h, \text{ м}$	2,53	2,41	1,97	2,2	2,09	2,526	2,68	3,6	3,4	2,2
$C_1, \text{ м}$	0,5	0,3	0,35	0,4	0,5	0,5	0,5	0,55	0,55	0,4

Таблица 7.4 – Значение коэффициента k_v , учитывающего неравномерность движения

Длина участка	Передача		
	II	III	IV
более 100 м	1,25	1,35	1,5
более 250 м	1,1	1,15	1,25
более 500 м	1,05	1,07	1,1

Таблица 7.5 – Технические характеристики тракторов

Марка трактора	Параметры	ПЕРЕДАЧА							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ДТ-75-С2	Скорость, ν , м/с Тяговое усилие, P , кН	1,47 34,7	1,64 30,6	1,83 27,0	2,03 23,8	2,27 20,3	2,52 17,9	3,11 13,5	- -
Т-4АП1 Т-4АП2	Скорость, ν , м/с Тяговое усилие, P , кН	0,96 50,0	1,12 50,0	1,29 50,0	1,40 49,6	1,76 41,6	2,04 34,9	2,38 29,2	2,65 25,5
Т-100МЗ Т-100МЗПП	Скорость, ν , м/с Тяговое усилие, P , кН	0,66 95,0	1,05 56,0	1,25 45,5	1,76 29,0	2,04 15,0	- -	- -	- -
Т-130.1Г-1	Скорость, ν , м/с Тяговое усилие, P , кН	0,89 95,0	1,06 77,0	1,23 65,0	1,46 53,0	1,76 42,0	2,12 33,0	2,46 27,3	2,93 21,0
Т-180 ДЭТ-250	Скорость, ν , м/с Тяговое усилие, P , кН	0,79 132,8	1,29 81,8	1,77 59,2	2,4 43,6	3,38 26,2	- -	- -	- -
Т-74-С9	Скорость, ν , м/с Тяговое усилие, P , кН	1,2 34,0	1,51 27,0	1,86 27,0	2,12 18,2	2,6 14,1	3,19 10,7	- -	- -

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

ТЕМА: РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ВСАСЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ

Цель занятия: произвести расчет основных параметров пневморазгрузочной установки всасывающего действия

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

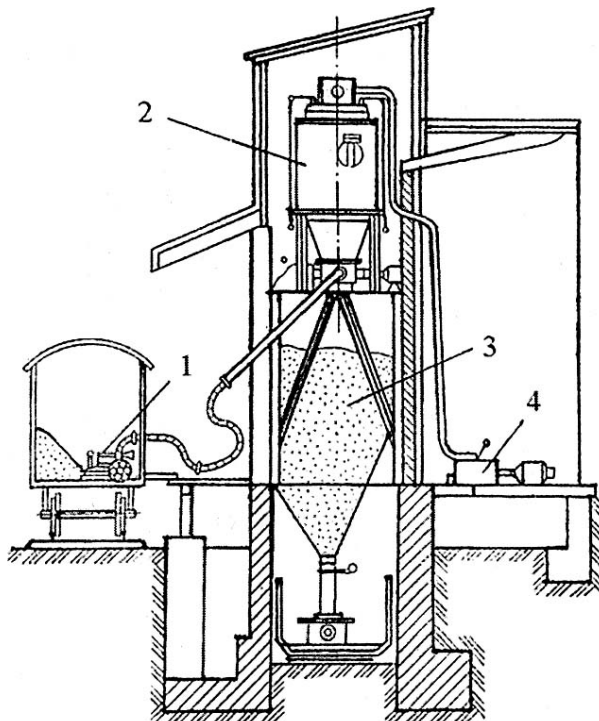
1. Определить эквивалентную длину транспортирования.
2. Определить скорость движения воздуха на начальном участке трубопровода.
3. Определить потребный расход воздуха.
4. Рассчитать давление воздуха в трубопроводе и в воздуходувной машине.
5. Определить мощность двигателя воздуходувной машины.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При использовании пневморазгрузочных установок их выбор диктуется узкоспецифическими условиями работы. Эффективность использования кинетической энергии струи для захвата и перемещения материала определяется в первую очередь свойствами этого материала. Предварительный выбор разгрузчиков и элементов пневмотранспортных устройств всасывающего действия по характеристикам исходных данных, как правило, требует ряда уточняющих расчетов.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Произвести расчет характеристик установки (рис. 11.1) для разгрузки цемента из крытых вагонов производительностью $\Pi = 50$ т/ч при длине горизонтального транспортирования $h_{\Gamma} = 12$ м и высоте подъема $h_{\text{В}} = 4$ м. Исходные данные по вариантам приведены в табл. 11.1.



1 – заборное устройство; 2 – осадительная камера; 3 – приемное устройство; 4 – вакуум-насос

Рисунок 11.1 – Схема установки всасывающего действия для разгрузки цемента из крытых вагонов

Таблица 11.1 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Производительность Π , т/ч	Длина горизонтального транспортирования l_G , м	Высота подъема, h_B , м
1	50	10	4
2	50	12	5
3	50	14	6
4	50	16	7
5	50	18	8
6	50	20	9
7	50	22	10
8	50	24	11
9	50	26	12
10	50	28	13
11	60	30	14
12	60	10	15
13	60	12	16
14	60	14	17
15	60	16	18
16	60	18	19
17	60	20	20
18	60	22	4
19	60	24	5
20	60	26	6
21	70	28	7
22	70	30	8
23	70	10	9
24	70	12	10
25	70	14	11
26	70	16	12
27	70	18	13
28	70	20	14
29	70	22	15
30	70	24	16

1. Эквивалентная длина транспортирования

$$L_{\text{ПП}} = l_G + h_B + l_{\text{ЭК}} = 12 + 4 + 18 = 34 \text{ м.}$$

где l_G - длина горизонтальных участков трубопроводов, м;

h_B - высота подъема, м;

$l_{\text{ЭК}}$ - сумма длин, эквивалентных коленам трубопровода, м (эквивалентная длина одного колена составляет 4-10 м, в данной схеме 4 колена – принимаем $l_{\text{ЭК}} = 18$ м).

2. Скорость движения воздуха на начальном участке трубопровода, где грузу, сообщается рабочая скорость, равная

$$v_B = \alpha \sqrt{v_{ц}} = 12 \sqrt{3,0} = 20,8 \text{ м/с},$$

где α - коэффициент, учитывающий крупность частиц груза: для пылевидных грузов $\alpha = 10 \dots 16$, принимаем 12;

$v_{ц}$ - удельная масса цемента, $v_{ц} = 3,0 \text{ т/м}$.

3. Концентрация воздушно-цементной смеси по массе зависит от диаметра трубопровода, давления воздуха, степени слеживаемости, влажности, склонности к аэрированию и приведенной длины транспортирования. Для расчета принимаем концентрацию смеси по массе $\mu = 50 \text{ кг цемента / кг воздуха}$. Для цемента и угольной пыли 20-100; зерна 3-25; песка 3-20.

4. Потребный расход воздуха

$$V_B = \frac{\Pi}{3,6 \cdot v_B \cdot \mu} = \frac{50}{3,6 \cdot 12 \cdot 50} = 0,23 \text{ Н·м}^3/\text{с или } 13,8 \text{ Н·м}^3/\text{мин}.$$

где v_B - объемная масса воздуха: в нормальных условиях $1,29 \text{ кг/м}^3$; для всасывающих установок - $0,8-0,95$; для нагнетательных - $1,6-2,0 \text{ кг/м}^3$.

5. Внутренний диаметр трубопровода

$$D_T = \sqrt{\frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot v_B}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,23}{3,14 \cdot 20,8}} = 0,118 \text{ м}.$$

Принимаем $D_T = 0,125 \text{ м}$.

6. Давление воздуха в трубопроводе

$$P_T = 10^5 \sqrt{1 - \frac{\beta \cdot \mu \cdot L_{пп} \cdot v_B}{D_T}} - P_{п},$$

где β - опытный коэффициент, равный $1,5 \cdot 10^{-7}$;

$P_{п}$ - давление столба смеси воздуха с цементом на единицу площади поперечного сечения трубы, Па;

$$P_{п} = 9,81 \cdot h_B \cdot v'_B \cdot \mu;$$

где v'_B - средняя удельная масса воздуха на участке подъема, принимаем $0,9 \text{ кг/м}^3$,

$$P_T = 10^5 \sqrt{1 - \frac{1,5 \cdot 10^{-7} \cdot 50 \cdot 34 \cdot 20,8^2}{0,125}} - 9,81 \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot 50 = 0,33 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

7. Давление в воздуходувной машине

$$P_M = P_P \cdot \alpha,$$

где $\alpha = 1,15-1,25$ - коэффициент потерь в осадительной камере. Принимаем $\alpha = 1,2$;

P_P - рабочее давление (разрежение) воздуха в конечной точке трубопровода,

$$P_P = P_a - P_T,$$

где P_a - атмосферное давление, равное 10 Па .

$$P_M = (10^5 - 0,33 \cdot 10^5) \cdot 1,2 = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

8. Мощность электродвигателя воздуходувной машины

$$N = \frac{L_M \cdot V_B}{60 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{35000 \cdot 13.8}{60 \cdot 1000 \cdot 0.6} = 13,2 \text{ кВт.}$$

где L_M – теоретическая работа воздуходувной машины, отнесенная к 1 м^3 засасываемого воздуха при изотермическом сжатии, $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{м}^3$. Из табл. 11.2 принимаем $L_M = 35000 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{м}^3$;
 η - КПД (общий) воздуходувной машины. Принимаем $\eta = 0,6$.

Таблица 11.2 – Значение величины L_M в зависимости от давления P_M

Давление в воздуходувной машине P_M , 10^5 Па	0,6	0,7	0,8	0,9
Теоретическая работа воздуходувной машины L_M , $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{м}^3$	47000	41000	35000	27000

По табл. 3.10 выбираем электродвигатель 4А160М6У3 мощностью $N_{дв} = 15 \text{ кВт}$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12

ТЕМА: РАСЧЕТ СКЛАДА

Цель занятия: произвести расчет основных параметров склада

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Определить объем механизированной переработки грузов и вместимость склада.
2. Определить потребность в погрузочно-разгрузочных машинах.
3. Рассчитать освещение склада.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Грузовая работа на опорных, станциях выполняется обычно в условиях некоторых отклонений от равномерного распределения перевозок. Неравномерность в поступлении и отправлении грузов зависит от вида груза и величины годового грузооборота. Статистические исследования ВНИИЖТа, выполненные для опорных станций большого числа дорог, дали результаты, приведенные в табл. 12.1.

Таблица 12.1 - Зависимость коэффициента неравномерности прибытия груза от грузооборота

Годовой грузооборот, тыс. т (м ³)	40-12	120-28	280-44	440-600
Среднесуточный грузооборот, ваг./сут.	5-15	16-35	35-55	56-75
Коэффициент неравномерности прибытия (отправления) груза, K_H	2	1,7	1,4	1,2

Значения коэффициента неравномерности прибытия и отправления различных грузов (K_H) приведены в табл. 12.2.

Таблица 12.2 - Коэффициент неравномерности прибытия и отправления грузов, K_H

Род груза	K_H
Тарно-штучные, контейнеры, тяжеловесные металлы, нефть	1,05-1,2
Уголь, лес, строительные и нерудные материалы минеральные удобрения	1,1-1,25
Зерно	1,5-3,5
Овощи	2,0-4,0

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Исходные данные для расчета вместимости склада и объема механизированной переработки грузов приведены в табл. 12.3.

Таблица 12.3 - Исходные данные для расчета

№ варианта	Годовой грузооборот, Q_G , тыс т(м ³)	Коэффициент, $\beta_{пр}$	Вид груза	Срок хранения груза на складе, $T_{ХР}$, сут	Размеры штабеля		Производительность $P_э$, т/смену
					Длина $L_{ш}$, м	Ширина $B_{ш}$, м	
1	700	0,1	Руда	20	12	3,5	
2	600	0,1	Камень	25	12	3,5	

3	550	0,2	Щебень	30	12	3,5	
4	500	0,3	Кокс	35	12	3,5	
5	450	0,4	Уголь	40	12	3,5	
6	400	0,15	Песок	45	12	3,5	
7	350	0,16	Гравий	50	12	3,5	
8	300	0,17	Лес	55	12	6,0	
9	250	0,18	Цемент насыпью	60	12	2,0	
10	200	0,19	Мел в мешках	15	25	4,0	
11	150	0,2	Гипс в мешках	70	25	4,0	
12	100	0,5	Тарно- штучные	15	25	10,0	
13	500	0,6	Сталь полосовая	8,0	12	6,0	
14	415	0,7	Сталь в пачках	50	12	4,0	
15	400	0,8	Трубы чугунные	90	12	6,0	
16	135	0,29	Трубы стальные	50	12	6,0	
17	130	0,3	Чугун в чушках	11	12	3,0	
18	125	0,7	Бумага в рулонах	15	12	12,0	
19	120	0,8	Алебастр в мешках	11	12	4,0	
20	150	0,5	Цемент насыпью	15	25	2,0	
21	100	0,3	Станки	12	25	3,0	
22	500	0,35	Сахарная свекла	25	30	6,5	
23	450	0,1	Зерно	13	30	7,0	
24	400	0,2	Камень	35	12	3,5	
25	135	0,3	Щебень	14	12	3,5	
26	300	0,4	Кокс	45	12	3,5	
27	250	0,5	Уголь	15	12	3,5	
28	200	0,6	Песок	15	12	3,5	
29	215	0,7	Гравий	16	12	3,5	
30	210	0,3	Кирпич на поддонах	15	12	4,5	

1. Среднесуточный грузопоток Q_C , т (m^3), определяется по формуле

$$Q_C = \frac{Q_G \cdot K_H}{365 - T_{\text{ПР}}}, \quad (12.1)$$

где Q_G — годовой грузооборот, т (м³);

$T_{\text{ПР}}$ — регламентированный простой погрузочно-разгрузочных машин в течение года (учитываются целносменные перерывы в работе машин, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом, по метеорологическим и другим условиям), суток. Ориентировочно $T_{\text{ПР}} = 30-65$ сут.

2. Объем механизированной переработки груза отличается от величины грузопотока. Годовой $Q_{\text{ГМ}}$ и суточный $Q_{\text{СМ}}$ объемы механизированной переработки рассчитываются по формулам

$$Q_{\text{ГМ}} = Q_G \cdot K_{\text{ОП}}, \quad Q_{\text{СМ}} = Q_C \cdot K_{\text{ОП}}, \quad (12.2)$$

где $K_{\text{ОП}}$ — коэффициент объема переработки груза, учитывающий изменение объема погрузочно-разгрузочных работ при частичной и полной перегрузке груза через склад (рис. 12.1), $K_{\text{ОП}} = 1-2$.

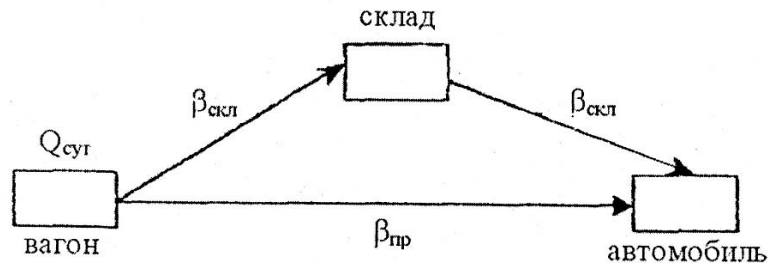


Рисунок 12.1 - Технологическая схема переработки груза

В общем случае коэффициент $K_{\text{ОП}}$ определяется суммой

$$K_{\text{ОП}} = \beta_{\text{ПР}} + 2\beta_{\text{СКЛ}} \quad (12.3)$$

где $\beta_{\text{ПР}}$ — коэффициент прямой перегрузки, учитывающий долю грузов, перегружаемых из одного вида транспорта в другой, минуя склад (рекомендуемые для расчета значения $\beta_{\text{ПР}} = 0,10-0,40$) табл. 43. При перегрузке грузов с железнодорожного транспорта на водный и обратно коэффициент $\beta_{\text{ПР}}$ может достигать до 0,75-0,80.

$\beta_{\text{СКЛ}}$ — коэффициент складировемости, учитывающий долю грузов, выгружаемых на склад ($\beta_{\text{СКЛ}} = 1 - \beta_{\text{ПР}}$);

2 — коэффициент, учитывающий двукратное увеличение объема работ при перегрузке грузов через склад.

В случае прямой перегрузки всего поступающего объема груза («с колес на колеса»), а также при использовании для выгрузки специализированных машин (вагоноопрокидывателей, элеваторно-ковшовых порталных разгрузчиков и других) и бункерно-конвейерных комплексов $K_{\text{ОП}} = 1$.

3. Вместимость (емкость) склада, $E_{\text{СКЛ}}$, т (м³), определяется по формуле

$$E_{\text{СКЛ}} = Q_C \cdot T_{\text{ХР}} \cdot \beta_{\text{СКЛ}}, \quad (12.4)$$

где $T_{\text{ХР}}$ — срок хранения груза на складе, сут.

Потребная площадь склада определяется методами удельных нагрузок или элементарных площадок.

3.1 Метод удельных нагрузок используют при ориентировочных расчетах потребной площади склада

$$F_{скл} = K_{пр} \frac{E_{скл}}{p} \quad (12.5)$$

где $K_{пр}$ — коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на складские проезды и проходы (значения $K_{пр}$ приведены в таблицах);

p — удельная нагрузка на 1 м^2 полезной площади склада, кН/м^2 , определяемая по формуле

$$p = h \cdot \gamma \cdot g, \quad (12.6)$$

где h — допустимая высота укладки груза в штабеля, м.

γ — средняя или насыпная плотность соответственно штучных или насыпная грузов, т/м^3 ;

g — ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Таблица 12.4 – Значения коэффициента $K_{пр}$, допустимой удельной нагрузки на 1 м^2 полезной площади склада и рекомендуемая высота укладки грузов для мест общего пользования

Род груза	Способ хранения груза на складе	Допустимая удельная нагрузка, p , кН/м^2	Коэф-т $K_{пр}$	Высота укладки груза, м, при использовании		
				кранов	штабелеров	напольных ПРМ
Лес круглый и пиломатериалы	Штабель	2,0-4,0	1,45	6	-	-
Уголь, кокс	Штабель	26,0	1,0	3,5	-	-
Тарно-штучные грузы	Стеллаж	3-56	1,6	-	10	4,5
	Штабель	2-56	1,6	-	6	4,5
Навалочные инертные строительные материалы	Штабель	До 60	1,6	14		
Сталь круглая, квадратная, полосовая, шестигранная	Стеллажи: стоечные консольные в скобах	18-33,5	1,6	4	-	-
		12-20	1,6	-	6	4,5
		24-41	1,6	-	4	-
Сталь листовая в пачках под навесом	Стеллаж	15-25	1,25	-	4	-
	Штабель	40-60	1,6	3,5	-	3
Сталь швеллерная и двутавровая без упаковки	Штабель	14-60	1,6	4,5	-	4,5
Трубы чугунные и стальные	Стеллаж	4-14	1,35	4-6	4-6	4,5
	Штабель	4-16	1,35	4-6	4-6	4,5
Чугун в чушках	Штабель	До 100	1,6	-	3	3
Бумага в рулонах	Штабель	2-6,5	1,5	-	12	4,5

Цемент, алебастр, гипс в мешках	Штабель на поддонах	8-10	1,55	-	4	3
Цемент насыпью	Штабель	20-25	1,5	2	-	2
Кирпич на поддонах	Штабель	10-18,5	1,55	-	4,5	3
Станки, оборудование	Штабель	1-10	1,5	На высоту изделия		
Минеральные удобрения	Штабель	15-20	1,5	6	-	2,5
Сахарная свекла	Штабель	15-25	1,5	6,5	-	-
Зерно	Закрома	15-40	1,5	7	-	-

3.2 Метод элементарных площадок позволяет более точно рассчитывать потребную площадь склада при штабельном или стеллажном хранении грузов. При этом вся площадь склада разбивается на многократно повторяющиеся элементарные площадки, занимаемые одним штабелем или стеллажом с учётом необходимых проходов и проездов (рис. 12.2).

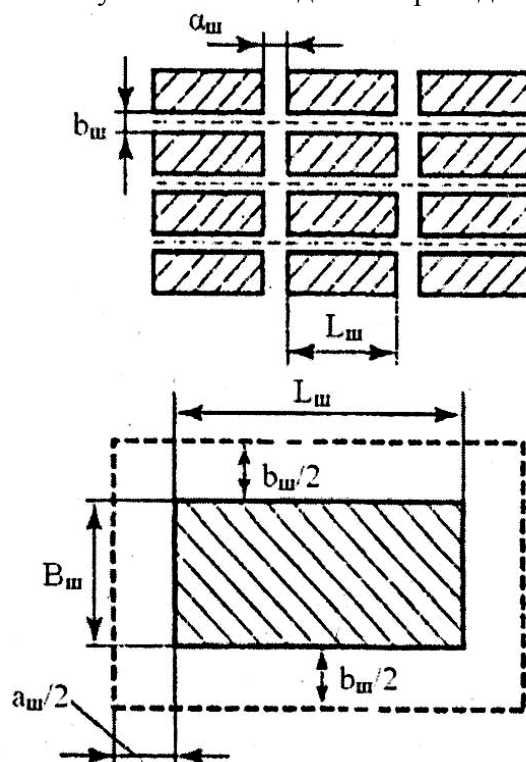


Рисунок 12.2 - Схема к расчету площади склада и ширины проездов

Площадь элементарной площадки ΔF , м², определяется по формуле

$$\Delta F = (L_{шт} + a_{шт})(B_{шт} + b_{шт}), \quad (12.7)$$

где $L_{шт}$ и $B_{шт}$ — длина и ширина штабеля, м (табл. 12.3);

$a_{шт}$ и $b_{шт}$ — ширина продольного и поперечного проходов (проездов), м (1 м для пешеходного движения, 4 м для погрузчиков, не менее 1 м между краном и подвижным составом, поперечные зазоры между грузами не менее 0,2 м).

Число таких элементарных площадок $Z_{пл}$, шт, зависит от общей вместимости склада и определяется по формуле

$$Z_{пл} = \frac{E_{скл}}{\Delta F \cdot p} \quad (12.8)$$

Общая площадь склада

$$F_{скл} = Z_{пл} \cdot \Delta F. \quad (12.9)$$

В дальнейшем площадь склада уточняется при соответствующей планировке с учетом размеров грузовых мест, способов их укладки и типов погрузочно-разгрузочных машин и оборудования. На план склада наносятся очертания штабелей, проходов и проездов, площадок для приема, выдачи и сортировки груза и др. На главных проездах должна быть обеспечена возможность свободного разворота погрузчиков, тележек и других средств механизации. В некоторых случаях главные проезды рассчитывают на встречные движения погрузочно-разгрузочных машин. Обычно общая площадь склада, полученная планировкой, несколько отличается от площади, определенной расчетом. При проектировании склада кроме общей площади важно правильно определить его ширину и длину. Ширина склада зависит от рода груза, конструктивных особенностей склада и средств механизации, длина обычно соответствует расчетной длине погрузочно-разгрузочного фронта.

4. Минимальное количество погрузочно-разгрузочных машин (ПРМ) $Z_{ПРМ}$, шт., необходимое для выполнения заданного объема работ, определяется соотношением

$$Z_{ПРМ} = \frac{Q_c \cdot K_{оп}}{P_{э} \cdot n_{см} \cdot t_{см}} \quad (12.10)$$

где $n_{см}$ — число рабочих смен в сутки, определяемое режимом работы грузового фронта или склада ($n_{см} = 1-3$);

$t_{см}$ — продолжительность одной смены, ч ($t_{см} = 8 - 12$) ч);

$P_{э}$ - эксплуатационная (сменная) производительность ПРМ (т/смену) табл. 12.3.

Тип автомобилей, обслуживающих грузовой узел, выбирается соответственно роду груза и его габаритам.

Количество автомобилей, ежесуточно подаваемых на фронт погрузки и к складам, рассчитывается по формуле

$$n_a = \frac{Q_c}{q_a \cdot \alpha_{\Gamma} \cdot n_p}, \quad (12.11)$$

где q_a — паспортная грузоподъемность автомобиля, т (автомобиль КамАЗ-5320 – 8,0 т);

α_{Γ} — коэффициент использования автомобиля по грузоподъемности ($\alpha_{\Gamma} = 0,8$);

n_p — количество рейсов в сутки, шт.

$$n_p = \frac{T}{t_p} \quad t_p = \frac{2 \cdot l}{V_k}, \quad (12.12)$$

где T — количество ч работы автомобилей в сутки ($T = 8, 12, 16$ ч);

t_p — продолжительность рейса, ч;

l — длина пробега ($l = 5 - 15$ км);

V_k — средняя коммерческая скорость движения ($V_k = 30$ км/ч).

5. Освещение складов. Искусственное освещение складских устройств должно быть достаточным, равномерным, экономичным и безопасным. Наиболее распространен в проектной практике расчет искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока, необходимого для нормированной освещенности горизонтальной поверхности.

Световой поток F_o , лм, определяется по формуле

$$F_o = \frac{E \cdot K \cdot F_{скл} \cdot Z}{\eta}, \quad (12.13)$$

где E — номинальная нормируемая освещенность, лк (табл. 12.5);

K — коэффициент запаса, учитывающий ослабление свечения ламп и загрязнение арматуры, ($K = 1,2-1,5$);

$F_{скл}$ — площадь склада, m^2 ;

Z — отношение средней освещенности к минимальной ($Z = 1,1-1,2$);

η — коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,25 - 0,5$ (меньшие значения для темной окраски стен, большие — для светлой).

Таблица 12.5 – Нормы искусственного освещения объектов грузового хозяйства

Территория и участки	Освещенность E (не менее), лк	Горизонтальная плоскость, на которой нормируется освещение
Открытые механизированные склады тяжеловесов, контейнеров, лесоматериалов, металлов, площадки для хранения грузов	10	На уровне поверхности земли
Места, выполнения погрузочно- разгрузочных работ	20	На уровне высоты грузов
Крытые и открытые грузовые платформы, грузовые склады, сортировочные платформы и рампы грузовых складов	20	На уровне пола склада, платформы
Склады сыпучих и навалочных грузов, погрузочно-разгрузочные эстакады	10	На уровне груза и земли
Пункты перелива горючих, смазочных материалов и масел	5	На уровне головки рельса
Гаражи, ремонтно-механические мастерские	20	На основании площадки
Остальная территория грузового двора	1	На уровне поверхности земли

По величине светового потока рассчитывают необходимое количество ламп $m_{св}$, шт, по формуле

$$m_{св} = \frac{F_o}{F_{л}}, \quad (12.14)$$

где $F_{л}$ — номинальный световой поток электролампы, зависящий от ее мощности, типа светильника и напряжения осветительной сети (табл. 12.6).

Таблица 12.6 – Основные характеристики осветительных ламп для складов (напряжение 220 В)

Тип лампы	Условное обозначение	Мощность, Вт	Световой поток, лм
Накаливания общего назначения	Г220-200	200	2800
	Г220-300	300	4600
	Г220-500	500	8300

	Г220-1000	1000	18600
Зеркальные (светильники)	ЗК220-300-1	300	3600
	ЗК220-500-1	500	6400
Кварцевые, галогенные (с йодным циклом)	КГ220-1000-5	1000	22000
	КГ220-1500	1000	33000
Люминесцентные ртутные	ЛБ 20-4	20	1180
	ЛХБЗО-	30	1720
	ЛБО40-44	40	3000
Ртутные дуговые высокого давления с исправленной цветностью	ДРл 80	80	3200
	ДРл 125	125	5600
	ДРл 250	250	11000
	ДРл 400	400	19000

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13

ТЕМА: РАСЧЕТ КОВШОВОГО ЭЛЕВАТОРА

Цель занятия: произвести расчет ковшового элеватора

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Уточнение схемы задания.
2. Тяговый расчет.
3. Выбор останова.
4. Разработка приводной станции
5. Разработка натяжного устройства.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Ковшовые конвейеры широко применяют для транспортирования и межоперационного перемещения по ходу технологического процесса тарно-штучных и насыпных грузов. Конвейер состоит из тягового элемента, приводных и натяжных звездочек и несущих элементов – ковшей или люлек (подвесках). Конструкции ковшей и люлек разнообразны: их размеры и форма зависят от размеров, формы и массы перемещаемого груза.

Конвейер для транспортирования грузов в ковшах, жестко прикрепленных к тяговому элементу, в вертикальной или крутонаклонной плоскости называют элеватором (рис. 13.1). Тяговым элементом 1 может служить лента (рис. 13.1, а), пластинчато-втулочные и втулочно-роликовые цепи (рис. 13.1, б, в). При ширине ковшей до 250 мм допустимо применять одну тяговую цепь для элеватора. Тяговый элемент огибает приводной 3 и натяжной 4 барабаны или звездочки, укрепленные в крайних точках элеватора. В наклонных и высоких вертикальных элеваторах лента опирается на направляющие ролики, а цепь катится роликами по направляющим (рис. 13.1, г) или опирается, как лента, на направляющие ролики (рис. 13.1, д). Элеватор целиком защищен металлическим кожухом 5 с окнами для осмотра. Наклонные элеваторы могут быть открытыми (без кожуха).

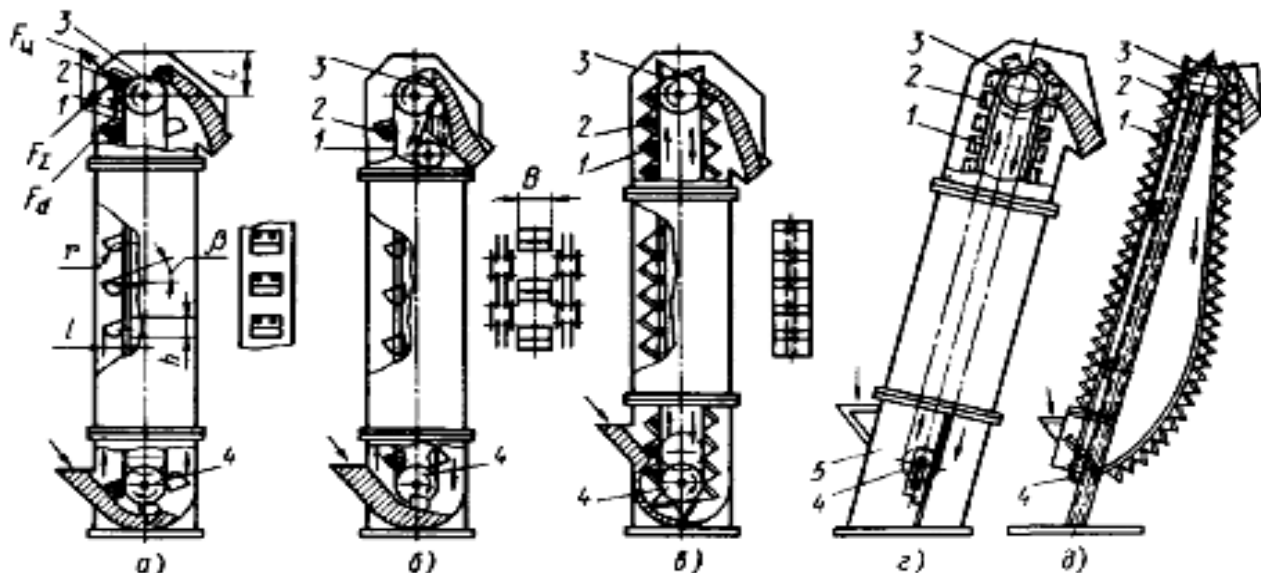


Рисунок 13.1 – Схемы ковшовых элеваторов для насыпных грузов

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Требуется рассчитать вертикальный ковшовый элеватор, предназначенный для транспортирования сыпучего груза по варианту. Исходные данные для расчета приведены в табл. 13.1. Элеватор рассчитаем в следующей последовательности по нижеприведенному примеру.

Таблица 13.1 - Исходные данные для расчета

№ варианта	Расчетная производительность элеватора, Q, т/ч	Высота подъема, Н, м	Вид груза	Скорость движения груза, м/с	Кол-во прокладок
1	70	10	Руда	0,2	4
2	60	11	Камень	0,25	4
3	55	12	Щебень	0,3	4
4	50	13	Кокс	0,35	4
5	45	14	Уголь	0,4	4
6	40	15	Песок	0,45	4
7	35	16	Гравий	0,5	4
8	30	17	Земля	0,55	4
9	25	18	Цемент	0,6	4
10	20	19	Мел	0,65	4
11	15	20	Гипс	0,7	6
12	10	21	Руда	0,75	6
13	50	22	Камень	0,8	6
14	45	23	Щебень	0,85	6
15	40	24	Кокс	0,9	6
16	35	25	Уголь	0,95	6
17	30	26	Песок	1,0	6
18	25	27	Гравий	1,05	6
19	20	28	Земля	1,1	6
20	15	29	Цемент	1,15	6
21	10	30	Мел	1,20	4
22	50	10	Гипс	1,25	4
23	45	11	Руда	1,30	4
24	40	12	Камень	1,35	4
25	35	13	Щебень	1,4	4
26	30	14	Кокс	1,45	4
27	25	15	Уголь	1,5	4
28	20	16	Песок	1,55	4
29	15	17	Гравий	1,6	4
30	10	18	Земля	1,65	4

Таблица 13.2 – Насыпная плотность груза

Вид груза	ρ , т/м ³	Вид груза	ρ , т/м ³	Вид груза	ρ , т/м ³
Руда	1,75	Уголь	1,3	Цемент	1,3
Камень	1,9	Песок	1,55	Мел	0,95
Щебень	1,7	Гравий	1,8	Гипс	1,1
Кокс	0,65	Земля	1,25		

1. **Уточнение схемы задания.** Принимаем схему конвейера по рис. 13.1. Расчетная производительность элеватора $Q = 30$ т/ч, высота подъема $H = 22$ м, плотность сыпучего груза (формовочной земли) $\rho = 1,5$ т/м³. Загрузка производится внизу – в месте нахождения натяжного барабана, разгрузка вверху – в месте нахождения барабана. Для сухого груза

принимаем: элеватор с расставленными глубокими ковшами и скоростью движения $v = 1,6$ м/с, имеем прорезиненную ленту с $i_n = 4$ прокладками.

Диаметр приводного барабана определяем по формуле 3.12.

$$D_{\text{БАР}} = 0,125 \cdot 4 = 0,5 \text{ м}$$

Частота вращения барабана

$$n_{\text{БАР}} = \frac{60 \cdot 1,6}{0,5 \cdot 3,14(1 - 0,002)} = 61,269 \approx 61 \text{ об/мин.}$$

При заданной производительности элеватора определяется линейная емкость ковшей по формуле

$$V / p = \frac{Q}{3,6 \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\text{П}}}, \quad (13.1)$$

где V - объем ковша, л;

p - шаг ковшей (для расставленных глубоких и мелких ковшей шаг $p \approx (2,5...3)h$; для ковшей, располагаемых сомкнуто (непрерывно), $p = h$, где h – высота ковша);

v - скорость движения тягового элемента, м/с;

ρ - плотность груза, т/м³;

$k_{\text{П}}$ - коэффициент наполнения ковшей ($k_{\text{П}} = 0,4...0,8$).

Принимаем коэффициент заполнения ковшей $k_{\text{П}} = 0,8$. По табл. 13.3 для $V / p = 5$ подходит глубокий ковш шириной $B_{\text{К}} = 250$ мм и объемом $V = 2,05$ л. Ширину ленты принимают на 50-100 мм больше, тогда $B_{\text{Л}} = 300$ мм и шаг ковшей $p = 0,4$ м.

Таблица 13.3 – Параметры ковша

Размеры ковша, мм				Объем V ковша, л	Шаг, p	Масса груза, приходящаяся на 1 м ленты, кг/м	Масса ковша, кг	Масса ковша, приходящаяся на 1 м ленты, кг/м
Шири на, В _к	Вылет <i>l</i>	Высота <i>h</i>	Радиус <i>r</i> днища					
Г - скругленный глубокий с расставленным шагом								
100	75	80	25	0,25	0,2	1,0	-	-
125	90	95	30	0,44	0,32	1,3	-	-
160	105	110	35	0,6	0,32	2,0	0,9	4,8
200	125	135	40	1,25	0,4	3,2	-	-
250	140	150	45	2,05	0,4	5,0	3,0	10,3
320	175	190	55	4,05	0,5	8,0	5,1	14,4
400	195	210	60	6,3	0,5	12,0	-	-
500	235	255	75	12,1	0,63	19,0	10,2	23,4
М – скругленный мелкий с расставленным шагом								
100	50	65	25	0,1	0,2	0,5	-	-
125	65	85	30	0,2	0,32	0,66	-	-
160	75	100	35	0,35	0,32	1,17	-	-
200	95	130	40	0,75	0,4	1,87	-	-
250	120	160	55	1,4	0,4	3,5	-	-

320	145	190	70	2,7	0,5	5,4	-	-
400	170	220	85	4,2	0,5	8,4	-	-
С – скругленный с бортовыми направляющими и сомкнутым шагом								
320	165	235	60	8,4	-	-	-	-
400	215	305	80	14,0	-	-	-	-
500	270	385	100	28,0	-	-	-	-

В местах соединения концов ленты имеет меньший предел прочности, чем по основному, неослабленному сечению, например сшивка резинотканевой ленты на 50% уменьшает предел прочности. Лучшим соединением считается горячая вулканизация, которая обеспечивает предел прочности соединения около 80% прочности резинотканевой ленты.

Ориентировочно линейная плотность (кг/м) ленты

$$\rho_L = 1,1B_L(\delta \cdot i_n + \delta_1 + \delta_2), \quad (13.2)$$

где B_L – ширина ленты, мм;

δ – толщина одной текстильной прокладки, мм, $\delta = 1,25$;

i_n – число прокладок;

δ_1, δ_2 – толщина соответственно верхней и нижней обкладок, мм ($\delta_1 = 1,5 \dots 6$, $\delta_2 = 1 \dots 1,5$).

Линейная плотность прорезиненной ленты с четырьмя прокладками

$$\rho_L = 1,1 \cdot 0,3(1,25 \cdot 4 + 3 + 1) = 2,97 \text{ кг/м.}$$

Из табл. 13.3 находим массу для глубокого ковша $m_K = 3$ кг исходя из $B_K = 250$ мм. Тогда можем рассчитать линейную плотность холостой ветви (ленты с ковшами)

$$\rho_0 = \rho_L + \frac{m_K}{p} = 2,97 + \frac{3}{0,4} = 10,47 \text{ кг/м.}$$

Линейная плотность груза

$$\rho_G = \frac{Q}{3,6v} = \frac{30}{3,6 \cdot 1,6} = 5,2 \text{ кг/м.}$$

2. Тяговый расчет. В соответствии с заданием разбиваем контур тягового органа элеватора на четыре расчетные точки. Наименьшее натяжение F_1 ленты следует ожидать в точке 1 холостой ветви (см. рис. 13.1) при набегании ее на натяжной барабан; следующая точка 2 назначается при набегании ленты с натяжного барабана; третья точка 3 назначается при набегании груженной ленты на приводной барабан и четвертая точка 4 находится на месте сбегания ленты с приводного барабана. Натяжение точки F_1 принимаем как неизвестное и найдем его в процессе расчета.

Натяжение в точке 2 складывается из натяжения в точке 1 сопротивления на натяжном барабане ($k_{Б.Н.} = 0,08$) и сопротивления при зачерпывании груза ковшами.

Для тяжелых условий принимают $k_3 = 2$ и расчет ведут так:

$$F_3 = F_1 + F_{1...3} = [F_1 + F_1 k_{Б.Н.} + k_3 \rho_G g] / 1000 = 1,08 F_1 + 0,102 \text{ кН.}$$

$$F_3 = F_2 + F_{2...3} = [1,08 F_1 + 0,102 + \rho_G g H] / 1000 = 1,08 F_1 + 3,55 \text{ кН.}$$

От точки 1 к точке 4 ведут расчет против движения ленты:

$$F_4 = (F_1 + \rho_0 g H) / 1000 = F_1 + 2,33 \text{ кН.}$$

Из теории фрикционных передач с гибким элементом имеется уравнение Эйлера $F_3 = F_4 e^{f\alpha}$:

$$F_3 \leq F_4 e^{f\alpha} = (F_1 + 2,33)1,37 = 1,37F_1 = 3,19,$$

где $e^{f\alpha} = 1,37$ (для чугунного барабана при элеваторе, установленном на открытой площадке $f = 0,1$, $\alpha = \pi = 3,14$ и $e = 2,71$).

Из двух уравнений находим F_1 :

$$1,37F_1 + 3,19 = 1,08F_1 + 3,55$$

$$F_1 = 1,24 \text{ кН}; F_2 = 1,44 \text{ кН}; F_3 = 4,89 \text{ кН}; F_4 = 3,57 \text{ кН}.$$

Тяговое усилие на приводном барабане с учетом потерь

$$F_t = (F_3 - F_4) + (F_3 + F_4)k_{Б.П.} = (4,89 - 3,57) + (4,89 + 3,57)0,05 = 1,76 \text{ кН}.$$

где $k_{Б.П.}$ - коэффициент сопротивления на приводном барабане с подшипниками качения $k_{Б.П.} = 0,03 - 0,05$.

Мощность двигателя привода при КПД зубчатого редуктора $\eta = 0,8$.

$$N = F_t v / \eta = 1,76 \cdot 1,6 / 0,8 = 3,52 \text{ кВт}.$$

Принимаем по табл. 3.10 асинхронный электродвигатель 4А112МВ6У3 с номинальной мощностью $N_{дв} = 4$ кВт и частотой вращения $n_{дв} = 1000$ об/мин ($\omega = \pi n_{дв} / 30 = 102$ рад).

3. Выбор останова. Для предотвращения движения груженого элеватора в обратную сторону при остановке двигателя проще и надежнее для останова использовать двухколодочный тормоз, устанавливаемый на валу двигателя.

Крутящий момент на валу двигателя

$$M = N / \omega = 4 \cdot 10^3 / 102 = 39,2 \text{ Н·м}.$$

Тормозной момент при тяжелом режиме работы

$$M_T = k_T M = 2 \cdot 39,2 = 78,4 \text{ Н·м}.$$

По табл. 13.3 подбираем двухколодочный тормоз ТКТ-200 переменного тока с пружинным замыканием и размыканием от электромагнита конструкции ВНИИПТМАШа с тормозным моментом 160 Н·м.

Таблица 10.4 – Характеристика тормозов ТКТ с короткоходовым магнитом

Тормоз	Тормозной момент при ПВ 25-40%, Н·м	Длина рычага, мм		Ширина колодки В _к , мм	Диаметр D _т тормозного шкива, мм
		l	l_I		
ТКТ-100	20	100	70	70	100
ТКТ-200/100	40	205	135	90	100
ТКТ-200	160	205	135	90	200
ТКТ-300/200	240	430	190	140	200
ТКТ-300	500	430	190	140	300

4. Разработка приводной станции. По частоте вращения приводного барабана

$$n_{\text{БАР}} = 60v / (\pi D_{\text{БАР}}) = 60 \cdot 1,6 / (3,14 \cdot 0,5) = 61,1 \text{ об/мин}$$

И частоте $n_{\text{ДВ}}$ вращения вала электродвигателя определяют передаточное отношение приводного устройства

$$u = n_{\text{ДВ}} / n_{\text{БАР}} = 1000 / 61,1 = 16,3.$$

Выбирают схему привода с закрытой передачей рис. 16, которая не загрязняется при эксплуатации.

Привод ленточного конвейера (рис. 13.2) состоит из приводного барабана 1 и механизмов, передающих движение от электродвигателя 4 к барабану. Лента приводится в движение в результате трения между лентой и барабаном.

По крутящему моменту на валу барабана $M_{\text{БАР}}$ и передаточному отношению подбирают двухступенчатый зубчатый редуктор Ц2У-125 с передаточным отношением $u_p = 16$ и номинальным крутящим моментом на выходном валу 500 Н·м из табл. 10.5.

$$M_{\text{БАР}} = F_t D_{\text{БАР}} / 2 = 1,76 \cdot 10^3 \cdot 0,5 / 2 = 440,7 \text{ Н·м.}$$

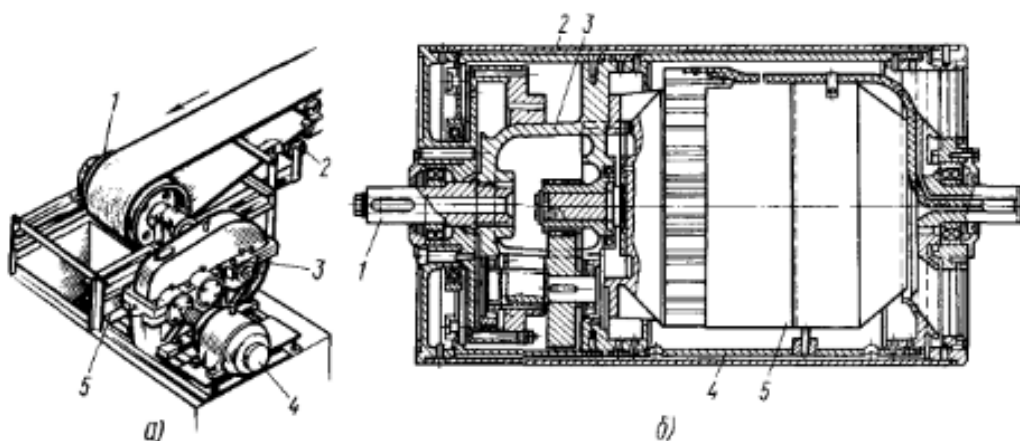


Рисунок 13.2 – Приводные устройства конвейеров

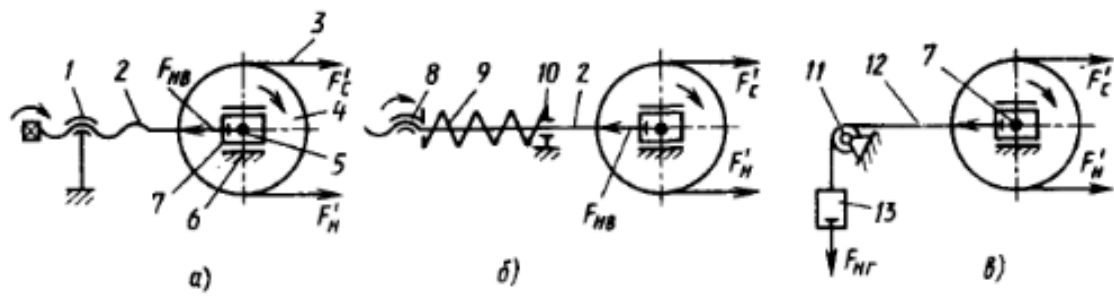
Таблица 13.5 – Характеристика цилиндрических двухступенчатых редукторов

Типоразмер	Номинальные передаточные числа	Номинальный вращающий момент на выходном валу, Н·м	Номинальная радиальная нагрузка на выходном валу, Н	Масса, кг
Ц2У-100, Ц2У-125	8; 10; 12,5; 16	250 500	4000 5600	35 53
Ц2У-160	18; 20; 22,4; 25	1000	8000	95
Ц2У-200, Ц2У-250	28; 31,5; 35,5; 40	2000 4000	11200 16000	170 320

5. Разработка натяжного устройства. Для обеспечения сцепления ленты с приводным барабаном и устранения провисания ее между роликами в конвейерах устанавливают натяжное устройство. Схему винтового натяжного устройства принимают по рис. 13.3, а с натяжным усилием

$$F_H = F_1 + F_2 + F_{\text{полз}} = 1,24 + 1,44 + 0,15 = 2,8 \text{ кН.}$$

где $F_{\text{полз}}$ – сопротивление при передвижении в ползунах натяжного барабана, принимают $F_{\text{полз}} = 100 \dots 250 \text{ Н}$.



а – винтовое; б – винтовое с пружиной; в – грузовое

Рисунок 13.3 – Схемы натяжных устройств ленточного конвейера

Ход барабана в ползунах натяжного устройства

$$l_x = (0,01 \dots 0,03)H = (0,01 \dots 0,03) \cdot 22 = 0,22 \dots 0,66 \text{ м.}$$

Практическое занятие №14

РАСЧЕТ ВИНТОВОГО КОНВЕЙЕРА

1. Цель и содержание работы

Цель работы: изучить устройство ленточных конвейеров и научиться самостоятельно производить выбор и расчет.

Содержание работы:

- изучить назначение и устройство ленточного конвейера;
- рассчитать основные параметры ленточного конвейера:
 - а) площадь поперечного сечения материала;
 - б) ширину ленты;
 - в) мощность двигателя;
 - г) натяжение в ветвях ленты;
 - д) количество прокладок, толщину ленты и размеры приводного барабана;
 - е) вес натяжного груза или усилие в винтовой натяжке.
- составить отчет о проделанной работе.

2. Теоретическое обоснование

Ленточные строительные конвейеры предназначены для перемещения сыпучих и мелкокусковых материалов на складах и открытых площадках в строительстве, на земляных работах и в карьерах. Они дают возможность транспортировать материалы в горизонтальном и в наклонном направлениях. Ленточные конвейеры разделяют на передвижные и стационарные.

Передвижные конвейеры имеют небольшую длину (5-15м), оборудуются, как правило, колесами для перемещения с одного места на другое. Передвижные конвейеры используют на работах малого объема, когда требуется частая их перебазировка.

Стационарные конвейеры устанавливают на объектах с большим

объемом работ и при длительной работе на одном объекте. Раму стационарных конвейеров делают из типовых взаимозаменяемых секций. В этом случае их называют (ТК-1Б и ТК-2Б).

В качестве тягового органа в строительстве конвейера применяется тканевая прорезиненная лента по ГОСТ 20-60. резиновая обкладка предохраняет ткани от разрушения. Срок службы таких лент не менее 12 месяцев. Резиново-тканевые ленты применяют для транспортирования материалов с температурами от 100 до -25°C . При температурах выше 100°C и ниже -25°C применяют теплостойкие и морозостойкие ленты. Прочность ленты с тканевыми прокладками определяется количеством прокладок в ней и допускаемой нагрузкой на единицу ширины прокладки. Допустимую нагрузку определяют с учетом 9-11 кратного запаса прочности относительно разрушающей нагрузки. При таком запасе прочности лента не будет иметь большой натяжки, так как относительное удлинение при разрыве доходит до 22% для всех тканей, кроме синтетических (до 20%).

Передвижные конвейеры выпускают длиной 5,1 и 15 м. параметры строительных конвейеров приведены в таблице 2.

Все передвижные конвейеры выполнены по единой конструктивной схеме и состоят из следующих основных узлов: рамы, приводной и натяжной станции, ленты, верхних и нижних опор, разгрузочной воронки, шасси, механизма изменения высоты разгрузки и электропусковой аппаратуры.

К раме крепятся все узлы конвейера. Приводная станция размещена в верхней части рамы и состоит из электродвигателя, редуктора и приводного барабана.

В конвейерах ТК-13 и ТК-14 используется двухступенчатый редуктор (цилиндрический) с фланцевым креплением электродвигателя и непосредственным приводом барабана.

В конвейере ТК-12 блок мотор-редуктор связан с приводом цепной передачи.

Натяжная станция расположена в нижней части рамы и состоит из натяжного барабана и натяжного устройства, выполненного в виде двух винтов, которые при помощи гаек, закрепленных в ползунах, перемещают барабаны по направляющим.

Рабочий орган (лента) огибает приводной и натяжной барабаны. Верхняя (рабочая) ветвь ленты поддерживается желобчатыми роликовыми опорами, нижняя (холостая) ветвь ленты - плоскими опорами.

Все строительные конвейеры имеют (кроме ТК-13-1) гладкую ленту. В конвейере ТК-13-1 применена лента с поперечными ребрами, которая позволяет увеличить угол наклона конвейера от 20 до 30 и тем самым в 1,5 раза увеличить высоту разгрузки, при той же производительности.

Все приводные валы, барабаны и роликовые опоры установлены на подшипниках качения.

Для загрузки материала служит загрузочная воронка, размещенная в нижней части рамы над натяжным устройством. Для очистки ленты от налипшего материала конвейер снабжен двумя скребками: один предназначен для очистки наружной стороны ленты, другой – для очистки внутренней стороны ленты. Первый скребок размещается под приводным барабаном, второй – под натяжным барабаном.

Шасси состоит из подвижной и неподвижной опор, кареток и ходовых колес. Подвижная опора верхним концом крепится к двум кареткам, перемещающимся по швеллерам рамы, а нижним концом крепится к оси ходовых колес. Каждая каретка перемещается с помощью механизма изменения высоты разгрузки, состоящего из ручной червячной лебедки и канатно-блочной системы в виде четырехкратного полиспаста.

Стационарные конвейеры состоят из тех же узлов, что и передвижные. Исключение составляют шасси и механизм изменения высоты загрузки, которые отсутствуют в стационарных конвейерах.

3. Аппаратура и материалы

Линейка масштабная, транспортер, программируемый калькулятор, плакаты с устройством конвейера и основных узлов, образцы материала лент транспортера.

4. Указания по технике безопасности

К выполнению лабораторных работ допускаются только студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Лабораторная работа выполняется в учебной зоне, которая должна быть изолирована от зоны выполнения лабораторных работ, или в учебной аудитории, т.к. в работе не применяются аппараты, приборы, установки и др., опасные во взрыво-, пожаро-, электроопасном отношении.

При проведении занятий должно быть нормальное освещение и воздухообмен.

5. Методика и порядок выполнения работы

Предварительно вычерчивается схема конвейера с основными размерами, как показано для наклонного конвейера на рис.1. Вариант задания берется из табл.2.

При наклонном конвейере определяется угол наклона и длина:

$$\beta = \arctg \frac{H}{L_z}, \text{ град} \quad (1)$$

$$L = \frac{L_z}{\cos \beta}, \text{ м} \quad (2)$$

Определяется тип винта, исходя из характеристики заданного материала. Он берется по следующим данным: сплошной винт берется для хорошо сыпучих материалов (цемента, извести гашеной в порошке, гипса и мела порошкообразных, гранулированного шлака, золы); ленточный винт берется для мелкокусковых материалов (шлака, известняка, гипса и мела дробленных); фасонный винт берется для тестообразных и мокрых

материалов (глины, разных растворов).

Диаметр винта D определяется по заданной производительности Π , задаваясь некоторыми параметрами, связанными с величиной искомого неизвестного диаметра винта.

Шаг винта S берется в следующих пределах:

при D до 150мм $S = 0,8D$;

при D свыше 150мм $S = (0,6 - 0,7)D$.

Поэтому соотношение между шагом и диаметром винта находится в пределах:

$$K = S/D = 0,6 - 0,8 \quad (3)$$

Также приходится задаваться числом оборотов винта, которое берется в зависимости от вида транспортируемого груза и диаметра винта (см.табл.3).

Чтобы обеспечить линейное перемещение насыпного груза по желобу, число оборотов берется небольшим. При большом числе оборотов может возникнуть вращение насыпного груза вместе с винтом как единого целого.

Коэффициент заполнения желоба (см. табл.3) зависит от вида перемещаемого груза, для тяжелых и абразивных грузов он берется меньше, чем для легких.

Диаметр винта:

$$D = (\Pi/47K\varepsilon n\gamma C)^{1/3}, \text{ м} \quad (4)$$

где: Π – производительность в т/час;

K – отношение шага к диаметру винта;

ε – коэффициент заполнения желоба;

n – число оборотов винта в 1 мин;

γ – объемная масса транспортируемого груза в т/м³;

C – коэффициент уменьшения площади поперечного сечения груза в зависимости от угла подъема конвейера.

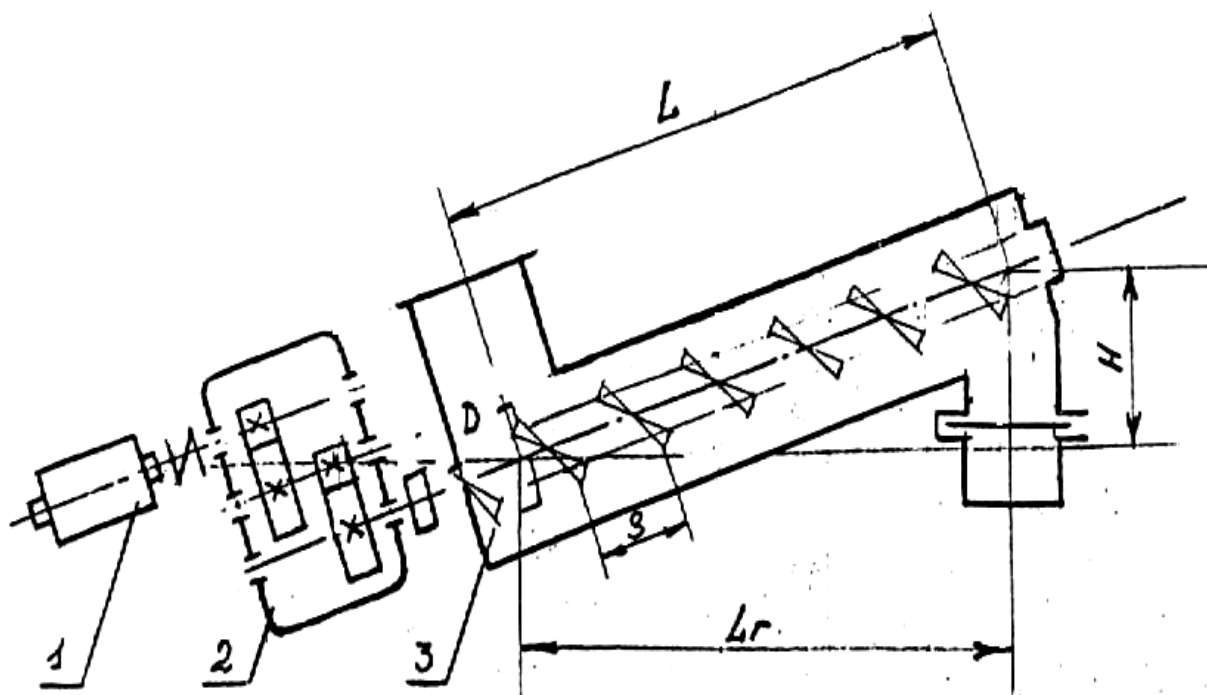


Рисунок 1 – Расчетная схема наклонного винтового конвейера
1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 - винтовой конвейер

Число оборотов винта можно определить по эмпирической формуле:

$$N = A/VD, \text{ об/мин} \quad (5)$$

где: А – эмпирический коэффициент;

D – диаметр винта в м.

Коэффициент С, учитывающий снижение производительности от наклона конвейера, берется по следующим данным:

С

0	1
5	0,9
10	0,8
15	0,7
20	0,65

После предварительного определения диаметра винта по формуле (4) уточняется величина К и П, и снова по этой формуле уточняется диаметр

винта и округляется до первого ближайшего числа – 150; 200; 300; 400; 500; 600мм.

Мощность привода определяется по формуле:

$$N = \Pi H / 367 + \Pi L_r W / 367 + 0,02 K_1 K_2 q_1 L_r V W_1, \text{ кВт} \quad (6)$$

где: Π – производительность в тс/час;

H и L_r – высота подъема и дальности транспортирования в м (см. рис.1);

W – коэффициент сопротивления перемещения груза в желобе (см. табл.3);

$K_1 = 0,2$ – коэффициент, учитывающий вращательное движение винта (применяется общая формула определения мощности для транспортирующих машин);

$K_2 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий сопротивление винта от вибрации при отсутствии статической балансировки винта;

$q \approx 80D$ – погонная масса вращающихся частей в кг/м (D – диаметр винта в м);

$W_1 = 0,1$ – коэффициент, учитывающий сопротивление в аксиальном подшипнике от осевого давления винта;

V – поступательная скорость движения груза в желобе в м/с:

$$V = S n / 60 \quad (7)$$

где: n – число оборотов винта в мин⁻¹;

S – шаг винта в м.

Необходимое число промежуточных опор (подшипников) при расстоянии между ними $l \approx 2,5m$.

$$Z = L_r / l - 1, \text{ шт} \quad (8)$$

Мощность двигателя определяется по формуле (9) и передаточное число по формуле (10).

$$N_{\text{дв}} = N / \eta, \text{ кВт} \quad (9)$$

Передаточное число редуктора будет:

$$i_p = n_d/n_v \quad (10)$$

где: n_d – число оборотов вала двигателя, об/мин;

n_v – число оборотов винта, об/мин:

$$n_v = 60V/(\pi D), \text{ об/мин} \quad (11)$$

где: V – скорость движения ленты транспортера, м/с;

D – диаметр винта, м.

Рекомендации по выбору двигателя и редуктора такие же, как и для ленточных конвейеров (табл.1).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Типы и основные параметры двигателей при нормальной нагрузке

Тип двигателя	Мощность, кВт	Отношение вращающего момента к номинальному		
		максимального	начального пускового	минимального
Синхронная частота вращения 1000об/мин				
4AA63A6Y3	0,18	2,2	2,0	1,2
4A63B6Y3	0,25	2,2	2,0	1,2
4A71A6Y3	0,37	2,2	2,0	1,6
4A71B6Y3	0,55	2,2	2,0	1,6
4A80A6Y3	0,75	2,6	2,0	1,6
4A80B6Y3	1,1	2,2	2,0	1,6
4A90 6Y3	1,5	2,2	2,0	1,6
4A100 6Y3	2,2	2,2	2,0	1,6
4A112MA6Y3	3,0	2,2	2,0	1,6
4A112MB6Y3	4,0	2,2	2,0	1,6
4A132 6Y3	5,5	2,2	2,0	1,6
4A132M6Y3	7,5	2,2	2,0	1,6
4A160 6Y3	11,0	2,0	1,2	1,0
4A160M6Y3	15,0	2,0	1,2	1,0
4A180M6Y3	18,0	2,0	1,2	1,0
4A200M6Y3	22,0	2,0	1,2	1,0

4A200 6У3	30,0	2,0	1,2	1,0
4A225M6У3	37,0	2,0	1,2	1,0
4A250 6У3	45,0	2,0	1,2	1,0
4A250M6У3	55,0	2,0	1,2	1,0
4A280 6У3	75,0	1,9	1,2	1,0
4A280M6У3	90,0	1,9	1,2	1,0

Таблица 2

Исходные данные для расчета винтового конвейера

№	Транспортируемый материал	Производ-ть П, т/час	Длина транспор-я L _г , м	Высота транспор-тиров. Н, м
1.	Цемент	80	10	1
2.	Мел мелкокусковой	35	15	1,5
3.	Известь гашеная, порошкообразная	50	12	-
4.	Глина мокрая	70	16	2
5.	Гипс молотый	40	14	-
6.	Цемент	35	20	-
7.	Мел молотый	65	8	2,5
8.	Известь гашеная, порошкообразная	75	15	2,5
9.	Глина мокрая	30	8	—
10.	Гипс молотый	15	10	—
11.	Цемент	50	14	—
12.	Мел порошкообразный	25	12	1
13.	Известь гашеная, порошкообразная	85	13	—
14.	Строительный раствор	40	14	1,5
15.	Цемент	35	16	2
16.	Известь гашеная, порошкообразная	12	11	—
17.	Глина мокрая	10	13	—
18.	Гипс мелкокусковой	15	9	—
19.	Шлак гранулированный	85	12	1

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
20.	Цемент	20	22	2
21.	Известь гашеная, порошкообразная	40	18	1
22.	Мел порошкообразный	18	17	—
23.	Глина мокрая	50	11	—
24.	Гипс молотый	52	10	—
25.	Цемент	15	16	—
26.	Зола	45	15	—

27.	Известь гашеная, порошкообразная	90	14	0,5
28.	Глина мокрая	60	16	1
29.	Гипс молотый	18	13,5	—
30.	Цемент	45	18	—

Таблица 3

Величины коэффициентов E, A, W и рекомендуемых чисел оборотов винта

Группа грузов	Примеры насыпных грузов	Расчетные коэффициенты			Рекомендуемое число оборотов винта, в мин ⁻¹
		E	A	W	
Легкие, малообразивные	Гипс, мел, угольная пыль, асбест, торф	0,35	50	1,6	60-160
Тяжелые малообразивные	Глина сухая, кусковой уголь, сухой песок, гранулированный шлак	0,25	40	2,5	50-100
Тяжелый и образивные	Цемент, зола, влажный песок, глина сырая, шлак котельный	0,125	30	4,0	30-70

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 15

РУЧНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ВИБРОУПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить назначение, устройство, принцип работы, а также условия безопасной эксплуатации следующих машин:

1. Электромеханического глубинного вибратора с гибким валом ИВ-117-2.
2. Электромеханического глубинного вибратора с встроенным электродвигателем ИВ-59.
3. Электромеханического поверхностного вибратора ИВ-2.

Процесс бетонирования различных конструкций включает в себя подачу бетонной смеси в опалубку, ее распределение и уплотнение. Бетонную смесь при этом укладывают слоями определенной толщины, зависящей от способа ее уплотнения.

Уложенную бетонную смесь уплотняют трамбованием, штыкованием и вибрированием. Наибольшее применение для этих целей в отечественной строительной практике получило вибрирование. Сущность его заключается в передаче бетонной смеси от механического источника – вибратора колебаний малой амплитуды ($0,1 \div 3$ мм), но большой частоты (до 20 тысяч в минуту). Частоту колебаний вибратора выбирают в зависимости от подвижности бетонной смеси и размера фракций крупного заполнителя. Жесткие бетонные смеси с крупным заполнителем уплотняют низкочастотными ($2800 - 3500$ $1/\text{мин}$), вибраторами с большой амплитудой колебаний (до 0,8 мм), а подвижные с мелким заполнением, наоборот,

высокочастотными ($10\,000 - 20\,000 \text{ } \frac{1}{\text{мин}}$) с малой амплитудой ($0.12 - 0.4 \text{ мм}$).

Под воздействием вибрации бетонная смесь, тиксотропно (обратимо) разжижаясь, приобретает свойства вязкой с повышенной жидкости. В такой среде более тяжелые компоненты (щебень, гравий) под действием вибрации и силы тяжести стремятся занять более устойчивое положение. Поэтому они приходят в движение, проскальзывая друг относительно друга и укладываясь более плотно. При этом защемленный в бетонной смеси воздух ($10 - 15 \%$ в пластинчатых и $40-45\%$ в жестких смесях по объему) и более легкие компоненты (излишняя вода, песок, цемент вытесняют вверх, заполняя пустоты в самой смеси, арматурных каркасах и опалубке).

После прекращения воздействия вибрации уплотненная бетонная смесь восстанавливает свои первоначальные вязкостные свойства.

9.1 ВИБРАТОРЫ

Уплотнение бетонной смеси вибрированием в зависимости от вида бетонируемой конструкции и консистенции смеси производят поверхностными, глубинными и наружными вибраторами. Они различаются между собой способом передачи вибрации к бетонной смеси. Поверхностные вибраторы передают колебания смеси с ее поверхности, глубинные - изнутри (из глубины) ее, а наружные через опалубку (используют чаще при формовке сборных железобетонных конструкций).

По виду привода различают вибраторы электромеханические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и приводимые в действие двигателями внутреннего сгорания.

Наибольшее применение в строительстве получили электромеханические глубинные вибраторы с частотой колебаний в минуту

от 2800 до 20000. Вибровозбудителем в них являются вращающиеся неуравновешенные грузы (дебалансы), установленные со смещением центра их тяжести по отношению к оси вращения.

Электромеханическими их называют потому, что они преобразуют электрическую энергию в механическую, обеспечивающую вращение вала. Вал, в свою очередь, приводит во вращение дебалансы, благодаря чему появляется центробежная вынуждающая сила и круговые колебания большой частоты (вибрация).

При использовании глубинных вибраторов бетонную смесь допускается укладывать слоями толщиной не более 1,25 длины вибронаконечника. Шаг перестановки рабочего органа вибратора не должен превышать 1,5 радиуса его действия. Это обеспечивает перекрытие зон уплотнения смеси соседних стоянок вибратора.

Радиус действия вибратора – это расстояние от вибронаконечника до точки на поверхности бетонной смеси, где еще заметно его уплотняющее действие. Он зависит от параметров бетонной смеси, рабочего органа вибратора и определяется в процессе бетонирования визуально.

Достаточность уплотнения бетонной смеси вибратором на одной стоянке устанавливают в зависимости от консистенции смеси по появлению на ее поверхности цементного молока (пластичные смеси), по прекращению выделения пузырьков воздуха и видимой на глаз осадки поверхности смеси (жесткие смеси). Продолжительность уплотнения смеси до появления указанных признаков составляет 20 – 40 с. Превышение указанного времени уплотнения приводит к расслоению смеси, что недопустимо.

9.1.1 Электромеханический глубинный вибратор с гибким валом ИВ-117-2

Предназначен для уплотнения бетонной смеси с осадкой конуса не менее 3 – 5 см в средне- и малоармированных конструкциях: балках, колоннах, фундаментах и т.д.

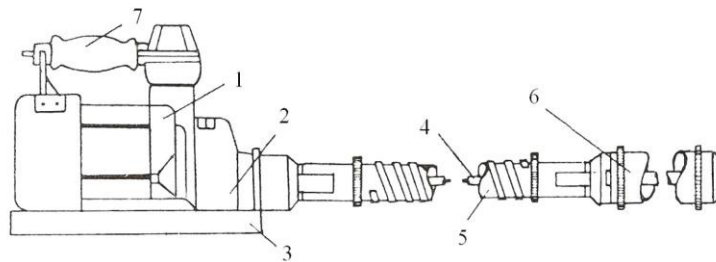


Рисунок 9.1 - Электромеханический глубинный вибратор с гибким валом ИВ-117-2

Асинхронный трехфазный электродвигатель 1 (рисунок 9.1) имеет короткозамкнутый ротор и снабжен кулачковой муфтой 2, допускающей только правостороннее вращение шпинделя, соответствующее направлению намотки верхнего слоя гибкого вала. Подставка 3 обеспечивает установку электродвигателя на свежесуложенную бетонную смесь. Для его перестановки с одной позиции на другую используют ручку 7.

Гибкий вал 4, служащий для передачи вращающего момента от двигателя к вибронаконечнику 6, представляет собой несколько слоев плотно намотанной на сердечник проволоки. Для защиты от повреждений и требований техники безопасности гибкий вал заключен в защитную резинометаллическую броню 5.

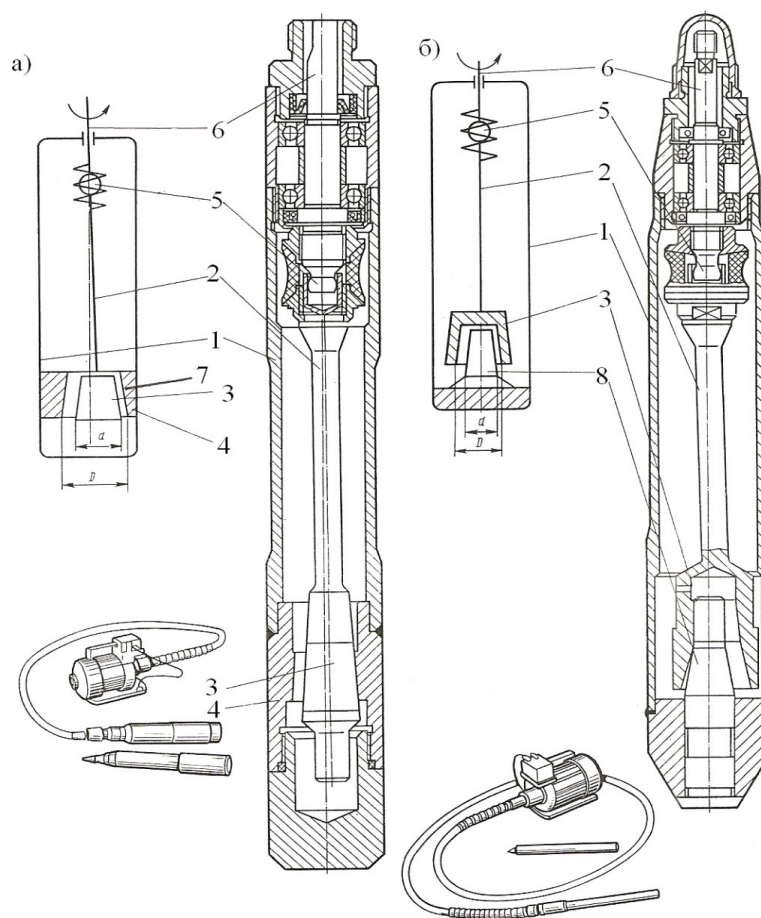


Рисунок 9.2 - Вибронаконечник глубинного вибратора с вибровозбудителем: а) с наружной обкаткой, б) с внутренней обкаткой.

Вибронаконечник (рисунок 9.2) состоит из герметично-закрытого цилиндрического корпуса 1, внутри которого расположен планетарный вибровозбудитель, включающий вал 2, бегунок - дебаланс 3, обойму 4 (при наружной обкатке) или палец 8 (при внутренней обкатке), упругую муфту 5. К гибкому валу наконечник подсоединяют с помощью шпинделя с хвостовиком 6. Наружный диаметр наконечника 51 мм, длина 410 мм.

После пуска в работу вращение от электродвигателя передается гибким валом бегунку вибронаконечника. Рабочий, удерживая вибронаконечник на весу за защитную броню, слегка ударяет 1- 2 раза

нижней частью его о землю, настил или опалубку для вывода из равновесного состояния бегунка–дебаланса. Бегунок, продолжая вращаться, начинает обкатывать по беговой дорожке 7 обойму 4 или палец 8. Благодаря этому возникают колебания, которые передаются корпусу 1. За счет малой разницы диаметров обоймы D и бегунка d (или отверстий D бегунка и пальца d , рисунок 9.2) бегунок за один оборот вала делает несколько обкаток. Каждая обкатка вызывает одно колебание. При числе оборотов вала двигателя 2800 об/мин число колебаний достигает 20000 об/мин . Попадание на беговую дорожку даже небольшого количества масла, воды или цементного молока приостанавливает обкатку, а вместе с ней и колебания. Причиной этого является возникновение гидродинамической силы в месте контакта поверхности обкатки с беговой дорожкой и их разъединения.

При работе вибронаконечник полностью погружают в бетонную смесь, оставляя его в таком положении 10 – 15 с. Колебания при этом передаются смеси на глубину 50 – 60 см. По окончании времени выдержки медленно при включенном электродвигателе извлекают наконечник из смеси со скоростью, обеспечивающей заполнение смесью образующегося отверстия, после чего вибратор переставляют на новую позицию. Время работы его на холостом ходу при этом не должно превышать 5 – 10 с.

К внешней электросети переменного тока частотой 50 Гц вибратор подключают через понижающий трансформатор с выходным напряжением 36 В. В последние годы появились вибраторы с усиленной (двойной) электроизоляцией. Такие вибраторы подключают непосредственно к сети электрического тока напряжением 220 В.

Вибратор с гибким валом удобен в работе, т.к. рабочему приходится оперировать только с вибронаконечником небольшой массы, лишь изредка переставляя электродвигатель. Недостатком этого вибратора является

небольшая мощность, обуславливаемая, главным образом, конструкцией гибкого вала.

9.2 Электромеханический глубинный вибратор с встроенным электродвигателем ИВ-59

Предназначен для уплотнения бетонной смеси с осадкой конуса 2 - 5 см в неармированных и малоармированных массивах (фундаменты и другие подобные конструкции).

Вибратор (рисунок 9.3) состоит из герметично закрытого цилиндрического корпуса 1, встроенного электродвигателя 2, на вал которого посажен дебаланс 3. Вал вращается в подшипниках 4. Питание к электродвигателю подводится по кабелю 5 через выключатель 6. В процессе работы вибратор удерживают за рукоятки 7 и 9. Для предохранения рабочего от вредного воздействия вибрации предусмотрены амортизаторы 8, а рукоятку 9 с этой же целью выполняют из резины.

Удерживая за рукоятки, вибратор устанавливают в рабочее (вертикальное или с небольшим наклоном) положение и включают электродвигатель. При вращении вала с дебалансом возникают колебания, которые передаются корпусу. Под влиянием веса вибратора наконечник быстро погружается в бетонную смесь, передавая ей колебания. Работать при этом с неполностью погруженным в бетонную смесь наконечником не допускается, т. к. это приводит к быстрому износу обмоток электродвигателя, рассчитанного на работу с охлаждением его смесью.

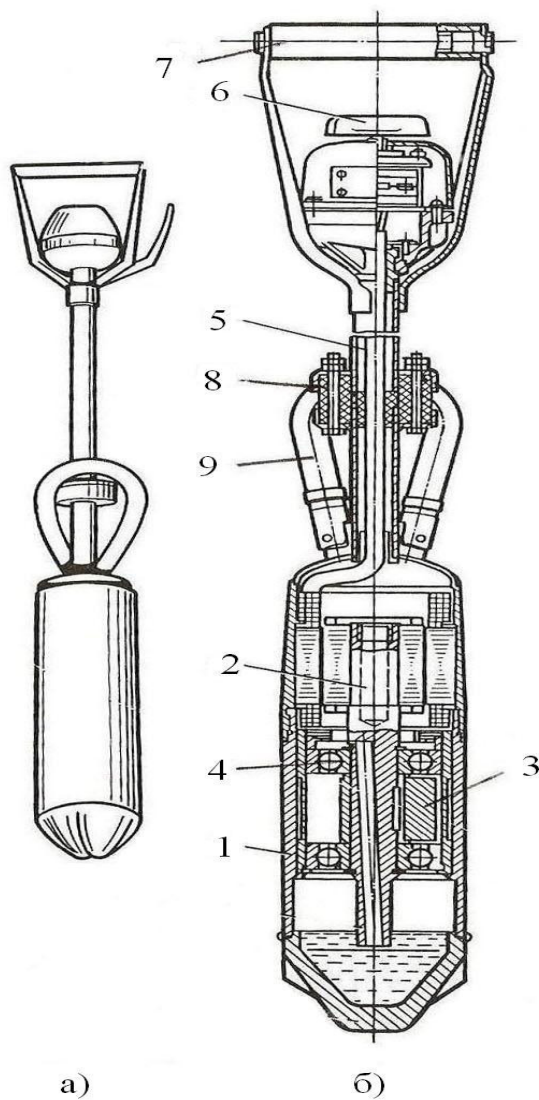


Рисунок 9.3 – Электромеханический глубинный вибратор с встроенным электродвигателем ИВ-59: а) общий вид, б) разрез.

После уплотнения бетонной смеси на одной позиции вибронаконечник, не выключая двигатель, медленно извлекают, следя за заполнением смесью образующегося отверстия, а затем переставляют на новую позицию.

Питание электродвигателя вибратора осуществляют переменным током с частотой 200 Гц и напряжением 36 В. Для этого вибратор подключают к питающей сети через преобразователь частоты тока, который одновременно понижает и напряжение.

Вследствие значительной массы и частой перестановки с позиции на позицию (два – три раза в минуту) работать с этим вибратором тяжело. Поэтому при уплотнении бетонной смеси в неармированных массивах такие вибраторы объединяют по 4 – 6 штук в пакеты, переставляемые краном.

9.3 Электромеханический поверхностный вибратор ННВ – 2

Предназначен для уплотнения бетонной смеси с осадкой конуса 1 - 4 см в армированных и неармированных конструкциях, имеющих большую поверхность при незначительной толщине (до 25 см), т.е. в таких конструкциях, как подготовительные слои, дорожные покрытия, полы и др.

Вибратор (рисунок 9.4) состоит из металлической площадки (платформы) 1, на которой установлен трехфазный электродвигатель 7 с короткозамкнутым ротором 2 и вибровозбудителями дебалансного типа 3, посаженными на концы вала 4. Дебалансы закрыты крышками 5, удерживаемыми шпильками 6.

Перед пуском в работу вибратор устанавливают площадкой на поверхность уплотняемой бетонной смеси и включают электродвигатель. При вращении вала с дебалансами возникают колебания, которые передаются площадке, а от нее поверхности бетонной смеси. В процессе работы вибратор медленно перемещают по поверхности смеси вручную со скоростью 0,5 – 1 м/мин за гибкий канат, прикрепленный к рукоятке 8. При толщине слоя бетонной смеси более 5 см виброуплотнение ее производят за 2 - 3 проходы по одному месту. При этом следят за появлением

признаков достаточности уплотнения (появление цементного молока и др.) бетонной смеси.

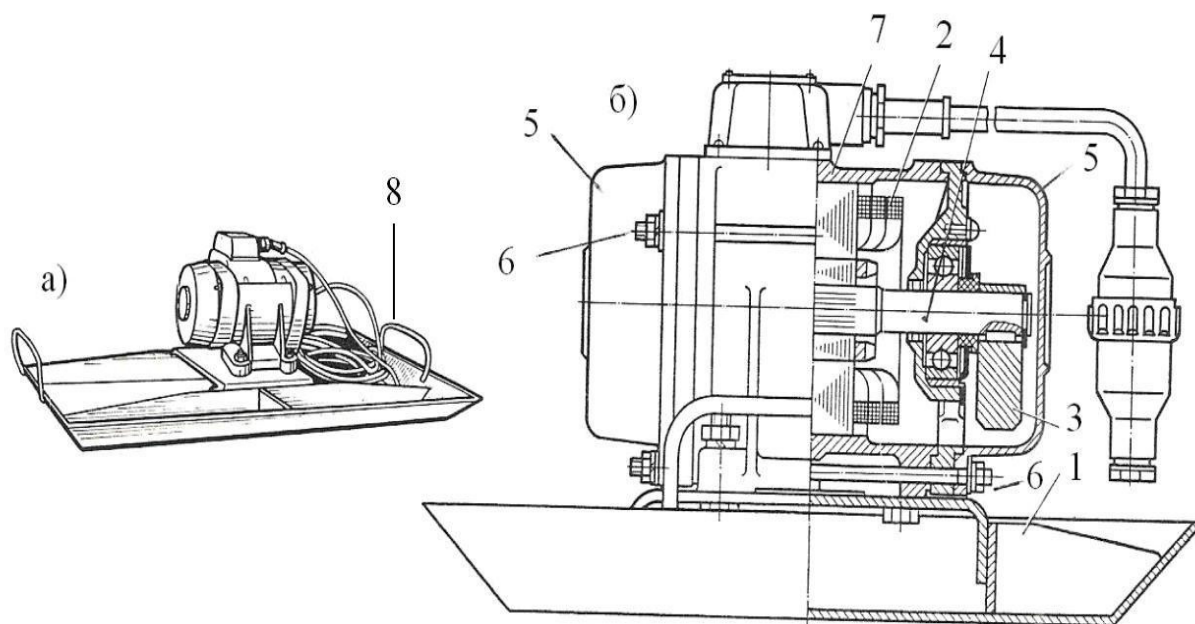


Рисунок 9.4 - Электромеханический поверхностный вибратор ИВ-2:
а) общий вид, б) разрез.

Через каждые 30 - 40 мин работы вибратор выключают на 5 мин для охлаждения двигателя.

К электрической сети вибратор подключают через понижающий трансформатор с выходным напряжением 36 В.

Правила техники безопасности при работе с вибраторами

1. Перед включением в сеть трансформатора, преобразователя частоты тока и вибратора необходимо проверить их исправность, особенно надежность соединения вибронаконечника с гибким валом.

2. Запрещается размещать трансформатор и преобразователь частоты тока вблизи рабочего места. Длина питающих их кабелей не должна превышать 1,5 - 2 м.

3. Корпуса трансформатора и преобразователя частоты тока должны быть надежно заземлены.

4. Запрещается переносить, производить осмотр и ремонт трансформаторов, преобразователей и вибраторов под напряжением, также оставлять их без надзора, подключенными к питающей сети.

5. Вибраторы, напряжением 36 В должны включаться в сеть только через понижающие трансформаторы или через преобразователи частоты тока.

6. Необходимо постоянно следить за исправным состоянием питающего кабеля, не допуская его натяжения или скручивания.

7. Работать с вибратором допускается только в резиновых перчатках и сапогах, которые должны быть прочными и иметь клеймо с датой испытания.

8. В процессе уплотнения бетонной смеси нельзя касаться вибронаконечником арматуры или опалубки, натягивать или перегибать гибкий вал, радиус изгиба которого не должен быть менее 300-350 мм. По окончании работы наконечник необходимо тщательно очистить от бетонной смеси.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 16

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ И НАБРЫЗГА БЕТОННОЙ СМЕСИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить назначение, устройство, принцип работы и управления, а также условия безопасной эксплуатации следующих машин:

1. Растворосмесителя СО-46.
2. Растворонасоса С-251.
3. Штукатурного агрегата СО-57.
4. Установки для безопалубочного бетонирования СБ-67.

Процесс оштукатуривания поверхностей включает их подготовку, нанесение обрызга, намета (грунта) и отделочного слоя (накрывки). При механизированном выполнении штукатурных работ наносят два слоя – первый, совмещающий в себе обрызг и намет, и второй – накрывку .

Для штукатурных работ используют известково-песчаные, цементно-песчаные и сложные растворные смеси. Для их приготовления применяют растворосмесители, для подачи на рабочее место штукатур и нанесения на различные поверхности-растворонасосы, для последующей обработки-механизированные и ручные инструменты.

Растворосмесители по режиму работы могут быть циклического и непрерывного действия, по способу перемешивания компонентов – принудительными. Они характеризуются объемом готового замеса в литрах, или производительности.

Растворонасосы по принципу действия подразделяются на диафрагменные, поршневые и винтовые. Основными их параметрами является подача (производительность) в $\text{м}^3/\text{ч}$ и дальность транспортирования растворной смеси по горизонтали и вертикали.

Установка для безопалубочного бетонирования, представляет собой, по сути, торкрет-машину, смонтированную на тележке с рельсоколесным ходовым устройством. Подобные машины используются для торкретирования поверхностей мелкозернистой бетонной или растворной смесью.

Торкретирование может быть сухим и мокрым, выполняемым различным оборудованием: торкрет-установками, пневмонагнетателями и другими машинами.

При сухом торкретировании используют сухие смеси, затворяемые водой непосредственно при нанесении их на поверхности, а при мокром – готовые цементные смеси.

Основным параметром торкрет-установок является производительность по сухой или готовой смеси в $\text{м}^3/\text{ч}$

10.1 РАСТВОРОСМЕСИТЕЛЬ СО-46 (СО-46 А)

Растворосмеситель СО-46 относится к смесителям циклического действия с принудительным перемешиванием компонентов. Его используют для приготовления строительных растворных смесей на объектах с малой их потребностью (до $2 \text{ м}^3/\text{ч}$)

Растворную смесь готовят (рисунок 10.1) в смесительном открытом сверху барабане 1 цилиндрической формы с двумя глухими торцовыми стенками 2. Внутри барабана расположен горизонтальный вал 3 с двумя винтообразными лопастями 10, закрепленными на кронштейнах.

Вал опирается на стойки 5 через подшипники качения. Сверху барабан закрыт предохранительной решеткой 4. Барабан опирается на те же стойки 5, что и вал, но через подшипники скольжения, на которых он поворачивается вручную при выгрузке готовой смеси. Стойки 5

установлены на раме 7, оснащенной двумя колесами 8 и дышлом со сцепным устройством 9 для перевозки растворосмесителя в пределах строительного объекта в прицепе к автомобилю.

Лопастной вал приводится во вращение электродвигателем 11 через цилиндрический зубчатый редуктор 12. Пуск и остановку двигателя осуществляют пультом 13.

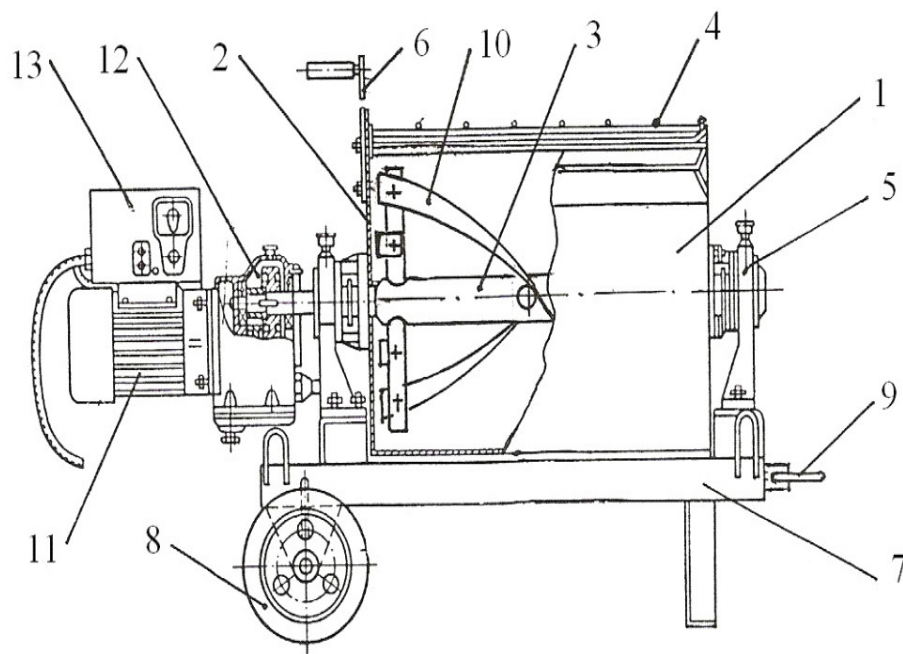


Рисунок 10.1 –Конструктивная схема растворосмесителя СО-46

Компоненты смеси загружают в барабан при включенном приводе вала мерными емкостями или лопатами в последовательности: вода или известковое молоко в объеме на замес, а затем равномерно вяжущее и заполнитель. Вращающиеся лопасти вовлекают компоненты смеси в сложное движение, благодаря их одновременному перемещению в радиальном и продольном направлениях относительно оси барабана. Это ускоряет процесс перемешивания компонентов и повышает качество растворной смеси.

Готовность замеса определяют по достижению растворной смесью однородного серого цвета.

Выгрузку готовой смеси производят поворотом рукояткой барабана 1 открытой частью вниз. Привод вала при этом не выключают. Вращающиеся лопасти ускоряют разгрузку барабана, выталкивая смесь из него в приемное устройство.

После разгрузки барабан возвращают в исходное положение и цикл приготовления смеси повторяют.

По окончании работы барабан необходимо очистить от остатков смеси и промыть водой.

Объем готового замеса растворосмесителя 65 л, время перемешивания компонентов 1,5 – 2 минуты

10.2 РАСТВОРОНАСОС С-251

Предназначен для транспортирования растворных смесей подвижностью не менее 5 см по резиноканевым рукавам (шлангам) и металлическим трубопроводам на расстояние до 50 м по горизонтали или 15 м по вертикали. Применяют для подачи свежеприготовленных, процеженных через сито растворных смесей на рабочее место штукатур и механизированного их нанесения на оштукатуриваемые поверхности с помощью бескомпрессорных форсунок, одеваемых на конец рукава. Внутренний диаметр транспортного рукава (растворовода) составляет 32 мм.

Растворонасос С-251 (рисунок 10.2) относится к машинам с плоской резиновой диафрагмой, испытывающей циклические деформации растяжения-сжатия под действием движущегося возвратно-поступательно плунжера через промежуточную среду – воду.

Принцип действия растворонасоса основан на периодическом изменении объема рабочей камеры, уменьшающегося при перемещении диафрагмы в ее сторону и увеличивающегося при возврате в первоначальное (вертикальное) положение.

Диафрагменный растворонасос состоит из следующих основных узлов: насосной части, электродвигателя, кривошипно-шатунного механизма с плунжером, предохранительных устройств, пульта управления, комплекта резиноканевых напорных рукавов с форсунками и тележки с ходовыми колесами.

Перед пуском растворонасоса в работу бункер 16 заполняют процеженной через сито свежеприготовленной растворной смесью. Насосную камеру 7 заполняют водой через заливочно – предохранительное устройство 15 при крайнем заднем положении плунжера 6. Устройство 15 состоит из заливочной воронки (а) и регулируемого подпружиненного шарового клапана (б).

После пуска электродвигателя вращение от его вала через систему зубчатых передач 2 и 3 передается на кривошипно-шатунный механизм 4, 5 (коленчатый вал и шатун). Шатун преобразует вращательное движение коленчатого вала в возвратно-поступательное движение плунжера.

Внедряясь в насосную камеру 7, плунжер давит на воду, которая передает это давление на резиновую диафрагму 8 расположенную между насосной 7 и рабочей 9 камерами. Диафрагма в результате этого прогибается в сторону рабочей камеры 9, уменьшая ее объем и вытесняя из нее воздух, а при дальнейшей работе – растворную смесь.

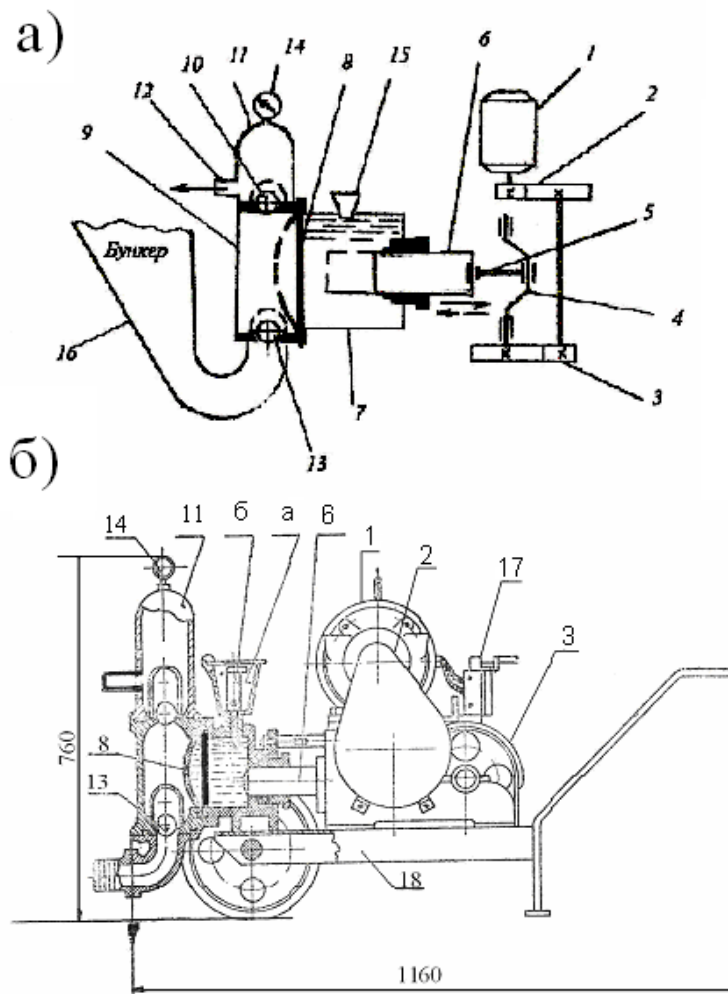


Рисунок 10.2 – Растворонасос С-251: а) общий вид; б) конструктивная схема; 1 – электродвигатель; 2,3 – зубчатые передачи; 4 – коленчатый вал; 5 – шатун; 6 – плунжер; 7 – насосная камера; 8 – резиновая диафрагма; 9 – рабочая камера; 10 – шаровой нагнетательный клапан; 11 – воздушный колпак; 12 – нагнетательный патрубок; 13 – шаровой всасывающий клапан; 14 – манометр; 15 – заливочно - предохранительное устройство (а – воронка; б – предохранительный клапан); 16 – бункер для растворной смеси; 17 – пульт управления; 18 – ходовая тележка с колесами и рукояткой.

При возврате плунжера в исходное положение давление в насосной камере падает до исходного и диафрагма под действием сил упругости также возвращается в первоначальное положение, освобождая при этом

занимаемый ею ранее объем рабочей камеры. Вследствие этого в камере возникает разрежение, под воздействием которого шаровой нагнетательный клапан 10 опускается в гнездо (закрывается), а всасывающий 13 открывается и растворная смесь под действием разности давлений и веса столба растворной смеси в бункере 16 поступает в рабочую камеру 9. Перемещение при этом самодействующих клапанов 10 и 13 вверх ограничивается скобами. Опускание клапанов вниз в положение «ЗАКРЫТО» происходит под действием силы тяжести.

При следующем движении плунжера влево диафрагма, выгибаясь в сторону рабочей камеры, давит на поступившую растворную смесь. Под действием этого давления всасывающий клапан 13 закроется, а нагнетательный 10 откроется, и растворная смесь поступит сначала в воздушный колпак 11, а затем в нагнетательный патрубок 12 и далее в транспортный рукав. Поступающая в воздушный колпак растворная смесь сжимает имеющийся в нем воздух, давление которого возрастает и контролируется манометром 14. Далее циклы движения плунжера и диафрагмы повторяются

Воздушный колпак служит для сглаживания пульсации давления в растворной смеси, появляющейся из-за циклического возвратно-поступательного движения плунжера, что вызывает резкий спад или подъем давления в транспортной магистрали. Это явление, известное под названием гидравлического удара, оказывает отрицательное воздействие на растворовод и прежде всего на быстросъемные замки, соединяющие отдельные части его между собой.

При холостом ходе плунжера (в сторону привода) давление в растворной смеси падает. В этот момент сжатая воздушная подушка выдавливает растворную смесь из колпака в рукав, поддерживая в нем

повышенное давление. Это уменьшает перепад давлений и пульсацию раствора в магистрали, а следовательно, и гидравлический удар.

Перепускное устройство на корпусе насоса (на схеме отсутствует) служит для дополнительного перемешивания (побуждения) растворной смеси циркуляцией ее по малому кольцу: бункер – рабочая камера – перепускное устройство – бункер. Это восстанавливает однородность и подвижность растворной смеси, расслаивающейся при длительном хранении в бункере. Расслоение смеси проявляется в отделении заполнителя (песка) от вяжущего (извести) и, как следствие этого, в появлении известкового «молока» на ее поверхности.

При закупорке или прекращении разбора растворной смеси давление в транспортном рукаве резко возрастает, что может привести к разрушению растворовода. Для предупреждения этого предохранительное устройство настраивается на давление 1,5 МПа. При его достижении срабатывает предохранительный клапан, заливочное отверстие открывается и вода из насосной камеры 7 уходит в заливочную воронку. После остановки электродвигателя и устранения причины, вызвавшей повышение давления в транспортной магистрали, растворонасос следует вновь подготовить к работе, как это было описано ранее.

Перед пуском в работу необходимо «смазать» внутренние полости растворонасоса и растворовода прокачкой небольшого количества (10 – 20 л) известкового «молока» или порции растворной смеси более подвижной консистенции.

По окончании работы растворонасос и транспортную магистраль необходимо освободить от растворной смеси. Это достигается заливкой воды в приемный бункер и прокачкой ее с помощью растворонасоса.

Подача растворонасоса С-251 – 1 м³/ч

10.3 ШТУКАТУРНЫЙ АГРЕГАТ СО-57

Штукатурный агрегат предназначен для приготовления штукатурной растворной смеси, ее процеживания, побуждения (дополнительного перемешивания), транспортирования по рукаву с внутренним диаметром 38 мм и нанесения на оштукатуриваемые поверхности с помощью бескомпрессорной форсунки. Дальность подачи растворной смеси составляет по горизонтали 40 м или по вертикали 20 м.

Агрегат состоит (рисунок 10.3) из смонтированных на общей с пневмоколесным ходом раме 7 в технологической последовательности растворосмесителя 1, вибросита 2 с бункером 3, растворонасоса 4, разборного растворовода длиной 40 м с набором бескомпрессорных форсунок для нанесения растворной смеси и электрошкафа. Привод агрегата осуществляется от индивидуальных закрытых кожухом 5 электродвигателей для растворосмесителя, растворонасоса и вибратора.

Управление агрегатом производится кнопочным пультом 6, расположенным на панели. Предусмотрено также дистанционное управление с места выполнения штукатурных работ.

Растворосмеситель используют не только для приготовления штукатурного раствора из сухих компонентов, но и дополнительного перемешивания (побуждения) товарной растворной смеси, доставляемой растворовозами.

Свежеприготовленная или дополнительно перемешанная растворная смесь поворотом барабана растворосмесителя выгружается на вибросито. Под воздействием вибрации смесь проходит через него и поступает в бункер. Посторонние включения смеси остаются на сите, а затем сбрасываются в емкость для отходов.

Источником колебаний сита является вибровозбудитель, состоящий из дебалансного (эксцентрикового) вала и корпуса, прикрепленного к ситовой раме. Ситовая рама установлена на верхней обвязке бункера на четыре пружинные амортизатора. Вибратор приводится в действие от электродвигателя клиноременной передачей. Сито выполнено съёмным для удобства обслуживания и ремонта.

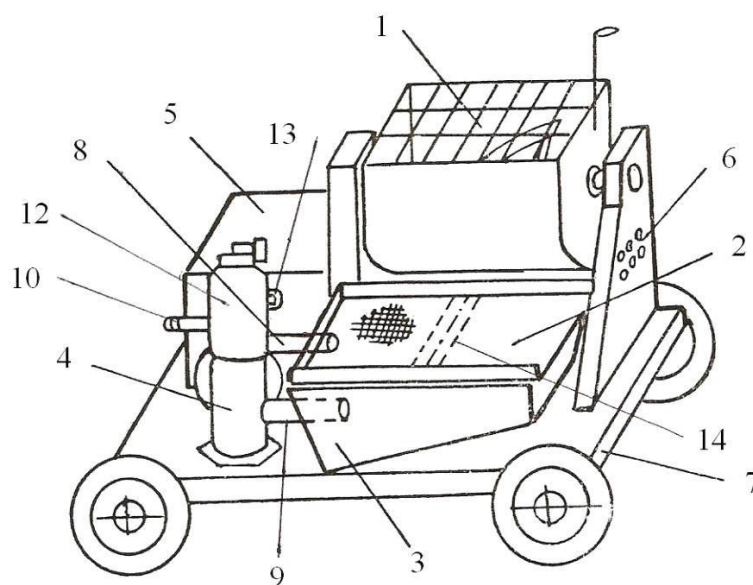


Рисунок 10.3 - Штукатурный агрегат СО-57

Из бункера растворная смесь по всасывающему патрубку 9 поступает в рабочую камеру растворонасоса и далее через нагнетательный патрубок 10 в растворовод и по нему на рабочее место штукатур.

Для побуждения растворной смеси, длительное время находившейся в бункере, используют циркуляционную систему с патрубком 8, соединяющим воздушный колпак с приемным бункером. Патрубок оснащен запорным краном с рукояткой (на схеме не показана).

Циркуляционная система приводится в действие при включенном приводе агрегата СО-57 открыванием крана. Для этого рукоятку крана

переводят в вертикальное положение (кран открыт), а при отключении системы – в горизонтальное (кран закрыт).

Растворонасос 4 – плунжерный, с плоской резиновой диафрагмой, отличается от ранее рассмотренного (см 10.2) наличием пневмоэлектрического реле давления 13 взамен предохранительного клапана, а также жестким соединением циркуляционного патрубка 9 с бункером для растворной смеси. Заливочное отверстие для заполнения водой насосной камеры закрыто глухой резьбовой пробкой.

Реле давления автоматически выключает электродвигатель растворонасоса при достижении в воздушном колпаке давления 1,4 МПа и включает его при снижении давления до 0,4 МПа. Подача штукатурно агрегата СО – 57 – 2 м³/ч

10.4 УСТАНОВКА ДЛЯ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ СБ-67

Предназначена для торкретирования растворной или мелкозернистой бетонной смесью различных поверхностей и при необходимости подготовки их обработкой песком, очисткой от пыли сжатым воздухом или водой. В результате этого получают прочные, плотные, водо- и газонепроницаемые защитные слои на рабочих поверхностях различных строительных конструкций. Например, на внутренних (рабочих) поверхностях линейно-протяжных коллекторов большого диаметра, проходных каналов и т.д.

Торкретированием называют процесс послойного нанесения на поверхности цементных смесей под давлением потока сжатого воздуха с большой кинетической энергией.

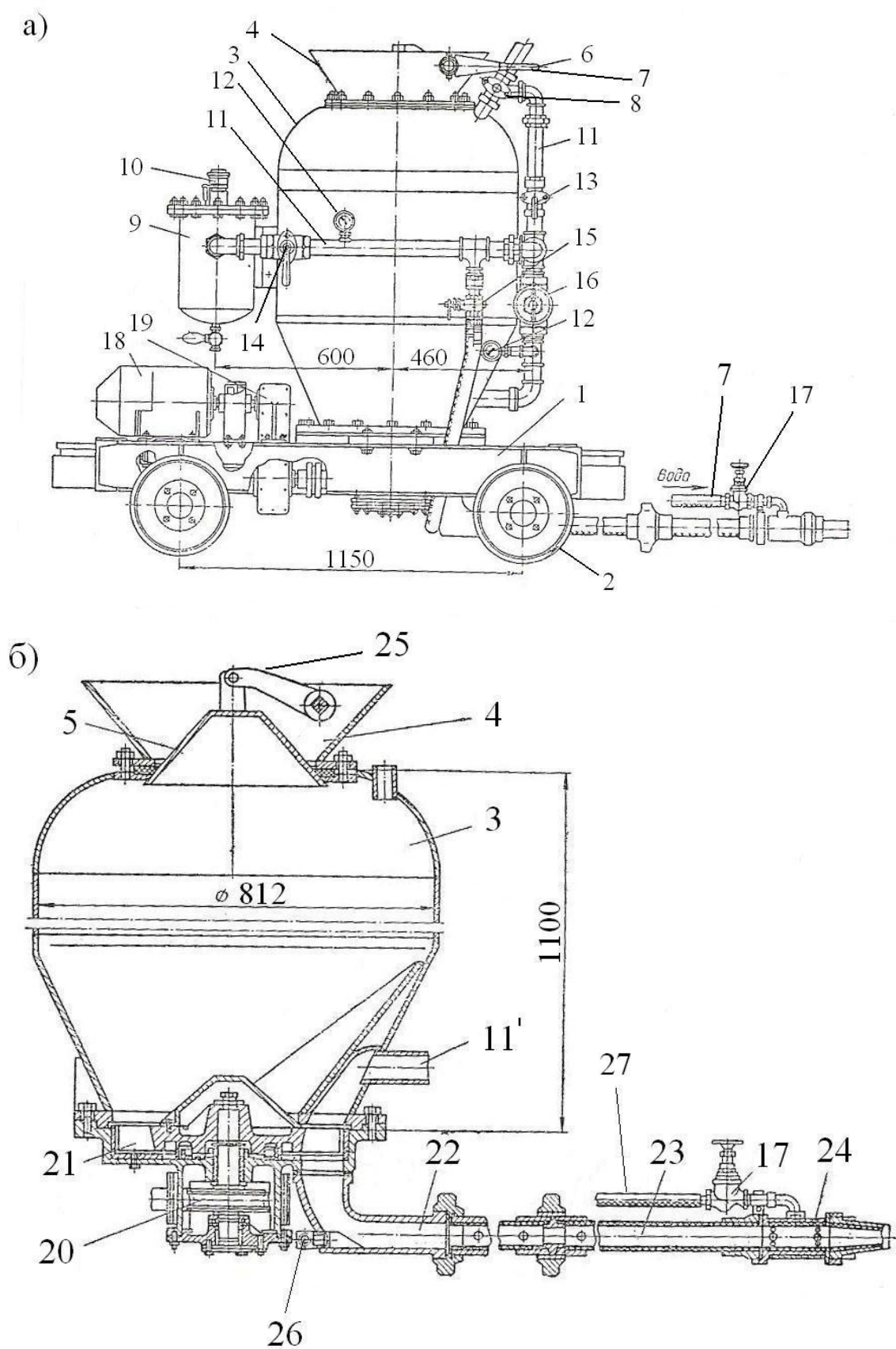


Рисунок 10.4 – Машина для безопалубочного бетонирования СБ – 67:

а) конструктивная схема; б) разрез;

1 – рама ходовой части; 2 – колесо; 3 – рабочая камера (корпус); 4 – загрузочная воронка; 5- конусный клапан; 6 – рукоятка управления клапаном; 7 – воздухосбросный патрубок; 8 – кран сброса давления в корпусе; 9 – влагомаслоотделитель (фильтр); 10 – предохранительный клапан; 11 – пневмомагистраль; 12 – манометр; 13, 14, 15, 8 – краны; 16, 17 – вентили; 18 – электродвигатель; 19 – цилиндрический зубчатый редуктор; 20 – червячный редуктор; 21 – дозатор с карманами; 22 – выходной патрубок; 23 – материальный рукав (шланг); 24 – сопло; 25 – рычажная подвеска клапана; 26 – форсунка для подачи сжатого воздуха в патрубок отвода; 27 – рукав подачи воды.

В комплект установки (рисунок 10.4) входят: ходовая рама 1 с рельсоколесным оборудованием 2, корпус, тарельчатый с отсеками (карманами) и приводом дозатор-питатель 21, материальный диаметром 50 мм рукав 23 с соплом 24, рукав 27 диаметром 18 мм с вентилем 17 для подачи воды затворения к соплу, пневмомагистраль с кранами 13, 14, 15 и вентилями 8, 16, фильтр сжатого воздуха 9 с предохранительным клапаном 10 и пульт управления.

Корпус состоит из рабочей камеры 3, загрузочной воронки 4, конусного клапана 5 с рычажной системой управления 6. Дозатор приводится в действие электродвигателем 18 через цилиндрический зубчатый и червячный редукторы 19, 20.

Рабочий процесс установки осуществляется следующим образом. При открытом клапане 5 через воронку 4 в камеру 3 загружают сухую отдозированную растворную или бетонную с крупностью заполнителя до 20 мм смесь. После загрузки рукояткой 6 конусный клапан 5 поднимают вверх, перекрывая загрузочное отверстие воронки. Удерживая клапан в верхнем положении, открывают краны 13, 14, 15 и вентиль 16. Сжатый воздух поступает в верхнюю часть камеры, удерживая клапан 5 в закрытом

положении, и в нижнюю 13 зону карманов дозатора 21 и далее в отвод 22. Сюда же в отвод подается сжатый воздух через кран 15 и форсунку 26. Благодаря этому происходит интенсивное смешивание сухой смеси с воздухом, и она поступает в воздушно-взвешенном состоянии в материальный рукав 23. Давление сжатого воздуха при этом контролируют по показаниям манометров 12.

После пуска электродвигателя 18 приводится во вращение тарельчатый дозатор 21, который равномерно карманами (отдельными порциями) подает сухую смесь к входному отверстию отвода 22. Поток сжатого воздуха с давлением 0,5 – 0,6 МПа (достигается регулированием вентиля 16 с контролем по манометру 12) из патрубка 11' содержимое карманов выдувается в отвод 22. подхватывается потоком воздуха из форсунки 26 и перемешивается с ним. В воздушно-взвешенном состоянии смесь поступает к выходному отверстию отвода 22 и далее в материальный резино-тканевый транспортный рукав 23 и в сопло 24. После открывания вентиля 17 вода подается в кольцевой распылитель сопла и затворяет поступающую сухую смесь.

Вентиль воды 17 и сжатого воздуха 16 открывают последовательно сначала 17, а потом 16, чтобы вода поступала в сопло чуть раньше сухой смеси.

Затворенная водой смесь, попадая в суживающуюся часть сопла, приобретает скорость 50-70 м/с, что обеспечивает требуемое качество нанесения слоя растворной или бетонной смеси, (торкред-слоя)

При торкретировании сопло располагают перпендикулярно обрабатываемой поверхности на расстоянии от нее 1-1,2 м, перемещая его при этом по спирали. Это способствует более равномерному распределению смеси по поверхности и уменьшает ее отскок.

Скорость подачи сухой смеси регулируют количеством подаваемого сжатого воздуха вентилем 16, а степень ее увлажнения – расходом воды вентилем 17.

Для прекращения работы установки закрывают вентиль подачи воды 17 и краны 13, 14, 15 сжатого воздуха, отключают привод питателя и открывают кран 8 для сброса сжатого воздуха из рабочей камеры. Клапан 5 при этом благодаря эксцентриковой подвеске опускается вниз под действием собственного веса. Вентиль 16 сжатого воздуха оставляют открытым, чтобы не нарушить его регулировку.

После выполнения вышеприведенных операций установка готова к приему следующей порции сухой смеси.

В конце рабочей смены установку и транспортный (материальный) рукав тщательно продувают сжатым воздухом при работающем дозаторе. Другие, предусмотренные техническим обслуживанием мероприятия, выполняют после отключения источников энергоснабжения установки.

Таким образом, рассмотренная установка является машиной циклического действия. При необходимости непрерывного торкретирования применяют две такие установки: одной ведут торкретирование, а другую в это время загружают сухой смесью, затем указанные операции в них чередуются.

Использование двухкамерной установки (цемент-пушки) с шлюзовой (перепускной) камерой также позволяет организовать непрерывное нанесение торкрет-бетона или торкрет-раствора.

Толщина наносимого торкрет-слоя за один прием не должна быть более 20мм при общем их числе не более четырех. При этом каждый последующий слой наносят после схватывания предыдущего.

Установка обеспечивает подачу $4\text{ м}^3/\text{ч}$ сухой смеси на расстояние 200 м по горизонтали или 35 м по вертикали при рабочем давлении воздуха 0,5 МПа с расходом $8\text{ м}^3/\text{мин}$.

***Правила техники безопасности при эксплуатации машин
для штукатурных работ и набрызга бетонной смеси***

1. Чистка и устранение неисправностей на работающей машине запрещаются. При выполнении этих работ следует принять меры, исключающие пуск машины (вынуть предохранители, вывесить предупредительную табличку и т.д).
2. В машинах, использующих сжатый воздух, должна ежемесячно проверяться исправность предохранительных клапанов, манометров, соединений транспортной магистрали.
3. При торкретировании запрещается работа без очков и спецодежды, а также находиться в зоне факела смеси, вылетающей из сопла.
4. Машины должны быть надежно заземлены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков Д.П. Строительные машины: Учебник/Волков Д.П., Крикун В.Я. 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2002. -376 с.: ил.
2. Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование: Справочник/Добронравов С.С., Добронравов М.С. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Высш. шк., 2006 – 445 с.: ил.

Тема: АВТОГРЕЙДЕРЫ

1. Классификация и составные части автогрейдеров.

Автогрейдер является самоходной планировочно-профилировочной машиной, основным рабочим органом которой служит поворотный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования.

Автогрейдер применяется при отделке земляного полотна дорог, вырезки кюветов и боковых откосов насыпи и профилировании поверхностей с перемещением грунта на расстоянии не более 100 м. Автогрейдер используется при разработке грунтов 1-11 категорий.

Автогрейдеры разделяются по конструктивной массе на легкие (до 9 т), средние (до 13 т) и тяжелые (19 т и выше). Для удобства обозначения количества ведущих осей, имеющих управляемые колеса, применяется колесная схема А х Б х В,

где А – число осей с управляемыми колесами;

Б – число ведущих осей;

В – общее число осей машины.

Колесные схемы 1 х 2 х 3 получили распространение в автогрейдерах легкого и среднего типов, а 1 х 3 х 3 – в тяжелых.

Современные автогрейдеры выполнены по единому конструктивному подобию и представляют собой самоходную трехосную машину с полноповоротным отвалом и гидравлическим управлением рабочими органами.

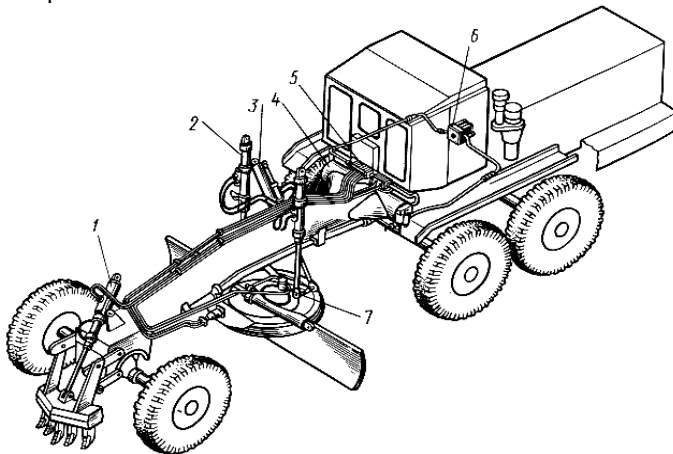


Рис.1 Автогрейдер:

1, 2, 3- гидродвигатели управления кировщиком, наклоном и поворотом отвала;
4 - базовый тягач; 5- распределитель; 6- насос; 7- поворотная колонка

Отечественная промышленность выпускает легкие автогрейдеры с мощностью силовой установки (65 кВт), средние автогрейдеры с мощностью (100 кВт) и тяжелые автогрейдеры с мощностью двигателя (184 кВт).

2. Производительность автогрейдера

Производительность автогрейдера при профилировании земляного полотна (м³/ч):

$$\Pi = \frac{VK_B}{t}, \quad (1)$$

где V – объем призмы грунта, вырезанный за один проход, м³;

$$V = FL, \quad (2)$$

K_B – коэффициент использования машины по времени, равный 0,8...0,9;

t – время цикла, ч;

F – сечение стружки в призме волочения, м²;

L – длина прохода, м.

Производительность в км отпрофилированной дороги

$$\Pi = \frac{LK_B}{t}, \quad (3)$$

где t – продолжительность профилировки, ч;

$$t = \frac{L}{v_{cp}} + \frac{t_{нов}}{60}(n-1); \quad (4)$$

n – число проходов, равное 12...16;

v_{cp} – средняя рабочая скорость автогрейдера, равная 3000... 4000 м/ч.

При постройке насыпи из боковых резервов производительность

$$\Pi_r = \frac{3600 \cdot V}{T \cdot k_p}, \quad (5)$$

где V – объем грунта, перемещаемого за один проход, м³.

$$V = \frac{H_o^2 \cdot L_o \cdot k_n}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_r}, \quad (6)$$

где $k_n = 1,8 - 2,0$ – коэффициент наполнения;

$\varphi_r = 30^\circ - 40^\circ$ – угол естественного откоса;

T – продолжительность цикла, с:

$$T = \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_n}{v_n} + \frac{l_x}{v_x} + t_c + t_o + 2t_n, \quad (7)$$

где l_p , l_n , l_x и v_p , v_n , v_x – длина пути (м) и скорость (м/с) соответственно резания, перемещения и обратного (холостого) хода;

t_c – время на переключение передач, с; $t_c = 5$ с;
 t_o – время на опускание и подъем отвала, с; $t_o = 1,5 - 2,5$ с;
 t_n – время поворота в конце участка, с;
 k_n – коэффициент разрыхления грунта.

3. Основные параметры автогрейдера

К главным и основным параметрам автогрейдеров относятся: масса автогрейдера m , удельная мощность $N_{уд}$, высота отвала с ножом (H_o), длина отвала без удлинителя L_o , скорости движения, высота подъема отвала в транспортное положение h , угол резания φ , боковой вынос отвала l , заглубление (опускание) отвала ниже опорной поверхности h_r ; колесная формула; угол для срезания откосов γ_o между опорной поверхностью и режущей кромкой отвала, вынесенного за пределы основной рамы и наклоненного так, что один край режущей кромки находится на опорной поверхности, а другой максимально поднят ($\gamma_o = 0 - 80^\circ$); угол наклона отвала γ_1 или угол зарезания, аналогичен γ_o , но определяется при положении отвала, симметричного оси автогрейдера ($\gamma_1 = 0 - 30^\circ$); угол захвата α (рис. 4.2) – угол в плане между режущей кромкой отвала и осью автогрейдера ($\alpha = 0 \pm 90^\circ$); при вырезании грунта $\alpha = 30 - 40^\circ$; при перемещении $\alpha = 60 - 75^\circ$, при планировке $\alpha = 90^\circ$.

Радиус кривизны отвала (рис. 4.1,б)

$$r_o = \frac{H_o}{\cos \varphi_o + \cos \varphi}, \quad (8)$$

где φ_o – угол опрокидывания отвала, во избежание пересыпания грунта за отвал $\varphi_o = 65 - 75^\circ$; при установке отвала $\varphi + \omega_\gamma + \varphi_o = \pi$,
 ω_γ – центральный угол, град.

4. Тяговые сопротивления и тяговый расчет.

Различают два режима работы автогрейдера: рабочий и транспортный. Для первого характерны большие тяговые сопротивления и малые скорости движения, а для второго при движении с поднятым отвалом – большие скорости движения и сравнительно малые тяговые усилия.

При рабочем режиме общее тяговое сопротивление:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8, \quad (9)$$

где $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8$ – сопротивления соответственно резанию грунта, трению ножа о грунт, перемещению призмы волочения по грунту, перемещению грунта вдоль отвала, перемещению грунта вверх по

отвалу, перемещению автогрейдера на колесах, преодолению уклона пути и разгона автогрейдера до установившейся рабочей скорости, кН;

$F_{\text{коп}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$; $F_{\text{пер}} = F_7 + F_8$ – соответственно суммарные сопротивления копанью и перемещению, кН.

Сопротивление резанию грунта:

$$F_l = k_{\text{рез}} \cdot S_c, \quad (4.10)$$

где $k_{\text{рез}}$ – удельное сопротивление грунта резанию ножом, кН/м²;

S_c – проекция площади поперечного сечения стружки грунта на плоскость, перпендикулярную к направлению движения автогрейдера, м²; при угле захвата $\alpha \leq 90^\circ$ и угле зарезания $\gamma_o = 0$ (отвал горизонтален) соответственно:

$$S_c = L_o \cdot h_p \text{ и } S_c = L_o \cdot h_p \cdot \sin \alpha, \quad (11)$$

где L_o – длина отвала без удлинителя, м; h_p – глубина резания, м.

При резании половиной длины отвала:

$$S_c = \frac{L_o^2 \cdot h_p \cdot \sin \alpha}{4 \cdot \sqrt{L_o^2 + 4 \cdot h_p^2}}, \quad (12)$$

где все линейные размеры в м.

Сопротивление трению ножа о грунт:

$$F_2 = R_z \cdot f_c, \quad (4.13)$$

где R_z – вертикальная составляющая суммарного усилия, действующего на нож, зависящая от типа автогрейдера, положения ножа внутри базы, угла захвата и определяемая из общей схемы сил, действующих на автогрейдер, кН.

Для ориентировочных предварительных расчетов при колесных схемах $1 \times 2 \times 3$, $1 \times 1 \times 2$, $1 \times 3 \times 3$ для легких автогрейдеров $R_z = 2,5 - 40$ кН, средних $R_z = 40 - 60$ кН, тяжелых $R_z = 60 - 80$ кН;

f_c – коэффициент трения стали о грунт.

Сопротивление перемещению призмы волочения:

$$F_3 \cong G_{np} \cdot f_z \cdot \sin \alpha = \frac{\gamma_z \cdot L_o \cdot (H_o - 0,25 \cdot h_p)^2 f_z \cdot \sin \alpha}{2 \cdot k_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_z}, \quad (14)$$

где G_{np} – вес призмы волочения, кН;

γ_z – удельный вес грунта, кН/м³;

k_p – коэффициент разрыхления грунта;

φ_z – угол трения грунта о грунт.

Сопротивление перемещению грунта вдоль отвала и вверх по нему:

$$F_4 = G_{np} \cdot f_r \cdot f_c \cdot \cos \alpha, \quad (15)$$

$$F_5 = G_{\text{пр}} \cdot f_c \cdot \cos^2 \varphi \cdot \sin \alpha, \quad (16)$$

где $G_{\text{пр}}$ f_c – сила перемещения призмы волочения, нормальная в плане к отвалу, кН;

$G_{\text{пр}} f_{\text{г}}$ – сила трения грунта при движении вдоль отвала.

Общее сопротивление копанью грунта автогрейдером:

$$F_{\text{коп}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 = k_{\text{коп}} S_c. \quad (17)$$

Сопротивление перемещению автогрейдера:

$$F_{\text{пер}} = F_6 + F_7 = f_c \cdot \sum R_i + m_a \cdot g \cdot \sin \alpha_y \cdot 10^{-3}, \quad (18)$$

где f_c – суммарный коэффициент сопротивления качению колес;

$\sum R_i$ – суммарная нормальная реакция на все колеса, кН;

m_a – масса автогрейдера, кг; $g = 9,81$ м/с²;

α_y – угол наклона поверхности движения к горизонту, град.

при $\alpha_y < 10^\circ$ $F_{\text{пер}} \cong \sum R_i (f_o \pm i); i \cong tg \alpha_y$;

при $\alpha_y > 10^\circ$ $F_{\text{пер}} \cong \sum R_i (f_o \cdot \cos \alpha_y \pm \sin \alpha_y)$.

Сопротивление F_8 определяют как силу инерции при разгоне:

$$F_8 = \frac{(m_a + m_{\text{г}}) \cdot v_p}{t_p \cdot 10^3}, \quad (19)$$

где $m_a + m_{\text{г}}$ – масса автогрейдера и грунта в призме волочения, кг;

v_p – рабочая скорость движения, м/с;

t_p – время разгона, с; $t_p = 3-5$ с.

Сила сцепления автогрейдера:

$$G_{\text{сц}} = \varepsilon \cdot G_a, \quad (20)$$

где ε – характеристика развески колес по осям автогрейдера;

$\varepsilon = 1$ при схеме $3 \times 3 \times 3$, $1 \times 3 \times 3$, $2 \times 2 \times 2$ и $\varepsilon = 0,7-0,75$ при схеме $1 \times 1 \times 2$ и $1 \times 2 \times 3$;

G_a – полный конструктивный вес, кН.

Номинальная сила тяги по сцеплению, соответствующая 20% коэффициента буксования, при котором тяговая мощность близка к максимальной.

$$P_{\text{кст}} = (0,7 - 0,73) \cdot \varphi_{\text{сц}} \cdot G_{\text{сц}}. \quad (21)$$

Условия возможности рабочего движения по сцеплению $P_{\text{кст}} \geq F$.

При движении с установившейся рабочей скоростью ($F_8 = 0$) возможную максимальную площадь сечения вырезаемой стружки S_c определяют из уравнения:

$$P_{\text{кст}} - F_{\text{пер}} = K_{\text{коп}} \cdot S_c, \quad (22)$$

где левая часть уравнения представляет собой свободное тяговое усилие, которое реализуется непосредственно для копания. При разработке автогрейдером выемки площадью поперечного сечения S_k необходимое число проходов:

$$z_n = \frac{k_c \cdot S_k}{S_c}, \quad (23)$$

где k_c – коэффициент, учитывающий неравномерность сечения стружки при отдельных проходах; $k_c = 1,30 \div 1,35$.

При транспортном режиме общее тяговое сопротивление:

$$F = F_6 + F_7 + F_8 + F_9, \quad (24)$$

где F_9 – сопротивление воздуха, кН.

Сопротивление воздуха:

$$F_9 = 10^3 \cdot k_o \cdot S_{\text{л}} \cdot v_{\text{т}}^2 \cdot 3,6^{-2}, \quad (25)$$

где k_o – коэффициент обтекаемости; $k_o = 0,6 \div 0,7 \text{ Нс}^2/\text{м}^4$;

$S_{\text{л}}$ – лобовая площадь, м^2 ; $S_{\text{л}} \equiv B_{\text{п}} \cdot H_{\text{а}}$;

$v_{\text{т}}$ – установившаяся транспортная скорость, км/ч.

5. Мощность двигателя.

На первой рабочей скорости при режиме максимальной тяговой мощности с учетом коэффициента буксования $\delta = 20\%$ двигатель должен работать на режиме максимальной мощности:

$$N = \frac{(0,70 - 0,73) \cdot \varphi_{\text{ц}} \cdot \varepsilon \cdot f_o \cdot G_{\text{а}} \cdot v_{\text{р}} \cdot (0 - 0,01 \cdot \delta)}{3600 \cdot \eta \cdot k_{\text{вых}} \cdot k_o}, \quad (4.26)$$

где $G_{\text{а}}$ – в кН; $v_{\text{р}}$ – в м/ч; η – общий КПД трансмиссии;

$k_{\text{вых}}$ – коэффициент выходной мощности двигателя, $k_{\text{вых}} = 0,9$;

k_o – коэффициент, учитывающий отбор мощности на привод вспомогательных механизмов (подъем отвала и др.), $k_o = 0,75 - 0,90$.

Мощность при передвижении на максимальной транспортной скорости $v_{\text{т max}}$:

$$N = \frac{(f_o \cdot G_{\text{а}} + F_9) \cdot v_{\text{т max}}}{\eta \cdot 3600}. \quad (27)$$

По наибольшему значению N с коэффициентом запаса $k_{\text{зап}} = 1,2 - 1,4$ подбирают двигатель:

$$N_{\text{дв}} = k_{\text{зап}} \cdot N. \quad (28)$$

6. Внешние силы и реакции, действующие на автогрейдер.

Рассмотрим внешние силы и реакции на примере наиболее распространенного автогрейдера с колесной схемой $1 \times 2 \times 3$ при копании грунта (рис. 4.2,а). На автогрейдер действуют активные силы: G_a – вес автогрейдера (кН), силы тяги на ведущих колесах P_{K2} и P_{K3} . Реактивные силы – суммарные нормальные составляющие реакции на передние R_1 и задние R'_2 и R'_3 колеса, суммарные касательные составляющие на те же колеса $f_0 R_1$, $f_0 R'_2$ и $f_0 R'_3$ (сопротивления движению колес), составляющие реакции, действующие на отвал, R_x , R_y и R_z , боковые горизонтальные реакции F'_1 , F'_2 , F'_3 и F_1 .

При рассмотрении этой системы сил сделаны следующие допущения: пренебрегли смещением реакций R_1 , R'_2 и R'_3 вследствие деформации шин, то есть $a_1 \approx 0$; $a_2 \approx 0$; $a_3 \approx 0$, так как они малы по сравнению с длиной базы L'_a ; реакции $f_0 R_1$, $f_0 R'_2$, $f_0 R'_3$, F_1 , F'_2 и F'_3 , силы P_{K2} и P_{K3} расположены в одной плоскости на уровне опорной линии колес; составляющие реакций грунта R_x , R_y , R_z приложены к переднему концу отвала параллельно соответствующим осям координат; на режиме максимальной тяговой мощности $P_K = [(P_{K2} + P_{K3})^2 = 0,70 \dots 0,73] (R'_2 + R'_3) \varphi_{\text{сц}}^2$; вертикальные составляющие реакций на правые и левые колеса соответствующих осей равны между собой;

$2R'_2 + 2R'_3 = R_2$, которая приложена на оси подвески заднего балансира по оси автогрейдера, соответственно $2f_0 R'_2 + 2f_0 R'_3 = f_0 R_2$; общая сила тяги на ведущих колесах $P_K = 2P_{K2} + 2P_{K3}$ и приложена по оси автогрейдера; боковые реакции на задние оси $F'_2 \cong F'_3$ и $F'_2 + F'_3 = F'_1$.

Рассматривая отвал как косой клин, можно найти соотношения между составляющими реакции грунта, действующими на отвал

$$R_z = x_1 \cdot R_x; R_y = x_2 \cdot R_x, \quad (29)$$

где x_1 и x_2 определяются по теории косого клина; в среднем $x_1 = 0,15 - 0,20$; $x_2 = 0,3 - 0,4$. Считая, что автогрейдер находится в равновесии под действием системы сил и реакций, показанной на рисунке 4.2, а, можно найти силы и реакции из шести уравнений равновесия относительно пространственной системы координат хуз. Начало координат в точке О:

$$\begin{aligned}
\sum x &= 0; R_x + 2 \cdot f_o \cdot R_1 + f_o \cdot R_2 - P_k = 0; \\
\sum y &= 0; R_y + F'_3 + F'_2 - F_1 = 0; \\
\sum z &= 0; R_z - G_a + 2 \cdot R_1 + R_2 = 0; \\
\sum M_x &= 0; -R_2 \cdot l_4 - 2 \cdot R_1 \cdot (l_4 - 0,5 \cdot B_{II}) + G_a \cdot l_4 + F'_1 \cdot h_r - \\
&\quad - (F'_2 + F'_3) \cdot h_r = 0; \\
\sum M_y &= 0; -R_2 \cdot l_1 + 2 \cdot R_1 \cdot l_2 + f_o \cdot R_2 \cdot h_r - P_k \cdot h_r + 2 \cdot f_o \times \\
&\quad \times R_1 \cdot h_r + G_a \cdot l_3 = 0; \\
\sum M_z &= 0; -F_1 \cdot l_2 - F'_1 \cdot l_1 + P_k \cdot l_4 - f_o \cdot R_2 \cdot l_4 - f_o \cdot R_1 \cdot (l_4 - 0,5 \cdot B_{II}) - \\
&\quad - f_o \cdot R_1 \cdot (l_4 + 0,5 \cdot B_{II}) = 0.
\end{aligned}$$

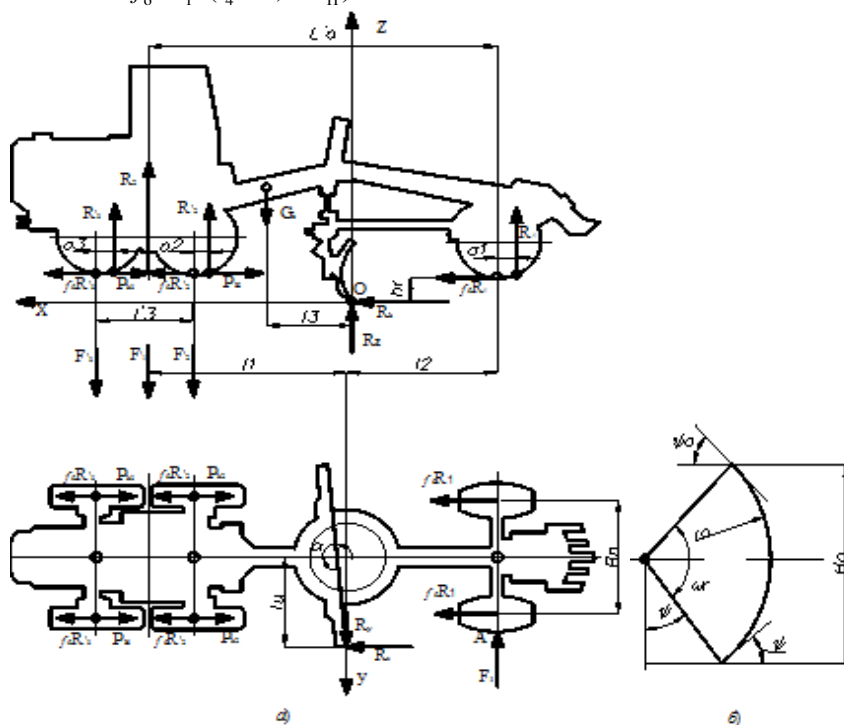


Рис. 2 Схема к расчету автогрейдера в рабочем режиме (а) и егоотвала (б)

Совместным решением этих уравнений определяют реакции R_x , R_y , R_z , R_1 , R_2 , F'_1 и F_1 . Возможность реализации тягового усилия P_k проверяют по условию сцепления.

7. Пример расчета

Исходные данные:

масса автогрейдера $m_a = 19500$ кг;

удельная мощность

$$N_{yo} = \frac{N}{L_0} = \frac{173}{4,2} = 41,2 \text{ (кВт/м)};$$

высота отвала с ножом $H_0 = 700$ мм;

длина отвала без удлинителя $L_0 = 4,2$ м;

высота подъема отвала в транспортное положение

$$h = h_r + 100 = 500 + 100 = 600 \text{ мм};$$

угол резания $\varphi = 50^\circ$;

боковой вынос отвала $l = 1050$ мм;

заглубление (опускание) отвала ниже опорной поверхности $h_{\Gamma} = 500$ мм;

колесная формула – $1 \times 2 \times 3$

угол для срезания откосов γ_0 между опорной поверхностью и режущей кромкой отвала, вынесенного за пределы основной рамы и наклоненного так, что один край режущей кромки находится на опорной поверхности, а другой максимально поднят ($\gamma_0 = 0 \dots 80^\circ$); угол наклона отвала γ_1 или угол зарезания, аналогичен γ_0 , но определяется при положении отвала, симметричного оси автогрейдера ($\gamma_1 = 0 \dots 30^\circ$); угол захвата α - угол в плане между режущей кромкой отвала и осью автогрейдера ($\alpha = 0 \pm 90^\circ$); при вырезании грунта $\alpha = 30 \dots 40^\circ$; при перемещении $\alpha = 60 \dots 75^\circ$, при планировке $\alpha = 90^\circ$.

Радиус кривизны отвала (рис. 4.2,б):

$$r_0 = \frac{H_0}{\cos \varphi_0 + \cos \varphi} = \frac{0,7}{\cos 70 + \cos 50} = 0,71 \text{ (м)},$$

где φ_0 - угол опрокидывания отвала, во избежание пересыпания грунта за отвал $\varphi_0 = 65 \dots 75^\circ$; при установке отвала $\varphi + \omega_r + \varphi_0 = \pi$.

Производительность.

При постройке насыпи из боковых резервов:

$$П_T = \frac{3600V}{Tk_p} = \frac{3600 \cdot 2,8}{594 \cdot 1,4} = 12,1 \text{ (м}^3/\text{ч)}$$

где V - объем грунта, перемещаемого за один проход, м^3

$$V = \frac{H_0^2 L_0 k_H}{2 \operatorname{tg} \varphi_F} = \frac{0,7^2 \cdot 4,2 \cdot 1,9}{2 \cdot \operatorname{tg} 35} = 2,8 \text{ м}^3$$

$k_H = 1,8 \dots 2,0$ - коэффициент наполнения; $\varphi_F = 30 \dots 40^\circ$ - угол естественного откоса;

Продолжительность цикла:

$$T = \frac{l_P}{v_P} + \frac{l_{II}}{v_{II}} + \frac{l_X}{v_X} + t_C + t_0 + 2t_{II} = \frac{500}{1,11} + \frac{1000}{11,3} + \frac{500}{13} + 5 + 2 + 2 \cdot 5 = 594 \text{ с}$$

где l_P , l_{II} , l_X и v_P , v_{II} , v_X - длина пути (м) и скорость (м/с) соответственно резания, перемещения и обратного (холостого) хода;

t_C - время на переключение передач, с; $t_C = 5$ с;

t_0 - время на опускание и подъем отвала, с; $t_0 = 1,5 \dots 2,5$ с;

t_{II} - время поворота в конце участка, с;

k_H - коэффициент разрыхления грунта.

Тяговые сопротивления и тяговый расчет.

При рабочем режиме общее тяговое сопротивление (кН)

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8,$$

$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 = F_{КОП}$; $F_6 + F_7 = F_{ПЕР}$ - соответственно суммарные сопротивления копанию и перемещению, кН.

Сопротивление резанию грунта

$$F_1 = k_{PEЗ} S_C = 5 \cdot 2,1 = 10,5 \text{ (кН)},$$

где $k_{PEЗ}$ - удельное сопротивление грунта резанию ножом, кН/м²:

S_C - проекция площади поперечного сечения стружки грунта на плоскость, перпендикулярную к направлению движения автогрейдера, м²;

при угле захвата $\alpha \leq 90^\circ$ и угле зарезания $\gamma_0 = 0$ (отвал горизонтален) соответственно:

$$S_C = L_0 h_p = 4,2 \cdot 0,5 = 2,1 \text{ м}^2,$$

$$S_C = L_0 h_p \sin \alpha;$$

$h_p = 0,5$ - глубина резания, м.

Сопротивление трению ножа о грунт.

$$F_2 = R_Z f_C = 45,5 \cdot 0,78 = 35,5 \text{ кН}$$

где R_Z - вертикальная составляющая суммарного усилия, действующего на нож, зависящая от типа автогрейдера, положения ножа внутри базы, угла захвата и определяемая из общей схемы сил,

действующих на автогрейдер, кН. Для ориентировочных предварительных расчетов при колесных схемах $1 \times 2 \times 3$, $1 \times 1 \times 2$, $1 \times 3 \times 3$ для средних автогрейдеров $R_z = 40 \dots 60$ кН;

f_c - коэффициент трения стали о грунт, который подбирается по таблице 4.1.

Таблица 1

Коэффициент трения грунта о поверхность ножа

Состояние грунта	Глина	Песчаник	Песчано-глинистый	Глинистый перегной
Влажный	0,43 - 0,48	0,79 - 0,82	0,63 - 0,78	0,45 - 0,52
Сухой	0,33 - 0,41	0,38 - 0,55	0,36 - 0,5	0,35 - 0,43

Сопротивление перемещению призмы волочения:

$$F_3 \cong G_{\text{ПР}} f_{\Gamma} \sin \alpha = 30,8 \cdot 0,3 \cdot \sin 60 = 8,0 \text{ кН}$$

где $G_{\text{ПР}} = \rho \cdot V = 1,1 \cdot 2,8 = 3,08$ (кН) – вес призмы волочения.

Сопротивление перемещению грунта вдоль отвала

$$F_4 = G_{\text{ПР}} f_{\Gamma} f_c \cos \alpha = 30,8 \cdot 0,3 \cdot 0,3 \cdot \cos 60 = 1,4 \text{ кН}$$

и вверх по нему

$$F_5 = G_{\text{ПР}} f_c \cos^2 \varphi \sin \alpha = 30,8 \cdot 0,3 \cdot \cos^2 50 \cdot \sin 60 = 3,3 \text{ кН}$$

где $G_{\text{ПР}} f_{\Gamma}$ - сила перемещения призмы волочения, нормальная в плане к отвалу, кН; $G_{\text{ПР}} f_{\Gamma}$ - сила трения грунта при движении вдоль отвала.

Общее сопротивление копанью грунта автогрейдером

$$F_{\text{КОП}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 = k_{\text{КОП}} S_c = 10,5 + 35,5 + 8,0 + 1,4 + 3,3 = 58,7 \text{ кН}$$

Сопротивление перемещению автогрейдера (кН)

$$F_{\text{ПЕР}} = F_6 + F_7 = f_c \sum R_i + m_a g \sin \alpha_y \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 0,35 + 195 \cdot 9,81 \cdot \sin 20 \cdot 10^{-3} = 0,8$$

где f_c - суммарный коэффициент сопротивления качению колес;

$\sum R_i$ - суммарная нормальная реакция на все колеса, кН;

m_a - масса автогрейдера, кг; $g = 9,81$ м/с²;

α_y - угол наклона поверхности движения к горизонту, град.

При $\alpha_y < 10^\circ$ $F_{\text{ПЕР}} \cong \sum R_i (f_0 \pm i); i \cong \tan \alpha_y$

при $\alpha_y > 10^\circ$ $F_{\text{ПЕР}} \cong \sum R_i (f_0 \cos \alpha_y \pm \sin \alpha_y)$.

$$F_8 = \frac{(m_a + m_r) \cdot v_p}{t_p \cdot 10^3} = (195 + 3,64) \cdot \frac{1,11}{4000} = 0,06 \text{ кН}$$

где $m_a + m_r$ - масса автогрейдера и грунта в призме волочения, кг;

v_p - рабочая скорость движения, м/с;

t_p - время разгона, с; $t_p = 3 \dots 5$ с.

Сила сцепления автогрейдера (кН)

$$G_{сц} = \varepsilon G_a = 0,7 \cdot 152,2 = 106,54 \text{ (кН)}$$

где ε - характеристика развески колес по осям автогрейдера;

$\varepsilon = 1$ при схеме $3 \times 3 \times 3$, $1 \times 3 \times 3$, $2 \times 2 \times 2$ и $\varepsilon = 0,7 \dots 0,75$ при схеме $1 \times 1 \times 2$ и $1 \times 2 \times 3$;

G_a - полный конструктивный вес, кН.

$$G_a = G_g - m_{cp} - m_{чел} - (m_{топл} + m_{смаз}) - m_{з/ч} = 19500 - 3640 - 75 - 400 - 150 = 15215$$

Номинальная сила тяги по сцеплению, соответствующая 20% коэффициента буксования, при котором тяговая мощность близка к максимальной,

$$P_{к.сц} = (0,7 \dots 0,73) \varphi_{сц} G_{сц} = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 106,54 \text{ (кН)}$$

Условия возможности рабочего движения по сцеплению $P_{к.сц} \geq F$.

При движении с установившейся рабочей скоростью ($F_8=0$) возможную максимальную площадь сечения вырезаемой стружки S_c (m^2)

$$P_{к.сц} - F_{пер} = k_{коп} S_c,$$

$$60 - 0,8 = 28 \cdot 2,1$$

где левая часть уравнения представляет собой свободное тяговое усилие, которое реализуется непосредственно для копания.

При разработке автогрейдером выемки площадью поперечного сечения S_k (m^2) необходимое число проходов. S_k (длина полосы $\times$ ширина полосы) задаем произвольно: $1 \text{ км} \times 14 \text{ м}$, (m^2)

$$z_{II} = k_c S_k S_c^{-1} = 1,3 \cdot 14000 / 2,1 = 8667$$

где k_c - коэффициент, учитывающий неравномерность сечения стружки при отдельных проходах; $k_c = 1,30 \dots 1,35$.

При транспортном режиме общее тяговое сопротивление

$$F = F_6 + F_7 + F_8 + F_9 = 0,8 + 0,06 + 11,4 = 12,3 \text{ (кН)}$$

где F_9 - сопротивление воздуха, кН.

Сопротивление воздуха

$$F_9 = 10^3 k_0 S_{л} v_T^2 3,6^{-2} = 1000 \cdot 0,65 \cdot 13,02 \cdot \frac{4,17^2}{3,6^2} = 11,4 \text{ кН}$$

где k_0 - коэффициент обтекаемости; $k_0 = 0,6 \dots 0,7 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$;

$S_{\text{л}}$ - лобовая площадь, м²;

$$S_{\text{л}} \cong B_{\text{л}} H_a \cong 13,02;$$

$v_{\text{т}} = 3 \dots 5$ - установившаяся транспортная скорость, км/ч.

Мощность двигателя. На первой рабочей скорости при режиме максимальной тяговой мощности с учетом коэффициента буксования $\delta = 20\%$ двигатель должен работать на режиме максимальной мощности

$$N = \frac{(0,70 \dots 0,73) \varphi_{\text{сц}} \varepsilon f_0 G_a v_{\text{р}}}{3,6 \cdot 10^3 \eta k_{\text{вых}} k_0} \cdot (0 - 0,01\delta) =$$
$$= \frac{0,72 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,1 \cdot 152 \cdot 4000}{3600 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,8} \cdot (1 - 0,2) = 11,34 \text{ кВт}$$

где G_a - в кН;

$v_{\text{р}}$ - в м/ч;

η - общий КПД трансмиссии,

$k_{\text{вых}}$ - коэффициент выходной мощности двигателя; $k_{\text{вых}} = 0,9$;

k_0 - коэффициент, учитывающий отбор мощности на привод вспомогательных механизмов (подъем отвала и др.); $k_0 = 0,75 \dots 0,90$.

Мощность при передвижении на максимальной транспортной скорости

$v_{\text{тmax}}$

$$N = \frac{(f_0 G_a + F_9) v_{\text{тmax}}}{\eta \cdot 3,6 \cdot 10^3} = \frac{(0,1 \cdot 152 + 11,4) \cdot 4,17}{0,75 \cdot 3600} = 0,04 \text{ кВт}$$

где G_a и F_9 - в кН; $v_{\text{тmax}}$ - в м/ч.

По наибольшему значению N с коэффициентом запаса $k_{\text{зап}} = 1,2 \dots 1,4$ подбирают двигатель

$$N_{\text{дв}} = k_{\text{зап}} N = 1,3 \cdot 11,34 = 14,74 \text{ кВт}$$

Практическая работа №17

Тема: Тяговый расчёт автогрейдера и расчёт его производительности.

Цель работы: сделать расчёт основных параметров автогрейдера и определить его производительность.

Таблица 2

Исходные данные

Вариант	Тип автогрейдера	Колёсная формула	Масса автогрейдера M_a , т	Тип грунта	Длина участка L , м	Ширина отвала B_o , мм	Высота отвала H_o , мм
1	Лёгкий	1*2*2	7	Супесь	200	2700	450
2	Лёгкий	1*2*2	8	Песок	300	2900	480
3	Средний	1*2*2	10	Супесь	250	3200	500
4	Средний	1*2*2	14	Суглинок	400	3800	580
5	Тяжёлый	1*3*3	16	Глина	200	3900	600
6	Тяжёлый	3*3*3	20	Глина	300	4800	800
7	Особо тяжёлый	1*3*3	24	Глина тяжёлая	250	5000	900
8	Особо тяжёлый	3*3*3	26	Глина тяжёлая	300	5200	900
9	Лёгкий	1*2*3	6	Песок	400	2500	420
10	Лёгкий	1*2*2	9	Супесь	200	3100	500
11	Средний	2*2*2	11	Супесь	300	3400	520
12	Средний	2*2*2	12	Супесь	250	3000	580
13	Тяжёлый	1*3*3	17	Суглинок	350	4200	620
14	Тяжёлый	1*3*3	19	Глина	150	4700	800
15	Особо тяжёлый	3*3*3	22	Глина тяжёлая	200	5000	820
16	Особо тяжёлый	3*3*3	25	Глина тяжёлая	250	5200	900
17	Лёгкий	1*2*3	5	Песок	300	2500	400
18	Средний	2*2*2	13	Суглинок	250	3700	550
19	Тяжёлый	1*3*3	15	Суглинок	350	3800	600
20	Особо тяжёлый	3*3*3	23	Глина	400	4900	880

Методика расчета

Условие движения автогрейдера без буксования записывается,

$$T_{\text{сц.а}} \geq \sum W_i$$

где $T_{\text{сц.а}}$ - сила тяги автогрейдера по сцеплению, Н;

$T_{\text{т}}$ – тяговые усилия развиваемое двигателем автогрейдера, Н;

$\sum W_i$ - сумма сил сопротивлений, возникающих при резании и перемещении грунта, Н.

Сила тяги по сцеплению определяется по формуле

$$T_{\text{сц.а}} = G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} \cdot N.$$

где $G_{\text{сц.а}}$ - сцепной вес автогрейдера, Н

$\varphi_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления ходового оборудования с грунтом.

Сцепной вес автогрейдера, Н

$$G_{\text{сц.а}} = \xi \cdot M_{\text{а}} \cdot g.$$

где ξ - коэффициент зависящий от колёсной формулы, для колёсных формул $1 \times 3 \times 3$, $3 \times 3 \times 3$ и $2 \times 2 \times 2$ - $\xi = 1,0$, а для $1 \times 2 \times 3$ и $1 \times 2 \times 2$ - $\xi = 0,75$.

$M_{\text{а}}$ - масса автогрейдера, кг.;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

Коэффициент сцепления колёс с грунтом принимается в зависимости от типа грунта, $\varphi_{\text{сц}} = (0,4 \div 0,8)$. Для плотных грунтов большее значение, для мягких грунтов меньшее.

Таблица 3

Характеристика автогрейдеров.

Тип автогрейдера Параметр	Лёгкий	Средний	Тяжёлый	Особо тяжёлый
Масса автогрейдера, т	7 ÷ 10	10 ÷ 15	15 ÷ 20	20 ÷ 25
Мощность двигателя, кВт	50 ÷ 70	70 ÷ 100	100 ÷ 200	200 ÷ 300
Рабочая скорость движения, км/ч	3,6 ÷ 38,1	3,2 ÷ 39	4,0 ÷ 47	4,0 ÷ 47

А) в процессе работы автогрейдера основным поворотным отвалом возникают следующие силы сопротивления

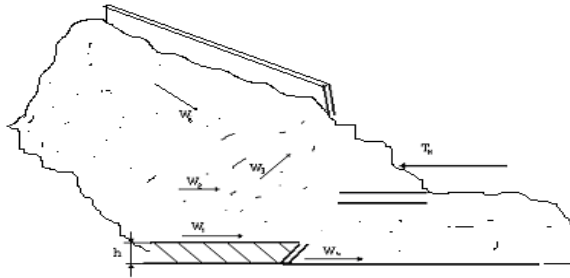


Рисунок 4.3 Расчётная схема при работе поворотным отвалом

$$\sum W_i = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6,$$

где W_1 - сопротивление грунта резанию, Н;

W_2 - сопротивление волочению грунта перед отвалом, Н;

W_3 - сопротивление движению грунта вверх по отвалу, Н

W_4 - сопротивление передвижению отвала по грунту

W_5 - сопротивление движению грунта вдоль отвала, Н

W_6 - сопротивление движению автогрейдера, Н.

Сопротивление грунта резанию отвалом определяется по формуле

$$W_1 = k_p \cdot B_0 \cdot h \cdot \sin \varphi, \quad \text{Н},$$

где B_0 - ширина отвала, м;

h - глубина резания грунта, м;

k_p - удельный коэффициент сопротивления грунта резанию, принимается в зависимости от типа грунта, $k_p = (0,02 \div 0,15)$ МПа, меньшее значение принимается для песка, большее для глины.

φ - угол захвата отвала, град, значение принимается из таблицы 4

Таблица 4

Значение угла захвата	
Вариант	Угол захвата, град
1 ÷ 5	80
6 ÷ 10	70
11 ÷ 15	60
16 ÷ 20	50

Глубина резания определяется из уравнения свободного тягового усилия

$$G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} = F_c \cdot k_k,$$

отсюда имеем

$$F_c = G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} / k_k, \text{ м}^2$$

где F_c - площадь сечения срезаемой стружки грунта, м²;

k_k - удельное сопротивление грунта копанию, которое учитывает не только резание, но и перемещение грунта как перед отвалом, так и вдоль отвала, принимается в зависимости от типа грунта $k_k = (0,05 \div 0,3)$ МПа. меньшее значение для песка, большее для глины.

Площадь сечения срезаемой стружки грунта равна

$$F_c = h \cdot B_o, \text{ м}^2,$$

Отсюда следует

$$G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} / k_k = h \cdot B_o.$$

Глубина резания

$$h = G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} / B_o \cdot k_k, \text{ м},$$

Сопротивление грунта перемещению перед отвалом

$$W_2 = \gamma_o \cdot V_{\text{пр}} \cdot \mu_1 \cdot g \sin \varphi / k_{\text{разр.}}, \text{ Н},$$

где $V_{\text{пр}}$ - объём грунта, находящегося перед отвалом, м^3

γ_o - объёмная масса грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$, принимается в зависимости от грунта, $\gamma_o = 1200 \div 2000 \text{ кг}/\text{м}^3$, большие значения для глины.

μ_1 - коэффициент трения грунта о грунт, принимается в зависимости от типа грунта, $\mu_1 = (0,5 \div 1,2)$, меньшие значения для глинистых грунтов.

$k_{\text{разр}}$ - коэффициент разрыхления грунта, принимается $k_{\text{разр}} = (1,05 \div 1,45)$, большие значения для глины.

φ - угол захвата отвала, град

Объём грунта, находящегося перед отвалом, определяется по формуле

$$V_{\text{пр}} = B_o \cdot H_o^2 / 2 \tan \varepsilon, \text{ м}^3,$$

где B и H - размеры поворотного отвала автогрейдера (табл. 4,2), м

ε - угол естественного откоса грунта, принимается $\varepsilon = (30^\circ \div 45^\circ)$.

Сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу

$$W_3 = \gamma_o \cdot V_{\text{пр}} \cdot \mu_2 \cdot g \cos^2 \delta \cdot \sin \varphi / k_{\text{разр.}}, \text{ Н},$$

где μ_2 - коэффициент трения грунта о сталь, принимается $\mu_2 = (0,35 \div 0,9)$, большие значения для липких грунтов.

δ - угол резания грунта, принимается $\delta = (30^\circ \div 45^\circ)$.

Сопротивление передвижению отвала по грунту (H)

$$W_4 = P_n \cdot \mu_2,$$

где P_n - усилие прижатия отвала к грунту, принимается $P_n = (5000-10000)$

Н

Соппротивление грунта перемещению вдоль отвала (Н)

$$W_5 = \gamma_0 \cdot V_{\text{пр.}} \cdot \mu_1 \mu_2 \cdot g \cdot \cos \phi / k_{\text{разр.}}$$

Соппротивление движению автогрейдера (Н)

$$W_6 = G_{\text{сц.а.}} \cdot (f + i)$$

где $G_{\text{сц.а.}}$ – сцепной вес автогрейдера, Н

f – коэффициент сопротивления движению автогрейдера, принимается $f = (0,1 \div 0,2)$. Большие значения для песка, меньшие значения для глины.

i – уклон местности, принимается $i = (0,01 \div 0,025)$.

Проверим условие движения автогрейдера по условию

$$T_{\text{сц.а.}} \geq \sum W_i$$

В случае не выполнения условия, необходимо сделать обоснованные изменения в исходных данных и расчёт повторить.

Б) в процессе работы автогрейдера с неповоротным отвалом возникают следующие силы сопротивления

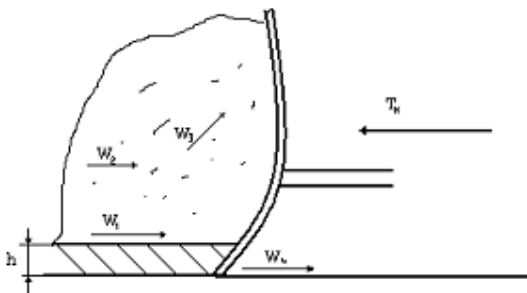


Рисунок 4.4 Расчетная схема при работе неповоротным отвалом

$$\sum W_i = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5.$$

где W_1 – сопротивление грунта резанию, Н;

$$W_1 = k_p \cdot B_0 \cdot h, \text{ Н}$$

W_2 – сопротивление волочению грунта перед отвалом, Н;

$$W_2 = G_{\text{пр.}} \cdot \mu_1$$

W_3 – сопротивление перемещению грунта по отвалу, Н;

$$W_3 = G_{\text{пр.}} \cdot \mu_2 \cdot \cos^2 \delta$$

W_4 – сопротивление передвижению отвала по грунту, Н;

$$W_4 = G_0 \cdot \mu_2$$

где G_0 – вес неповоротного отвала, Н

$$G_0 = M_0 \cdot g$$

W_5 – сопротивление движению автогрейдера, Н.

$$W_5 = G_{\text{сц.а}} \cdot (f + i)$$

Размеры неповоротного отвала автогрейдера приведены в таблице 5

Таблица 5.

Параметры неповоротного отвала автогрейдера

Вариант	Тип автогрейдера	Масса автогрейдера М _а , Т	Ширина отвала В, мм	Высота отвала Н, мм	Масса отвала М _о , кг
1	Лёгкий	7	2200	420	760
2	Лёгкий	8	2400	450	800
3	Средний	10	2700	470	950
4	Средний	14	3300	540	980
5	Тяжёлый	16	3400	570	1100
6	Тяжёлый	20	4400	750	1200
7	Особо тяжёлый	24	4700	850	1350
8	Особо тяжёлый	26	4700	850	1370
9	Лёгкий	6	2100	380	700
10	Лёгкий	9	2600	410	750
11	Средний	11	2900	470	950
12	Средний	12	2500	480	950
13	Тяжёлый	17	3900	570	1050
14	Тяжёлый	19	4200	750	1200
15	Особо тяжёлый	22	4500	780	1300
16	Особо тяжёлый	25	4700	820	1350
17	Лёгкий	5	2000	350	680
18	Средний	13	3200	500	980
19	Тяжёлый	15	3400	560	1100
20	Особо тяжёлый	23	4400	830	1200

Проверим условие движения автогрейдера по условию

$$T_{\text{сц.а}} \geq \sum W_i$$

В случае не выполнения условия, необходимо сделать обоснованные изменения в исходных данных и расчёт повторить.

Производительность автогрейдера

А) при планировочных работах

$$P_a = 3600 \cdot L \cdot (B_o \sin \varphi - a) k_{\text{вр.}} / (L/v_{\text{рх.}} + t_{\text{п.п}}) n, \text{ м}^2/\text{ч}$$

где B_o - ширина поворотного отвала, м,

φ - угол захвата ;

a - величина перекрытия смежных полос, принимается $a = (0,2 - 0,3)\text{м}$;

L - длина участка, м; принимается из таблицы 6

$v_{p.x}$ - скорость рабочего хода, принимаем по таблице 3 и
рекомендуется $v_{p.x} = (1,2 - 2,0)$ м/с;

$t_{п.п}$ - время на поворот и переключения передач, $t_{п.п} = (60 - 80)$ с.

n - число проходов по одному следу, рекомендуется $n = (1 - 3)$
прохода и принимается из таблице 6

$k_{вр}$ - коэффициент использования бульдозера во времени
принимается $k_{вр} = (0,85 \div 0,95)$;

Таблица 6

Длина участков планировки и число проходов.

Вариант	Длина участка планировки грунта, м	Число проходов по одному следу
1 ÷ 4	150 ÷ 200	2
5 ÷ 8	200 ÷ 250	2
9 ÷ 12	250 ÷ 300	3
13 ÷ 15	150 ÷ 200	3
16 ÷ 20	350 ÷ 400	2

Б) при резании и перемещении грунта

$$П_{б.} = 3600 \cdot V_{пр.} \cdot k_{укл.} \cdot k_{вр} / T_{ц}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $V_{пр}$ - объем грунта в призме волочения, м^3

$k_{укл.}$ - коэффициент влияния уклона местности, принимается $k_{укл.} = (0,8 \div 1,2)$;

$k_{вр}$ - коэффициент использования автогрейдера во времени,
принимается $k_{вр.} = (0,75 \div 0,80)$;

$T_{ц}$ - время цикла работы автогрейдера, с

Объем грунта в призме волочения определяется по формуле

$$V_{пр} = B \cdot H^2 / 2 \cdot \text{tg} \varepsilon, \text{ м}^3,$$

где B и H – размеры неповоротного отвала автогрейдера, м (табл. 4.5);

ε - угол естественного откоса грунта, принимается $\varepsilon = (30 \div 45)^\circ$,
большие значения принимаются для влажных и липких грунтов.

Время цикла работы автогрейдера, с

$$T_{ц} = t_p + t_{пр.} + t_{пл.} + t_{х.х.} + t_{п.п.}.$$

где t_p - время резания грунта, с; при скорости движения автогрейдера

$$v_p = (0,5 \div 0,7) \text{ м/с};$$

$t_{пр}$ - время перемещения грунта, с; при скорости движения

$$v_{пр.} = (0,8 \div 0,9) \text{ м/с};$$

$t_{пл}$ – время планировки грунта, при скорости движения

$$v_{пл.} = (0,7 \div 0,8) \text{ м/с};$$

$t_{х.х.}$ - время холостого хода, с; при скорости движения

$$v_{х.х.} = (1,0 \div 1,2) \text{ м/с};$$

$t_{o.ц}$ - время обслуживания цикла, с, принимается
 $t_{o.ц} = (60 \div 80) \text{ с.}$

Значения величины участков приведены в таблице 7

Таблица 7

Участки перемещения грунта			
Варианты	Путь резания грунта, м, l_p	Путь перемещения грунта, м, $l_{пр.}$	Путь планировки грунта, м, $l_{пл.}$
1; 5; 10; 14; 18.	5,5	30	6,6
2; 6; 11; 15; 19.	7,0	35	7,6
3; 7; 12; 16; 20.	6,8	25	11,0
4; 8; 9; 13; 17.	5,1	44	9,5

Таблица 8

Варианты заданий для расчета параметров

Параметры	Индекс машины								
	ДЗ-201	ДЗ-201.1	ГС-10.01	ДЗ-122Б	ДЗ-180А	А-120.1	ГС-18.03	ДЗ-198	ДЗ-98В
Класс	100	100	100	140	140	180	180	180	250
Двигатель:									
модель	Д-243	Д-65М1Л	Д-243	А-01МС	Д-260.2	ЯМЗ-236М2	ЯМЗ-236М2	Д-260.4	ЯМЗ-238НДЗ
мощность, кВт	57,4	44,1	58,7	100	96	132	132	147	173
Тип трансмиссии	Механическая			Гидромеханическая	Механическая	Гидромеханическая		Механическая	
Скорость движения вперед/назад, км/ч	2,0...33,0/ 5,4...9,2	6,3...20/ 0,3,4	2...35/ 4,2...9,4	7,4... 36,7/	3,8...40/ 6,3...28	до 30/ до 20	до 40/ до 22	3,9...35/ 3,9...20	до 41/ до 47
Колесная формула	Базовый трактор МТЗ 80/82	Базовый трактор ЛТЗ-60А В	1х2х2	1х2х3	1х2х3	1х2х3	1х2х3	1х2х3	1х2х3
База, мм	5230	5210	4200	5830	6450	н/д	н/д	6210	6000
Коляса колес передних/задних, мм	1640/1620	1495/1380	1800/1770	2000	2200	1950	н/д	2100	2622/2502
Дорожный просвет, мм	280	280	300	350	350	350	350	350	350

Радиус поворота, мм	8000	7600	4750	8000	8000	8000	8000	8000	1600
Тип рамы	Жесткая		ПСП *	ПСП	ПСП	ПСП	ПСП	ПСП	Жесткая
Угол складывания шарнирно-сочлененной рамы, град	-	-	н/д	± 30	± 23	± 27	± 25	± 26	-
Смещение колес переднего моста, мм	-	-	н/д	до 2000	н/д	до 1900	н/д	н/д	н/д
Угол наклона передних колес, град	-	-	+ 20	± 20	+ 20	± 20	± 20	± 20	± 20
Рабочее оборудование:									
грейдерный отвал:									
размеры (длина х высота), мм	2500 x 500	2500 x 500	2730 x 470	3740 x 630	3740 x 620	3840 x 700	3740 x 620	3745 x 625	4200 x 700
максимальное заглубление, мм	100	100	100	250	250	450	450	480	500
угол резания регулируемый, град	30... 70	30... 70	30... 70	30... 70	30... 70	30... 70	45	30... 70	30... 70
угол поворота в плане, град	± 34	± 32	± 45	360	360	360	360	360	360
боковой вынос, мм	500	500	600/ /400	800	800	935	700	700	1050
угол обрабатываемого откоса, град	-	-	-	0...90	0...90	0...90	н/д	0...90	0...90
бульдозерный отвал:									
размеры (длина х высота), мм	2000 x 500	2000 x 500	2440 x 625	2480 x 840	2500 x 840	2520 x 1020	2500 x 800	н/д	3220 x 970

максимальное заглубление, мм	50	50	50	50	50	50	100	н/д	110
кирковщик (рыхлитель):									
число зубьев	-	-	-	4	3	5	5	н/д	5
ширина киркования, мм	-	-	-	1490	1300	1360	2100	н/д	1800
наибольшая глубина рыхления, мм	-	-	-	250	250	150	250	н/д	230
Габаритные размеры, мм	5230x2500x 2850	5210x2500x 2950	7140x2400x 3220	10150x2500 x3550	10150x 2500x3550	10800x 2620x	9950x2500x 3450	8950x 2490x	11000x 3220x4000
Масса эксплуатационная, кг	6500	6250	7500	14 600	13 550	15 070	18 000	16 000	19 500

Тема: ГРЕЙДЕР-ЭЛЕВАТОРЫ

Грейдер-элеваторы предназначены для копания немерзлых грунтов в материковом залегании на горизонтах выше уровня грунтовых вод и отсыпки его в насыпи, отвалы или в транспортные средства. Их используют для возведения насыпей из боковых резервов, образования продольных выемок, устройства каналов в полувыемках-полунасыпях и других подобных сооружений.

1 Классификация и основные узлы

Грейдер-элеваторы выполняют как полуприцепные машины-орудия, агрегируемые с тракторами (гусеничными или колесными) или одноосными тягачами. Реже их выполняют как сменное навесное оборудование на автогрейдере. У полуприцепных грейдер-элеваторов основная рама (рис. 5.1) опирается на два пневмоколеса 10. У машин с большим вылетом отвального конвейера одно из колес – левое – в транспортном положении устанавливают симметрично со вторым колесом относительно продольной оси машины, а в рабочем положении для повышения устойчивости его отодвигают, устанавливая на специальной откидной оси. Передней частью основная рама соединена с тягачом по схеме универсального шарнира сцепным устройством 6. Рабочий орган в виде дискового плуга 8 подвешен на кронштейне Р к плужной балке 7. Он ориентирован так, что при движении машины вперед вырезает из грунта стружку с поперечным сечением в форме эллиптического сегмента. Отделенный от массива грунт, поднявшись по внутренней сферической поверхности плуга, отваливается на ленточный конвейер 5, расположенный поперек основной рамы, которым он отсыпается в насыпь, отвал или транспортное средство. В зависимости от прочности разрабатываемых грунтов глубину стружки регулируют подъемом-опусканием плужной рамы с помощью гидроцилиндра 3.

Угол наклона ленточного конвейера и, следовательно, высоту подъема грунта для разгрузки регулируют гидроцилиндром 4. Для перемещения грунта на большие расстояния ленточный конвейер наращивают вставками. Гидравлические цилиндры питаются рабочей жидкостью от насосной установки, расположенной на тягаче или на грейдер-элеваторе. В первом случае она приводится в движение от двигателя тягача, а во втором — от собственного двигателя 2, управляемого дистанционно из кабины машиниста тягача.

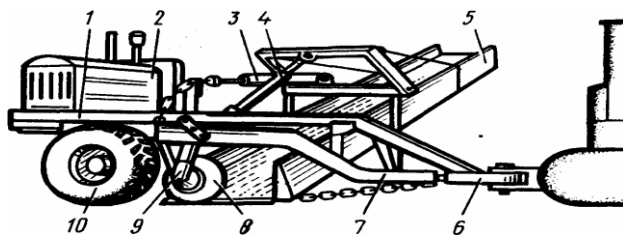


Рис. 1. Грейдер-элеватор: 1– рама; 2–двигатель; 3, 4– гидроцилиндры; 5– конвейер; 6– сцепное устройство; 7 плужная балка; 8– дисковый плуг; 9– кронштейн; 10–колеса

2 Эксплуатационная производительность

При отсыпке насыпей из двухсторонних резервов эксплуатационная производительность грейдер-элеватора:

$$\Pi_{\text{э}} = \frac{S \cdot L_{\text{уч}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{в}}}{\frac{L_{\text{уч}}}{v_{\text{д}}} + \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{пов}}}{60}} = S \cdot v_{\text{д.ср}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{в}} \cdot L_{\text{уч}} \quad (6)$$

где S – в м^2 ; $L_{\text{уч}}$ – длина обрабатываемого участка, м;

$k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери грунта при подаче его на конвейер; $k_{\text{п}} = 0,85$ для сухих несвязных грунтов; $k_{\text{п}} = 0,95$ для влажных связных грунтов;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент использования рабочего времени; $k_{\text{в}} = 0,85 \div 0,90$;

$t_{\text{п}}$ – время на переключение передач и управление рабочим органом, мин; $t_{\text{п}} = 0,3$ мин;

$t_{\text{пов}}$ – время, затрачиваемое на поворот в конце гона, мин; $t_{\text{пов}} = 1,0$ мин;

$v_{\text{дср}}$ – действительная средняя скорость движения грейдер-элеватора, м/ч;

$$v_{\text{дср}} = \frac{L_{\text{уч}}}{\frac{L_{\text{уч}}}{v_{\text{д}}} + \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{пов}}}{60}} \quad (7)$$

При отсыпке насыпи из одностороннего резерва, когда дополнительно затрачивается время на холостой ход, действительная средняя скорость движения:

$$v_{\text{дср}} = \frac{L_{\text{уч}}}{\frac{L_{\text{уч}}}{v_{\text{д}}} + \frac{L_{\text{уч}}}{v'_{\text{д}}} + \frac{2 \cdot (t_{\text{п}} + t_{\text{пов}})}{60}} \quad (8)$$

где $v_{\text{д}}'$ – действительная скорость движения при обратном холостом пробеге, м/ч; $v_{\text{д}}' = 5000 - 8000$ м/ч.

3 Основные параметры

К основным параметрам наиболее распространенного землеройного рабочего органа-дискового сферического ножа относятся размеры и углы установки дискового ножа, вылет и высота установки конвейера. Дисковые ножи имеют $d_n = 60 - 120$ см. Для конкретного случая диаметр – в м.

$$d_n = \sqrt{\frac{5 \cdot P_o}{k_n \cdot v_d}}, \quad (1)$$

где P_o – теоретическая производительность, м³/ч;

k_n – коэффициент, учитывающий потери грунта при подаче дисковым ножом на конвейер; $k_n = 0,85 - 0,95$;

v_d – действительная скорость движения, м/ч.

Дисковый нож вогнут по сфере, и его режущая кромка образуется конусной заточкой. Радиус кривизны ножа:

$$r = (0,85 - 1,0) \cdot d_n \quad (5.2)$$

и может быть определен из соотношения

$$\sin(0,5\omega) = 0,5 \cdot d_n / r. \quad (5.3)$$

С увеличением радиуса кривизны r энергоемкость снижается, но ухудшается подача грунта на конвейер.

Дисковый нож устанавливается под углом $\varphi' = 45 - 70^\circ$ к горизонтальной поверхности и углом захвата $\alpha = 35 - 55^\circ$ в зависимости от свойств грунта. Угол резания (град) в вертикальной плоскости АА:

$$\varphi = \varphi' + \beta + 0,5\omega, \quad (5.4)$$

где φ' – угол установки (рис. 5.1,б), град; β – угол заострения, град.

Задний угол дискового ножа в плоскости горизонтального диаметра $\gamma' = \varphi'' - 0,5\omega$, где φ'' – угол между рабочей плоскостью дискового ножа и вертикальной плоскостью, параллельной плоскости движения.

Дисковый нож должен заглубляться на $(0,4 - 0,5) d_n$.

Площадь сечения срезаемой стружки:

$$S = \frac{\pi \cdot d_n^2}{8} \cdot \sin\varphi \cdot \sin\alpha = (0,15 \dots 0,30) \cdot d_n^2, \quad (5)$$

в среднем $S = 0,2 d_n^2$.

Указанные параметры ножа обеспечивают минимальные удельные сопротивления при вырезании стружки грунта. Минимальные потери грунта при подаче его с дискового ножа на ленту конвейера шириной b_k получаются при расстоянии дискового ножа от ленты $l_d = 0,03 - 0,06$ м и $b_0 = 2/3 b_k$ (рис. 5.2,б). В этом случае при $v_p = 2 - 3$ км/ч грунт будет попадать в середину ленты.

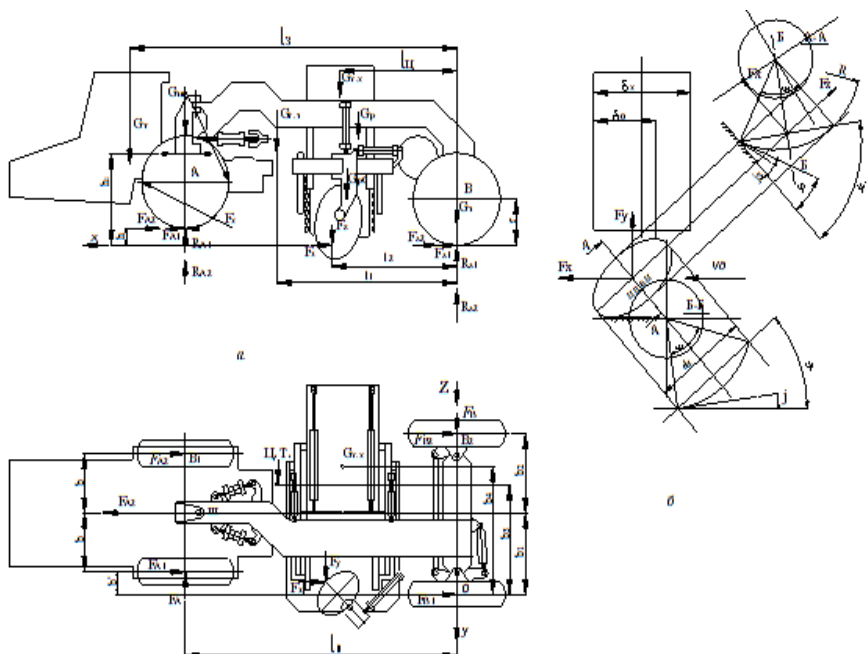


Рис. 2 Грейдер-элеватор с дисковым сферическим ножом и поперечным конвейером (а) и дисковый сферический нож (б)

Диаметр ножа, производительность грейдер-элеватора и размеры конвейера уточняются при тяговом расчете в соответствии с режимом максимальной тяговой мощности тягача.

4 Тяговый расчет

Для полуприцепного и самоходного грейдер-элеваторов его выполняют аналогично. Общее тяговое сопротивление грейдер-элеватора:

$$F = F_{ГЭ} + F_p, \quad (9)$$

где $F_{ГЭ}$, F_p – тяговые сопротивления соответственно на перемещение грейдер-элеватора с тягачом и грунтом на конвейере и резание грунта, кН (сопротивлением трения грунта о землеройный рабочий орган и при переходе на конвейер вследствие малости пренебрегаем).

Для самоходного и полуприцепного грейдер-элеватора тяговое сопротивление на перемещение:

$$F_{ГЭ} = (G \pm F_Z) \cdot (f_o \pm i) = [(G_T + G_{ГЭ} + G_{ГК}) \pm F_Z] \cdot (f_o \pm i) \quad (10)$$

где G – суммарная сила тяжести грейдер-элеватора с грунтом, кН;

F_Z – вертикальная составляющая реакции грунта на рабочий орган, кН;

$F_Z = (0,3 - 0,4)F_x$ (рис. 2,б);

$F_x = F_p = k_1 S$ – составляющая реакции грунта в плоскости движения, кН;

k_1 – коэффициент удельного сопротивления грунта резанию дисковым сферическим ножом, кН/м²; $k_1 = 100, 110 - 130$ и $140 - 170$ кН/м² для грунтов соответственно I, II и III категорий;

S – в м²;

f_o – коэффициент сопротивления качению колес; $f_o = 0,1$ и $0,2$ при движении соответственно по свежепресеченному и рыхлому грунту;

$G_T, G_{ГЭ}, G_{ГК}$ – силы тяжести соответственно тягача, грейдер-элеватора и грунта на конвейере, кН; так как на данном этапе расчета размеры конвейера и толщина слоя грунта на ленте неизвестны, то предварительно можно принять

$G_{ГЭ} + G_{ГК} \approx G_T$ для самоходного грейдер-элеватора,

$G_{ГЭ} + G_{ГК} \approx (0,6 - 0,7) G_T$ для полуприцепного грейдер-элеватора;

i – уклон поверхности движения.

При непрерывном резании грунта грейдер-элеватором максимальная производительность получится при работе тягача на режиме максимальной тяговой мощности.

За расчетную силу тяги следует принимать максимальную силу тяги по сцеплению с учетом буксования:

$$F_K = (0,70 \dots 0,73) \cdot \varphi_{сц} \cdot R_1, \quad (11)$$

Приравнивая F и F_K , уточняют возможную площадь проекции сечения стружки S в условиях максимальной тяговой мощности и по действительному значению устанавливают теоретическую производительность грейдер-элеватора (м³/ч) в плотном теле:

$$P_o = S \cdot v_{\delta} = S \cdot v_p \cdot (1 - 0,01 \cdot \delta), \quad (12)$$

где S – в м²; v_d, v_p – действительная и расчетная рабочие скорости движения грейдер-элеватора, м/ч;

δ – коэффициент буксования колесного движителя при работе одноосного тягача на режиме максимальной тяговой мощности, %; $\delta = 20\%$.

По значению P_o уточняют диаметр дискового ножа. Производительность конвейера:

$$P_K = P_o \cdot k_p, \quad (13)$$

где P_o определяют при минимальном расчетном коэффициенте удельного сопротивления грунта резанию $k_1 = 100$ кН/м², чтобы получить

максимальную производительность конвейера; k_p – коэффициент разрыхления.

На участке установившегося движения производительность конвейера:

$$P_K = 3,6 \cdot 10^3 \cdot S_K \cdot v_K \cdot c_K = 3,6 \cdot 10^3 \cdot x' \cdot b_{\text{л}}^2 \cdot v_K \cdot c_K, \quad (14)$$

где S_K – площадь поперечного сечения грунта на ленте, м²;

v_K – скорость ленты конвейера, м/с; $v_K = 2,2 \div 3,6$ м/с;

c_K – коэффициент, учитывающий влияние угла подъема конвейера на его производительность:

Таблица 1

α_K , град	3	4	8	12	16	20	22	24
c_K	1,0	0,99	0,97	0,93	0,89	0,81	0,76	0,71

x' – коэффициент, учитывающий форму ленты, $x' = 0,0416$ и $0,0833$ для плоской и желобчатой ленты;

$b_{\text{л}}$ – ширина ленты конвейера, м; стандартная ширина $b_{\text{л}} = 0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0$ м.

Сила тяжести грунта на конвейере:

$$G_{ГК} = \frac{P_K \cdot \gamma_{\text{Г}}}{v_K \cdot 3,6 \cdot 10^6}, \quad (5.15)$$

где P_K – м³/ч; $\gamma_{\text{Г}}$ – удельный вес грунта нарушенной структуры, Н/м³;

L – длина ленточного конвейера, м;

v_K – м/с.

5 Баланс мощности

Для полуприцепного или самоходного однодвигательного грейдер-элеватора с электроприводом конвейера и гидронасосов мощность:

$$N = N_{\text{п}} \cdot \eta_1^{-1} + (N_{\text{к}} + N_{\text{оч}} + N_{\text{нас}}) \cdot \eta_2^{-1}, \quad (5.16)$$

где $N_{\text{п}}$, $N_{\text{к}}$, $N_{\text{оч}}$, $N_{\text{нас}}$ – соответственно мощности, необходимые для передвижения грейдер-элеватора с рабочей скоростью, привода ленточного конвейера, очистителя ленты и гидравлических насосов управления плужной балкой с рабочим органом, кВт;

η_1 – КПД привода движения; $\eta_1 = 0,80 \div 0,85$;

η_2 – КПД генератора и электродвигателей; $\eta_2 = 0,75 \div 0,85$.

Мощность для передвижения грейдер-элеватора (кВт):

$$N_{\text{п}} = \frac{F \cdot v_{\text{п}}}{3600}, \quad (17)$$

где F – кН, $v_{\text{п}}$ – м/с.

Мощность для привода конвейера (кВт):

$$N_{\text{к}} = \Pi_{\text{к}} \cdot \gamma_{\text{г}} \cdot \frac{(l_{\text{к}} \cdot f_{\text{л}} + h_{\text{к}} + 0,5 \cdot v_{\text{к}}^2 / g)}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_3}, \quad (18)$$

где $\Pi_{\text{к}}$ – м³/ч; $\gamma_{\text{г}}$ – Н/м³;

$l_{\text{к}}$ – проекция длины ленточного конвейера на горизонтальное направление, м;

$f_{\text{л}}$ – коэффициент сопротивления движению ленты конвейера на горизонтальном участке; $f_{\text{л}} = 0,04 \div 0,06$;

$h_{\text{к}}$ – разность высот уровней концевых барабанов конвейера; $h_{\text{к}} = 2,5 \div 5,6$ м;

$v_{\text{к}}$ – в м/с;

η_3 – КПД привода конвейера; $\eta_3 = 0,85$.

Для очистителя ленты $N_{\text{оч}} = 0,8 \div 1,5$ (кВт).

Мощность для привода гидравлических насосов:

$$N_{\text{нас}} = G_{\text{р}} \cdot v_{\text{под}} / \eta_4, \quad (51.9)$$

где $G_{\text{р}}$ – сила тяжести плужной балки с рабочим органом, кН;

$v_{\text{под}}$ – скорость подъема; $v_{\text{под}} = 0,1 - 0,2$ м/с;

η_4 – суммарный КПД гидропривода; $\eta_4 = 0,7 \div 0,8$.

6 Расчет сил, действующих на грейдер-элеватор

На самоходный грейдер-элеватор в рабочем положении (рис. 5.1, а) действуют активные и реактивные силы.

К активным силам относятся тяговое усилие на ведущих колесах $F_{\text{к}}$ и сила тяжести:

$$G = G_{\text{т}} + G_{\text{гэ}} + G_{\text{гк}} = G_{\text{т}} + G_{\text{р}} + G_{\text{ро}} + G_{\text{к}} + G_{\text{з}} + G_{\text{ш}} + G_{\text{гк}}, \quad (5.20)$$

где $G_{\text{р}}$, $G_{\text{ро}}$, $G_{\text{к}}$, $G_{\text{з}}$, $G_{\text{ш}}$ – силы тяжести соответственно основной рамы, плужной рамы с кронштейнами и дисковым ножом, конвейера, заднего моста с колесами и седельно-сцепного устройства, кН.

Общая точка центра тяжести определяется по правилам статики, как точка приложения $G_{\text{гэ}}$.

Реактивные силы – реакция грунта на дисковый нож $F_{\text{и}}$ на колеса. Реакция F имеет три составляющие: продольную F_{x} , поперечную F_{y} и вертикальную F_{z} . Соотношение этих составляющих реакции F зависит от углов установки ножа, и в среднем

$$F_{\text{y}} = (0,2 - 0,3) \cdot F_{\text{x}}; F_{\text{z}} = (0,3 - 0,4) \cdot F_{\text{x}}. \quad (5.21)$$

Вследствие несимметричного приложения внешних нагрузок (реакций на нож и силы тяжести конвейера с грунтом) реакции на правые и левые колеса не равны между собой. Составляющие реакции на передние колеса вертикальные R_{A1}, R_{A2} (рис. 5.1, а), горизонтальные

$$F_{A1} = R_{A1} \cdot f_o; F_{A2} = R_{A2} \cdot f_o. \quad (22)$$

Составляющие реакции на задние ведомые колеса вертикальные: R_{B1} и R_{B2} , горизонтальные: $F_{B1} = R_{B1} \cdot f_o; F_{B2} = R_{B2} \cdot f_o$.

Дополнительными моментами сопротивления вращению колес, вызванными смещением R_{A1}, R_{A2}, R_{B1} и R_{B2} от оси колеса вследствие деформации шин, можно пренебречь, перенося указанные реакции в вертикальную плоскость, проходящую через ось колеса (возникающая при этом ошибка в 5 – 6% вполне допустима при практических расчетах).

На колеса действуют также горизонтальные боковые реакции, которые складываются вдоль передней оси F_A и задней оси F_B (рис. 1,а). Они приложены в средних точках контакта колеса с грунтом.

В общем виде уравнения равновесия грейдер-элеватора, когда нож касается препятствия в нижней точке, будут иметь вид (начало координат в точке О контакта левого заднего колеса):

$$\begin{aligned} \sum x &= F_K - F_X - F_{A1} - F_{A2} - F_{B1} - F_{B2} = 0; \\ \sum y &= F_y - F_A + F_B = 0; \\ \sum z &= G_T + G_{ГЭ} + G_{ГК} - R_{A1} - R_{A2} - R_{B1} - R_{B2} = 0; \\ \sum M_X &= -G_{ГЭ} \cdot b_3 + R_{A1} \cdot b' + R_{A2} \cdot (2b + b') + R_{B2} \cdot (b_1 + b_2) - F_A \cdot h - \\ &\quad - G_{ГК} \cdot b_4 - G_T \cdot (b + b') = 0; \\ \sum M_Y &= -G_{ГЭ} \cdot l_1 - F_Z \cdot l_2 + (R_{A1} + R_{A2}) \cdot l_0 + (F_{A1} + F_{A2}) \cdot h - F_K \cdot h - \\ &\quad - G_T \cdot l_3 - G_{ГК} \cdot l_4 = 0; \\ \sum M_Z &= F_K \cdot b_1 + F_y \cdot l_2 - F_{A1} \cdot b' - F_{A2} \cdot (2 \cdot b + b') - F_{B2} \cdot (b_1 + b_2) - F_A \cdot l_0 = 0. \end{aligned}$$

7 Пример расчета грейдер-элеватора

К основным параметрам наиболее распространенного землеройного рабочего органа - дискового сферического ножа относятся размеры и углы установки дискового ножа, вылет и высота установки конвейера. Дисковые ножи имеют $d_H = 60 \dots 120$ см. Примем $d_H = 80$ см

Дисковый нож вогнут по сфере, и его режущая кромка образуется конусной заточкой. Радиус кривизны ножа (при заданном $d_H=0,8$ м):

$$r = (0,85 \dots 1,0) d_H = 0,85 d_H = 0,85 \cdot 0,8 = 0,68 \text{ м}$$

С увеличением радиуса кривизны r энергоёмкость снижается, но ухудшается подача грунта на конвейер.

Дисковый нож устанавливается под углом $\varphi' = 45...70^\circ$ к горизонтальной поверхности и углом захвата $\alpha = 35...55^\circ$ в зависимости от свойств грунта. Угол резания (град) в вертикальной плоскости АА

$$\varphi = \varphi' + \beta + 0,5\omega = 45 + 15 + 0,5 \cdot 10 = 65^\circ$$

где $\varphi' = 45^\circ$ - угол установки (рис. 5.1,б); $\beta = 15^\circ$ - угол заострения.

Задний угол дискового ножа $\gamma_3 = 3^\circ$, угол заострения $\beta = 15...20^\circ$.

Для глинистых, суглинистых, супесчаных и песчаных грунтов соответственно оптимальные значения $\varphi = 40, 50, 55, 60^\circ$ и $\alpha = 40, 45, 50$ и 55° .

Дисковый нож должен заглубляться на величину:

$$h = (0,4...0,5) d_H = 0,4 d_H \cdot 0,8 = 0,32 \text{ (м)}$$

Площадь сечения срезаемой стружки

$$S = \frac{\pi d_H^2}{8} \sin \varphi \sin \alpha = (0,15...0,30) d_H^2 = 0,2 d_H^2 = 0,2 \cdot 0,8^2 = 0,128 \text{ м}^2$$

в среднем $S = 0,2 d_H^2$.

Указанные параметры ножа обеспечивают минимальные удельные сопротивления при вырезании стружки грунта. Минимальные потери грунта при подаче его с дискового ножа на ленту конвейера шириной b_K получаются при расстоянии дискового ножа от ленты $l_d = 0,03 ... 0,06$ м и $b_0 = \frac{2}{3} b_K$ (см. рис. 5.1,б). В этом случае при $v_p = 2...3$ км/ч грунт будет попадать в середину ленты.

Эксплуатационная производительность.

При отсыпке насыпей из двухсторонних резервов эксплуатационная производительность грейдер-элеватора

$$P_э = \frac{SL_{уч} k_{II} k_B}{\frac{L_{уч}}{v_d} + \frac{t_{II} + t_{ПОВ}}{60}} = \frac{0,128 \cdot 10,5 \cdot 0,95 \cdot 0,85}{\frac{10,5}{3000} + \frac{0,3 + 1,0}{60}} = 43,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где $L_{уч}$ - длина обрабатываемого участка, м;

k_{II} - коэффициент, учитывающий потери грунта при подаче его на конвейер; $k_{II} = 0,95$ для влажных связных грунтов;

k_B - коэффициент использования рабочего времени; $k_B = 0,85 ... 0,90$;

t_{II} - время на переключение передач и управление рабочим органом, мин; $t_{II} = 0,3$ мин;

$t_{ПОВ}$ - время, затрачиваемое на поворот в конце гона, мин; $t_{ПОВ} = 1,0$ мин;

$V_{д.ср}$ - действительная средняя скорость движения грейдер-элеватора, м/ч;

Тяговый расчет

Общее тяговое сопротивление грейдер-элеватора (кН)

$$F = F_{ГЭ} + F_p = 26592 + 12800 = 39392 \text{ (кН)}$$

где $F_{ГЭ}$, F_p - тяговые сопротивления соответственно на перемещение грейдер-элеватора с тягачом и грунтом на конвейере и резание грунта, кН (сопротивлением трения грунта о землеройный рабочий орган и при переходе на конвейер вследствие малости пренебрегаем).

Для самоходного и полуприцепного грейдер-элеватора тяговое сопротивление на перемещение

$$F_{ГЭ} = (G \pm F_z)(f_0 \pm i) = [(G_T + G_{ГЭ} + G_{ГК}) \pm F_z](f_0 \pm i) = \\ = [(80700 + 48420) + 3840] \cdot (0,1 + 0,1) = 26592 \text{ Н}$$

$$F_z = (0,3 \dots 0,4) F_x = 0,3 \cdot 12,8 = 3,84 \text{ (кН)}$$

где G - суммарная сила тяжести грейдер-элеватора с грунтом, кН;

F_z - вертикальная составляющая реакции грунта на рабочий орган, кН;

$F_x = F_p = k_1 S = 100 \cdot 0,128 = 12,1 \text{ (кН)}$ - составляющая реакции грунта в плоскости движения;

k_1 - коэффициент удельного сопротивления грунта резанию дисковым сферическим ножом, кН/м²; $k_1 = 100, 110 \dots 130$ и $140 \dots 170 \text{ кН/м}^2$ для грунтов соответственно I, II и III категорий;

f_0 - коэффициент сопротивления качению колес; $f_0 = 0,1$ и $0,2$ при движении соответственно по свежесрезанному и рыхлому грунту;

G_T , $G_{ГЭ}$, $G_{ГК}$ - силы тяжести соответственно тягача, грейдер-элеватора и грунта на конвейере, кН; так как на данном этапе расчета размеры конвейера и толщина слоя грунта на ленте неизвестны, то предварительно можно принять:

$$G_{ГЭ} + G_{ГК} \approx G_T$$

для самоходного грейдер-элеватора, $G_{ГЭ} + G_{ГК} \approx (0,6 \dots 0,7) G_T$
для полуприцепного грейдер-элеватора;

$$G_T = 80700 \text{ (кН)},$$

$$G_{ГЭ} + G_{ГК} = 0,6 \cdot 80700 = 48420 \text{ (кН)}$$

i - уклон поверхности движения, принимаем равным $0,1$.

Теоретическая производительность грейдер-элеватора в плотном теле

$$П_0 = S v_d (1 - 0,01 \delta) = 0,128 \cdot 3000 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 322 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где v_d , v_p - действительная и расчетная рабочие скорости движения грейдер-элеватора, м/ч;

δ - коэффициент буксования движителя при работе тягача на режиме максимальной тяговой мощности, %; для гусеничного движителя - $\delta = 8\%$.

Уточняем диаметр дискового ножа

$$d_H = \sqrt{\frac{5P_0}{k_{\Pi} v_d}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 322}{0,85 \cdot 3000}} = 0,79 \text{ м}$$

где P_0 - теоретическая производительность, м³/ч;

k_{Π} - коэффициент, учитывающий потери грунта при подаче дисковым ножом на конвейер; $k_{\Pi} = 0,85 \dots 0,95$.

Производительность конвейера

$$P_K = P_0 k_p = 322 \cdot 1,25 = 402,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где P_0 определяют при минимальном расчетном коэффициенте удельного сопротивления грунта резанию, чтобы получить максимальную производительность конвейера;

Принимаем $k_p = 1,25$

На участке установившегося движения производительность конвейера (м³/ч)

$$P_K = 3,6 \cdot 10^3 S_K v_K c_K = 3,6 \cdot 10^3 x' b_L^2 v_K c_K = 3600 \cdot 0,0416 \cdot 1,2^2 \cdot 2,5 \cdot 1,0 = 539,136$$

где S_K - площадь поперечного сечения грунта на ленте, м²;

v_K - скорость ленты конвейера, м/с; $v_K = 2,2 \dots 3,6$ м/с;

c_K - коэффициент, учитывающий влияние угла подъема конвейера на его производительность:

x' - коэффициент, учитывающий форму ленты; $x' = 0,0416$ и $0,0833$ для плоской и желобчатой ленты;

b_L - ширина ленты конвейера, м; стандартная ширина $b_L = 0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0$ м.

Сила тяжести грунта на конвейере (кН)

$$G_{ГК} = \frac{P_K \gamma_{Г}}{v_K 3,6 \cdot 10^6} = \frac{539,136 \cdot 19,1 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 3,6 \cdot 10^6} = 1,14 \text{ кН}$$

где P_K - в м³/ч;

$\gamma_{Г}$ - (19,1÷20,1) - удельный вес грунта нарушенной структуры, кН/м³;

L - длина ленточного конвейера, м,

v_K - в м/с.

Баланс мощности

Для полуприцепного или самоходного, однодвигательного грейдер-элеватора с электроприводом конвейера и гидронасосов мощность

$$N = N_{\Pi} \eta_1^{-1} + (N_K + N_{Оч} + N_{НАС}) \eta_2^{-1} = \frac{3,28}{0,8} + \frac{(12,95 + 1,2 + 1,02)}{0,8} = 23,06 \text{ кВт}$$

где N_{Π} , N_K , $N_{Оч}$, $N_{НАС}$ - соответственно мощности, необходимые для передвижения грейдер-элеватора с рабочей скоростью, привода ленточного конвейера, очистителя ленты и гидравлических насосов управления плужной балкой с рабочим органом, кВт;

η_1 - КПД привода движения; $\eta_1 = 0,80 \dots 0,85$;

η_2 - КПД, генератора и электродвигателей; $\eta_2 = 0,75 \dots 0,85$.

Мощность для передвижения грейдер-элеватора

$$N_{\Pi} = \frac{F v_P}{3,6 \cdot 10^3} = \frac{39392 \cdot 0,3}{3600} = 3,28 \text{ кВт}$$

где F - в кН, v_P - в м/с,

Мощность для привода конвейера

$$N_K = P_K \gamma_{\Gamma} (l_K f_{\Gamma} + h_K + 0,5 v_K^2 g^{-1}) 3,6^{-1} \cdot 10^{-6} \eta_3^{-1} = \\ = \frac{539,136 \cdot 19,1 \cdot 10^3 \cdot (2,6 \cdot 0,05 + 3,4 + \frac{0,5 \cdot 2,5^2}{9,81})}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,85} = 12,95 \text{ кВт}$$

где P_K - в м³/ч; γ_{Γ} - в кН/м³;

l_K - проекция длины ленточного конвейера на горизонтальное направление, м;

f_{Γ} - коэффициент сопротивления движению ленты конвейера на горизонтальном участке; $f_{\Gamma} = 0,04 \dots 0,06$;

h_K - разность высот уровней концевых барабанов конвейера; $h_K = 2,5 \dots 5,6$ м;

η_3 - КПД привода конвейера; $\eta_3 = 0,85$.

Для очистителя ленты $N_{Оч} = 0,8 \dots 1,5$ кВт. Принимаем $N_{Оч} = 1,2$ кВт.

Мощность для привода гидравлических насосов (кВт)

$$N_{НАС} = \frac{G_P v_{ПОД}}{\eta_4} = \frac{3,842 \cdot 0,2}{0,75} = 1,02$$

где G_P - сила тяжести плужной балки с рабочим органом, кН;

$v_{ПОД}$ - скорость подъема; $v_{ПОД} = 0,1 \dots 0,2$ м/с;

η_4 - суммарный КПД гидропривода; $\eta_4 = 0,7 \dots 0,8$.

Практическая работа №18

Тема: Определение основных параметров грейдер-элеваторов.

Цель работы: определить основные параметры грейдер-элеватора и произвести тяговый расчёт.

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Тип грунта	Длина участка разработки грунта L , км	Производительность $\Pi_{г-э}$, м ³ /ч	Базовый трактор	Масса грейдер-элеватора $M_{г-э}$, т
1	Суглинок	0,8	400	T-74	9,2
2	Супесь	1,3	650	T-100 М	11,2
3	Песок	1,1	800	T-4 АП	12,1
4	Песок влажный	0,9	1000	T-130	14,2
5	Супесь	1,0	1600	T-180	16,0
6	Суглинок влажный	0,95	450	ДТ-75	9,0
7	Супесь влажная	0,85	600	T-74	9,6
8	Суглинок	0,75	750	T-4 АП	10,6
9	Супесь	0,88	900	T- 100 М	11,2
10	Песок	0,98	1100	T-130	12,2
11	Песок	1,05	1300	T-180	14,0
12	Супесь	1,15	300	T-74	7,6
13	Супесь влажная	1,25	500	T-100 М	8,6
14	Суглинок влажный	0,95	700	T-4 АП	11,8
15	Песок	1,11	850	T-130	14,0
16	Суглинок	0,8	1200	T-130	15,0
17	Супесь	1,3	1500	T-180	15,6
18	Песок	1,1	550	T-4 АП	10,2
19	Супесь	0,9	650	T-130	11,6
20	Суглинок	1,0	800	T-180	14,2

Методика расчета

Основными параметрами грейдер - элеваторов являются:

1. Диаметр дискового рабочего ножа, схема которого показана на рисунке 3.

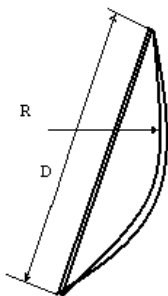


Рисунок 3 Схема режущего диска.

$$d_H = \sqrt{\frac{5\Pi_0}{k_{\Pi}v_d}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 322}{0,85 \cdot 3000}} = 0,79 \text{ м},$$

где $\Pi_{г-э}$ - производительность грейдер - элеватора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k_{Π} - коэффициент учитывающий потери грунта, принимается $k_{\Pi} = (0,80 \div 0,90)$.

V_d - рабочая скорость грейдер-элеватора, $\text{м}/\text{ч}$, рекомендуется $v_d = (6 \div 10) \text{ км}/\text{ч}$

2. Радиус кривизны режущего дискового ножа.

$$R = (0,85 \div 1,0) d_H, \text{ м},$$

где d_H - диаметр режущего дискового ножа, м ,

3. Глубина резания.

$$h = (0,0 \div 0,5) d_H, \text{ м},$$

4. Площадь сечения срезаемой стружки

$$F_c = 0,2 \cdot d_H^2, \text{ м}^2,$$

5. Углы:

а) резания, δ , принимается в зависимости от типа грунта,

$\delta = (20^\circ \div 40^\circ)$.большее значение для песка, меньшее для глины;

б) захвата, ε , принимается в зависимости от типа грунта в пределах

$\varepsilon = (40^\circ \div 50^\circ)$, большее значение для песка, меньшее для глины.

в) заострения, $\beta = (18^\circ \div 30^\circ)$.

6. Ширина ленты транспортёра

$$B_{\text{л}} = (1,2 \div 1,6) d_H, \text{ м},$$

Условие движения грейдер-элеватора

$$T_{\text{сц.г-э}} \geq \sum W_i$$

где $T_{\text{сц.г-э}}$ - сила тяги базового трактора по сцеплению, Н

T_t - тяговое усилие, развиваемое трактором, Н

$\sum W_i$ - сумма всех сил сопротивлений, Н

Сила тяги базового трактора по сцеплению

$$T_{\text{сц.г-э}} = G_{\text{сц.г-э}} \cdot \varphi_{\text{сц}} \dots H.$$

где $G_{\text{сц.г-э}}$ - сцепной вес грейдер-элеватора, Н,

$\varphi_{\text{сц}}$ - коэффициент сцепления ходового оборудования с грунтом, принимается $\varphi_{\text{сц}} = (0,6 \div 0,9)$. Для плотных грунтов принимается большие значения, для мягких грунтов принимают меньшие значения.

Сцепной вес грейдер-элеватора определяется

а) для прицепного грейдер-элеватора

$$G_{\text{сц.г-э}} = G_{\text{тр.}}, H,$$

где $G_{\text{тр}}$ - вес базового трактора, Н,

б) для полуприцепного грейдер-элеватора

$$G_{\text{сц.г-э}} (1,05 - 1,15) G_{\text{тр(т)}}, H,$$

где $G_{\text{тр(т)}}$ - вес базового трактора (тягача), Н,

в) для самоходного грейдер-элеватора

$$G_{\text{сц.г-э}} (1,20 - 1,35) G_t, H,$$

где $G_{\text{тр(т)}}$ - вес базового тягача, Н,

Рабочая скорость движения грейдер-элеватора $v_{\text{г-э}}$, м/с принимается по таблице 5

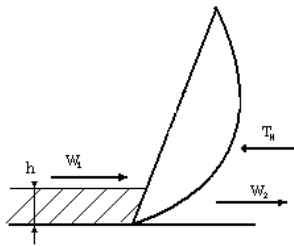


Рисунок 4 Расчётная схема.

Основными силами сопротивления при работе грейдер - элеватора являются

$$\sum W_i = W_1 + W_2 ,$$

где W_1 - сопротивление грунта копанью, Н

W_2 - сопротивление движению, Н

Соппротивление грунта копанию определяется

$$W_1 = k_k \cdot F_c \cdot H,$$

где k_k - удельное сопротивление грунта копанию зависит от типа грунта ,
принимается $k_k = (0,2 \div 0,45)$ МПа. Большее значение для плотных
грунтов.

F_c - площадь сечения срезаемой стружки, m^2

Соппротивление движению грейдер – элеватора определяется

$$W_2 = [(G_{Г-э} + G_{тр.}) + G_{тр.}] \cdot (f + i)$$

где $G_{тр.}$ - вес трактора, Н; который определяется

$$G_{тр.} = M_{тр.} \cdot g, H,$$

где $M_{тр.}$ - масса трактора, кг.

g - ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

Массу базового трактора определяем из таблицы. 6.5

$G_{Г-э}$ - общий вес грейдер–элеватора, Н;

$$G_{Г-э} = M_{Г-э} \cdot g, H,$$

где $M_{Г-э}$ - масса грейдер-элеватора, кг.

g - ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

Вес грунта на транспортере грейдер-элеватора $G_{тр.}$, принимается из
зависимости

$$G_{тр.} = (0,03 \div 0,05) G_{Г-э}, H,$$

f - коэффициент сопротивления движению, принимается $f = (0,06 \div 0,2)$.

Проверяем условие движения, и при необходимости сделаем
обоснование изложения в исходных данных.

Производительность грейдер-элеватора

$$\Pi_{Г-э} = 3600 \cdot L \cdot F_c \cdot k_n \cdot k_{вр.} / ((L/v_{р.х}) + t_{о.ц}), \text{ м}^3/\text{ч}.$$

где L – длина разрабатываемого участка, м;

F_c – площадь срезаемой стружки грунта, m^2 ;

k_n – коэффициент потерь грунта, принимается $k_n = (0,8 \div 0,9)$;

$k_{вр.}$ – коэффициент использования грейдер-элеватора во времени,
принимается $k_{вр.} = (0,95 \div 0,98)$;

$v_{р.х}$ – рабочая скорость грейдер-элеватора, принимается $v_{р.х} = (1,7 \div 2,6)$
м/с

$t_{о.ц}$ – время обслуживания цикла, принимается $t_{о.ц} = (30 \div 40)$ с.

Варианты заданий для расчета параметров

Показатель грейдер-элеватора	ДЗ-501	Д-437АК	ДЗ-502	ДЗ-503
Базовый тягач (модель)	Гусеничный Т-100	Колесный К-700	Гусеничный ТЧ80ГП	Одноосный тягач БелАЗ-531
Режущий орган:				
тип	Дисковый	Совковый	Дисковый	Струг
диаметр, м	0,8	-	1,1	-
ширина, м	-	0,8	-	1,1
Ширина ленты транспортера, м	1,2	1,2	1,2	1,2
Двигатель для привода рабочего органа: тип	Дизельный		Электрический	От вала отбора мощности тягача
марка	СМД-18К		АО-93-8/4	
Число колес	3	3	2	2
Ширина колеи, м:				
в рабочем положении	5,63	3,64	3	4,42
в транспортном положении	3,33	3,33	2,5	2,53
Дорожный просвет, м	0,37	0,29	0,35	0,4
Трансмиссия привода рабочих органов	Механическая			

Техническая производительность, м ³ /ч	До 600	До 600	750-800	1600
Глубина резания, м	0,7	0,7	0,42	0,6
Угол резания, град	20-55	20-55	45-75	35
Угол захвата, град	40-55	40-55	35-55	-
Высота подъема транспортера, м	3,4	3,4	4	5,6
Наибольшая дальность отсыпки грунта, м	10,5	10,5	15	20
Скорость движения ленты транспортера, м/с	3,6	3,6	3,5; 6,7	1,75
Наименьший радиус поворота, м	4	4	10	8
Скорость передвижения, км/ч: рабочая транспортная	2,36-3,78 До 10,13	2,9-3,6 До 31	2,9-4,62 До 12	2,6-5,7
Габаритные размеры, м: длина ширина высота	6,28/6,28 3,93/8,7 3/3,8	6,195/6,13 3,93/9,35 3/4,25	12,36/12,36 3,64/9,67 4,1/3,23	11,088/11,088 5,57/13,77 4,44/3,5
Масса, т	8,07	8,76	27,6	32,2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА»
(наименование дисциплины)**

Направление подготовки	08.03.01 Строительство
Направленность (профиль)	Проектирование зданий
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная

Ставрополь

ВВЕДЕНИЕ

Подъем капитального строительства на качественно новый уровень возможен лишь за счет последовательного проведения курса на дальнейшую его механизацию, существенного сокращения ручного труда, совершенствования структуры и организации строительного производства.

Одним из ведущих факторов в решении задач сокращения себестоимости и сроков строительства, повышения производительности труда и эффективности строительного производства является комплексная механизация строительно-монтажных работ. Комплексная механизация строительного производства, прежде всего, требует его насыщения необходимым количеством высокопроизводительных машин, освоения производства и применения ряда новых типов машин, расширение технологических возможностей средств механизации и совершенствование организации их эффективного использования.

Настоящие методические указания представляют собой задания к контрольной работе по строительным машинам с подробным рассмотрением решения подобных задач.

Контрольная работа состоит из двух задач.

Задание к задаче №1 содержит вопросы по расчету лебедки или ленточного конвейера, или щековой камнедробилки, согласно двум последним цифрам шифра зачетной книжки.

После решения задачи необходимо ответить на 3 вопроса, также согласно шифру в зачетной книжке.

Задание к задаче №2 включает решение вопроса по одноковшовому экскаватору ЭО - 4111Б или ЭО - 6111 Б.

После решения задачи также необходимо ответить на 3 теоретических вопроса, касающихся не только строительных машин, но и автоматизации в строительстве. Описание теоретических вопросов сопровождать необходимыми схемами и рисунками.

ЗАДАНИЕ К ЗАДАЧЕ №1

При выполнении этой задачи студент должен:

- 1 – определить конструктивно-технологические параметры одной из машин, приняв данные из таблицы 1 в соответствии с номером в зачетной книжке;
- 2 – ответить письменно на три вопроса, взяв номера вопросов из таблицы 2 в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

Примечания к таблице 1:

1. Для лебедки (позиции № 0 – 1):

G – вес груза, кН; n – частота вращения двигателя, об/мин; H – высота подъема груза, м; D – диаметр рабочего колеса, мм; Z – количество зубьев на шестеренке, шт.

2. Для конвейера (позиции № 2 – 5):

Π – производительность машины, м³/ч; L – длина ленты конвейера, м; α – угол наклона оси конвейера к горизонту, град; песок, шлак, щебень и др. – транспортируемый материал.

3. Для камнедробилки (позиции № 6 - 9):

песчаник	$E = 43 \text{ мПа}$	$\sigma = 120 \text{ мПа}$
известняк	$E = 30 \text{ мПа}$	$\sigma = 100 \text{ мПа}$
мрамор	$E = 45 \text{ мПа}$	$\sigma = 150 \text{ мПа}$
гранит	$E = 50 \text{ мПа}$	$\sigma = 160 \text{ мПа}$
базальт	$E = 70 \text{ мПа}$	$\sigma = 200 \text{ мПа}$

m – степень дробления;

μ – коэффициент разрыхления дробленого продукта;

σ – предел прочности дробимой породы, мПа;

E – модуль упругости разрушаемого материала, кгс/см².

Таблица 1 Задание к задаче № 1

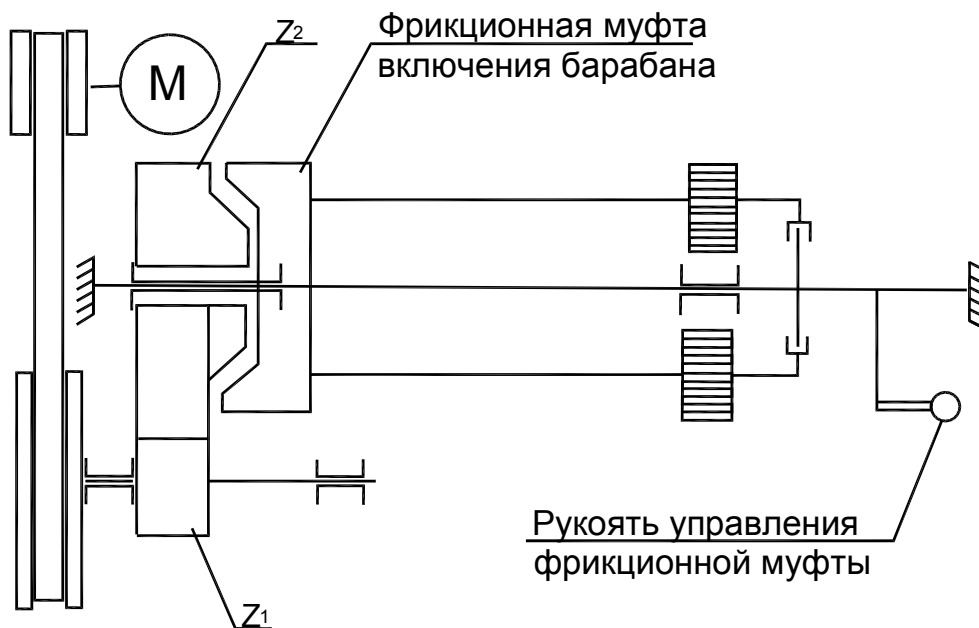
Последняя цифра шифра	Вид машины	Предпоследняя цифра в зачетной книжке									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	Лебедка зубчатая (см. рис.1)	Режим работы – тяжелый Кратность полиспаста $i = 3$			Режим работы – средний Кратность полиспаста $i = 4$			Режим работы – легкий Кратность полиспаста $i = 5$			
		G = 20 n = 750 H = 15	G = 40 n = 1000 H = 10	G = 15 n = 1500 H = 20	G = 30 n = 1000 H = 25	G = 40 n = 1200 H = 12	G = 55 n = 950 H = 18	G = 55 n = 1500 H = 30	G = 10 n = 1000 H = 15	G = 60 n = 750 H = 22	G = 25 n = 1200 H = 10
1	Лебедка реверсивная (см. рис.2)	Режим работы – тяжелый Кратность полиспаста $i = 2$			Режим работы – средний Кратность полиспаста $i = 5$			Режим работы – легкий Кратность полиспаста $i = 4$			
		G = 15 n = 1200 H = 8	G = 20 n = 1000 H = 10	G = 25 n = 1500 H = 15	G = 10 n = 750 H = 20	G = 30 n = 950 H = 12	G = 75 n = 1450 H = 18	G = 19 n = 750 H = 25	G = 30 n = 1500 H = 30	G = 20 n = 750 H = 15	G = 25 n = 1500 H = 8
2	Конвейер ленточный (см. рис.3), (лента плоская L=20 м)	песок П = 60 $\alpha = 15$	цемент П = 80 $\alpha = 6$	гравий П = 100 $\alpha = 19$	шлак П = 30 $\alpha = 14$	щебень П = 130 $\alpha = 16$	песок П = 120 $\alpha = 19$	цемент П = 60 $\alpha = 15$	гравий П = 110 $\alpha = 13$	шлак П = 30 $\alpha = 10$	щебень П = 50 $\alpha = 11$
3	Конвейер ленточный (см. рис.3), (лента желобчатая L=60 м)	шлак П = 30 $\alpha = 15$	щебень П = 130 $\alpha = 17$	песок П = 120 $\alpha = 20$	песок П = 60 $\alpha = 18$	цемент П = 80 $\alpha = 8$	гравий П = 100 $\alpha = 12$	песок П = 60 $\alpha = 12$	цемент П = 150 $\alpha = 13$	гравий П = 60 $\alpha = 10$	шлак П = 80 $\alpha = 6$
4	Конвейер ленточный (см. рис.3), (лента плоская L=80 м)	песок П = 70 $\alpha = 19$	шлак П = 90 $\alpha = 9$	щебень П = 100 $\alpha = 13$	гравий П = 40 $\alpha = 16$	шлак П = 140 $\alpha = 18$	цемент П = 130 $\alpha = 20$	гравий П = 80 $\alpha = 14$	шлак П = 170 $\alpha = 19$	цемент П = 40 $\alpha = 133$	гравий П = 100 $\alpha = 6$
5	Конвейер ленточный (см. рис.3), (лента желобчатая L=10 м)	щебень П = 50 $\alpha = 18$	песок П = 70 $\alpha = 8$	шлак П = 90 $\alpha = 12$	шлак П = 30 $\alpha = 15$	гравий П = 130 $\alpha = 17$	шлак П = 120 $\alpha = 20$	шлак П = 60 $\alpha = 11$	гравий П = 150 $\alpha = 15$	песок П = 60 $\alpha = 17$	цемент П = 80 $\alpha = 11$

Продолжение таблицы 1

Последняя цифра шифра	Вид машины	Предпоследняя цифра в зачетной книжке									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Камнедробилка щековая с простым качеством щеки (см. рис. 4) (1200 x 1500 мм)	песчаник m = 6 $\mu = 0,3$	известняк m = 7 $\mu = 0,4$	мрамор m = 8 $\mu = 0,5$	гранит m = 9 $\mu = 0,6$	базальт m = 10 $\mu = 0,7$	песчаник m = 4 $\mu = 0,4$	известняк m = 3 $\mu = 0,4$	мрамор m = 2 $\mu = 0,4$	гранит m = 4 $\mu = 0,4$	базальт m = 6 $\mu = 0,4$
7	Камнедробилка щековая со сложным качеством щеки (см. рис. 4) (400 x 600 мм)	известняк m = 5 $\mu = 0,3$	мрамор m = 5 $\mu = 0,5$	гранит m = 5 $\mu = 0,6$	базальт m = 5 $\mu = 0,7$	песчаник m = 5 $\mu = 0,8$	базальт m = 7 $\mu = 0,3$	песчаник m = 6 $\mu = 0,3$	известняк m = 7 $\mu = 0,3$	мрамор m = 6 $\mu = 0,3$	гранит m = 7 $\mu = 0,3$
8	Лебедка зубчато-фрикционная. (Рисунок 1)	Режим работы средний Кратность полиспаста i=4			Режим работы легкий Кратность полиспаста i=3			Режим работы тяжелый Кратность полиспаста i=5			
		G=20 n=1200 H=12	G=25 n=1420 H=14	G=30 n=960 H=16	G=15 n=1500 H=22	G=20 n=750 H=18	G=25 n=950 H=20	G=16 n=1200 H=15	G=21 n=1000 H=17	G=23 n=750 H=21	G=25 n=1200 H=24
9	Лебедка Реверсивная. (Рисунок 2)	Режим работы средний Кратность полиспаста i=2			Режим работы легкий Кратность полиспаста i=3			Режим работы тяжелый Кратность полиспаста i=5			
		G=18 n=1420 H=8	G=10 n=960 H=6	G=12 n=1500 H=10	G=14 n=1200 H=11	G=16 n=750 H=14	G=20 n=1000 H=12	G=16 n=1200 H=15	G=22 n=960 H=16	G=24 n=1420 H=18	G=26 n=960 H=22

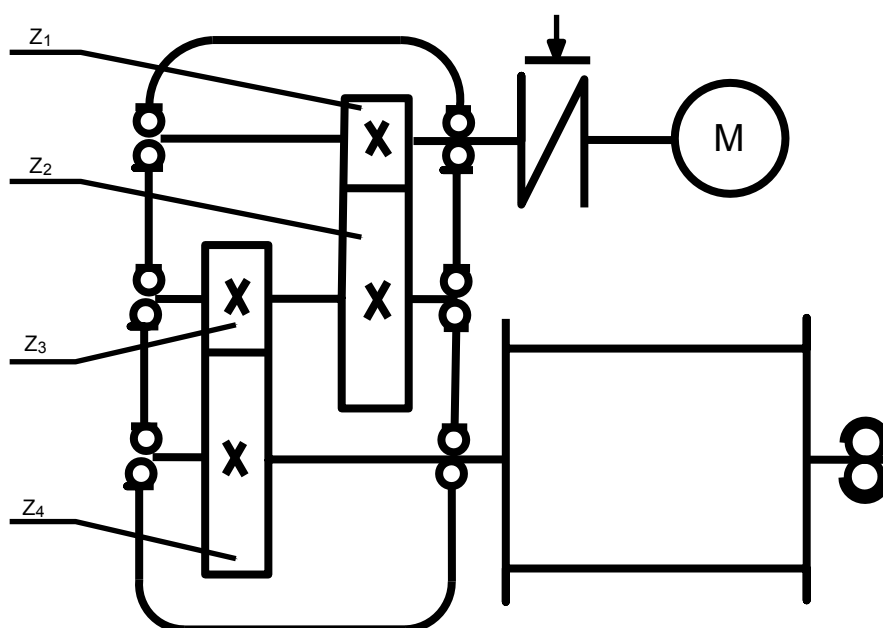
Таблица 2 Номера вопросов для письменных ответов к задаче №1

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра в зачетной книжке									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	16;34;1	35; 12;4	40;7;30	1;5;31	28;21;3	30;40;14	32;4;21	26;3;6	37;4;15	31;4;8
1	18;33;4	31;33;14	13;32;10	30;17;8	31;7;13	27;39; 15	37;7;14	34;2;15	29;14;38	4;22;8
2	32;20;3	4;8;31	36;19;1	31;9;4	40;7;9	29;13;6	26;12;39	33;22;17	28;4;19	26;24;10
3	25;15;8	10;37;3	32;18;2	35;17;4	26;12;9	28;12;39	38;16;3	27;14;39	3;13;37	6;23; 12
4	27;12;4	18;6;32	27;36;15	28;38;13	30;40;11	26;38;9	25;20;38	33;3;22	27;11;19	33;11;37
5	34;7;12	28;3;17	31;13;3	36;40;7	33;8;23	31;14;3	27;40;19	34;9;13	39;14;5	29;40;16
6	29;20;6	26;19;8	36;40;22	35;16;4	27;33;5	37;7;22	31;16;9	31;40;14	20;40;6	28;31;10
7	33;1;11	21;36;3	30;14;8	33;38;5	29;40;12	35;15;4	32;20;38	28;16;38	31;9;21	27;39;12
8	31;18;3	39;19;33	29;15;5	27;39;8	34;9;18	36;38;21	35; 1 ;13	29;3;17	11;37;23	12;24;39
9	30;4;17	26;40;16	28;39;6	9;40;5	36;19;24	16;38;7	28;39;20	30;18;9	16;26;19	9;29;38



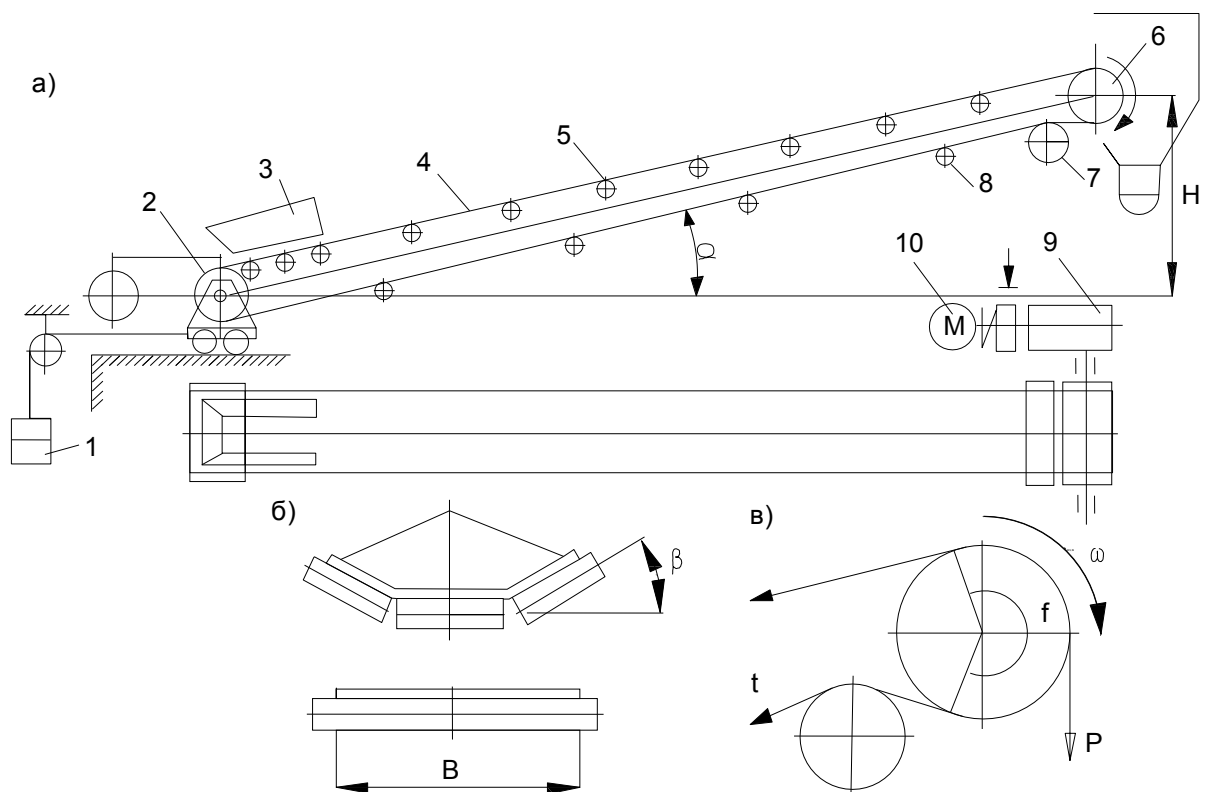
$$D_1 = 160, D_2 = 600, Z_1 = 18, Z_2 = 88$$

Рисунок 1 – Схема зубчато-фрикционной лебедки



$$Z_1 = 11, Z_2 = 81, Z_3 = 12, Z_4 = 60$$

Рисунок 2 – Схема реверсивной лебедки

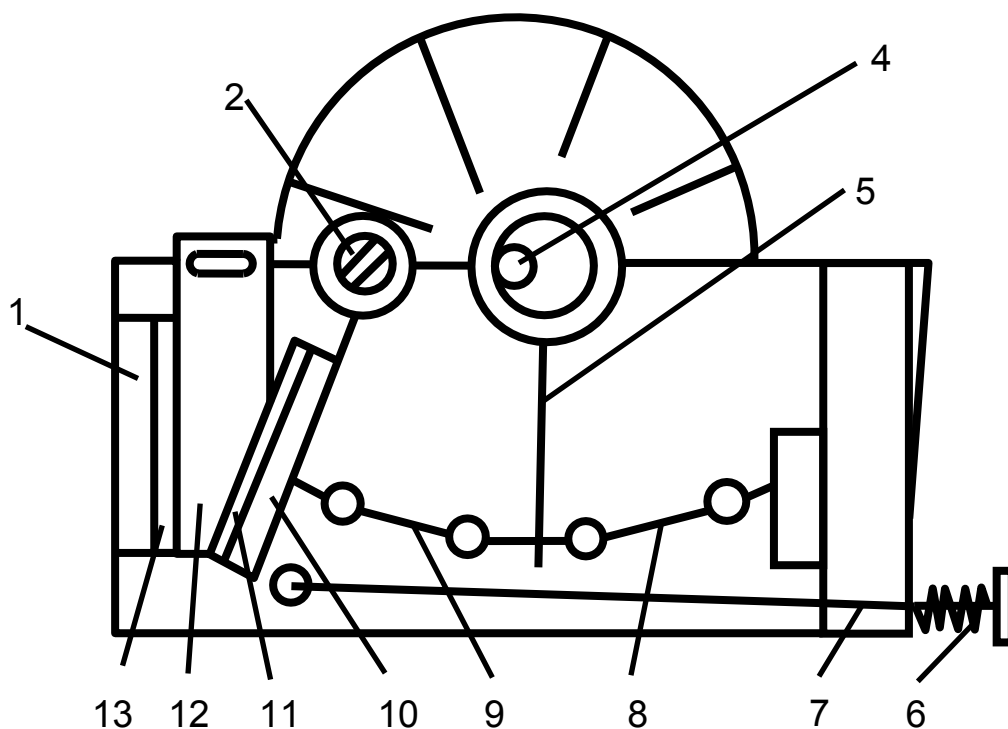


а) схема конструкции; б) виды роlikоопор;

в) схема усилий на приводном барабане;

1 – натяжное устройство; 2 – натяжной барабан; 3 – приемная воронка; 4 – транспортная лента; 5 – верхние роlikоопоры (формирующие); 6 – приводной барабан; 7 – отклоняющий барабан; 8 – нижние роlikоопоры (поддерживающие); 9 – редуктор; 10 – электродвигатель

Рисунок 3 – Ленточный конвейер



а – схема дробилки с простым движением щеки;

б – схема дробилки со сложным движением щеки

Рисунок 4 – Щековые камнедробилки

ЗАДАНИЕ ПО ПОЗИЦИЯМ К ЗАДАЧЕ №1

Определяя конструктивно-технологические параметры машины по позициям № 0 – 1 необходимо:

- описать принцип работы, устройство и область применения лебедки заданного типа (см. таблицу 1; рисунки 1 и 2);

- определить: а) КПД полиспаста; б) максимальное усилие в ветви каната, навиваемой на барабан с учетом КПД полиспаста; в) диаметр стального каната и минимальные диаметры блоков и барабана; г) рабочую длину барабана; д) частоту вращения барабана и скорость навивки каната на барабан; е) мощность электродвигателя лебедки с учетом КПД механизмов;

- выполнить схему подъема груза с помощью лебедки и полиспаста.

Определяя конструктивно-технологические параметры машины по позициям № 2 – 5 (см. таблицу 1 и рисунок 3) необходимо:

- описать принцип работы, устройство и область применения ленточного конвейера;

- определить по заданным условиям задачи следующие параметры ленточного конвейера (выбрав с обоснованием скорость движения ленты): а) размеры (ширину и толщину) ленты; б) число прокладок ленты; в) мощность двигателя; г) натяжение в рабочей ветви ленты; д) диаметр и частоту вращения приводного барабана;
- выполнить схему ленточного конвейера с обозначением основных узлов.

Определяя конструктивно-технологические параметры машины по позициям № 6 – 9 (см. таблицу I и рисунок 4) необходимо:

- дать описание и схему устройства щековой камнедробилки с обозначением основных узлов;
- по заданным условиям задачи определить следующие параметры щековой камнедробилки: а) общую высоту загрузочной камеры; б) размер кусков загружаемой породы и продукта дробления; в) принять ход подвижной щеки; г) частоту вращения эксцентрикового вала; д) производительность дробилки; е) мощность электродвигателя.
- выполнить схему камнедробилки с обозначением основных узлов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПИСЬМЕННЫХ ОТВЕТОВ К ЗАДАЧЕ №1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Для чего служит храповый механизм? Как он устроен и где его применяют? Приведите схему.
2. Как устроены: грузоупорные тормоза? Где их применяют? Приведите схему.
3. По каким признакам классифицируют строительные машины?
4. Какие требования предъявляют к строительным машинам?
5. Дайте определение узла и детали. Из каких основных узлов состоят строительные машины?
6. Какие различают категории производительности строительных машин? Дайте определение каждой категории и приведите расчетные формулы.
7. Дайте определение трансмиссии, из чего она состоит. Какие типы трансмиссий применяют в строительных машинах?
8. Что включает шасси автомобиля? Виды кузовов и способы их разгрузки.
9. Приведите основные отличия классического самосвала и шарнирно-сочлененного, дайте их схемы.
10. Какие виды ходового оборудования применяют для передвижных строительных машин? Особенности, область применения, преимущества и недостатки этого оборудования.
11. Какие типы систем управления контроля и защиты применяют в строительных машинах? Укажите область их применения, преимущества и недостатки.

ТРАНСПОРТНЫЕ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

12. Какие типы автомобилей, тракторов и пневмоколесных тягачей применяют в строительстве? Приведите их основные технико-эксплуатационные показатели.

13. Из каких частей и узлов состоят грузовые автомобили и колесные тракторы? Приведите их кинематические схемы и объясните назначение сцепления, коробки передач, карданного вала, главной передачи и дифференциала.

14. Из каких основных частей и узлов состоит гусеничный трактор? Приведите его кинематическую схему и объясните, как осуществляется разворот трактора.

15. Как устроены одноосные и двухосные пневмоколесные тягачи? Приведите их кинематическую схему и область применения.

16. Каким прицепным и навесным оборудованием можно оснащать автомобили, тракторы и пневмоколесные тягачи?

17. Как устроены и в каких случаях применяются ленточные, винтовые конвейеры? Приведите их принципиальные схемы с обозначением основных узлов.

18. Как устроены, работают и где применяются вибрационные конвейеры? Приведите их принципиальные схемы.

19. Как определяют производительность транспортирующих машин непрерывного действия?

20. Как устроены, работают и где применяются установки для пневматического транспортирования материалов? Приведите принципиальные схемы всасывающей и нагнетательной транспортирующей установок.

21. По каким признакам классифицируют самоходные погрузчики? Как определяют их производительность?

22. Приведите принципиальные схемы универсальных одноковшовых погрузчиков и укажите, с какими видами сменного рабочего оборудования может работать каждый из них.

23. Как устроены, работают и где применяются разгрузочные машины циклического и непрерывного действия? Приведите их принципиальные схемы.

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

24. Опишите устройство винтовых, реечных и гидравлических домкратов, укажите область их применения, приведите принципиальные схемы.

25. Опишите устройство реверсивной и зубчато-фрикционной лебедок. Выполните их кинематические схемы, изложите основы тягового расчета.

26. Каково назначение талей и электротельферов? Приведите их принципиальные схемы.

27. Какие типы кранов применяют в строительстве? Дайте их основные характеристики и сравнительную оценку.

28. Опишите устройство и область применения башенных кранов с поворотным оголовком и поворотной платформой. Приведите их индексацию, конструктивные схемы и дайте им сравнительную оценку.

29. Приведите схему монтажа и демонтажа одного из кранов серии КБ.

30. Объясните устройство и укажите область применения самоходных стреловых кранов с различными видами сменного рабочего оборудования, приведите общую индексацию и принципиальную схему любого крана.

31. Приведите кинематические схемы автомобильных кранов с механическими и дизель-электрическими приводами, область применения, достоинства и недостатки.

32. Как устроены, работают и где применяются козловые и кабельные краны? Приведите их принципиальные схемы.

33. Укажите мероприятия, обеспечивающие устойчивость передвижных кранов. Что такое коэффициент собственной и грузовой устойчивости?

34. Рассмотрите устройство мачтовых, скиповых и шахтных подъемников, приведите их принципиальные схемы, укажите область применения.

35. Как определяют производительность кранов и подъемников?

МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

36. Опишите на конкретных примерах виды землеройных и землеройно-транспортных машин, применяемых в строительстве?

37. Дайте критический анализ конструкций бульдозеров с канатным и гидравлическим управлением, приведите принципиальные схемы систем управления отвалом.

38. Дайте общую оценку существующим типам скреперов, приведите принципиальную схему одного из них.

39. Проанализируйте основы тягового расчета землеройно-транспортных машин.

40. Как устроен, и какие виды работ выполняет автогрейдер? Приведите схему.

41. По каким признакам классифицируют и индексируют одноковшовые экскаваторы?

42. Из каких частей и механизмов состоит одноковшовый строительный экскаватор с механическим и гидравлическим приводом? Дайте перечень и оценку сменного рабочего оборудования одноковшового экскаватора.

ЗАДАНИЕ К ЗАДАЧЕ №2

Выполняя вторую задачу, студент должен:

- решить задачу, исходные данные взять из таблицы 3, в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки;
- ответить письменно на три вопроса, выбрав номера вопросов из таблицы 6, в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

Необходимо:

- описать устройство, принцип действия, назначение и область применения одноковшового строительного экскаватора;
- выполнить схему одноковшового экскаватора с заданным видом сменного рабочего оборудования и обозначить на ней основные узлы и механизмы;
- на кинематической схеме экскаватора (рисунок 4 и 5) указать название основных узлов и механизмов;
- используя кинематическую схему, определить скорость одного из механизмов экскаватора, указанного в задании;
- определить время полного цикла работы экскаватора, его техническую и эксплуатационную производительность и указать пути повышения производительности.

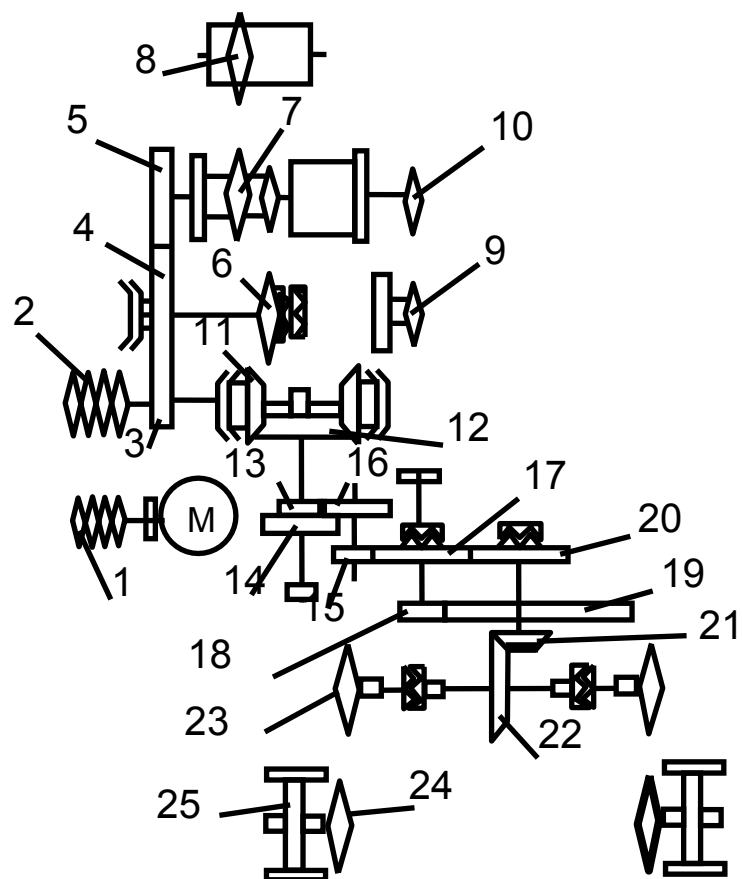


Рисунок 5 – Экскаватор ЭО-4111Б

Таблица 3 Исходные данные к задаче №2

Предпоследняя цифра шифра в зачетной книжке	Тип экскаватора и вид сменного рабочего оборудования	Последняя цифра в зачетной книжке			
		0	1	2	3
0	ЭО-4111Б с обратной лопатой n = 835	механизм подъема ковша; грунт III категории; погрузка в транспорт			
		$\alpha = 90$	$\alpha = 120$	$\alpha = 60$	$\alpha = 120$
1	ЭО-6111Б с драглайном n = 1500	механизм передвижения; грунт I категории; работа в отвал			
		$\alpha = 180$	$\alpha = 90$	$\alpha = 120$	$\alpha = 90$
2	ЭО-4111Б с прямой лопатой n = 900	механизм поворота платформы; грунт II категории; погрузка в транспорт			
		$\alpha = 120$	$\alpha = 60$	$\alpha = 90$	$\alpha = 60$
3	ЭО-6111Б с прямой лопатой n = 1400	механизм подъема стрелы; грунт IV категории; погрузка в транспорт			
		$\alpha = 120$	$\alpha = 180$	$\alpha = 150$	$\alpha = 130$
4	ЭО-4111Б с драглайном n = 800	механизм подтягивания ковша; грунт II категории; работа в отвал			
		$\alpha = 120$	$\alpha = 180$	$\alpha = 90$	$\alpha = 60$
5	ЭО-4111Б с обратной лопатой n = 950	механизм подъема ковша; грунт III категории; погрузка в транспорт			
		$\alpha = 90$	$\alpha = 45$	$\alpha = 180$	$\alpha = 120$
6	ЭО-6111Б с прямой лопатой n = 1420	механизм напора; грунт IV категории; работа в отвал			
		$\alpha = 180$	$\alpha = 120$	$\alpha = 60$	$\alpha = 120$
7	ЭО-6111Б с грейфером n = 1300	механизм замыкания ковша; грунт I категории; погрузка в транспорт			
		$\alpha = 120$	$\alpha = 90$	$\alpha = 90$	$\alpha = 60$
8	ЭО-4111Б с прямой лопатой n = 1000	механизм передвижения; грунт III категории; погрузка в транспорт			
		$\alpha = 60$	$\alpha = 180$	$\alpha = 150$	$\alpha = 45$
9	ЭО-6111Б с прямой лопатой n = 1600	механизм подъема стрелы; грунт IV категории; погрузка в транспорт			
		$\alpha = 90$	$\alpha = 150$	$\alpha = 120$	$\alpha = 180$

Предпоследняя цифра шифра в зачетной книжке	Тип экскаватора и вид сменного рабочего оборудования	Последняя цифра в зачетной книжке					
		4	5	6	7	8	9
0	ЭО-4111Б с обратной лопатой n = 835	механизм подъема стрелы; грунт II категории; работа в отвал				механизм поворота; грунт I категории; работа в отвал	
		$\alpha = 90$	$\alpha = 120$	$\alpha = 60$	$\alpha = 90$	$\alpha = 60$	$\alpha = 45$
1	ЭО-6111Б с драглайном n = 1500	механизм подтягивания ковша; грунт III категории; погрузка в транспорт				механизм подъема ковша; грунт II категории; работа в отвал	
		$\alpha = 120$	$\alpha = 60$	$\alpha = 45$	$\alpha = 180$	$\alpha = 120$	$\alpha = 90$
2	ЭО-4111Б с прямой лопатой n = 900	механизм напора; грунт III категории; погрузка в транспорт				механизм передвижения; грунт I категории; погрузка в транспорт	
		$\alpha = 180$	$\alpha = 150$	$\alpha = 90$	$\alpha = 60$	$\alpha = 90$	$\alpha = 120$
3	ЭО-6111Б с прямой лопатой n = 1400	механизм напора; грунт II категории; погрузка в транспорт					
		$\alpha = 180$	$\alpha = 90$	$\alpha = 120$	$\alpha = 45$	$\alpha = 180$	$\alpha = 60$
4	ЭО-4111Б с драглайном n = 800	механизм поворота платформы; грунт I категории; погрузка в транспорт					
		$\alpha = 180$	$\alpha = 90$	$\alpha = 120$	$\alpha = 60$	$\alpha = 150$	$\alpha = 180$
5	ЭО-4111Б с обратной лопатой n = 950	механизм подтягивания ковша; грунт II категории; работа в отвал				механизм поворота; грунт III категории; работа в отвал	
		$\alpha = 45$	$\alpha = 80$	$\alpha = 180$	$\alpha = 120$	$\alpha = 80$	$\alpha = 90$
6	ЭО-6111Б с прямой лопатой n = 1420	механизм передвижения; грунт IV категории; погрузка в транспорт				механизм подъема ковша; грунт IV категории; погрузка в транспорт	
		$\alpha = 90$	$\alpha = 120$	$\alpha = 60$	$\alpha = 90$	$\alpha = 60$	$\alpha = 45$

Предпоследняя цифра шифра в зачетной книжке	Тип экскаватора и вид сменного рабочего оборудования	Последняя цифра в зачетной книжке					
		4	5	6	7	8	9
7	ЭО-6111Б с грейфером n = 1300	механизм подъема ковша; грунт IV категории; разгрузка в отвал			механизм подъема стрелы; грунт IV категории; разгрузка в отвал		
		$\alpha = 60$	$\alpha = 150$	$\alpha = 90$	$\alpha = 60$	$\alpha = 90$	$\alpha = 120$
8	ЭО-4111Б с прямой лопатой n = 1000	механизм напора; грунт II категории; погрузка в транспорт			механизм поворота; грунт IV категории; работа в отвал		
		$\alpha = 120$	$\alpha = 60$	$\alpha = 120$	$\alpha = 45$	$\alpha = 180$	$\alpha = 60$
9	ЭО-6111Б с прямой лопатой n = 1600	механизм напора; грунт II категории; работа в отвал			механизм подъема ковша; грунт III категории; работа в отвал		
		$\alpha = 60$	$\alpha = 90$	$\alpha = 60$	$\alpha = 120$	$\alpha = 150$	$\alpha = 180$

Примечания к таблице 3:

1. В первой строке указан узел, скорость рабочего органа которого нужно определить.
2. α – угол поворота экскаватора при разгрузке, град.
3. n – частота вращения вала двигателя, об/мин.

Таблица 4 Данные к кинематической схеме экскаватора ЭО-4111Б

Звездочка	$Z_1 = 23$	Шестерня	$Z_{15} = 24$
	$Z_2 = 96$		$Z_{16} = 30$
Шестерня	$Z_3 = 13$		$Z_{17} = 49$
	$Z_4 = 70$		$Z_{18} = 10$
	$Z_5 = 78$	Зубчатый венец	$Z_{19} = 79$
Звездочка	$Z_6 = 15$	Шестерня	$Z_{20} = 40$
	$Z_7 = 15$	Коническая шестерня	$Z_{21} = 17$
	$Z_8 = 19$		$Z_{22} = 11$
	$Z_9 = 15$	Звездочка	$Z_{23} = 10$
	$Z_{10} = 15$		$Z_{24} = 19$

Продолжение таблицы 4

Коническая шестерня	$Z_{11} = 18$		$Z_{25} = 8$
	$Z_{12} = 27$		$Z_{25} = 255 \text{ мм}$
Шестерня	$Z_{13} = 12$		
	$Z_{14} = 17$		

Расчетные диаметры: барабана подъема ковша $D_k = 700 \text{ мм}$, стрелы $D_c = 300 \text{ мм}$, напорного механизма $D_H = 500 \text{ мм}$.

Таблица 5 Данные к кинематической схеме экскаватора ЭО-6111Б

Шестерня	$Z_1 = 16$	Коническая шестерня	$Z_{16} = 20$
	$Z_2 = 60$		$Z_{17} = 29$
	$Z_3 = 40$	Шестерня	$Z_{18} = 20$
	$Z_4 = 40$		$Z_{19} = 52$
	$Z_5 = 160$		$Z_{20} = 38$
	$Z_6 = 23$		$Z_{21} = 38$
	$Z_7 = 127$		$Z_{22} = 15$
Звездочка	$Z_8 = 17$	Зубчатый венец	$Z_{23} = 130$
	$Z_9 = 65$	Коническая шестерня	$Z_{24} = 14$
	$Z_{10} = 40$		$Z_{25} = 42$
	$Z_{11} = 11$	Звездочка	$Z_{26} = 9$
	$Z_{12} = 11$		$Z_{27} = 17$
	$Z_{13} = 11$		$Z_{28} = 10$
Шестерня	$Z_{13} = 11$		$Z_{28} = 50 \text{ мм}$
	$Z_{14} = 50 \text{ мм}$	Шестерня	$Z_{29} = 12$
Рейка	$Z_{15} = 50$	Червяк	$Z_{30} = 1$
		Червячное колесо	$Z_{31} = 24$

Расчетные диаметры: барабана подъема ковша $D_k = 700 \text{ мм}$, стрелы $D_c = 300 \text{ мм}$.

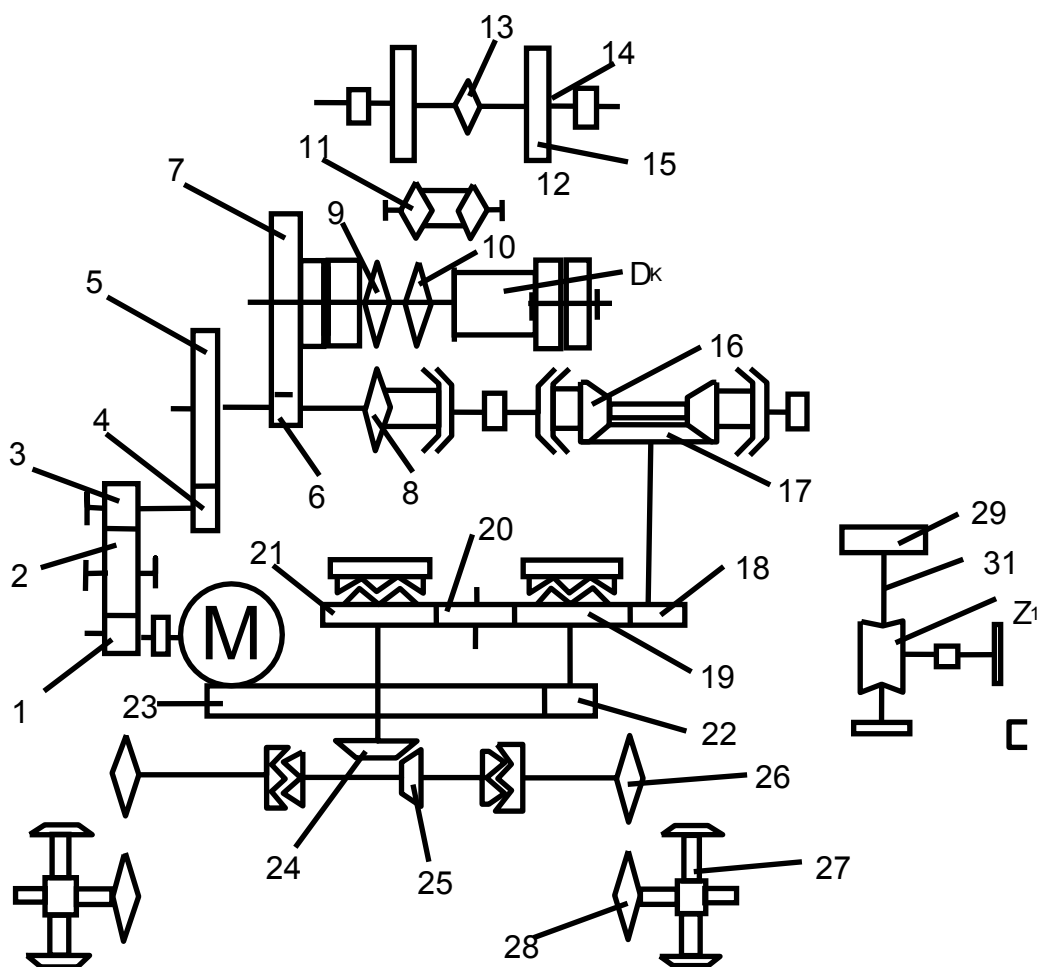


Рисунок 6 – Экскаватор ЭО-6111Б

Таблица 6 Номера вопросов для письменных ответов к задаче №2

Предпоследняя цифра шифра в зачетной книжке	Последняя цифра в зачетной книжке									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	61;42;59	43;50;70	53;60;41	49;41;97	69;49;96	48;41;95	71;46;94	44;56;93	80;43;92	77;73;91
1	62;44;81	54;58;82	56;51;83	55;59;84	68;48;85	49;42;86	49;57;87	53;57;88	68;54;89	56;41;90
2	45;58;87	52;74;86	54;72;85	58;62;84	67;57;83	57;55;82	68;48;81	42;50;76	51;56;71	59;74;66
3	46;52;97	55;80;96	53;65;95	64;69;94	65;46;93	56;53;92	47;61;91	51;60;90	53;57;89	50;75;88
4	47;54;58	56;51;65	55;56;73	57;63;55	66;77;54	67;46;60	64;80;57	61 ;71;68	52;68;69	78;46;54
5	48;56;67	52;45;61	57;54;75	56;54;66	64;75;59	55;47;50	50;57;80	55;62;49	73;55;60	50;67;63
6	63;68;80	57;52;66	65;76;54	54;79;67	62;44;50	53;74;65	41;52;71	56;63;70	67;51;77	51;78;42
7	69;59;75	58;53;67	80;60;46	51;48;70	68;78;50	60;71;68	62;55;70	66;54;72	54;62;68	52;58;69
8	60;70;76	64;56;52	50;77;58	72;47;59	52;68;61	53;73;78	74;58;65	66;60;43	57;45;43	53;80;72
9	51;71;68	59;54;78	71;57;47	53;49;58	61;77;52	42;50;57	73;79;52	68;53;74	56;70;80	55;71;41

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПИСЬМЕННЫХ ОТВЕТОВ К ЗАДАЧЕ №2 МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

43. Как исчисляют производительность одноковшовых экскаваторов при разном сменном оборудовании? Какие основные мероприятия позволяют увеличить производительность одноковшовых экскаваторов?

44. Опишите устройство, принцип действия и область применения многоковшовых экскаваторов продольного и поперечного копания. Приведите принципиальные схемы этих машин.

45. Опишите устройство, область применения и принцип действия траншейных многоковшовых экскаваторов. Приведите принципиальные схемы роторного и Цепного экскаваторов.

46. Как определяют производительность многоковшового экскаватора?

47. Какое оборудование применяют для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций?

48. Перечислите основные группы оборудования, применяемого для гидромеханизации земляных работ. Осветите конструкции гидромониторов землесосов и укажите область их применения в строительстве. Приведите принципиальные схемы.

49. Какие виды оборудования применяют для разработки мерзлых грунтов? Приведите принципиальные схемы.

50. По каким признакам классифицируют машины для уплотнения грунтов? Приведите их принципиальные схемы.

МАШИНЫ ДЛЯ БУРОВЫХ РАБОТ

51. Какие машины применяют при производстве буровых работ? Приведите их принципиальные схемы.

52. Опишите устройство и работу станков ударного, вращательного и ударно-вращательного бурения.

53. Каково устройство бурильно-крановых машин, смонтированных на базе автомобиля и трактора? Приведите схемы.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

54. Опишите способы погружения свай. Дайте сравнительную характеристику паровоздушных молотов простого и двойного действия и приведите их схемы.

55. Как устроены и работают штанговые и трубчатые дизель-молоты? Укажите их преимущества и недостатки. Приведите схемы.

56. Опишите работу и приведите принципиальные схемы вибромолотов и вибропогружателей. Дайте их сравнение.

МАШИНЫ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ, СОРТИРОВКИ

57. Опишите способы дробления материалов, и по каким принципам классифицируются дробительные машины? Укажите конструктивные особенности каждой из них. Приведите их принципиальные схемы.

58. Как устроены и работают шаровые и стержневые мельницы? Приведите схемы.

59. Дайте классификацию сортировочных и моечных машин, приведите их схемы.

60. Из каких основных узлов состоят передвижные дробильно-сортировочные установки? Приведите схему такой установки.

МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И УКЛАДКИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И РАСТВОРОВ

61. Опишите способы перемешивания материалов. Как устроены и как работают бетоносмесители периодического и непрерывного действия? Дайте их классификацию, приведите принципиальные схемы.

62. Опишите способы работы, устройство и принцип действия растворосмесителей. Дайте их классификацию, приведите, принципиальные схемы.

63. Как определяют производительность бетоно- и растворосмесителей?

64. Какие типы бетоно- и растворонасосов применяют в строительстве? Приведите их кинематические схемы, опишите устройство и область применения.

65. Перечислите основные виды оборудования, применяемого при уплотнении бетонных смесей. Приведите принципиальные схемы переносных поверхностных и глубинных вибраторов.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

66. Какие станки применяют для резки, правки и гибки арматуры? Приведите схемы этих станков.

67. Какие способы и какое оборудование используют для предварительного натяжения арматуры? Приведите схемы.

68. Как устроена и работает виброплощадка? Приведите схему.

69. Какое оборудование применяется для вибропроката железобетонных изделий?

РУЧНЫЕ МАШИНЫ

70. Перечислите основные требования, предъявляемые к ручным машинам. По каким признакам классифицируют машины?

71. Какие основные виды электрических и пневматических ручных машин применяют в современном строительстве? В каких случаях целесообразно применять пневматические, а в каких электрические ручные машины?

72. Опишите устройство и назначение электрических РМ вращательного, ударного и ударно-вращательного действия. Приведите кинематические схемы.

73. Каково устройство и назначение плазматических РМ вращательного действия? Приведите схему ротационного двигателя с указанием основных элементов. Опишите устройство и назначение пневматических РМ ударного и ударно-вращательного действия, приведите принципиальные схемы.

МАШИНЫ ДЛЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

74. Из каких узлов состоит штукатурная станция? Приведите ее принципиальную схему и опишите работу.

75. Перечислите основные части малярной станции и приведите ее принципиальные схемы и опишите работу.

76. Рассмотрите конструкцию, принцип действия и область применения электрокраскопульты. Приведите их кинематические схемы.

77. Опишите устройство и приведите кинематические схемы паркетно-строгальных и паркетно-шлифовальных машин.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

78. Что такое система планово-предупредительного ремонта? Почему она называется плановой?

79. В чем заключается прием и испытание машин?

80. Как планируют работу одной машины и группы машин?

81. Как учитывают работу машин на строительстве?

82. Как составляется калькуляция стоимости работы строительных машин и комплексных установок?

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

83. Определение и классификация датчиков.

84. Датчики перемещения.

85. Датчики силового воздействия - давления, деформации и колебаний.

86. Датчики температуры.

87. Датчики расхода и уровня.

88. Датчики скорости и ускорения.

89. Назначение и классификация усилителей и переключателей.

90. Электромагнитное реле.

91. Электронные счетчики импульсов.

- 92. Гидравлические и пневматические исполнительные механизмы.
- 93. Автоматизация ограничения грузоподъемности кранов.
- 94. Задачи автоматизации управления рабочими органами землеройно-транспортных машин.
- 95. Стабилизация положения отвала бульдозера.
- 96. Автоматическое управление ножом автогрейдера.
- 97. Методы автоматизации дозирования компонентов бетонной смеси и растворов.
- 98. Дозаторы сыпучих материалов для бетоно- и растворосмесителей.
- 99. Автоматизация контроля приготовления бетонной смеси и растворов.

Методика №1

РАСЧЕТ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ ЛЕБЕДКИ

Задание: Дан тип лебедки; режим работы; вес поднимаемого груза G , кН; число оборотов двигателя лебедки, n об/мин; высота подъема груза H , м; кратность полиспаста i .

Определить:

- а) КПД полиспаста $\eta_{\text{пол}}$;
- б) максимальное усилие S_k в ветви каната, навиваемой на барабан с учетом КПД полиспаста;
- в) диаметр стального каната d_k и минимальные диаметры блоков и барабана D_b ;
- г) рабочую длину барабана L_b ;
- д) частоту вращения барабана n_b и скорость намотки каната на барабан V_k ;
- е) мощность электродвигателя лебедки $N_{\text{дв}}$ с учетом КПД механизмов.

Последовательность расчета грузоподъемной лебедки:

1. Выбор схемы подвески груза и определение КПД полиспаста

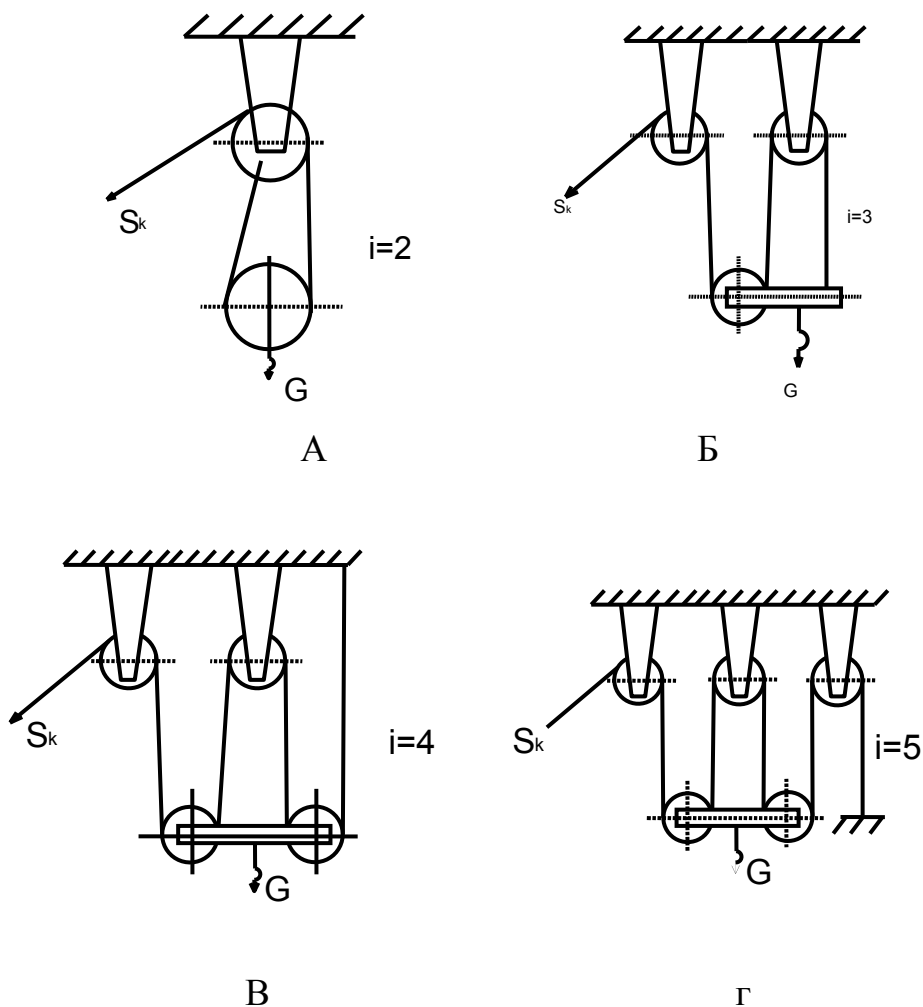


Рисунок 7 – Схема подвески груза через полиспаст

Определение КПД полиспаста:

$$\eta_{пол} = \eta_{бл}^t \quad (1)$$

t – число блоков в схеме;

$\eta_{пол}$ – КПД блока на подшипниках скольжения равен 0,96, а на подшипниках качения – 0,98.

2. Определение натяжения ветви каната, идущей на барабан:

Натяжение ветви каната, идущей на барабан, определяем по формуле:

$$S_k = \frac{G + q}{i \cdot \eta_{пол}}, \text{ кН} \quad (2)$$

q – вес подвесных (захватных) приспособлений, принимаемый при схеме подвески груза (а, б, в, г) соответственно равным (0,025; 0,05; 0,075; 0,1) от веса поднимаемого груза G .

Примечание: 1 кН = 100кгс.

3. Подбор стального каната

Для механизма подъема, башенных кранов и строительных лебедок применяются стальные канаты (тросы крестовой свивки). В тех случаях, когда перемещаемый груз движется в направляющих (например, в подъемниках, лифтах), применяются канаты параллельной свивки, как наиболее долговечные.

Канат подбирается согласно ГОСТ 3079-80 (таблица 7), ГОСТ 7668-80 (таблица 8) по допускаемому разрывному усилию S_p , которое определяется по формуле:

$$S_p = R \cdot S_k \quad (3)$$

R – коэффициент запаса прочности каната, для легкого режима работы принимается равным 5, для среднего 5,5 и тяжелого 6;

S_k – натяжение ветви каната, идущей на барабан (см. рисунок 7).

R – коэффициент запаса прочности каната, для легкого режима работы принимается равным 5, для среднего 5,5 и тяжелого 6;

S_k – натяжение ветви каната, идущей на барабан (см. рисунок 7).

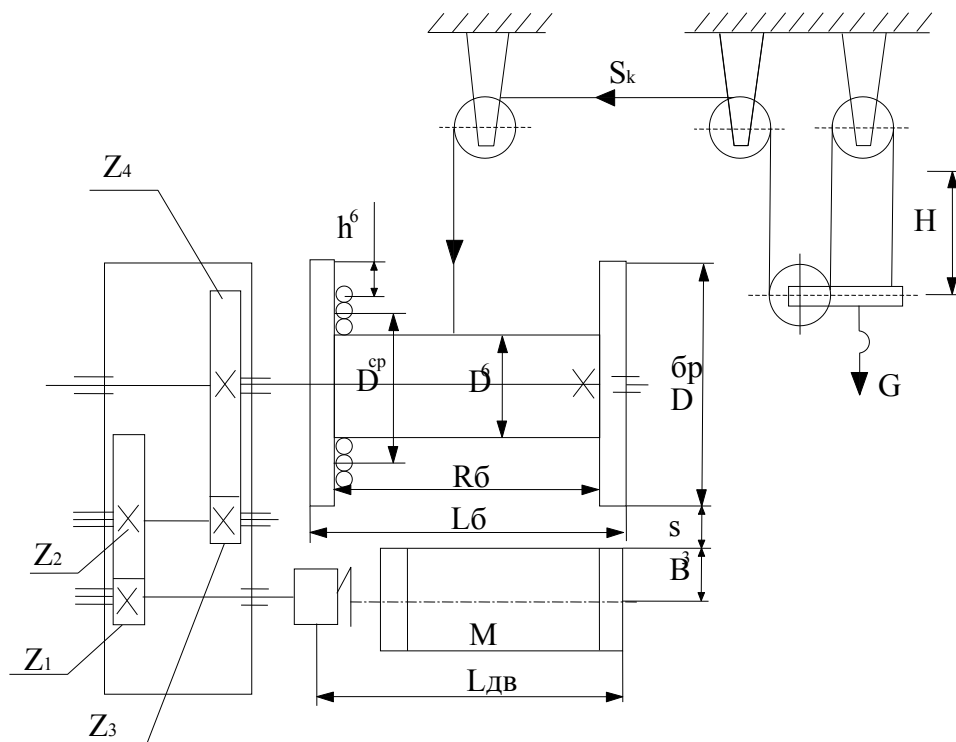


Рисунок 8 – Расчетная схема грузоподъемной лебедки

Например, получилось $S_p = 4740$ кг. Согласно ГОСТ 3079-80 канат принимаем типа ЛК-Р 6х9 с органическим сердечником с расчетным пределом прочности проволоки при растяжении $\sigma = 160$ кг/мм², диаметром $d_k = 9,5$ мм и фактическим разрывным усилием $S'_p = 4990$ кг.

Для правильно подобранного каната фактический коэффициент запаса прочности должен быть:

$$\frac{S'_p}{S_k} \geq R \quad (4)$$

4. Определение основных размеров барабана строительных лебедок

Конструктивный диаметр барабана и блоков строительных лебедок, принимаемых в механизмах подъема груза стреловых кранов в целях долговечной работы канатов, по правилам Госгортехнадзора выбирается из выражения:

$$D_6 \geq (e - 1) \cdot d_k \quad (5)$$

e – коэффициент, зависящий от режима работы, принимаемый равным при легком режиме 16, при среднем -18, при тяжелом – 20.

Рабочая длина и канатоемкость барабана l_6 зависит от длины навиваемого каната L_k , числа слоев навивки каната m , диаметра барабана D_6 и диаметра каната d_k .

Принимаем гладкий барабан и многослойную навивку каната. Число слоев навивки каната не должно быть более 4.

Сначала определим рабочую длину барабана при условии, что канат навивается на барабан в два слоя, то есть при $m = 2$ по формуле:

$$l_6 = \frac{L_k \cdot d_k}{\pi \cdot m (D_6 + m \cdot d_k)}, \quad (6)$$

L_k – длина каната, навиваемая на барабан:

$$L_k = i \cdot H + l_{ог}, \quad (7)$$

Таблица 7 Канат типа ЛК с органическим сердечником по ГОСТ 3079-80

Диаметр каната, мм	Площадь сечений всех про- волоков, мм ²	Вес 100 п.м. сма- занного каната, кг	Расчетный предел прочности проволоки при растяжении, кг/мм ²			
			160	170	180	190
			Разрывное усилие каната в целом, кг			
4,2	7,01	6,54	955	1010	1070	1130
4,6	8,41	7,87	1140	1210	1280	1360
5,0	10,02	9,35	1360	1440	1530	1610
5,4	11,89	11,09	1610	1710	1810	1910
6,8	17,85	16,65	2420	2570	2720	2880
8,1	26,18	24,42	3550	3780	4000	4220
8,8	31,19	29,10	4240	4500	4760	5030
9,5	36,69	34,23	4990	5290	5610	5920
11,5	51,68	48,22	7025	7465	7905	8345
12,5	58,69	54,75	7980	8470	8960	9470
13,5	64,05	59,76	8705	9250	9795	10345
15,0	86,27	80,50	11700	12450	13150	13850
16,5	104,56	97,50	14150	15050	15969	16850
17,5	114,46	106,80	15565	16535	17510	18480
19,5	143,68	134,00	19500	20700	21950	23150
21,0	174,78	163,10	23770	25250	26740	28225
22,0	184,50	172,10	25050	26600	28200	29750
24,0	220,46	205,70	29980	31850	33725	35600
25,0	289,16	223,10	32500	34550	36550	38550
27,5	286,68	267,40	38950	41350	43850	46250
30,5	349,68	326,20	47500	50450	53450	56400

Таблица 8 Канат типа ЛК с органическим сердечником по ГОСТ 7668-80

Диаметр каната, мм	Площадь сечений всех про- волоков, мм ²	Вес 100 п.м. сма- занного каната, кг	Расчетный предел прочности проволоки при растяжении, кг/мм ²			
			160	170	180	190
			Разрывное усилие каната в целом, кг			
4,8	8,44	7,93	1000	1170	1230	1310
5,2	10,03	9,42	1310	1390	1470	1550
5,7	11,79	11,07	1540	1640	1730	1830
6,1	13,68	12,85	1780	1920	2010	2120
6,7	16,76	15,74	2190	2320	2460	2690
7,4	20,16	18,93	2640	2800	2860	3140
8,0	23,97	22,51	3140	3330	3530	3730
8,7	27,97	26,27	3650	3890	4120	4350
11,0	43,51	40,86	5700	6060	6420	6770
13,0	62,83	59,00	8240	8730	9260	9750
15,5	85,47	80,27	11150	11850	12550	13250
17,5	111,67	104,80	14600	15800	16450	17350
19,5	141,19	132,60	18450	19650	20800	21950
22,0	175,26	164,00	22950	24350	25800	27250
24,0	211,98	199,10	27750	29500	31250	33000
26,0	253,04	237,70	33150	35250	37300	39400
28,5	294,59	266,70	38600	41000	43450	45850
30,5	343,20	322,3	45000	47800	50600	58450
32,5	392,22	386,40	51450	51650	57850	61050
35,0	447,78	420,60	58700	62400	66050	69709

$l_{\text{дв}}$ – длина дополнительных витков каната, укладываемых на барабан для разгрузки мест крепления каната, обычно:

$$l_{\text{дв}} = 2\pi \cdot D_{\text{б}}. \quad (8)$$

Конструктивное отношение между рабочей длиной барабана и его диаметром должно быть в пределах

$$\frac{l_{\text{б}}}{D_{\text{б}}} = (0,5 \div 3). \quad (9)$$

Если соотношение окажется больше, что не желательно, то принимаем трёхслойную навивку каната на барабан и вновь определяем его рабочую длину $l_{\text{б}}$ при $m = 3$, тогда отношение $\frac{l_{\text{б}}}{D_{\text{б}}}$ должно находиться в пределах допускаемого диапазона.

Барабаны, на которые канат укладывается в один слой, могут быть гладкими или нарезными. В случае нарезного барабана его рабочая длина определяется по формуле:

$$l'_{\text{б}} = \frac{L_k \cdot t}{\pi(D_{\text{б}} + d_k)}, \quad (10)$$

T – шаг навивки каната на нарезной барабан:

$$t = d_k + (3 \div 4), \text{ мм} \quad (11)$$

Толщина реборды барабана конструктивно применяется равной диаметру каната $d_k = \delta_p$.

Барабаны, на который канат навивают в несколько слоёв, имеют реборды, которые во избежание оползания каната должны выступать над последним слоем навивки не менее чем на величину h_p :

$$h_p = (2 \div 2,5) \cdot d_k. \quad (12)$$

Высоту реборды принимаем

$$h_p = 2 \cdot d_k. \quad (13)$$

Диаметр барабана по ребордам определяется по формуле

$$D_{\delta p} = D_{\delta} + 2m \cdot d_k + 2h_p. \quad (14)$$

Полная длина барабана (габаритная) определяется по формуле:

$$L_{\delta} = l_{\delta} + 2\delta_p. \quad (15)$$

5. Определение частоты вращения барабана

Частота вращения барабана определяется по формуле:

$$n_{\delta} = \frac{n_{\delta}}{i_{\text{общ}}} \quad (16)$$

при $i_{\text{общ}} = i_1 \cdot i_2$,

i_1 и i_2 – передаточные числа 1-ой и 2-ой ступени (рассчитать в соответствии со схемой рисунка 2);

n_{δ} – частота вращения двигателя, об/мин.

6. Определяем скорость навивки каната на барабан

Скорость навивки каната на барабан ϑ_k определяется по формуле:

$$\vartheta_k = \frac{n_{\delta} \cdot \pi \cdot D_{cp}}{60}, \text{ м/с}, \quad (17)$$

из выражения

$$n_{\delta} = \frac{60 \cdot \vartheta_k}{\pi \cdot D_{cp}}, \text{ об/мин}, \quad (18)$$

D_{cp} – средний диаметр навивки каната:

$$D_{cp} = D_{\delta} + 2d_k, \quad (19)$$

d_k – диаметр каната.

7. Подбор электродвигателя

$$N_{\text{дв}} = \frac{S_k \cdot g_k}{102 \cdot \eta_{\text{леб}}}, \text{ кВт} \quad (20)$$

S_k – тяговое усилие каната на барабане, кг;

g_k – скорость навивки каната на барабан, м/с;

$\eta_{\text{леб}}$ – КПД механизма лебёдки.

КПД механизма лебедки определяется на основании следующих данных:

$$\eta_{\text{леб}} = \eta_{\text{мех}} = \eta_{\text{б}} \cdot \eta_{\text{ред}} = 0,96 \cdot 0,94 = 0,9 \quad (21)$$

$\eta_{\text{б}}$ – КПД барабана равный, 0,96;

$\eta_{\text{ред}}$ – КПД редуктора равный, 0,94.

Предположим $N_{\text{д}} = 4,05$ кВт.

По таблице 9 находим электродвигатель. Перегрузка электродвигателя допускается в пределах 5%.

Для тяжелого режима работы берем крановый электродвигатель МТ-21-6 мощностью 4 кВт и $n_{\text{дв}} = 955$ об/мин.

Таблица 9 Электродвигатели крановые асинхронные серии МТ и МТК

Величина	Тип	15% ПВ		25% ПВ		40% ПВ		L _{дв} , мм	B _з , мм
		N _{дв} , кВт	η _{дв} , об/мин	N _{дв} , кВт	η _{дв} , об/мин	N _{дв} , кВт	η _{дв} , об/мин		
с фазовым ротором МТ									
I	МТ-11-6	2,6	860	2,2	890	1,8	915	592	151
	МТ-12-6	4,2	870	3,5	900	2,8	930	647	151
II	МТ-21-6	6,0	930	5,0	945	4,0	955	682	172
	МТ-22-6	9,0	935	7,5	950	6,0	960	735	172
III	МТ-31-6	13,2	945	11,0	955	8,8	965	766	193
	МТ-31-8	9,0	735	7,5	705	6,0	715	766	193
IV	МТ-41-8	13,2	765	11,0	715	8,8	720	835	230
	МТ-42-8	19,2	715	16,0	720	12,8	725	915	230
V	МТ-51-8	26,5	720	22	725	17,5	730	975	225
	МТ-52-8	36,0	725	30	730	24,0	735	1056	225
VI	МТ-61-10	36	563	30	570	24	574	1152	320
	МТ-62-10	55	568	45	574	36	578	1252	320
	МТ-63-10	72	573	60	577	48	582	1347	320
VII	МТ-71-10	96	579	80	583	64	586	1423	383
	МТ-72-10	120	581	100	584	80	587	1493	383
	МТ-73-10	150	582	125	585	100	588	1573	383

Методика №2

РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Задание: Дан конвейер ленточный; тип ленты; длина ленты L , м; транспортируемый материал (песок, шлак и др.); производительность конвейера P_T , м³/ч; угол α - наклон ленты конвейера к горизонту (см. таблицу 1).

Определить:

- а) скорость движения ленты конвейера g_l ;
- б) ширину b и толщину ленты δ ;
- в) число прокладок i ;
- г) мощность двигателя N_{de} ;
- д) натяжение в рабочей ветви ленты T ;
- е) диаметр D_6 и число оборотов привода барабана p_6 .

Последовательность расчета ленточного конвейера:

1. Выбор типа, ленты и ее ширины

Угол наклона α ленточного конвейера не должен превышать значений углов p_2 внутреннего трения материала в движении.

Практические значения предельных углов (в градусах) подъема конвейера принимают для материалов с учетом угла естественного откоса материала в движении p_2 :

Транспортируемый материал	P_2
Песок нормальной влажности	18–20
Песок повышенной влажности	25–27
Гравий сортированный	12–14
Щебень	20–22
Цемент	18–20

Объемную массу γ , углы естественного откоса в покое ρ_1 , в движении ρ_2 и поперечный угол наклона материала на ленте α' можно принимать по таблице 10.

Таблица 10 Значение объемных масс и углов естественного откоса для различных материалов

Материал	γ , т/м ³	ρ_1	ρ_2	α'
Щебень	1,4 ÷ 2,9	45	35	20–30
Песок	1,4 ÷ 1,9	45	30	15

Гравий	1,5 ÷ 2,9	45	30	15
Цемент	0,9 ÷ 0,6	45	38	15

Для транспортирования строительных материалов при работе с перепадом температур от +60°C до -25°C, обычно применяют тканевые прорезиненные ленты. Конвейерные ленты выполняют функции тягового и несущего элемента. Растягивающую нагрузку в ленте воспринимают только тканевые прокладки, которые могут быть хлопчатобумажными (Б-820 и ОПБ), уточно-шнуровыми и синтетическими - капроновыми (К-12-3) и анидными (А-12-3). Относительное удлинение при разрыве прокладок доходит до 32 ÷ 37% для хлопчатобумажных тканей и 20 ÷ 30 % для синтетических тканей. Для устранения вытяжки ленты в эксплуатации применяют 10 - 12- кратный запас прочности. Допускаемое усилие на разрыв 1 см ширины прокладки принимают 60 Н/см (6 кгс/см) для хлопчатобумажных и 300 Н/см (30 кгс/см) для синтетических бейтингов.

а) определение площади поперечного сечения материала на ленте

Тип ленты выбирается по усмотрению, исходя из выше представленной информации.

Роликоопоры устанавливают с шагом:

- в месте загрузки 0,4 ÷ 0,5 м,
- на линии рабочей ветви 1,1 + 1,5 м,
- на линии холостой ветви 2,5 + 3,0 м.

Из формулы производительности ленточного конвейера

$$P_m = 3600 \cdot F \cdot \gamma \cdot g_d, \text{ т/ч}, \quad (1)$$

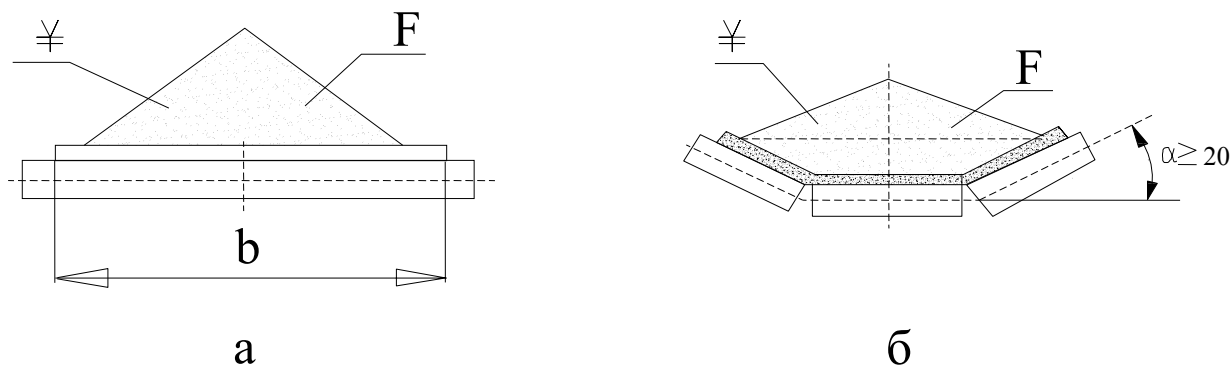
найдем площадь поперечного сечения материала на ленте:

$$F = \frac{P_T}{3600 \cdot \gamma \cdot g_d}, \text{ м}^2, \quad (2)$$

P_T – производительность конвейера по заданию, т/ч;

g_d – скорость движения ленты конвейера, м/с;

γ – объемная масса материала, т/м³.



а) плоская (прямая); б) желобчатая (трехроlikовая)

Рисунок 9 – Виды лент конвейера и роlikоопоры их формирующие

При транспортировании:

- мелкосыпучих малоабразивных материалов (песок, уголь рядовой) скорость ленты выбирают $v_n = 1,5 \div 2,5$ м/с;
- при транспортировании абразивных мелко- и среднекусковых материалов (гравий, шлак, щебень) $v_n = 1,25 \div 2$ м/с;
- при транспортировании абразивных, крупнокусковых материалов (горная порода, камень), когда максимальный размер куска $d_{min} \geq 110$ мм, скорость ленты выбирают $v_n = 1 \div 1,6$ м/с;

У специальных конвейеров, входящих в комплект роторных экскаваторов, скорость ленты достигает $v_n = 5 \div 5,5$ м/с.

б) определение ширины ленты b

Для плоской ленты

$$b = \sqrt{\frac{F}{0,05}}, \text{ м};$$

Для желобчатой ленты

При $\alpha' = 20^\circ$

$$b = \sqrt{\frac{F}{0,11}}, \text{ м};$$

При $\alpha' = 30^\circ$

$$b = \sqrt{\frac{F}{0,14}}, \text{ м};$$

α' – угол наклона боковых роlikов желобчатых роlikоопор.

В целях наилучшего использования конвейера берётся лотковая форма верхней ветви ленты, то есть верхние роlikоопоры принимаются желобчатыми.

При транспортировании кусковых материалов и штучных грузов ширина ленты b должна быть выбрана так, чтобы исключить их рассыпание и должна составлять:

для рядового материала

$$b \geq 2 \cdot d_{\max} + 200 \text{ мм}$$

для сортированного материала

$$b \geq 3,3 \cdot d_{\max} + 200 \text{ мм},$$

$d_{\max}$ – максимальный размер куска или штучного груза, мм.

По наибольшему значению b подбирают размер стандартной ленты, то есть ширину и количество прокладок в конвейерных лентах, пользуясь данными таблицы 11.

Таблица 11 Ширина и количество прокладок в конвейерных лентах Марка бельтинга	Ширина ленты, мм										
	300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Число прокладок											
Уточно-шнуровой и ОПБ	-	-	-	3-5	3-6	4-8	5-9	6-10	7-10	8-12	9-12
Б-820	3-4	3-5	3-6	3-7	4-8	5-10	6-10	7-10	-	-	9-12

2. Определение потребной мощности привода конвейера и выбор типа двигателя

При работе конвейера энергия расходуется на преодоление сопротивлений перемещению материала по горизонтали N_1 и вертикали N_2 , а также на преодоление сопротивления передвижения движущихся элементов конвейера и вредных сопротивлений в механизме N_3 и добавочных сопротивлений N_4 при работе разгрузочных устройств.

Необходимая мощность N привода в общем случае, то есть при перемещении груза по наклонному участку пути, может быть определена по формуле:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \quad (3)$$

$$N = \frac{P_T \cdot L_T \cdot w}{367} + \frac{P_T \cdot H}{367} + 0,02 \cdot q_T \cdot L_T \cdot V_T \cdot w + k \cdot P; \text{ кВт} \quad (4)$$

Приняв значения коэффициента сопротивления передвижению $w = 0,055$ и погонной массы элементов конвейера $q_T = 30 \text{ В}$, запишем окончательную формулу для определения мощности привода конвейера:

$$N = (0,00015 \cdot P_T \cdot L_T + 0,003 \cdot P_T \cdot H + 0,03 \cdot L_T \cdot b \cdot V_T) \cdot k_1 \cdot k_2 + k \cdot P, \quad (5)$$

k_1 – коэффициент, учитывающий потери энергии от неточности сборки, в зависимости от длины конвейера принимается:

$k_1 = 1$	при $L_T > 50 \text{ м};$
$k_1 = 1,05$	при $L_T > 31 \div 50 \text{ м};$
$k_1 = 1,15$	при $L_T > 15 \div 30 \text{ м};$
$k_1 = 1,25$	при $L_T < 15 \text{ м};$

k_2 – коэффициент, учитывающий расход энергии на преодоление сопротивлений, возникающих при прохождении ленты через сбрасывающую тележку:

$k_2 = 1,25$ - при наличии сбрасывающей тележки;

$k_2 = 1$ – при отсутствии сбрасывающей тележки;

коэффициент, учитывающий расход энергии на работу разгрузочного устройства:

$k = 0$	при разгрузке через барабан
$k = 0,005$	при разгрузке плужковым сбрасывателем
$k = 0,003$	при разгрузочной тележке

Необходимая мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta}, \text{ кВт} \quad (6)$$

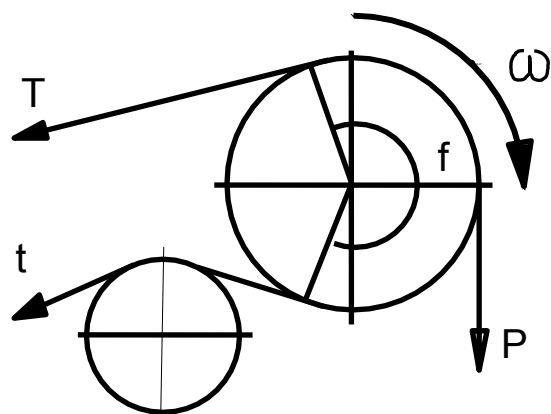
η – КПД редуктора привода конвейера, $\eta = 0,94$ для двухступенчатого редуктора на подшипниках качения.

По полученному значению мощности подбирают тип электродвигателя и выписывают табличные значения его мощности и скорости вращения вала двигателя.

Для привода конвейеров обычно принимают асинхронные короткозамкнутые электродвигатели типа АО или АОЛ для транспортирования пылевидных материалов и типа А или АТ для транспортирования кусковых и штучных грузов. В учебных целях необходимо осуществить выбор электродвигателя типа МТК или МТ. Основные характеристики указанных двигателей приведены в таблице 9.

3. Определение окружного усилия на ведущем барабане

Для определения максимального натяжения ленты необходимо знать окружное усилие на барабане.



P – окружное усилие; T и t – усилия в набегающем и сбегающем концах ленты; f – угол обхвата барабана лентой

Рисунок 10 – Схема сил, действующих на ведущем барабане
Из формулы мощности

$$N = \frac{P \cdot g_l}{102}, \text{ кВт} \quad (7)$$

находим

$$P = 9,8 \frac{102 \cdot N_{\text{дв}}}{g_l \cdot 1,7}, \text{ Н}, \quad (8)$$

$N_{\text{дв}}$ – мощность на валу ведущего барабана, кВт;

g_l – скорость движения ленты конвейера, м/с.

4. Определение усилия натяжения в ветвях ленты

Зная окружное усилие P и задавшись углом обхвата f барабана, лентой и материалом рабочей поверхности приводного барабана можно определить натяжение в набегающем T и сбегающим t концах ленты.

По теории трения гибких нитей, разработанной Эйлером, усилия в набегающем и сбегающем концах ленты определяются как:

$$T = \frac{P \cdot e^{\mu \cdot f}}{e^{\mu \cdot f} - 1}, \text{ Н} \quad (9)$$

$$t = \frac{P}{e^{\mu \cdot f} - 1}, \text{ Н} \quad (10)$$

$e = 2,718$ – основание натуральных логарифмов;

f – угол обхвата приводного барабана лентой:

$f = 220^\circ$ – при наличии отклоняющего барабана,

$f = 180^\circ$ – при отсутствии отклоняющего барабана,

$f = 250^\circ$ – при поджатой холостой ветви;

μ – коэффициент трения между лентой и рабочей поверхностью приводного барабана, в соответствии с таблицей 12.

Таблица 12 Значения коэффициентов трения μ прорезиненной ленты о поверхность барабана

Материал трущейся поверхности барабана	Состояние атмосферы	μ
чугун обработанный	очень влажная	0,10
тоже	влажная	0,20
тоже	сухая	0,30
футеровка из обрешиненной ленты	очень влажная	0,15
тоже	влажная	0,25
тоже	сухая	0,40
футеровка из дерева	тоже	0,35

Значение $e^{\mu \cdot f}$ для наиболее распространённых f и различных μ даны в таблице 13.

Таблица 13 Значения $e^{\mu \cdot f}$

Угол обхвата f , град.	Коэффициент трения μ						
	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
	Значение $e^{\mu \cdot f}$						
180	1,37	1,60	1,87	2,19	2,57	3,00	3,51
200	1,42	1,69	2,02	2,39	2,85	3,39	4,04
220	1,47	1,78	2,15	2,61	3,16	3,82	4,64
250	1,52	1,93	2,41	3,00	3,74	4,66	5,81

По полученным значениям T и t можно произвести проверку правильности определения окружного усилия P :

$$P = T - t, \text{ Н.} \quad (11)$$

5. Определение необходимого количества прокладок i и толщины ленты δ

Условия работы ленты на разрыв можно представить как:

$$T = b \cdot i \cdot k_p, \text{ Н} \quad (12)$$

откуда

$$i = \frac{T}{b \cdot k_p}, \quad (13)$$

b – ширина ленты, см;

k_p – допускаемое усилие на разрыв 1 см ширины одной прокладки ленты на хлопчатобумажной или синтетической основе, Н/см.

– при бельтинге марки Б-820 $k_p = 60 \text{ Н/см}$,

– для лент с уточно-шнуровым и ОПБ бельтингами $k_p = 130 \text{ Н/см}$,

– при бельтинге из синтетических волокон $k_p = 300 \text{ Н/см}$.

Полученное значение количества прокладок округляют до целого числа в сторону увеличения.

После этого уточняют принятую ранее характеристику ленты по таблице 11.

В случае если полученное число прокладок больше, чем имеет лента при выбранной ширине, принимают ленту большей ширины с необходимым числом прокладок.

Толщину ленты определяют в зависимости от числа прокладок:

$$\delta = \delta_1 \cdot i + (4 \div 5), \text{ мм}$$

δ – толщина ленты, мм;

δ_1 – толщина, приходящаяся на одну прокладку вместе с резиновой прослойкой, мм:

при бельтинге ОПБ и уточно-шнуровом	2,3 мм
при бельтинге Б-820	1,5 мм

4 ÷ 5 мм – толщина резиновых обкладок ленты с двух сторон. Толщина резиновых обкладок с рабочей стороны ленты примерно в 3 раза больше, чем с нерабочей.

6. Определение размеров приводного барабана

Диаметр барабана определяют по формуле:

$$D_b = k \cdot i, \text{ мм}; \quad (14)$$

i – число прокладок в ленте;

k – коэффициент, зависящий от числа прокладок:

$$k = 125$$

$$\text{при } i = 2 + 6$$

$$k = 150$$

$$\text{при } i = 7 + 12$$

Полученная величина диаметра барабана должна быть округлена до стандартной (400, 500, 630, 800, 1000, 1200 мм).

Длина барабана:

$$L_{\bar{o}} = b + 100, \text{ мм}; \quad (15)$$

Диаметр натяжного барабана принимают не менее 65% от диаметра приводного или

$$D_{\bar{o}.н.} \geq \frac{2}{3} D_{\bar{o}}, \text{ мм}. \quad (16)$$

Для улучшения центрирования ленты приводные барабаны имеют небольшую стрелу выпуклости (1,5÷3 мм).

Диаметр отклоняющего барабана:

$$D_{\bar{o}.н.} \geq \frac{1}{2} D_{\bar{o}}, \text{ мм}. \quad (17)$$

7. Определение передаточного числа редуктора

$$i_{ред} = \frac{n_{дв}}{n_{\bar{o}}}, \quad (18)$$

$n_{дв}$ – частота вращения вала двигателя, мин⁻¹;

$n_{\bar{o}}$ – частота вращения приводного барабана, мин⁻¹.

$$n_{\bar{o}} = \frac{60 \cdot g_{л}}{\pi \cdot D_{\bar{o}}}, \text{ мин}^{-1}, \quad (19)$$

g_n – скорость движения ленты конвейера, м/с;

D_6 – диаметр приводного барабана, м.

Методика №3

РАСЧЁТ ЩЕКОВЫХ КАМНЕДРОБИЛОК

Задание: Осуществить расчет конструктивных и технологических параметров щековой камнедробилки, дать описание устройства, с обозначением основных узлов, принципа действия, области применения, достоинств и недостатков подобных машин.

Определить:

- а) общую высоту загрузочной камеры;
- б) размер кусков загружаемой породы и продукта дробления;
- в) принять ход подвижной щеки;
- г) частоту вращения эксцентрикового вала;
- д) производительность дробилки;
- е) мощность электродвигателя, если известен размер дробилки, тип качания щеки, m – степень дробления, μ – коэффициент разрыхления дробленого продукта, E – модуль упругости дробимой породы, МПа; σ – предел прочности дробимой породы, МПа.

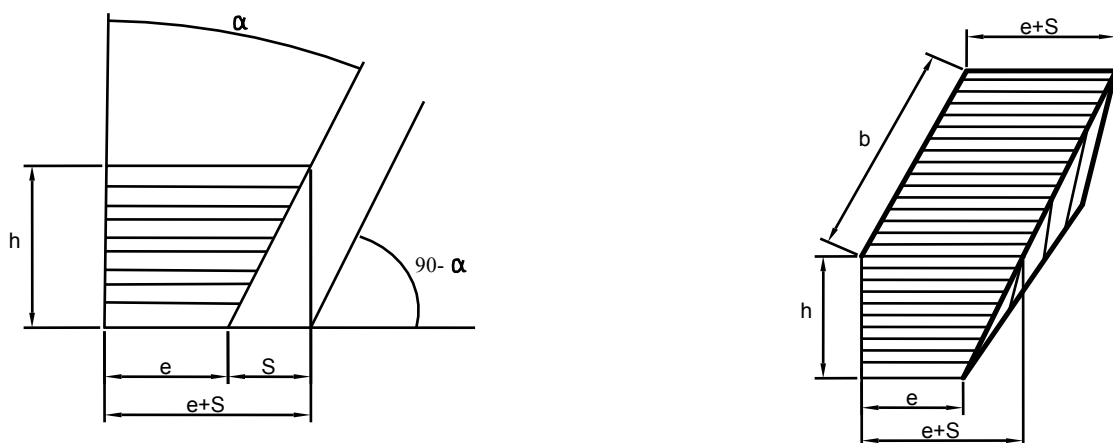


Рисунок 11 – Схема для определения производительности щековой дробилки

Примечание: ширина разгрузочного отверстия ($e + S$) в каждой дробилке может быть изменена за счёт регулировки размера (e) от минимального до макси-

мального значения. Соответственно будут изменяться величины (a, m, n). Например, при e_{min} , m_{max} , n_{min} .

Таблица 14. Технические характеристики щековых камнедробилок

Типы и размеры дробилок	Наиболь- ший раз- мер за- ружаемых кусков, D _{max} , мм	Ширина раз- грузочного от- верстия, (e + S), мм		Угол наклона подвижной щеки, α		Степень из- мельчения, мм		Ход по- движ- ной щеки К, мм	Число оборотов вала, n, об/мин	Экс цент- риситет главного вала, η, мм	Мощ- ность двигателя N, кВт	Производи- тельность, П, м³/ч	
		min	max	min	max	min	max					min	max
а) со сложным качанием щеки													
СМ-182Б 250х400	210	20	80	14	18	2,63	10,5	11	275	12,5	20	3,50	12
СМ-166А 250х900	210	20	80	14	18	2,63	10,5	10	275	12	28	7	35
СМ-11Б 400х600	350	40	100	20	23,5	3,50	8,75	9,5	325	12	28	10,0	26
СМ-16Б 600х900	510	75	200	18	22	2,55	6,8	12	275	19	80	50,0	120
б) с простым качанием щеки													
С644 600х900	510	75	200	18	20	2,55	6,8	13,5	225	25	80,9	40	120
С886 900х1200	750	130	200	19	20	3,75	5,75	25	170	30	100	100	150
С887 1200х1500	1000	150	250	19	20	4,0	6,65	30	135	35	160	175	250
С888 1500х2100	1200	180	300	19	20	4,3	7,2	44	100	42	250	310	520

Последовательность расчета камнедробилки:

Для упрощения расчётов принимаем, что неподвижная щека расположена вертикально, а подвижная отклоняется параллельно самой себе, то есть при увеличении ширины разгрузочной щели e на ход щеки S угол α остаётся неизменным. Из таблицы 14 находим данные для заданной дробилки

$e + S$, мм и S , мм,

то есть задаёмся этими значениями, близкими к реальным размерам дробилок.

1. Находим угол захвата дробимого материала

Находим угол из таблицы 14:

$$\alpha = 19^\circ.$$

2. Находим высоту призмы дробимого материала

Высоту призмы дробимого материала находим по формуле:

$$h = \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha}, \text{ см} \quad (1)$$

3. Находим число оборотов эксцентрикового вала в минуту

$$n \approx 500 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{S}}, \text{ об/мин.} \quad (2)$$

4. Определяем техническую производительность дробилки

$$\Pi_{\text{тех}} = 60 \cdot \mu \cdot V \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (3)$$

Если принять наибольший размер дробимого камня $(e + S)$, а наименьший (e) , то средний размер продукта дробления определяется по формуле:

$$d = \frac{e + (e + S)}{2} = \frac{2e + S}{2}, \text{ см} \quad (4)$$

Из рисунка 11 следует:

$$f = \frac{e + (e + S)}{2} \cdot h = \frac{(2e + S) \cdot S}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \text{ м}^2. \quad (5)$$

При длине зева b , объем призмы равен:

$$V = F \cdot b. \quad (6)$$

Тогда, техническая производительность дробилки

$$\Pi_{\text{тех}} = 60 \cdot \mu \cdot V \cdot n = \frac{60 \cdot \mu (2e + S) \cdot S \cdot b \cdot n}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{60 \cdot \mu \cdot b \cdot S \cdot d}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (7)$$

5. Мощность двигателя

Мощность двигателя определяем по формуле:

$$N = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot 100 \cdot \eta}, \text{ кВт}, \quad (8)$$

n – частота вращения эксцентрикового вала, об/мин;

A – работа, затрачиваемая на дробление материала за одно движение щеки (один оборот эксцентрикового вала):

$$A = 0,01 \frac{\sigma^2 \cdot \Delta V}{2E}, \text{ кгс/см} \quad (9)$$

σ – предел прочности на сжатие разрушаемого материала, кгс/см²;

E – модуль упругости разрушаемого материала, кгс/см;

ΔV – разность между объемом поступающего в дробилку исходного материала и выходящего продукта.

Необходимая мощность двигателя (кВт) может быть также определена по формуле проф. Левинсона, выведенной им на основе гипотезы Кирпичева-Кика:

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot n \cdot b (D^2 - d^2)}{2 \cdot 340000 \cdot E}, \text{ кВт}, \quad (10)$$

σ – предел прочности дробимой породы на сжатие, кгс/см²;

D и d – максимальные размеры камня до дробления и щебня, см;

E – модуль упругости дробимой породы, кгс/см².

Примечание:

$$1 \text{ гс} = 10 \text{ мН}$$

$$1 \text{ кгс/см}^2 = 0,1 \text{ МПа}$$

$$10^5 \text{ мН/см}^2 = 1 \text{ МПа}$$

$$1 \text{ кгс} = 1000 \text{ гс} = 10^4 \text{ мН}$$

$$10 \text{ кгс/см}^2 = 1 \text{ МПа}$$

$$10 \text{ мН/м}^2 = 1 \text{ МПа}$$

Методика № 4

РАСЧЁТ ПО КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

Задание: Выполнить схему одноковшового экскаватора с заданным видом сменного рабочего оборудования и обозначить на ней основные узлы и механизмы; по кинематической схеме определить скорость одного из механизмов экскаватора, указанного в задании; определить время полного цикла работы экскаватора, его техническую и эксплуатационную производительность, зная тип экскаватора и вид сменного рабочего оборудования; определить частоту вращения вала двигателя, об/мин, где α – угол поворота экскаватора при разгрузке, град; определить категорию грунта и способ погрузки.

Последовательность расчета экскаватора:

1. Вычертить кинематическую схему заданного экскаватора с заданным рабочим оборудованием

На схеме обозначить все передачи, валы и основные узлы, диаметр барабанов, ведущих звёздочек, колёс. В отдельной таблице привести численные значения числа зубьев z шестерён и звёздочек, их модуль m и шаг t . Описать работу устройств и последовательность включения передач, работу тормозов, фрикционов и муфт.

2. Определить передаточное число от двигателя до искомого органа

$$i_{общ} = i_1 \times i_2 \times i_3 \dots i_n, \quad (1)$$

i_n – передаточное число между ведомым колесом (звёздочкой) и ведущей шестерней (звёздочкой).

$$i_1 = \frac{z_2}{z_1} \quad (2)$$

или

$$i_1 = \frac{z_k}{z_q}, \quad (3)$$

z_1, z_2 – число зубьев колеса и шестерни;

z_k – число зубьев червячного колеса;

z_q – число заходов червяка.

3. Определяем окружную скорость барабана (колеса, шестерни, звёздочки)

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}, \text{ м/с}, \quad (4)$$

D – диаметр барабана (шестерня, колеса, звездочки), мм;

N – число оборотов в минуту искомого органа.

Диаметр шестерни

$$D = m \times z, \text{ мм}, \quad (5)$$

m – модуль зацепления, мм (см. таблицу 16);

z – число зубьев (см. таблицу 16)

Диаметр звездочки:

$$D = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}}, \text{ мм} \quad (6)$$

t – шаг цепи, мм (см. таблицу 16).

Число оборотов искомого элемента механизма:

$$n = \frac{n_{\text{двиг}}}{i_{\text{общ}}}, \text{ об/мин}, \quad (7)$$

$n_{\text{двиг}}$ – обороты двигателя, об/мин.

4. Определяем объем элемента забоя, разрабатываемого экскаватором с одной стоянки

$$V = B \cdot H \cdot Ш, \text{ м}^3 \quad (8)$$

B – ширина траншеи (канала по дну), м;

H – глубина траншеи (канала), м;

$Ш$ – шаг рабочего передвижения, м.

Размеры траншеи студента назначают самостоятельно.

Шаг рабочего передвижения определяется по формуле:

$$Ш = (0,7 \div 0,8)l, \text{ м},$$

l – разность между максимальным и минимальным радиусами копания для заданных значений H и B .

Технические характеристики экскаватора взять или по справочнику или по таблице 15.

5. Определяем среднюю длительность рабочего цикла экскаватора

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \text{ с}, \quad (9)$$

t_1 – время заполнения ковша:

$$t_1 = \frac{H}{v_1}, \text{ с}, \quad (10)$$

v_1 – скорость движения ковша, м/с (таблица 15).

Для грейфера:

$$\begin{array}{ll} t_1 = 5\text{с} & \text{при } q = 0,5\text{м}^3 \\ t_1 = 10\text{с} & \text{при } q = 1,5\text{м}^3 \end{array}$$

$$t_2 = \frac{2\beta}{w} = \frac{60\beta}{\pi \cdot n}, \text{ с}; \quad (11)$$

t_2 – время поворота экскаватора с груженым ковшом, с;

β – средний угол поворота, рад;

n – число оборотов платформы экскаватора, об/мин (см. таблицу 15);

t_3 – время выгрузки гружённого ковша, с,

$t_3 = 3\text{с}$ – при выгрузке в отвал,

$t_3 = 6\text{с}$ – при выгрузке в транспортное средство;

$t_4 = t_2$ – время возвратного поворота порожнего ковша, с.

6. Определяем продолжительность цикла разработки забоя с учётом рабочего передвижения экскаватора на новую позицию и отдыха экскаватора

Для рабочего оборудования с погрузкой в транспортное средство

$$T_{заб} = \frac{V \cdot \gamma}{G} \cdot T_c \left(1 + \frac{t_5}{3600} \right) + t_6, \text{ с.} \quad (12)$$

Для рабочего оборудования с выгрузкой грунта в отвал:

$$T_{заб} = \frac{V \cdot k_p}{q \cdot k_n} \cdot T_u \left(1 + \frac{t_5}{3600} \right) + t_6, \text{ с} \quad (13)$$

γ – плотность грунта ненарушенной структуры, т/м³, принимаем $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$ или по справочнику для своего грунта;

V – объём элемента забоя, м³;

G – грузоподъёмность самосвала, т;

t_5 – перерыв в работе для отдыха экскаваторщика и осмотра экскаватора (5 минут в час, то есть $t_5 = 300 \text{ с}$ в час);

t_6 – продолжительность рабочего передвижения экскаватора, $t_6 = 120 \div 180 \text{ с}$;

k_n – коэффициент наполнения экскавационных ёмкостей, $k_n = 0,9$;

q – геометрическая ёмкость ковша, м³ (смотри таблицу 15);

k_p – коэффициент разрыхления грунта или породы, берется по справочнику или по таблице 17;

T_c – продолжительность цикла загрузки самосвала:

$$T_c = z_k \cdot T_u + t_7 - t_1 - t_4, \text{ с}, \quad (14)$$

z_k – число ковшей, вмещающихся в кузов самосвала (округляется до целого числа):

$$z_k = \frac{G \cdot k_p}{q \cdot k_n \cdot \gamma}, \quad (15)$$

t_7 – продолжительность смены самосвалов у экскаватора, с, принимаем $t_7 = 60 \text{ с}$;

T_u – средняя длительность рабочего цикла экскаватора, с.

7. Определяем число элементов забоя, которое экскаватор может разработать за одну смену

$$z_{заб} = \frac{T_{см} - t_8 - t_9}{T_{заб}}, \quad (16)$$

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены:

$$T_{см} = 8 \cdot 3600 = 28800 \text{ с},$$

t_8 – время, необходимое для передачи экскаватора сменяющейся бригаде, с:

$$t_8 = 15 \cdot 60 = 900 \text{ с},$$

t_9 – время, затрачиваемое на ежедневное техническое обслуживание экскаватора в объёме предусмотренном заводской инструкцией по эксплуатации, с:

$$t_9 = 15 \cdot 60 = 900 \text{ с}.$$

8. Определяем коэффициент использования экскаватора по времени:

$$K_в = \frac{T_{см} - T_{ном}}{T_{см}}, \quad (17)$$

$T_{ном}$ – суммарное время на внецикловые периодические операции:

$$T_{ном} = 8t_5 + z_{заб} \cdot t_6 + \frac{V \cdot z_{заб} \cdot \gamma}{G} \cdot t_7 + t_8 + t_9, \text{ с}. \quad (18)$$

Примечание: $z_{заб}$ округлять в меньшую сторону до целого числа; при выгрузке грунта в отвал третье слагаемое равно нулю.

9. Определяем сменную эксплуатационную производительность одноковшового экскаватора

$$П_с = q \frac{k_n}{k_p} \cdot \frac{T_{см}}{T_ц} \cdot k_в \cdot k_ц, \text{ м}^3/\text{смену} \quad (19)$$

$k_ц = 0,85 \div 0,9$ – коэффициент, учитывающий квалификацию экскаваторщика и его утомляемость в процессе работы.

10. Определяем техническую производительность одноковшового экскаватора

$$P_T = q \cdot n \cdot k_h \cdot k_p, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (20)$$

n – число циклов в час.

Таблица 15 Рабочие параметры одноковшовых экскаваторов

Показатель	Модели экскаваторов	
	ЭО – 4111Б	ЭО – 6111Б
1	2	3
Прямая лопата		
Емкость ковша q , м	0,65	1,25
Наибольший радиус копания R_3 , м	7,8(1); 7,2(2)	9,9(1); 9,1(2)
Наибольшая высота копания H_3 , м	6,5; 7,9	7,8; 9,3
Радиус копания на уровне стоянки R_2 , м	4,7; 4,2	6,3; 5,7
Наибольшая высота выгрузки H_1 , м	4,5; 5,6	5,1; 6,6
Радиус выгрузки при H_1 , R_1 , м	6,5; 5,4	8,3; 7,1
Наибольший радиус выгрузки R_4 , м	7,2; 6,5	8,9; 8,3
Высота выгрузки при R_4 , H_2 , м	2,4; 3,0	2,9; 3,4
Скорость подъёма блока ковша, м/с	0,5	0,5
Число оборотов поворотной платформы, об/мин	6,0	4,8
Наибольшая длина передвижения l , м	2,0	2,2
Обратная лопата		
Ёмкость ковша q , м ³	0,65	1,4
Наибольший радиус копания R_3 , м	9,2	11,6
Наибольшая глубина копания (для траншеи) H , м	5,8	7,3
Начальный радиус выгрузки R_4 , м при 30°	5,0; 3,8	7,0; 5,7
Начальная высота выгрузки h , м	2,3; 3,1	3,3; 4,2
Начальный радиус выгрузки R_1 , м	8,1; 7,0	10,3; 9,3
Конечная высота выгрузки h_1 , м	5,3; 6,1	5,5; 7,3
Скорость тяги блока ковша, м/с	0,5	0,4
Скорость каната подъёма стрелы, м/с	1,07	0,8
Наибольшая длина передвижения l , м	3,4; 4,3	6,6; 5,9
Дриглайн		
Емкость ковша q , м	0,8	1,5
Наибольший радиус копания R_3 , м	11,1(3)	14,3(3)
Наибольшая глубина копания при концевом проходе H , м	7,3	9,5
Наибольший радиус выгрузки, R_1 , м	10	12,4

Продолжение таблицы 15		
Показатель	Модели экскаваторов	
	ЭО – 4111Б	ЭО – 6111Б
Скорость тягового каната, м/с	0,98	0,8
Скорость подъёмного каната, м/с	1,07	1,24
Грейфер		
Емкость ковша q , $м^3$	0,65	1,5
Вылет от оси вращения, м:		
Наименьший	4,0	7,0
Наибольший	8,0	12,0
Наибольшая длина передвижения l , $м$	1,2	2,0
Наибольшая высота выгрузки, H_2 , $м$	7,6	6,0
Скорость подъема ковша, м/с	1,07	0,80

Примечание: Данные по наибольшим радиусам копания приведены при угле наклона стрелы: 1) 45°; 2) 60°; 3) 30°.

Таблица 16 Данные для определения диаметров шестерен и звездочек

№ позиции	Z	m , t		№ позиции	Z	m , t
Экскаватор – Э- 1252Б				Экскаватор – Э- 652Б		
1	16	6		1	23	19,05
2	60	6		2	96	19,05
3	40	6		3	14	10
4	40	6		4	69	10
5	160	6		5	79	10
6	23	12		6	15	78,1
7	128	12		7	13	78,1
8	55	50,8		8	19	78,1
9	32	78,1		9	17	78,1
10	11	78,1		10	13	78,1
11	26	78,1		11	18	12.
12	14	16		12	27	12
13	20	14		13	12	12
14	28	14		14	17	12
15	12	14		15	24	12
16	20	14		16	30	12
17	24	15		17	49	12
18	16	16		18	10	16

Продолжение таблицы 16

№ позиции	Z	m, t
19	9	103,2
20	17	103,2
21	10	250
22	42	18
23	14	18
24	130	16
25	32	14
26	38	14
27	38	14
28	17	50,8
29	1	15

№ позиции	Z	m, t
19	77	16
20	40	12
21	17	19,05
22	21	19,05
23	10	78,1
24	19	78,1
25	8	255

Таблица 17 Показатели разрыхления грунтов и пород

Наименование грунта	Первоначальное увеличение объема грунта после разработки, %	Остаточное разрыхление грунта, %
Глина ломовая	$28 \div 32$	$6 \div 9$
Глина мягкая жирная	$24 \div 30$	$4 \div 7$
Глина сланцевая	$28 \div 32$	$3 \div 9$
Гравийно-галечные грунты	$16 \div 20$	$5 \div 8$
Растительный грунт	$20 \div 25$	$3 \div 4$
Лесс мягкий	$18 \div 24$	$3 \div 6$
Лесс твердый	$24 \div 30$	$4 \div 7$
Мергель	$33 \div 37$	$11 \div 15$
Опока	$33 \div 37$	$11 \div 15$
Песок	$10 \div 15$	$2 \div 5$
Разборно-скальные грунты	$30 \div 45$	$15 \div 20$
Скальные грунты	$45 \div 50$	$20 \div 30$
Солончак и солонец мягкие	$20 \div 26$	$3 \div 6$
Солончак и солонец твердые	$28 \div 32$	$5 \div 9$
Суглинок легкий и лессовидный	$18 \div 24$	$3 \div 6$
Суглинок тяжелый	$24 \div 30$	$5 \div 8$
Супесь	$12 \div 17$	$3 \div 5$
Торф	$24 \div 30$	$8 \div 10$
Чернозем и каштановый грунт	$22 \div 28$	$5 \div 7$

Шлак	$14 \div 18$	$8 \div 10$
------	--------------	-------------

Список рекомендуемых источников:

1. Монтаж аппаратов и оборудования для нефтяной и газовой промышленности, Ю. К. Молоканов, З.Б. Харас – М. : Недра, 1982.
 2. Монтаж вертикальных тяжеловесных аппаратов и конструкций. М. И. Васильев. – М : Стройиздат, 1973.
 3. Монтаж и наладка подъёмно-транспортного оборудования, А. С. Никифоров – М : Металлургия, 1988.
 4. Справочник строителя. Монтаж технологического оборудования. М : Стройиздат, 1983.
 5. Станевский В. П., Строительные краны. Справочник, М. : ИНФРА-М, 2012.
 6. Строительные краны, Н. З. Барч и др. Киев : Будивельник, 1974.
- Строительные машины, А. И. Доценко, В. Г. Дронов – М. : ИНФРА-М, 2012.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА
(наименование дисциплины)**

Направление подготовки	08.03.01 Строительство
Направленность (профиль)	Проектирование зданий
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная

Ставрополь

Печатается по решению
Учебно-методического совета
Северо-Кавказского федерального университета

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Г.В. Слюсарев,
кандидат технических наук, доцент С.В. Скориков.

Механизация и автоматизация строительного производства: методические указания к
расчетно-графической работе / авт.-сост. Ю. Г. Лозикова, А.Т. Максименко, – Ставрополь :
Изд-во СКФУ. – 28 с.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями ГОС ВПО по
направлению 08.03.01 «Строительство» и программы дисциплины «Механизация и
автоматизация строительного производства».

В методических указаниях излагаются основные понятия по основным разделам
организации строительного производства. Излагается методика проектирования
механизации работ, календарного планирования, применения системы сетевого
планирования и управления. Приведены примеры и задачи, решаемые при разработке
календарных планов и строительных генеральных планов.

Методические указания могут быть использованы при самостоятельной работе
студентов.

Автор: кандидат архитектуры, доцент А.Т. Максименко
кандидат технических наук Ю.Г. Лозикова

© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Содержание

Введение.....	
1. Виды и формы организации самостоятельной работы студентов..	
2. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы студента.....	
3. План-график выполнения самостоятельной работы.....	
4. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины.....	
5. Методические рекомендации при работе над конспектом лекций..	
6. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.....	
7. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.....	
8. Методические рекомендации по работе с литературой.....	
9. Методические рекомендации по подготовке к экзамену.....	
10. Список рекомендуемой литературы.....	

Введение

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Самостоятельная работа студентов (СРС) является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности. Все эти составляющие образования формируются именно в процессе самостоятельной работы студентов, так как предполагает максимальную индивидуализацию деятельности каждого студента и может рассматриваться одновременно и как средство совершенствования творческой индивидуальности.

Самостоятельная работа необходима не только для освоения отдельной дисциплины, но и для формирования навыков самостоятельной работы как в учебной, так и профессиональной деятельности. Каждый студент учится самостоятельному решению проблем, нахождению оригинальных творческих решений.

В Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования (ФГОС ВО) на внеаудиторную работу отводится не менее половины бюджета времени студента за весь период обучения. Это время полностью может быть использовано на самостоятельную работу. Кроме того, большая часть времени, отводимого на аудиторские занятия, так же включает самостоятельную работу. Таким образом, времени на самостоятельную работу в учебном процессе вполне достаточно, вопрос в том, как эффективно использовать это время.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

1. ВИДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Любой вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной и творческой активности студента связан с самостоятельной работой. В широком смысле под самостоятельной работой понимают совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

В зависимости от места и времени проведения, характера руководства со стороны преподавателя и способа контроля, СРС по предметам и учебным курсам подразделяется на следующие виды:

- самостоятельную работу во время основных аудиторных занятий (лекций, семинаров, лабораторных работ);
- самостоятельную работу под контролем преподавателя в форме плановых консультаций, творческих контактов, зачетов и экзаменов;
- внеаудиторную самостоятельную работу при выполнении студентом домашних заданий учебного и творческого характера.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Среди основных видов внеаудиторной самостоятельной работы студентов традиционно выделяют: подготовка к лекциям, семинарским и практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ, написание эссе; решение кейсов и ситуационных задач; проведение деловых игр; участие в научной работе.

Содержание аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов определяется в соответствии с рекомендуемыми видами учебных заданий, представленными в рабочей программе учебной дисциплины.

Самостоятельная работа помогает студентам:

- 1) овладеть знаниями с помощью:
 - чтения текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
 - составления плана текста, графического изображения структуры текста, конспектирования текста, выписки из текста и т.д.;
 - работы со справочниками и др. справочной литературой;

- ознакомления с нормативными и правовыми документами;
- учебно-методической и научно-исследовательской работы;
- использования компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания с помощью:

- работы с конспектом лекции;
- обработки текста, повторной работы над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;

- подготовки плана;
- составления таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовки ответов на контрольные вопросы;
- подготовки мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовки реферата, курсовой работы (проекта);
- составления библиографии использованных литературных источников;

- разработки тематических кроссвордов и ребусов;
- тестирования и др.;

3) формировать умения с помощью:

- решения ситуационных задач и упражнений;
- выполнения расчетов (графические и расчетные работы);
- решения профессиональных кейсов и вариативных задач;
- подготовки к контрольным работам;
- подготовки к тестированию;
- подготовки к деловым играм;
- проектирования и моделирования разных видов и компонентов профессиональной деятельности;
- опытно-экспериментальной работы;
- анализа профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В образовательном процессе выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторную, под руководством преподавателя, и внеаудиторную.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной преподавателем учебной и дополнительной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание рефератов, эссе, докладов;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям, их оформление в виде докладов, электронных презентаций и т.д.;
- составление аннотированного списка статей из журналов;
- подготовка рецензий на статью, пособие;
- выполнение контрольной работы;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплины и т.д.; подготовка к дискуссии;
- текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе аттестующих тестов;
- работа с нормативно-правовыми актами;
- и др.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- коллоквиум как форма контроля освоения теоретического содержания дисциплин: (в часы консультаций, предусмотренных учебным планом);

- прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);
- участие в деловой игре (в часы практических занятий);
- выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС) и научно-исследовательской работы (НИРС);
- и т.д.

При выполнении заданий самостоятельной работы студентам предстоит:

- самостоятельная формулировка темы задания (при необходимости);
- сбор и изучение информации;
- анализ, систематизация и трансформация информации;
- отображение информации в необходимой форме;
- консультация у преподавателя;
- коррекция поиска информации и плана действий (при необходимости);
- оформление работы;
- поиск способа подачи выполненного задания;
- представление работы на оценку преподавателя или группы (при необходимости).

По итогам самостоятельной работы студенты должны:

- развить такие универсальные умения, как умение учиться самостоятельно, принимать решения, проектировать свою деятельность и осуществлять задуманное, проводить исследование, осуществлять и организовывать коммуникацию;
 - научиться проводить рефлексию: формулировать получаемые результаты, переопределять цели дальнейшей работы, корректировать свой образовательный маршрут;
 - познать радость самостоятельных побед, открытий, творческого поиска.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при шести часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить минимум 3-4 часа.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Перед началом самостоятельной работы студентам следует изучить содержание основных видов заданий: их краткую характеристику, ориентировочные затраты времени на их подготовку, алгоритм действий и объём помощи преподавателя.

Все виды заданий, представленных в настоящем пособии, могут быть обязательными или дополнительными.

Обязательные задания предлагаются преподавателем после изучения каждой темы. Они комментируются преподавателем, который сообщает требования по их выполнению, сроки исполнения, критерии оценки и пр.

Дополнительные задания являются заданиями по выбору студента. Студентам предоставляется возможность в зависимости от своих индивидуальных особенностей, склонностей по каждой теме выбрать из перечня то или иное задание так, чтобы оно не повторялось по другой теме и не дублировало форму обязательного задания. Например, по теме дисциплины в качестве обязательного задания студентам предстоит составить информационный блок, следовательно, в качестве дополнительного задания данный вид работы они выбрать не могут.

Студенты должны ознакомиться с образцами выполнения заданий, критериями их оценки.

Студенты подбирают необходимую литературу, получая консультации преподавателя.

Студенты выполняют задания самостоятельной работы и сдают выполненные работы преподавателю, при необходимости представляя их результаты на практическом занятии.

Предлагаемые методические указания помогают студенту найти рациональные, наиболее эффективные приемы самостоятельной работы по освоению дисциплин.

3.ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

п/п	Наименование разделов	Сроки выполнения, недели	Сроки отчетности, недели
	Общие требования к машинам и принципы классификации и индексации машин.	1	3
	Технико-экономические показатели и силовое оборудование.	2	
	Общие положения и классификация систем автоматики	3	
	Элементы систем автоматики. Автоматизация работы строительных машин.	4	6
	Транспортные машины. Транспортирующие машины.	5	
	Погрузочно-разгрузочные машины.	6	
	Башенные строительные краны и стреловые самоходные краны.	7	8
	Козловые краны и автоматизация грузоподъемных машин.	8	
	Землеройно-транспортные машины и машины для подготовительных работ. Экскаваторы.	9	11
	Теоретические основы процесса механического уплотнения грунтов.	10	
	Свайные молоты, вибропогружатели, вибромолоты и шпунтовывдергиватели.	11	
	Машины и оборудование для устройства буронабивных свай	12	14
	Машины и оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей.	13	
	Машины и оборудование для транспортирования бетонных и растворных смесей	14	
	Машины и оборудование для уплотнения бетонных смесей	15	18
	Машины и оборудование для отделочных работ	16	

	Машины для кровельных работ	17	
	Оборудование для очистки и изоляции стальных трубопроводов	18	
	Основные правила эксплуатации машин	19	20
	Техническое оборудование и ремонт машин.	20	
	Контрольная работа	1-20	20

Контрольные точки и виды отчетности по ним

Текущий контроль в рамках рейтинговой оценки знаний студента включает 4 контрольные точки в каждом семестре по следующим видам занятий.

п/п	Вид деятельности студентов	Срок и выполнения	Коли- чество баллов
<u>4</u> семестр			
	Отчет по выполнению практических занятий 1-5.	5неделя	10
	Отчет по выполнению практических занятий 6-10, Выполнение интерактивного тестирования	10 неделя	15
	Отчет по выполнению практических занятий 11-15	15 неделя	10
	Отчет по выполнению практических занятий 16-20	20 неделя	20
	Итого за <u>4</u> семестр:		55
	Итого:		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55**. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставаемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме **дифференцированного зачета** предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры и оценивается 40 баллами из 100. Минимальное количество баллов, необходимое для допуска к экзамену, составляет 33 балла. Положительный ответ студента на экзамене оценивается рейтинговыми баллами в диапазоне от **20** до **40** ($20 \leq S_{\text{экз}} \leq 40$), оценка **меньше 20** баллов считается неудовлетворительной.

Шкала соответствия рейтингового балла экзамена 5-балльной системе

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
35 – 40	Отлично
28 – 34	Хорошо
20 – 27	Удовлетворительно

Итоговая оценка по дисциплине, изучаемой в одном семестре, определяется по сумме баллов, набранных за работу в течение семестра, и баллов, полученных при сдаче экзамена:

Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине
в оценку по 5-балльной системе

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
88 – 100	Отлично
72 – 87	Хорошо
53 – 71	Удовлетворительно
< 53	Неудовлетворительно

Критерии оценивания компетенций.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если

- он продемонстрировал высокое умение применять полученные знания и навыки на практике через решение конкретных задач базового и

продвинутого уровня, свободно без затруднений справился с поставленными задачами, показав владение разносторонними приемами и навыками их выполнения, не допустил ошибок и неточностей;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если

- он продемонстрировал умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи базового уровня, справился с поставленной задачей, показав владение необходимыми приемами и навыками ее выполнения, при этом допустил не более одной ошибки;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если

- он продемонстрировал посредственное умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи базового уровня, с трудом справился с поставленной задачей, при этом допустил не более двух ошибок;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

- он не продемонстрировал умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи базового уровня, не справился с поставленной задачей или допустил при ее решении три и более серьезные ошибки.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для более глубокого усвоения студентом предмета, понимания основных проблем теории и практики ценообразования рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины (таблица 1)

Таблица 1

План организации внеаудиторного времени, необходимого для изучения дисциплины

п/п	Вид занятия	Рекомендации по организации занятия	Продолжительность по времени
1	2	3	4

2	Изучение конспекта лекции	- изучение конспекта рекомендуется проводить как минимум два раза: в тот же день после лекции и за день перед следующей; - при работе с лекцией необходимо отметить для себя имеющиеся вопросы, желательно письменно; - вести конспект рекомендуется аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.	0,5-1 час.
3	Подготовка к практическому занятию	- обязательно знание лекционного материала; - выполнение заданий преподавателя рекомендуется осуществлять используя творческий подход и обращаться к различным источникам информации опираясь на их актуальность. - проявление инициативы в подготовке выступления по интересной для студента тематике в рамках изучаемого курса позволяет ему более полно овладеть знаниями дисциплины; подготовка презентации выступления	от 0,5-2,5 час. (при необходимости в несколько этапов) 2 час
4	Изучение материала по дополнительным источникам информации (учебники, спец. литература, публикации в научных журналах, интернет - источники)	-при работе с литературой следует вести запись основных положений (конспектировать отдельные разделы, выписывать новые термины и раскрывать их содержание); - необходимо проработать ряд литературных источников и, прежде всего учебные пособия, в которых наиболее полно отражены и систематизированы узловые вопросы курса. - при работе с электронными материалами необходимо обращаться по возможности к первоисточникам, а также указывать ссылки при копировании данных для их дальнейшего использования.	В зависимости от поставленных задач (1-4 час. на лекцию)

5	Выполнение контрольной работы	- работа должна быть подготовлена по заданной теме на основе нескольких источников: монографической литературы, научных статей, учебной и справочной литературы; - при написании текста курсового проекта, работы цитируемые фрагменты должны сопровождаться логическими авторскими связками, и содержать ссылки на источники копирования, графический, табличный материал, расчёты	20 час. на РГР;
6	Подготовка к текущей аттестации по дисциплине	предполагается проработка пройденного материала и подготовка к рубежному контролю (рейтинг-контролю)	3,5 час.
7	Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине	предполагается проработка пройденного материала и подготовка к промежуточной аттестации : - экзамену	27 час.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ РАБОТЕ НАД КОНСПЕКТОМ ЛЕКЦИЙ

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом.

Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты

плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось переписывать их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции.

Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии.

Повторную работу над конспектом лекции проведите в тот же день. Это позволит наиболее полно восстановить положения, пропущенные или неточно записанные в ходе лекции, лучше понять общую идею, главные аспекты.

С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект.

Подготовленный конспект и рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Подготовка сводится к внимательному прочтению учебного материала, к выводу с карандашом в руках всех утверждений и формул, к решению примеров, задач, к ответам на вопросы, предложенные в конце лекции преподавателем или помещенные в рекомендуемой литературе. Примеры, задачи, вопросы по теме являются средством самоконтроля.

Непременным условием глубокого усвоения учебного материала является знание основ, на которых строится изложение материала. Обычно преподаватель напоминает, какой ранее изученный материал и в какой степени требуется подготовить к очередному занятию. Эта рекомендация, как и требование систематической и серьезной работы над всем лекционным курсом, подлежит безусловному выполнению. Потери логической связи как внутри те-мы, так и между ними приводит к негативным последствиям: материал учебной дисциплины перестает основательно восприниматься, а творческий труд подменяется утомленным переписыванием.

Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.

Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

Подготовку к каждому практическому (семинарскому) занятию каждый студент должен начать с ознакомления с планом семинарского

занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. Большую помощь при подготовке к занятию может оказать изучение публикаций в научных журналах.

На основе индивидуальных предпочтений студенту необходимо самостоятельно выбрать тему доклада по проблеме семинара и по возможности подготовить по нему презентацию. Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции (устно или письменно). Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию:

1. Проработать конспект лекций.
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (теме).
3. Ответить на вопросы плана практического (семинарского) занятия.
4. Выполнить домашнее задание.
5. Проработать тестовые задания и задачи.
6. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы семинара, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа представляет собой вид учебной и научно-исследовательской работы студента, является индивидуальным,

завершенным трудом, отражающим знания, навыки и умения студента, полученные в ходе освоения дисциплины.

Целью контрольной работы является закрепление и углубление знаний, полученных при изучении теоретического курса дисциплины «Механизация и автоматизация строительного производства», и приобретение конкретных практических навыков в составлении основных разделов проекта производства работ (ППР).

Проектирование зданий преследует следующие задачи:

- закрепление и дальнейшее развитие знаний, получаемых студентами при изучении теоретической части курса;
- приобретение практических навыков при организации и планировании строительного производства и составлении основной документации проекта производства работ (ППР);
- развитие творческого подхода к решению организационно-технических вопросов.

Наименование компетенций

Код	Формулировка:
ПК-13	Владеет способами обеспечения производственных подразделений строительной организации строительными машинами и механизмами; планирование обеспечения производственного подразделения строительной организации строительными машинами и механизмами (ПК-13);
ИД-1ПК-13	ИД-1ПК-13 применяет способы обеспечения производственных подразделений строительной организации строительными машинами и механизмами; планирование обеспечения производственного подразделения строительной организации строительными машинами и механизмами

Написание работы - процесс, включающий в себя ряд взаимосвязанных этапов:

1. Вариант задания определяется руководителем. В состав индивидуального задания входит паспорт типового (индивидуального) проекта и фрагмент генерального плана объекта.

2. Разработка структуры и оформление содержания. Структура работы должна быть согласована с научным руководителем.

3. Сбор, анализ и обобщение материалов исследования, написание текста работы:

- сбор материалов, необходимых для выполнения курсовой работы (проекта), посредством использования литературных источников, нормативных актов, директивных документов и документации предприятия (организации) по рассматриваемой в работе проблематике; в расчетно-графической работе вопросу или проблеме. На базе систематизированного материала формируются основные направления анализа. Одновременно выясняется необходимость сбора дополнительной информации по отдельному вопросу или вопросам;

- сбор дополнительной информации и разработка аналитической части;

- разработка и обоснование предложений по основным направлениям деятельности объекта исследования. На основе разработанных предложений и рекомендаций формулируются соответствующие выводы

4. Оформление работы и её представление для проверки.

5. Защита расчетно-графической работы. Работа предоставляется на кафедру (руководителю) заранее, не позднее, чем за 10 дней до защиты.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Особое место среди видов самостоятельной работы занимает работа с литературой, являющаяся основным методом самостоятельного овладения знаниями.

Изучение литературы - процесс сложный, требующий выработки определенных навыков. Поэтому важно научиться работать с книгой.

Перечень и объем литературы, необходимой для изучения дисциплины, определяется программой курса и другими методическими рекомендациями.

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой и требованиями дидактики.

При работе с литературой следует учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала. Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что выходит за рамки официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит экономить время);
- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

- все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц). Можно выделить три основных способа записи: а) запись интересных, важных для запоминания или последующего использования положений и фактов; б) последовательная запись мыслей автора, по разделам, главам, параграфам книги. Такая запись требует творческой переработки прочитанного, что способствует прочному усвоению содержания книги; в) краткое изложение прочитанного: содержание страниц укладывается в несколько фраз, содержание глав - в несколько страниц связного текста. Этот вид записи проще, ближе к первоисточнику, но при этом творческая мысль читателя пассивнее, а поэтому усвоение материала слабее;

- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать).

Таким образом, чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически

проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило.

Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге. Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студенты с этой целью заводят специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Основные виды систематизированной записи прочитанного.

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без при-влечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

В процессе подготовки экзамену (зачёту) рекомендуется:

а) повторить содержание лекционного материала и проблемных тем, рассмотренных в ходе семинарских занятий;

б) изучить основные и дополнительные учебные издания, предложенные в списке литературы;

в) повторно прочитать те библиографические источники, которые показались Вам наиболее трудными в ходе изучения дисциплины;

г) проверить усвоение базовых терминологических категорий и понятий дисциплины;

Для успешной сдачи экзамена (зачета) студенты должны помнить, что практические (семинарские) занятия способствуют получению более высокого уровня знаний и, как следствие, более высокой оценки на зачете;

При оценивании знаний студентов преподаватель руководствуется, прежде всего, следующими критериями:

- правильность ответов на вопросы;
- полнота и лаконичность ответа;

- умение толковать и правильно использовать основную терминологическую базу предмета;
- ориентирование в тенденциях и проблемах развития логистической деятельности в Российской Федерации;
- знание основных методов и концепций;
- логика и аргументированность изложения;
- культура ответа.

Таким образом, при проведении экзамена (зачёта) преподаватель уделяет внимание не только содержанию ответа, но и форме его изложения.

10. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Механизация и автоматизация строительного производства. Олейник П.П. М., АСВ, 2010, 572 с.
2. Организация строительства (лекции, курсовое и дипломное проектирование): Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2014. — 160 с.
3. Организация, планирование и управление в строительстве. Ширшиков Б.Ф.М., АСВ, 2012, 528 с.
4. Организация, планирование и управление строительным производством/ под общ. ред. П. Г. Грабового. – Липецк: Высшая школа, 2006.
5. Организация и планирование строительного производства. Под. ред. Шрейбера А.К. М.: Высшая школа, 1997. (Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений).
6. Дикман Л.Г. Организация и планирование строительного производства: учеб. для строительных вузов. - М.: Издательство АСВ, 2006.
7. СП 48.13330.2011 СНиП 12-01-2004 «Организация строительства (актуализированная редакция)».
8. Рекомендации по разработке календарных планов и стройгенпланов. М., ОАО ПКТИпромстрой, 2008.

9. Трушкевич, А. И. Организация проектирования и строительства / А. И. Трушкевич. – Минск : Вышэйшая школа, 2003.
10. Организация, экономика и управление строительством (спецкурс) / под ред. Т. Н. Цая. – М. : Стройиздат, 1984.
11. Костюченко, В. В. Организация, планирование и управление в строительстве / В. В. Костюченко, Д. О. Кудинов. – Ростов-н/Д. : «Феникс», 2006.
12. Механизация и автоматизация строительного производства / Учеб. для строит. Вузов / Л. Г. Дикман. – М. Изд-во АСВ, 2003. – 512 с.
13. Механизация и автоматизация строительного производства: Учебник для вузов / Т. Н. Цай, П. Г. Грабовый, В. А. Большаков и др. – М.: Изд-во АСВ, 1999. – 432 с.
14. Болотин С. А. Механизация и автоматизация строительного производства: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 208 с.
15. Трушкевич А.И. Организация проектирования и строительства: Учеб. по-сobie/ А.Н. Трушкевич.- Мн.: Высш. шк., 2003. – 416 с.

Интернет-ресурсы:

1. <http://docs.cntd.ru/> «электронный фонд правовой и нормативно-технической документации»
2. <http://library.spbu.ru> – сайт научной библиотеки им. М. Горького Санкт-Петербургского государственного университета