

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

ИННОВАЦИОННЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Научно-образовательный комплекс
по технической специальности 050729

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ**

по дисциплине Строительные машины и оборудование

для студентов 3 курса 050729 «Строительство»

ПАВЛОДАР 2010

УТВЕРЖДЕНО

Директор инженерной академии

Докт. вет. наук _____ Е. Б. Никитин

«___» _____ 2010 г.

Составитель: доцент Козориз С.Е.

Кафедра «Машиностроение и строительство»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

по дисциплине Строительные машины и оборудование

для студентов специальности 050729 «Строительство» для очной формы обучения на базе
общего среднего образования

Разработаны на основании Государственного общеобязательного стандарта высшего образования ГОСО РК 3.08.355-2006 по специальности 050929 «Строительство» г. Астана 2006 г. и типовой учебной программы «Строительные машины и оборудование» введенной в действие приказом МОН РК от 22.06.2006 г.

Рассмотрены на заседании кафедры «Машиностроение и строительство»

Протокол № ___ от _____ 2010 г.

Зав. кафедрой «Машиностроение и строительство»

к.т.н., профессор. _____ Стаценко С.А.

Утверждены на заседании научно-методического совета Инженерной Академии и
рекомендованы к изданию

Протокол № ___ от _____ 2010 г.

Председатель НМС ИА

к.т.н., профессор _____ Дубровин П.В.

Согласовано:

Начальник ИМО

к.т.н., профессор _____ Ушакова Н.М.

сдано в медиатеку _____

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
ТЕМА № 1 «РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА».....	
ТЕМА № 2 «ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА».....	
ТЕМА № 3 «РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА».....	
ТЕМА № 4 «РАСЧЕТ ЛЕБЕДКИ».....	
ТЕМА № 5 «ВЫЧИСЛЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА».....	
ТЕМА № 6 «РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ БАШЕННОГО КРАНА».....	
ТЕМА № 7 «РАСЧЕТ СКРЕПЕРА».....	
ТЕМА № 8 «РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА».....	
ТЕМА № 9 «РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРА».....	
ТЕМА № 10 «РАСЧЕТ КОВШОВОГО ЭЛЕВАТОРА.....	
ТЕМА № 11 «РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ВСАСЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ».....	
ТЕМА № 12 «РАСЧЕТ СКЛАДА».....	

ВВЕДЕНИЕ

Важными направлениями ускорения научно-технического прогресса является разработка, создание и освоение принципиально новой техники и технологий, многократно повышающих производительность труда.

Современная техника должна быть надежной и одновременно нематериалоемкой, удобной в управлении и безопасной в эксплуатации, отвечать эргономическим и технико-эстетическим требованиям. Все эти качественные показатели, определяющие в целом технический уровень и конкурентоспособность машин, закладываются на стадии проектирования.

Выполнить эту задачу могут только специалисты, хорошо знающие теорию и современные методы расчета и проектирования строительной техники. Расчет погрузочно-разгрузочных машин, как определенная область научных знаний, охватывает широкий класс машин и оборудования, применяемых для механизации и автоматизации трудоемких процессов. Это машины для земляных работ, грузоподъемные и погрузочно-разгрузочные машины, транспортирующее оборудование и другие, которые объединяет не только область применения, но и общие подходы к расчету и проектированию.

Данное методическое указание позволит будущим строителям, используя свои теоретические знания, научиться проводить расчеты по определению (типа, количества, номенклатуры, производительности и т.д.) необходимых погрузочно-разгрузочных машин в складском хозяйстве строительного предприятия.

Настоящие методические указания содержат краткие указания по выполнению практических работ по курсу «Строительные машины и оборудование», проводимых на кафедре «Машиностроение и строительство» для студентов специальностей 050029 «Строительство».

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, исключая 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).

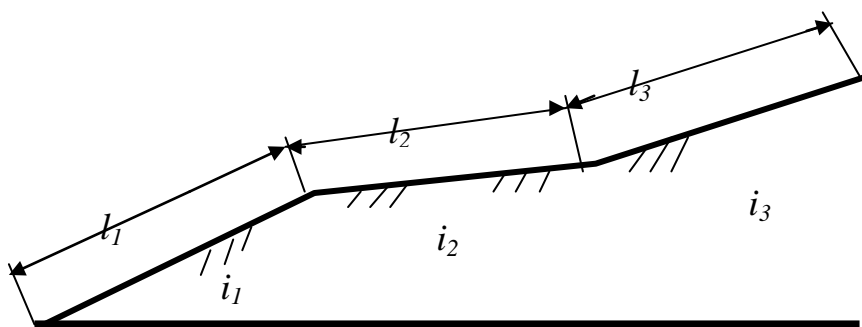


Рисунок 1.1 - Схема пути движения тракторного поезда по заданию

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).

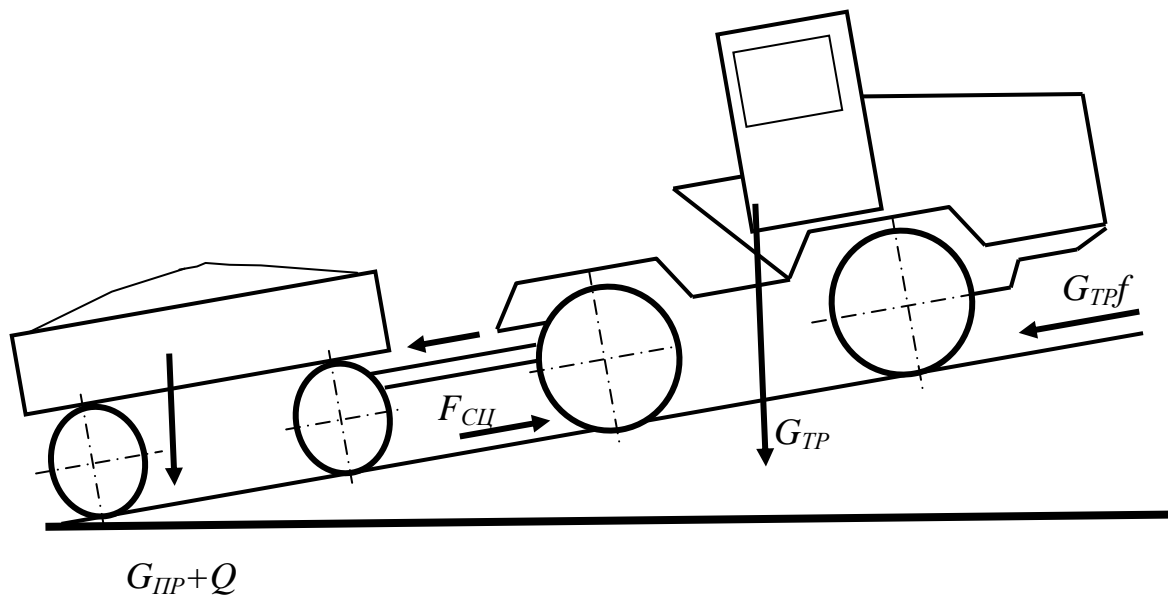


Рисунок 1.2 - Схема распределения сил, действующих на тракторный поезд

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 грунтовая	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 (скошенный 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 грунтов ая 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	3ПТС-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

$$F_k \geq G_{э} (f_k + i_k), Н, \quad (2.2)$$

где $G_{э}$ – 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).

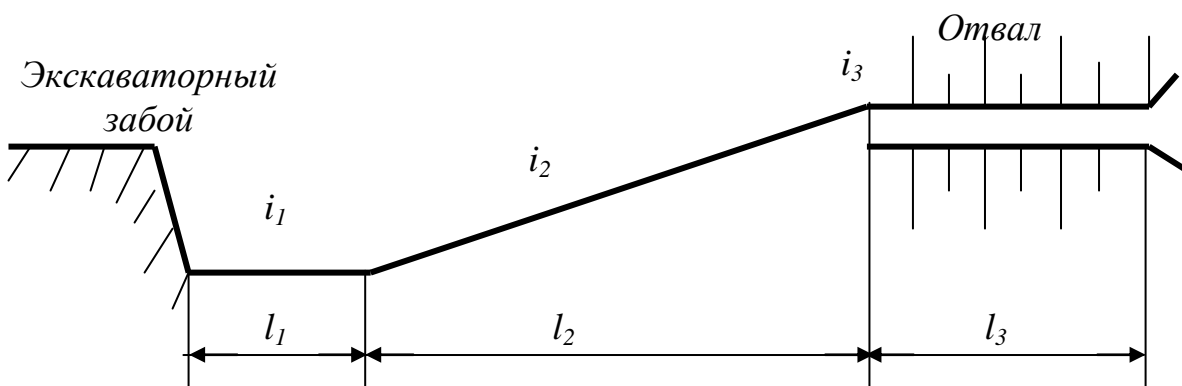


Рисунок 2.1 - Схема трассы движения автомобиля

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

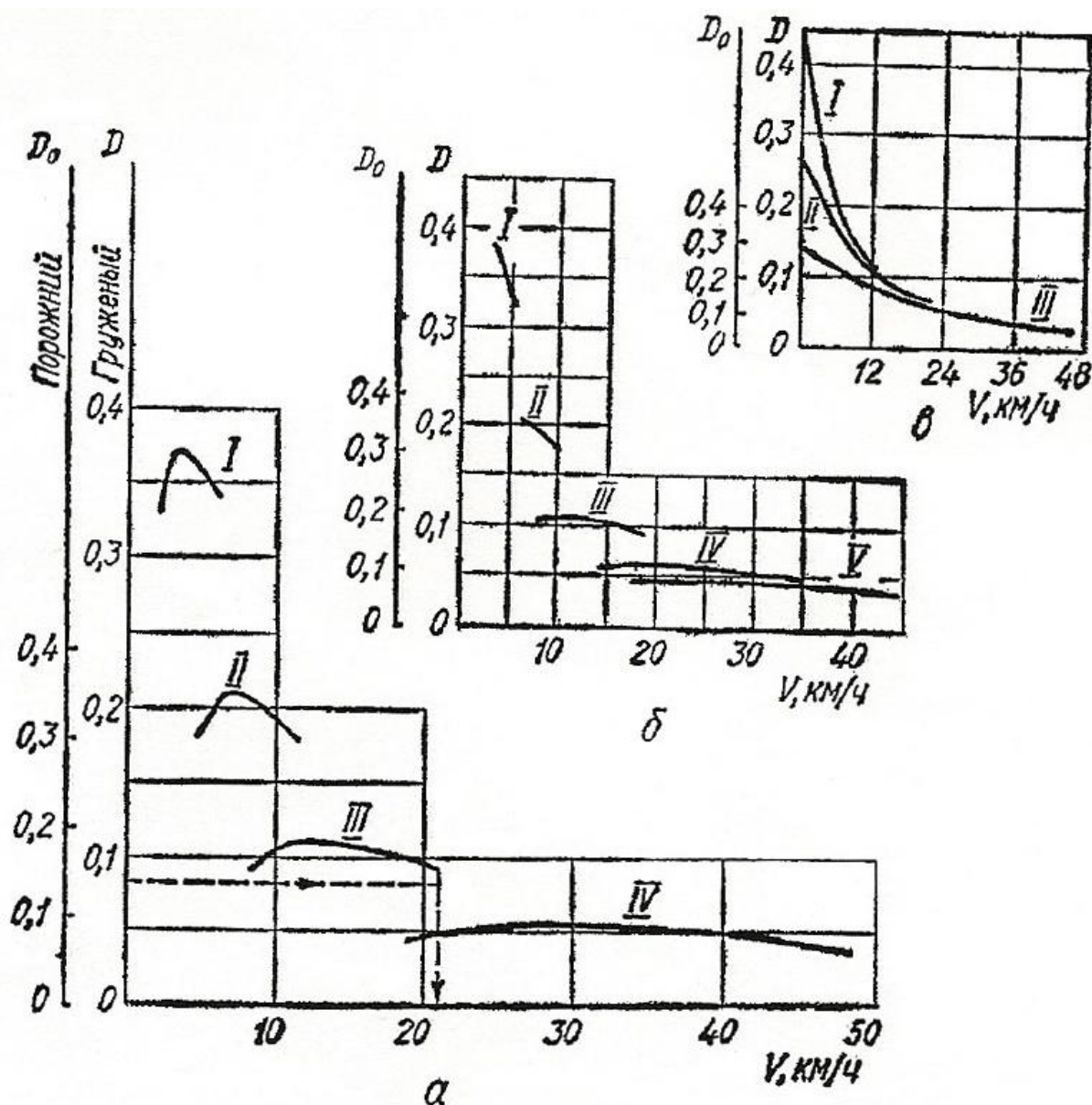
$$t_1 = \frac{l_1}{0,9} \left(\frac{1}{v_1^{\text{гр}}} + \frac{1}{v_1^{\text{пор}}} \right), \text{ с} \quad t_2 = \frac{l_2}{0,9} \left(\frac{1}{v_2^{\text{гр}}} + \frac{1}{v_2^{\text{пор}}} \right), \text{ с} \quad t_3 = \frac{l_3}{0,9} \left(\frac{1}{v_3^{\text{гр}}} + \frac{1}{v_3^{\text{пор}}}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

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.



а – МАЗ-503А; б – КраЗ-256Б; в – 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, м³ (табл. 2.2);
 ρ – насыпная плотность грунта, кг/м³ (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.

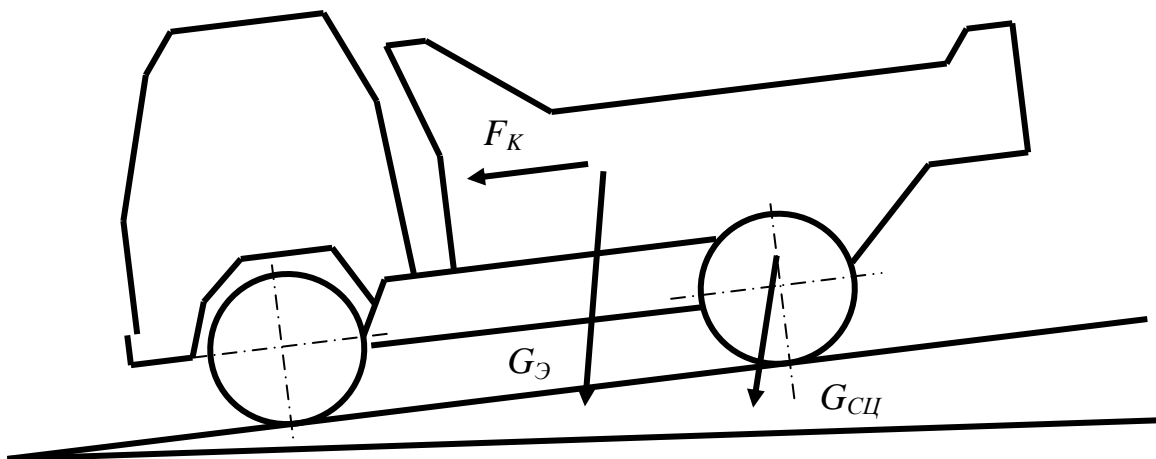


Рисунок 2.3 - Схема сил, действующих на автомобиль

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

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

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

5. Определить сменную производительность автомобиля

$$П_{\text{с}} = \frac{3,6 T k_{\text{в}} Q}{t_{\text{р}}}, \quad (2.9)$$

и сменный пробег автомобиля

$$L_{\text{с}} = \frac{3,6 T k_{\text{в}} 2(l_1 + l_2 + l_3)}{t_{\text{р}}}, \text{ км}, \quad (2.10)$$

где T – количество часов в смену, 8,2 часа;
 $k_{\text{в}}$ – 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_g , 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 маневрированием $t_{разгр.}$, 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 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.

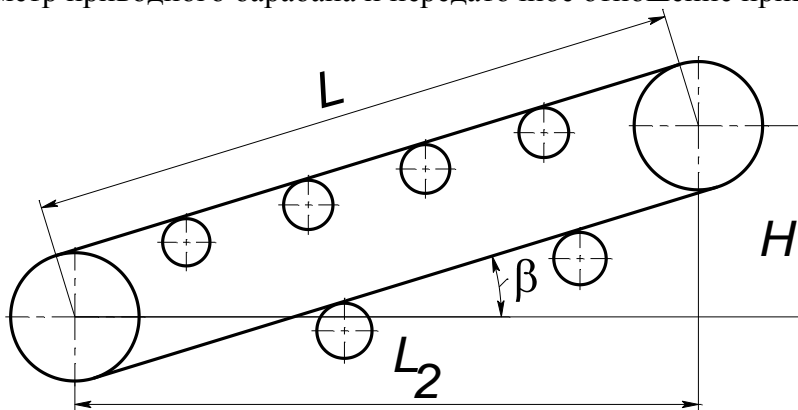


Рисунок 3.1 - Схема ленточного конвейера

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

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

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

где $П$ – производительность конвейера, т/ч;

v – 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)

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

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

2.3 Желобчатая лента (рис. 3.2, в)

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

где K_1 – отношение, численно равное $\frac{B_1}{B} = 0,38$;

ψ – угол наклона боковых стенок $\psi = 30^\circ$, $tg\psi = 0,58$;

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

$$N = (0,003ПH + 0,00015ПL_2 + 0,03L_2Bv)k_1k_2 + kП, \text{ кВт} \quad (3.5)$$

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).

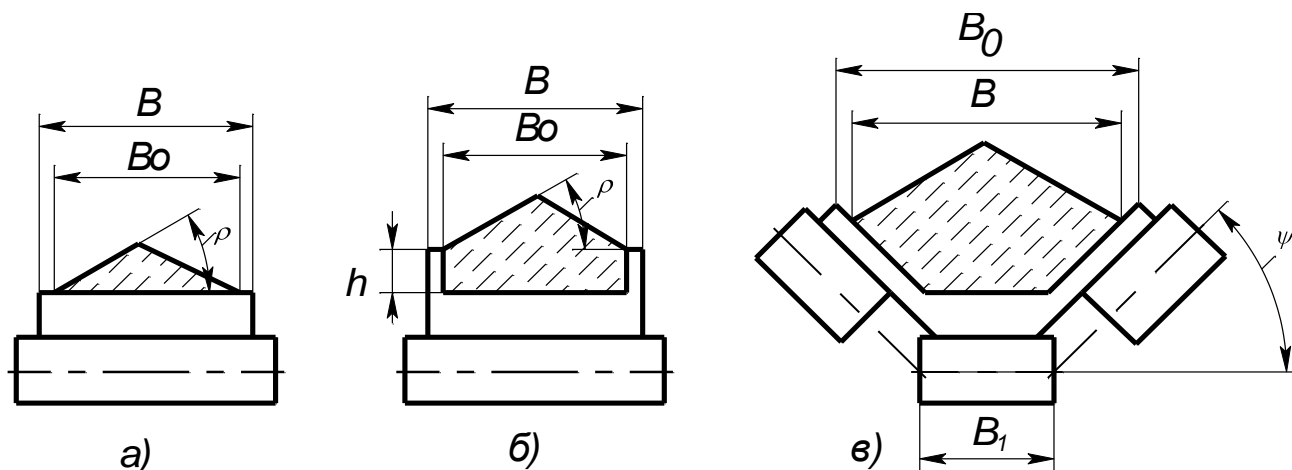


Рисунок 3.2 - Размещение транспортируемого материала на ленте при различных формах поперечного сечения конвейера

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 обрешиненной ленты	Очень влажная	0,15	0,01
Футеровка из обрешиненной ленты	Влажная	0,25	0,006
Футеровка из обрешиненной 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

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

и натяжение набегающего и сбегающего концов ленты

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

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

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

$$i_n = \frac{S_n}{B \cdot P} \quad (3.11)$$

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

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

и передаточное отношение приводного редуктора

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

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

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

$$n_{БАР} = \frac{60\nu}{D_{БАР} \pi \sqrt{1 - \xi^2}}, \text{ об/мин}, \quad (3.14)$$

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
4A112MAU3	5,0	1500	4A280M2Y3	132,0	3000

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

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 $5 \div 6,5$.

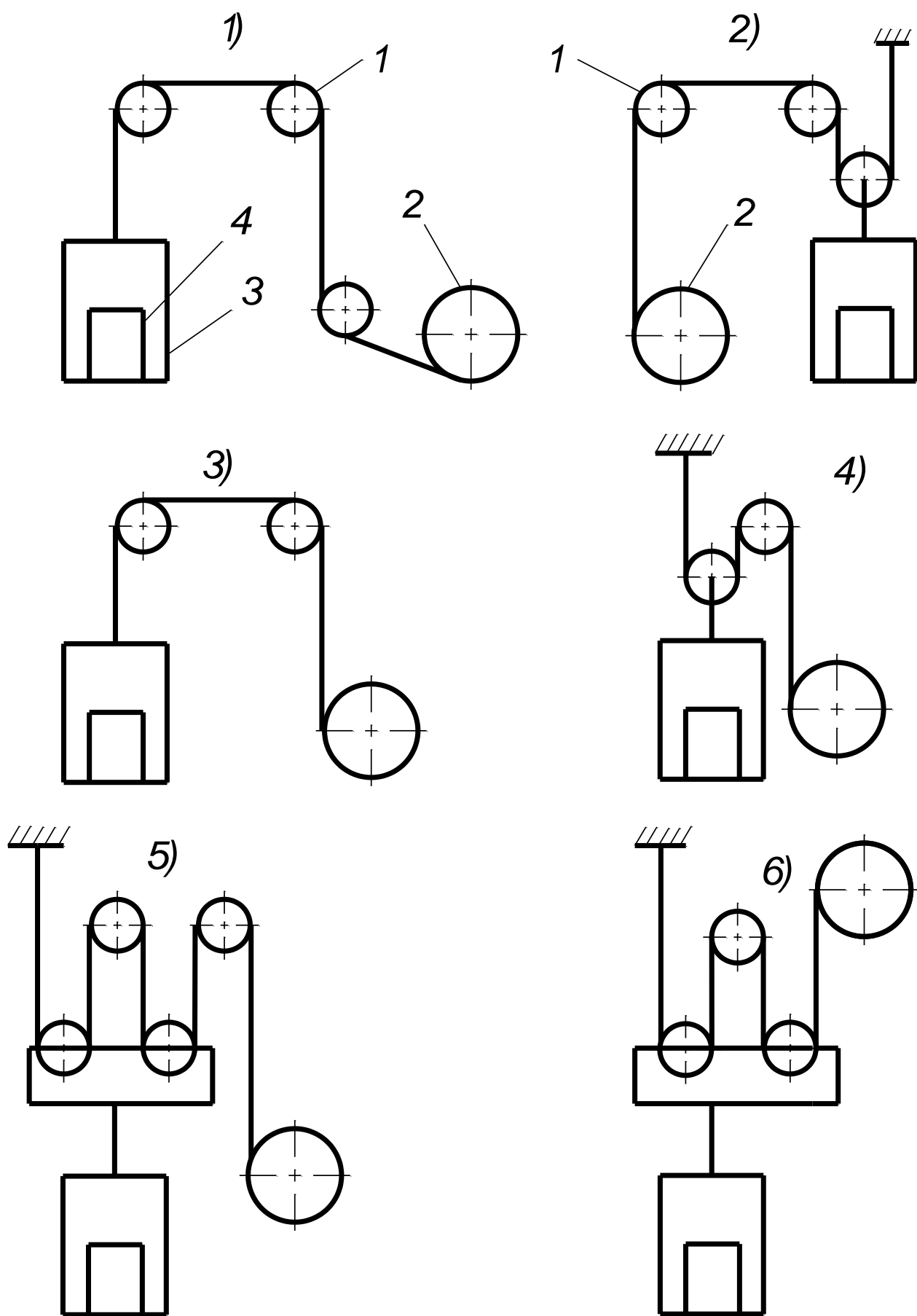
Требуемый диаметр каната $d_{\text{к}}$ и другие его данные выбираем по ГОСТ 3070-74 на основании расчетного разрывного усилия (табл. 4.2).

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

$$L_{\text{б}} = \frac{L_{\text{к}} d_{\text{к}}}{\pi m (m d_{\text{к}} + D_{\text{б}})}, \text{ м}, \quad (4.5)$$

где $d_{\text{к}}$ – диаметр каната, м;

m – число слоев навивки каната на барабане. Число m подбирается путем расчета так, чтобы выполнялось условие $L_{\text{б}} = (1,5 \div 2,5) D_{\text{б}}$. Первоначально задаемся $m = 2$.

4. Вычисляем потребляемую мощность электродвигателя

$$N_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{к}} V_{\text{к}}}{1000 \eta_{\text{леб}}}, \text{ кВт}, \quad (4.6)$$

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

$V_{\text{к}}$ – скорость движения каната.

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

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

По вычисленной мощности подбираем из табл. 3.10 тип электродвигателя

5. Вычисляем передаточное число редуктора лебедки

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

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

$n_{\text{б}}$ – частота вращения барабана лебедки.

$$n_{\text{б}} = \frac{60 V_{\text{к}}}{\pi [D_{\text{б}} + d_{\text{к}} (2m - 1)]} \text{ об/мин} \quad (4.9)$$

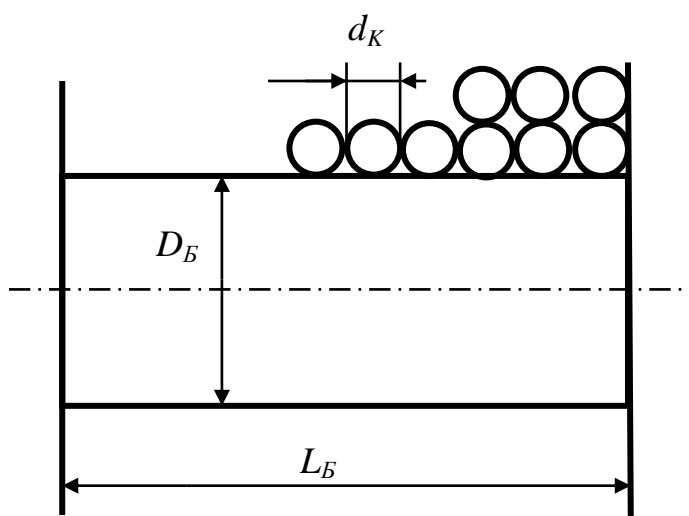


Рисунок 4.2 - Схема барабана лебедки

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 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 № 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.

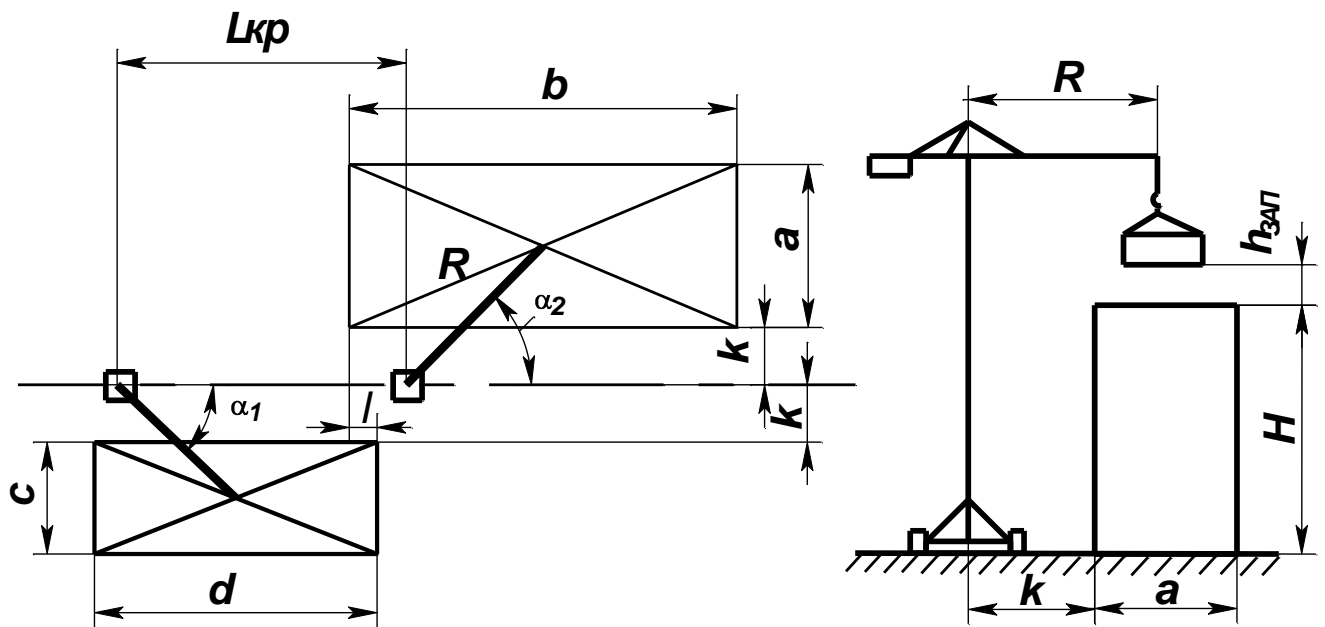


Рисунок 5.1 - Схема рабочей зоны крана: а - план, б- профиль.

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;

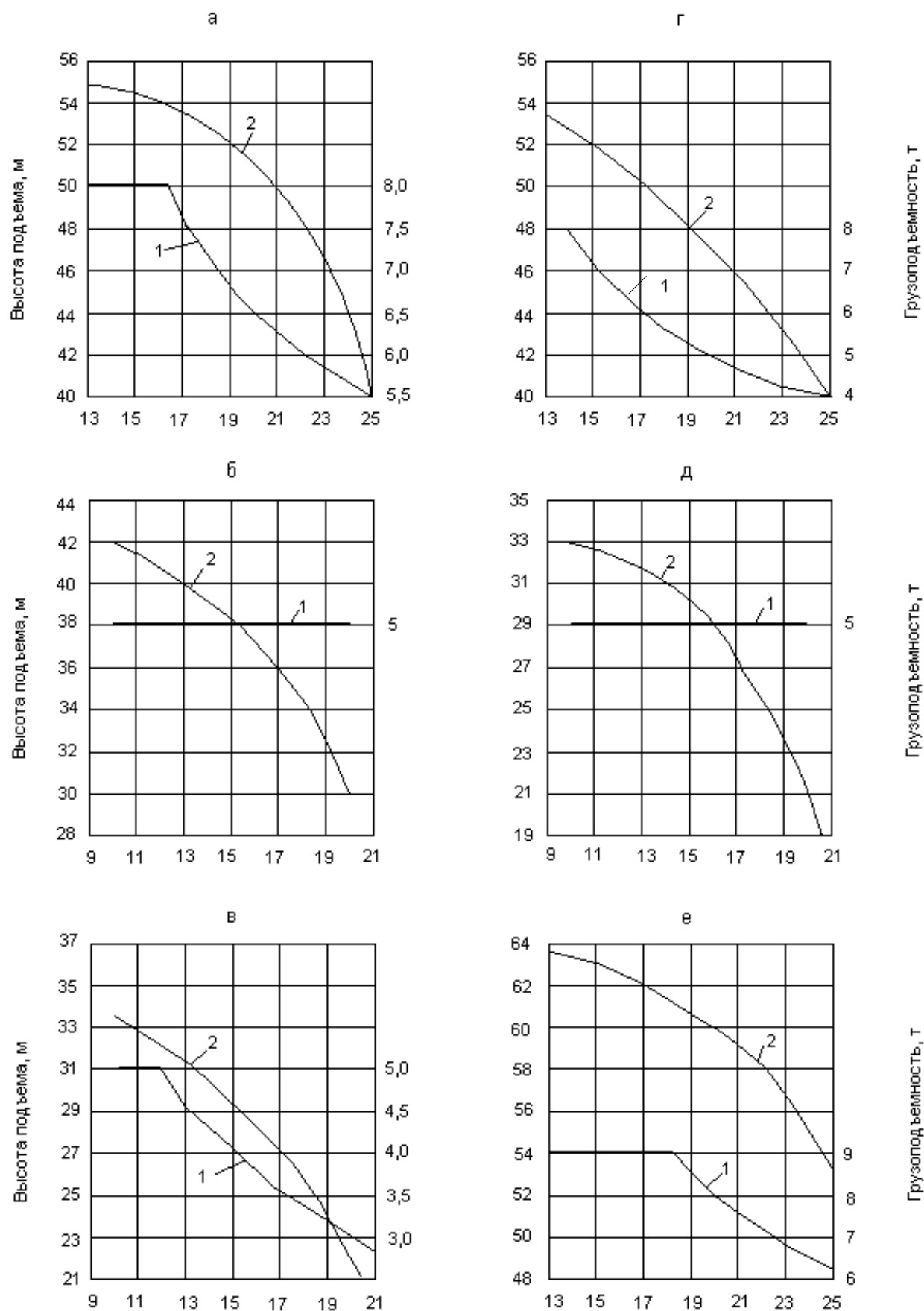
t_8 - подъем крюка с грузозахватными приспособлениями над уровнем монтажа, с;

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:

$$t_{\text{ц}}^{\text{COBM}} = t_1 + t_2 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_{10} + t_{11} \quad (5.14)$$

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.

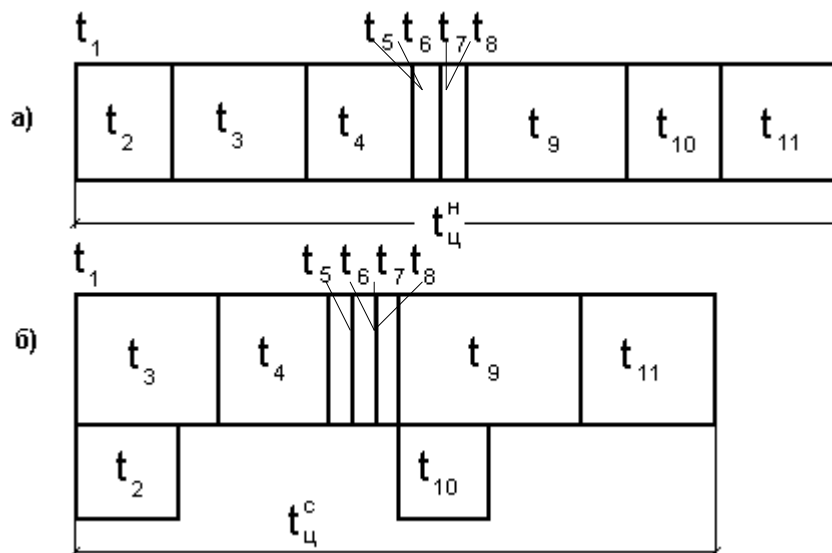


Рисунок 5.3 - Примерная схема построения рабочего цикла крана: а - без совмещения операций; б - с совмещением операций

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	$h_{изд}$	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-28-12п	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 приравняем моменту силы тяжести всего крана относительно той же оси. Из этих двух уравнений определяем координаты центра тяжести.

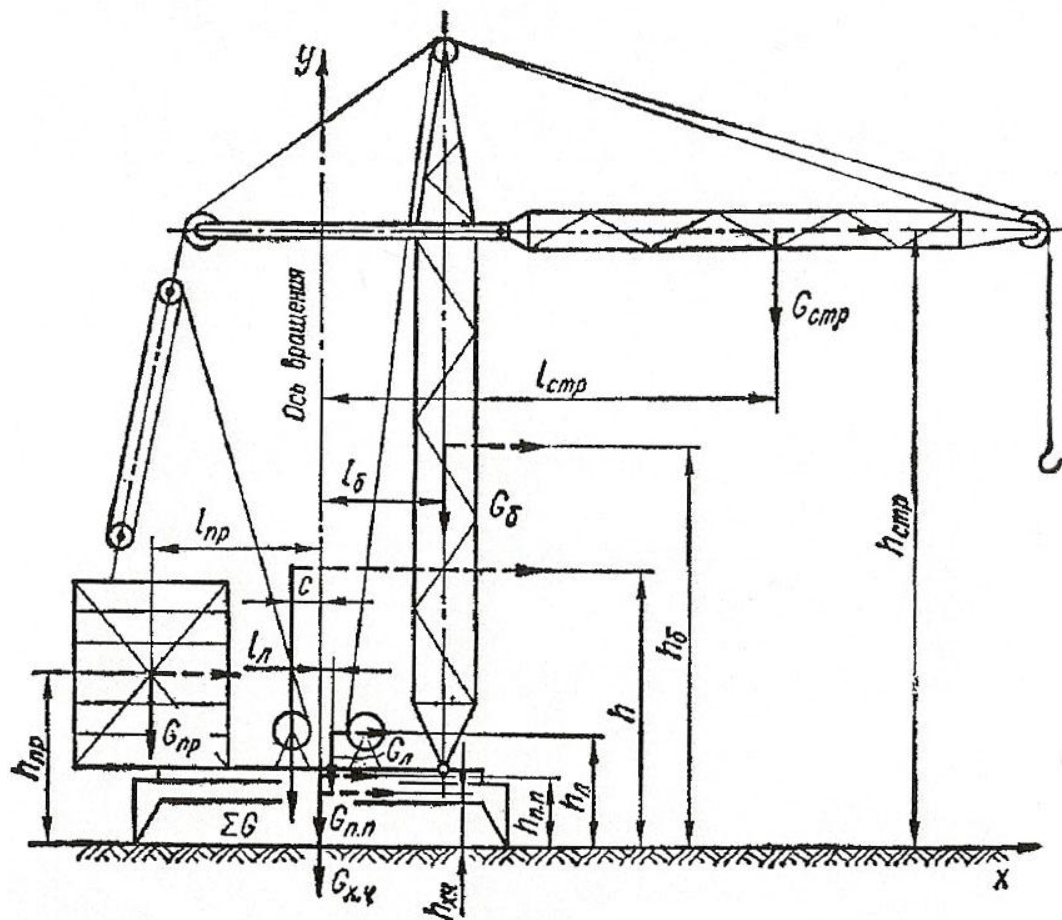


Рисунок 6.1 – Схема к определению центра тяжести крана

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,

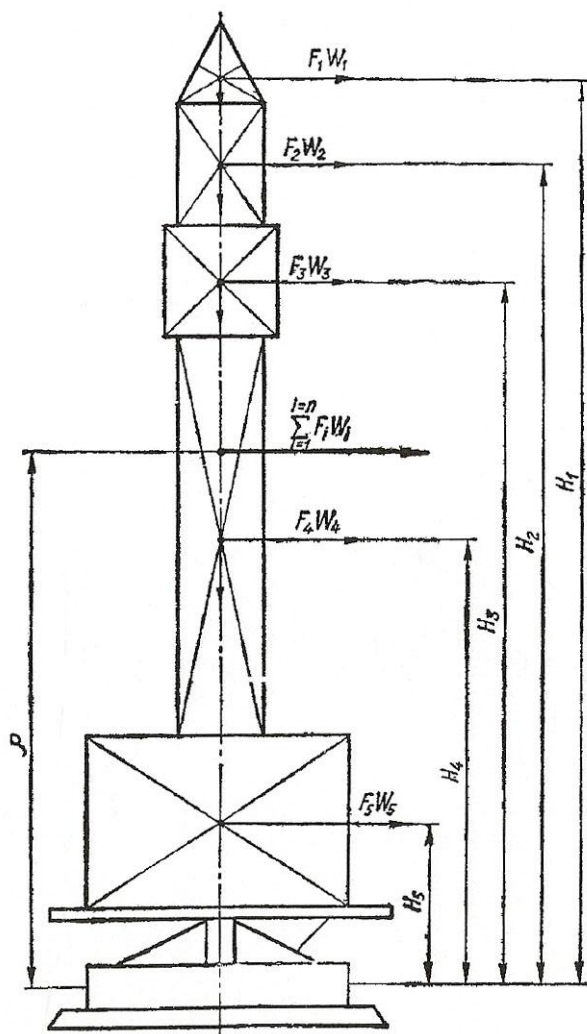


Рисунок 6.2 – Схема к определению центра парусности крана

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

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

$$c = K_1 \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_i F_i}{F} \left[1 - \eta_{\Phi} \left(\frac{\Phi}{\Phi} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (6.12)$$

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.

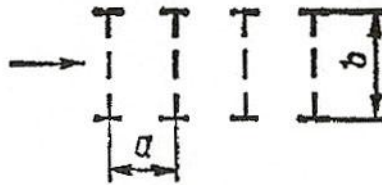


Рисунок 6.3 – Схема расположения ферм или сплошных балок к определению аэродинамического коэффициента

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

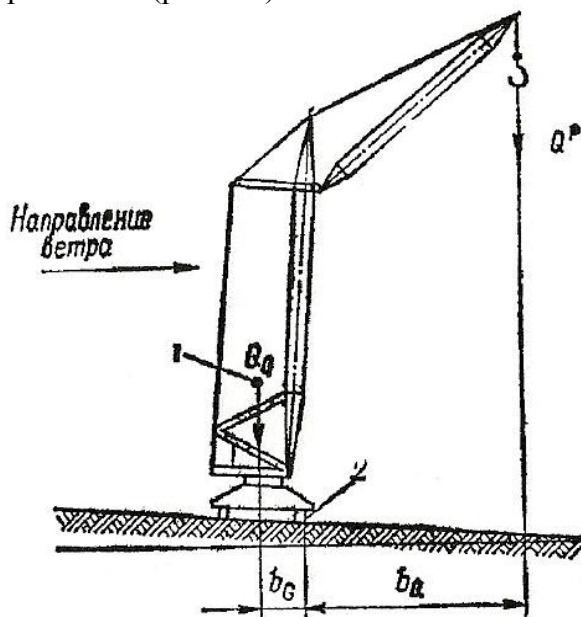
$$c = K_2 c_0, \quad (6.13)$$

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.

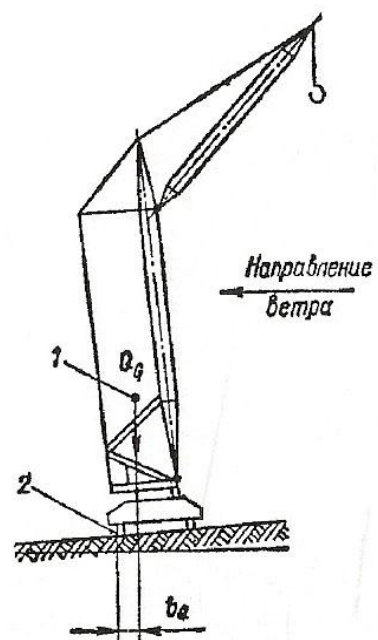
При проверке грузовой и собственной устойчивости следует выбирать такое положение ребра опрокидывания, при котором кран по устойчивости максимально приближается к предельному состоянию.

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

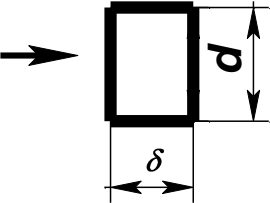
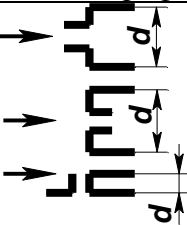
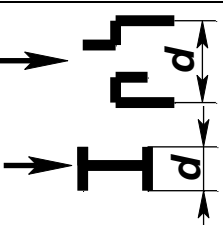
Таблица 6.7 – К подсчету периода свободных колебаний T_0 , сек

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


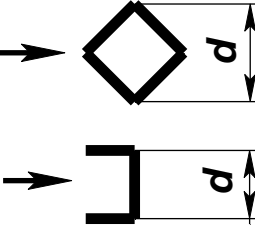
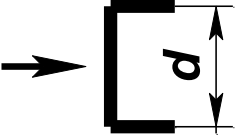
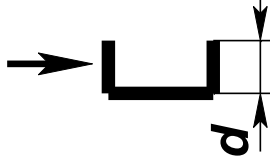
Профиль				
c	2,05	2,2	1,9	1,25

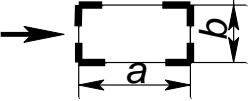
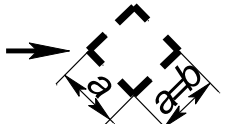
Таблица 6.10 – Коэффициент $K_1 = f(\psi)$

ψ	0	0,3-0,9	1
K	1	0,75	1

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

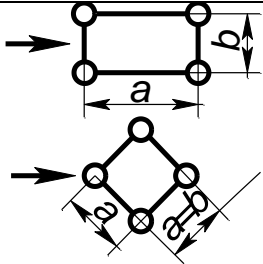
ψ	Отношение a/b			
	До 1	2	4	6
	η_ϕ			
0,1	1	1	1	1
0,2	0,85	0,9	0,93	0,97
0,3	0,68	0,75	0,8	0,8
0,4	0,5	0,6	0,67	0,7
0,5	0,33	0,45	0,53	0,6
0,6	0,15	0,3	0,4	0,5

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 .

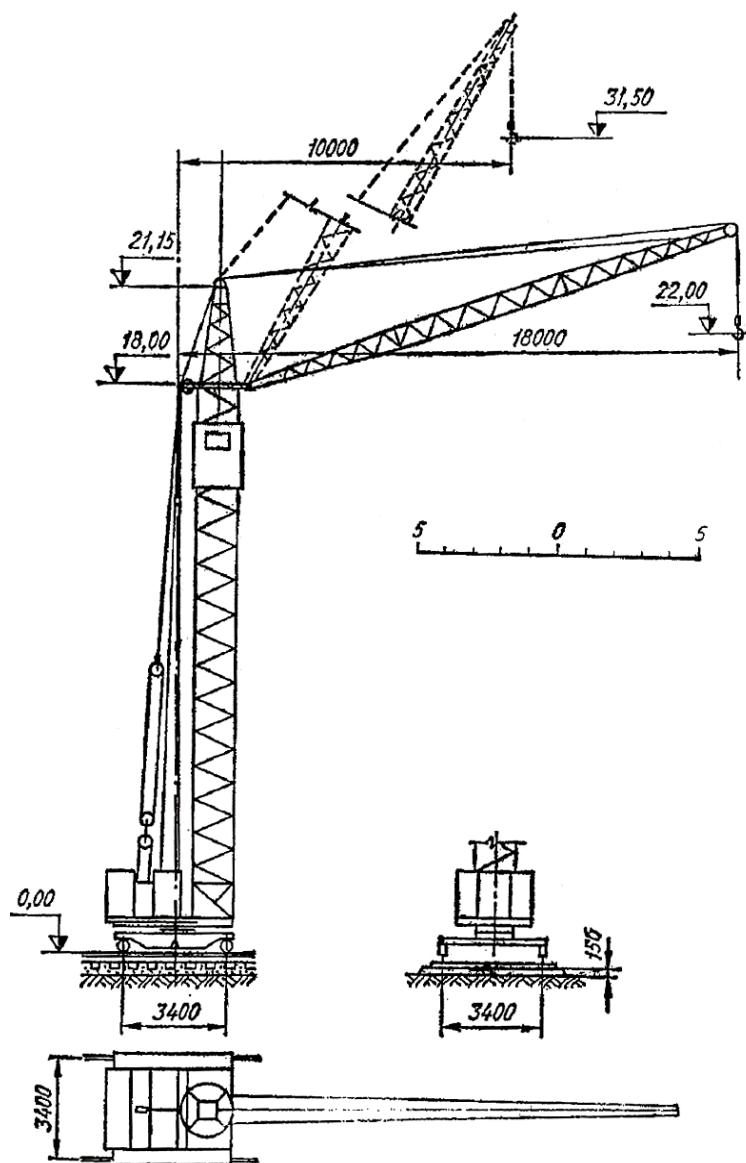


Рисунок 6.6 – Схема крана БК-215А

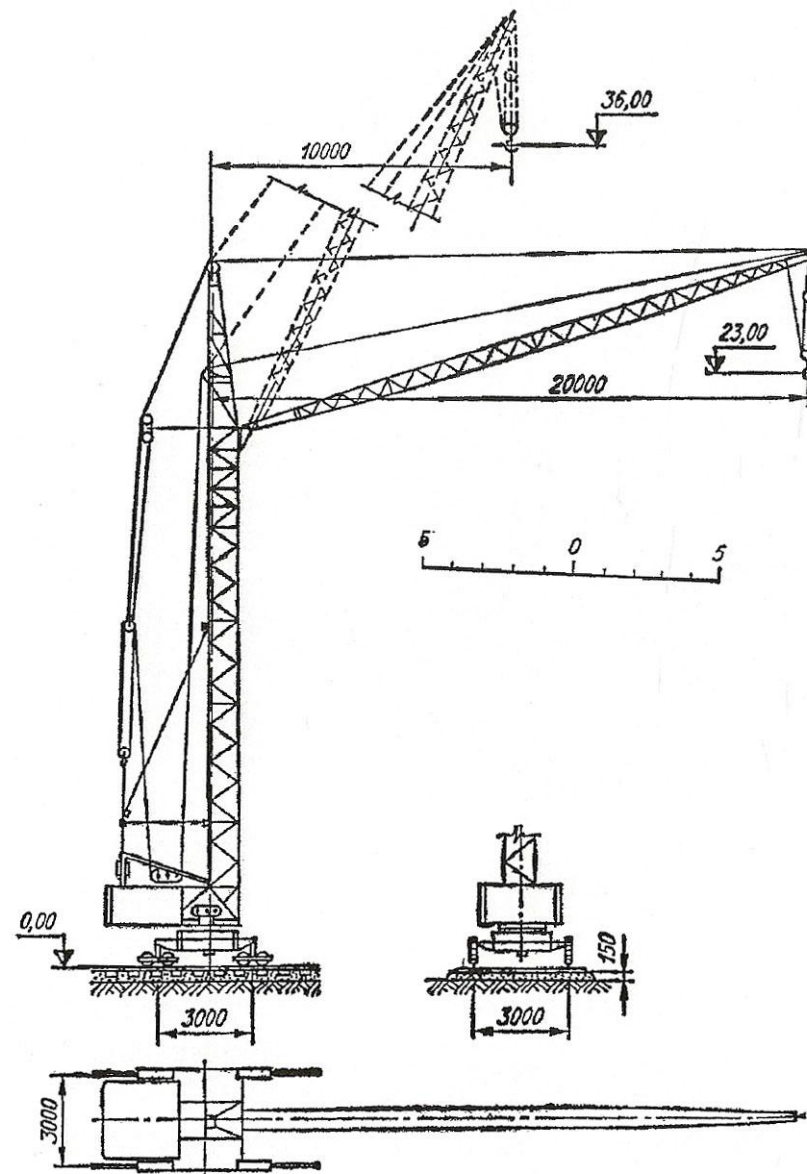


Рисунок 6.7 – Схема крана С-390

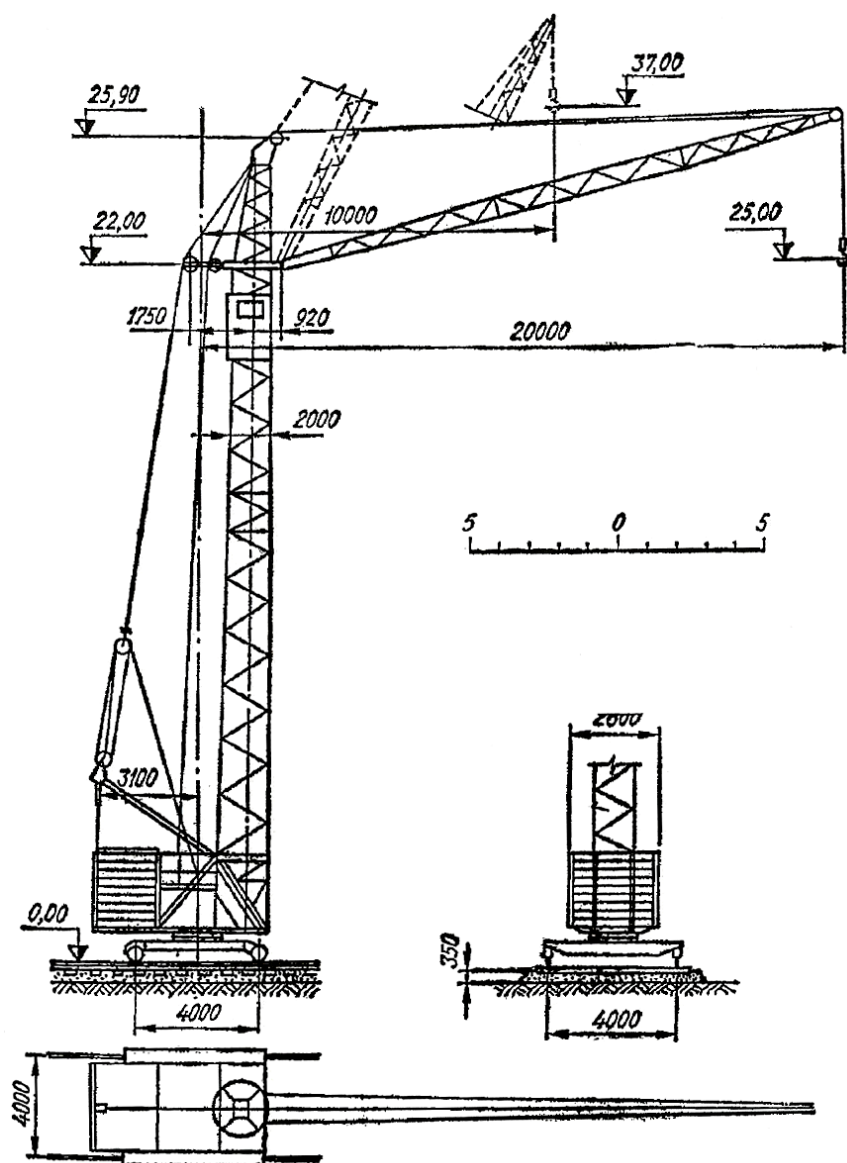


Рисунок 6.8 – Схема крана МСК-3-5-20

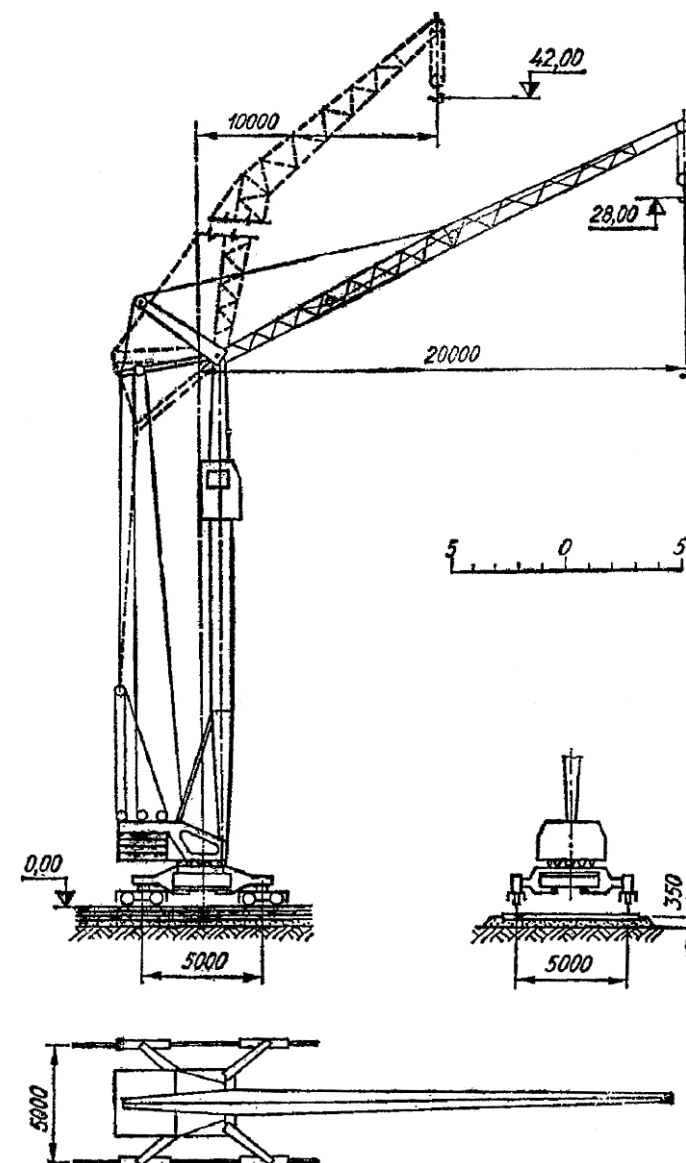


Рисунок 6.9 – Схема крана МБТК-80

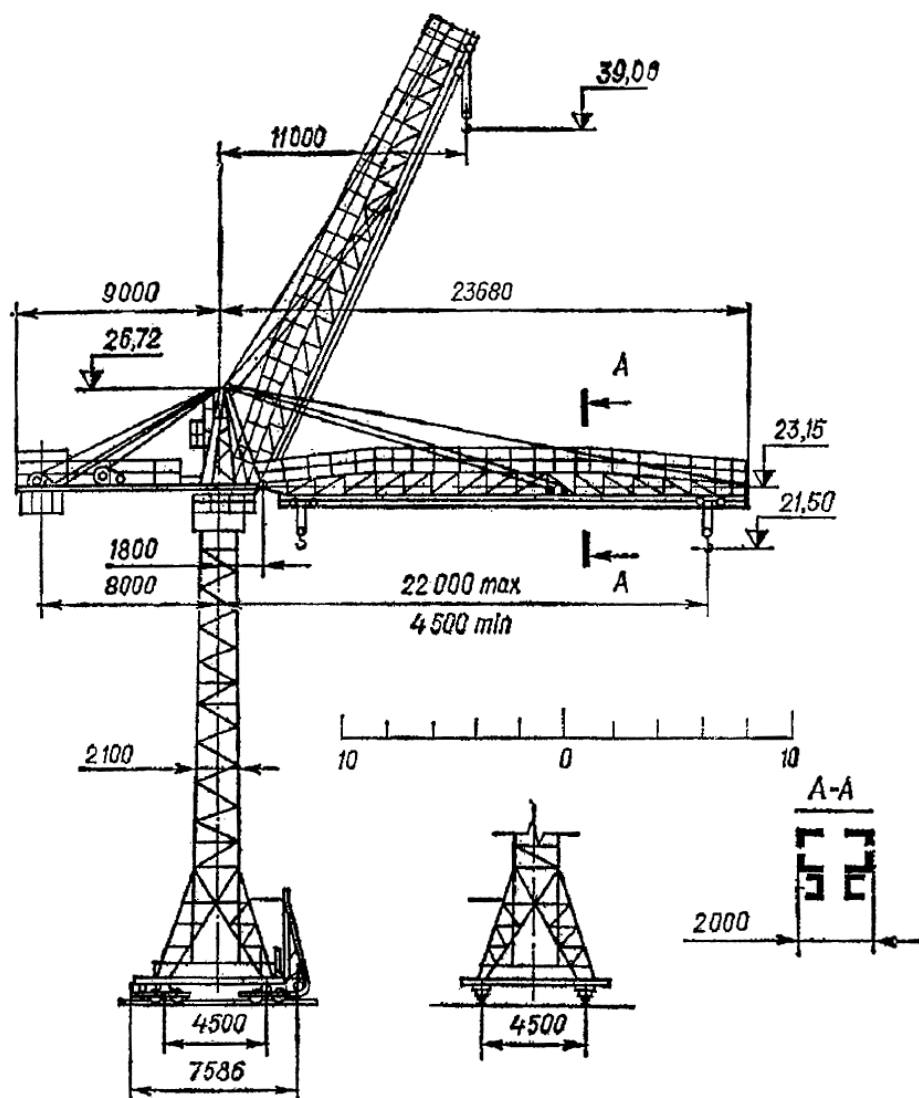


Рисунок 6.10 – Схема крана БКСМ-5-5А

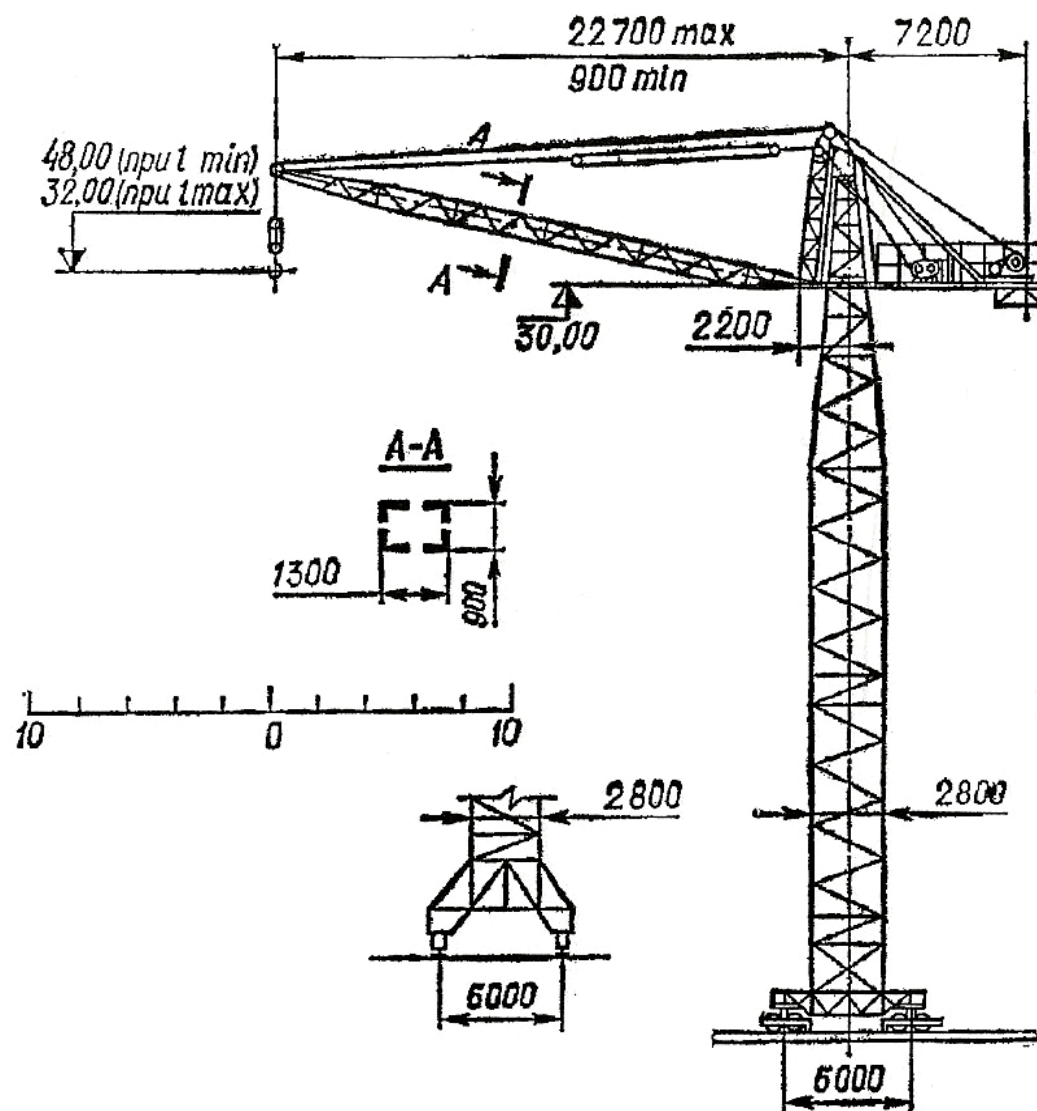


Рисунок 6.11 – Схема крана БК-5-248

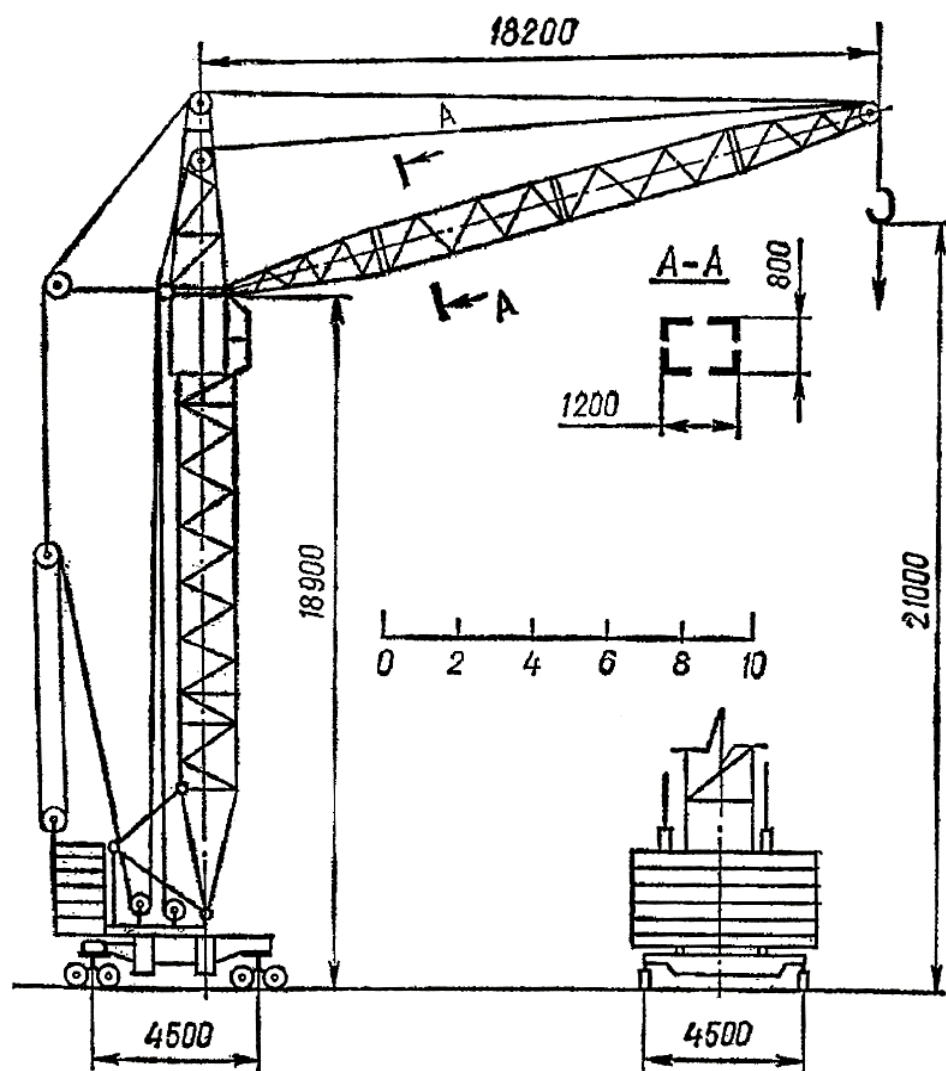


Рисунок 6.12 – Схема крана КБ-60

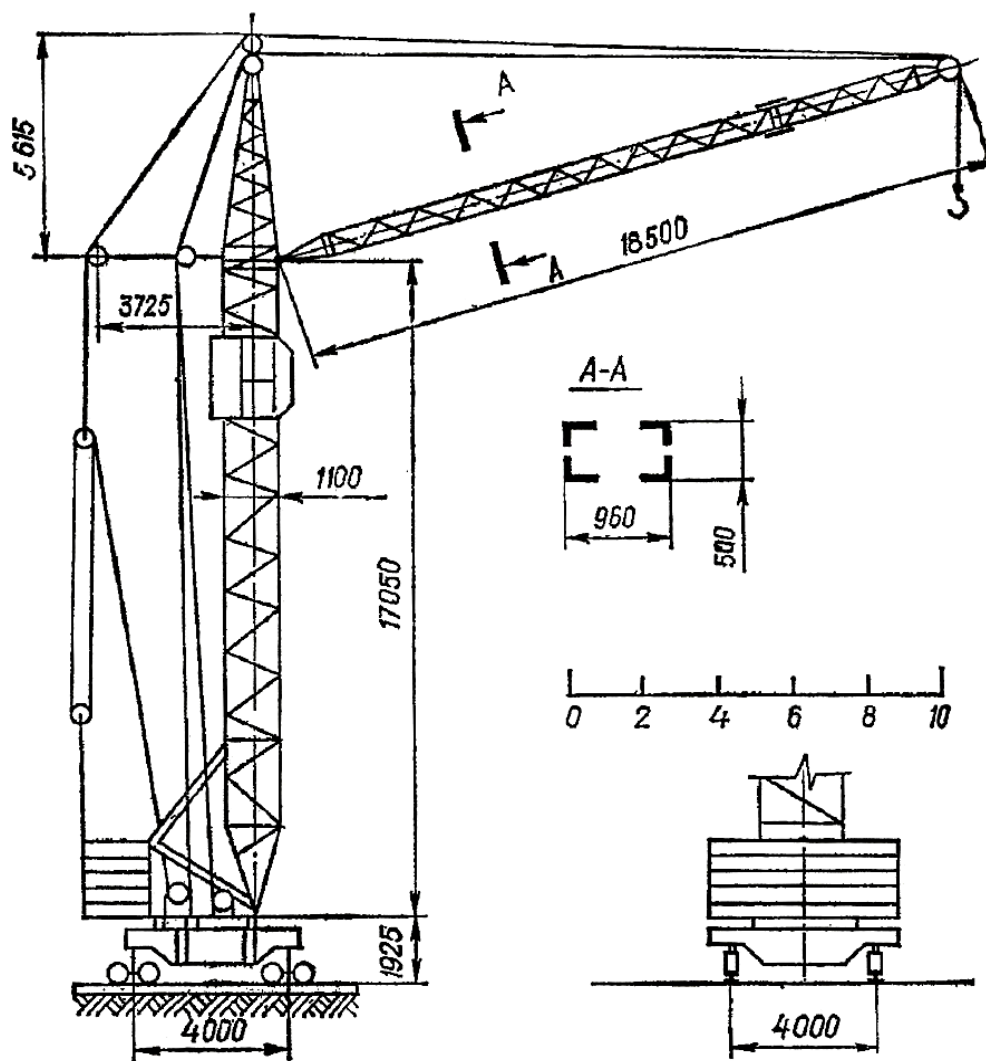


Рисунок 6.13 – Схема крана КБ-100.0

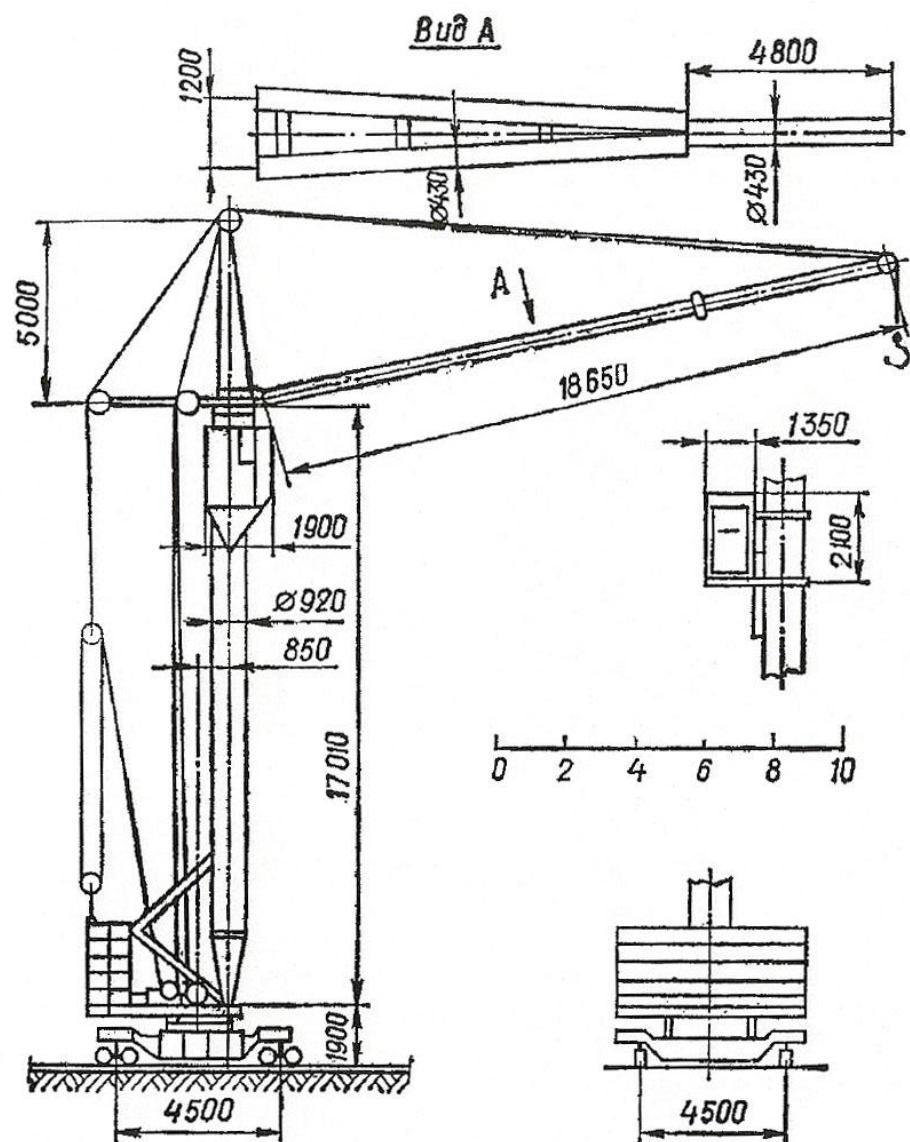


Рисунок 6.14 – Схема крана КБ-100.1

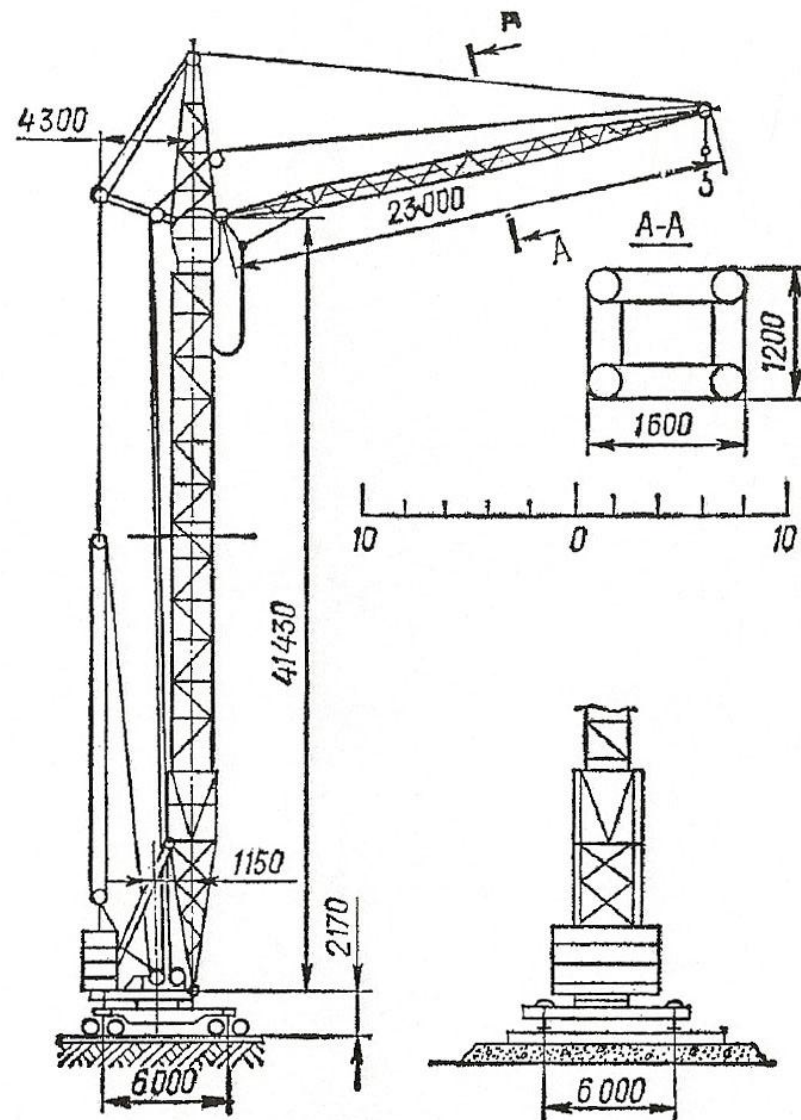


Рисунок 6.15 – Схема крана КБ-160.2

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 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.

$$l_3 = \frac{q k_n (1 + m)}{k_p c b}, \text{ м}, \quad (7.1)$$

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

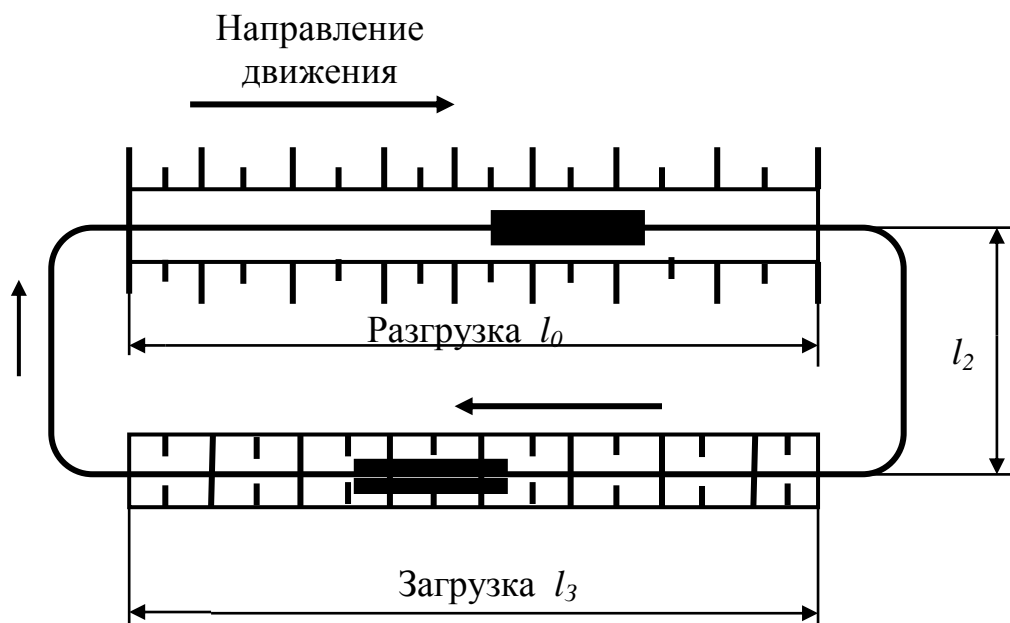


Рисунок 7.1 - Схема движения скрепера

2.2 Вычисляем длину пути отсыпки грунта

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

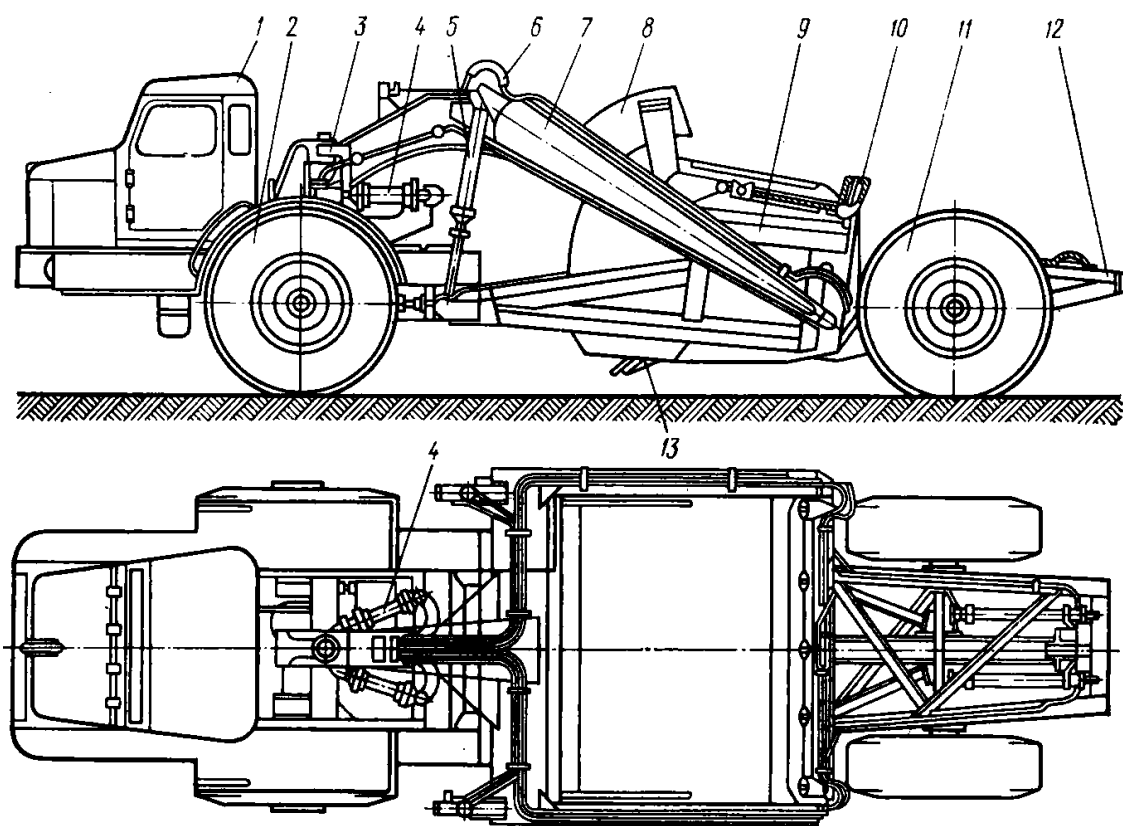
где C_1 – средняя толщина отсыпаемого слоя, м (табл. 7.3);
 $k_{\text{нр}}$ – коэффициент неравномерности осыпавшегося грунта, равный 0,8.

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

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

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

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

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 влажно- стью 12-15%	0,16	0,80	1,15	1650	0,27	0,60	0,05	$11,6 \times 10^4$
3	Чернозем влаж- ностью 4-6%	0,18	1,20	1,30	1555	0,27	0,55	0,03	$11,2 \times 10^4$
4	Супеси и сугли- нки 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 влажно- стью 12-15%	0,16	0,80	1,15	1650	0,27	0,60	0,05	$11,6 \times 10^4$
8	Чернозем влаж- ностью 4-6%	0,18	1,20	1,30	1555	0,27	0,55	0,03	$11,2 \times 10^4$
9	Супеси и сугли- нки 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_y , 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, v , 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, v , 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-100МЗГП	Скорость, v , 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-130.1.Г-1	Скорость, v , 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, v , 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, v , 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	- -	- -

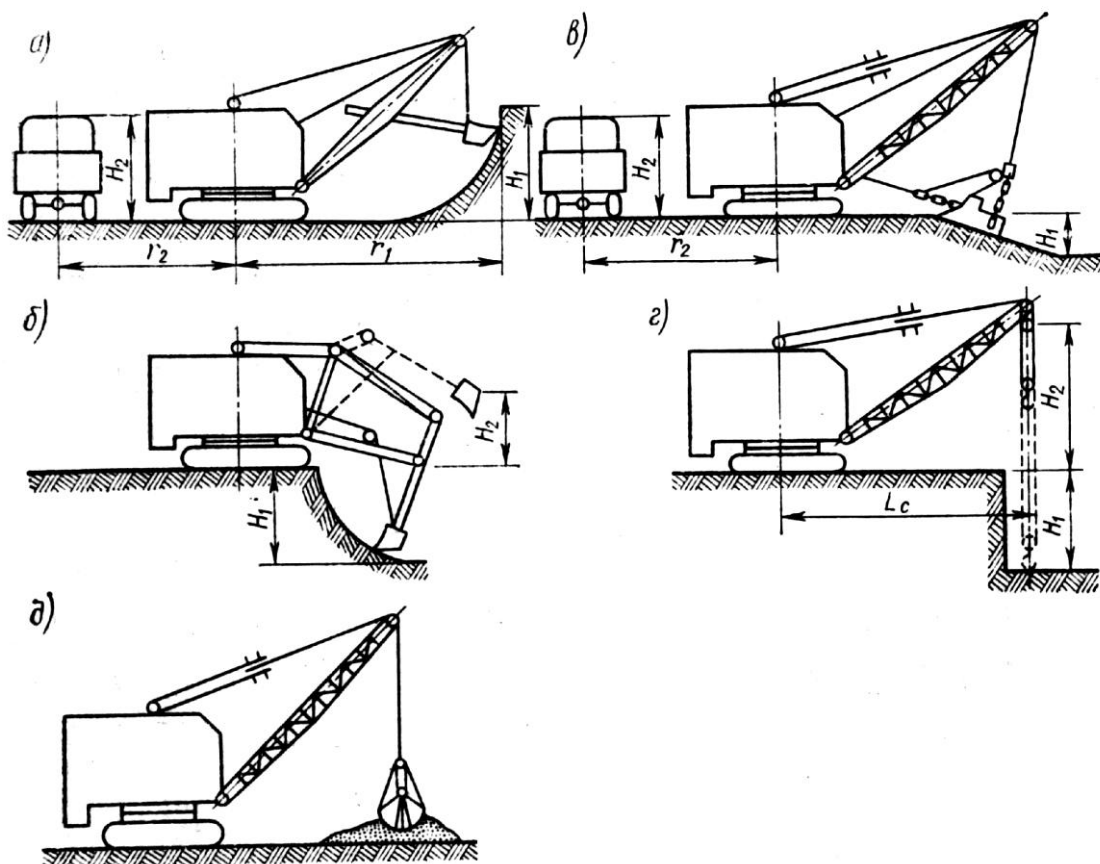
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

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 8.1 - Основные виды рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По рис. 8.2 вычерчиваем кинематическую схему экскаватора Э-652.
2. Указываем на схеме, пользуясь табл. 8.2 и плакатами, название основных деталей и узлов.
3. Определяем угловую скорость вращения заданного звена (см. табл. 8.2) по формуле

$$\omega_{\Pi} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{i_{\text{общ}}}, \text{ с}^{-1} \quad (8.1)$$

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

$$i_{\text{общ}} = i_1 i_2 i_n \quad (8.2)$$

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

$$i_n = \frac{z_n}{z_{n-1}}, \quad (8.3)$$

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

Таблица 8.1 – 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 8.2 – 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

$$\Pi_{\text{тех}} = \frac{3600 g k_H}{t_{\text{ц}} k_p}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (8.4)$$

где g – емкость ковша экскаватора, м^3 (табл. 8.5);
 k_H – коэффициент наполнения ковша грунтом (табл. 8.4);
 k_p – коэффициент разрыхления грунта в ковше (табл. 8.4);
 $t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла.

$$t_{\text{ц}} = t_k + t_p + t'_n + t_p, \text{ с}, \quad (8.5)$$

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

$$t_h \leq 2,7 \sqrt[4]{G k_B}, \text{ с}, \quad (8.6)$$

где k_B – коэффициент изменения времени копания (табл. 8.4);
 G – масса экскаватора, т (табл. 8.5);

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. 8.5).

5. Определяем сменную эксплуатационную производительность экскаватора

$$\Pi_{\text{см}} = \Pi_{\text{тех}} K_{\text{тр}} K_{\text{пер}} \Pi_{\text{р}}, \quad (8.7)$$

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

$$K_{\text{тр}} = \frac{Q / \Pi_{\text{тех}}}{Q / \Pi_{\text{тех}} + t_{\text{обм}}}, \quad (8.8)$$

где Q – емкость кузова автосамосвала, м³ (табл. 8.1);
 $t_{\text{обм}}$ – 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.

$$V = \frac{\pi H}{2} \left[R^2 - (R - l_{\text{р}})^2 \right] \text{ м}^3 \quad (8.9)$$

где H – высота забоя, м (табл. 8.1);
 R – наибольший радиус копания, м (табл. 8.5);
 $l_{\text{р}}$ – длина рукоятки, м (табл. 8.5);
 $\Pi_{\text{р}}$ – число часов работы экскаватора в смену, исключая время на пересмену, смазку машины, крепежный ремонт, очистку ковша и т.д., принимаем 7 ч.

Таблица 8.3 – Характеристика грунтов

№ ва- рианта	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 8.4 – 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 8.5 – 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

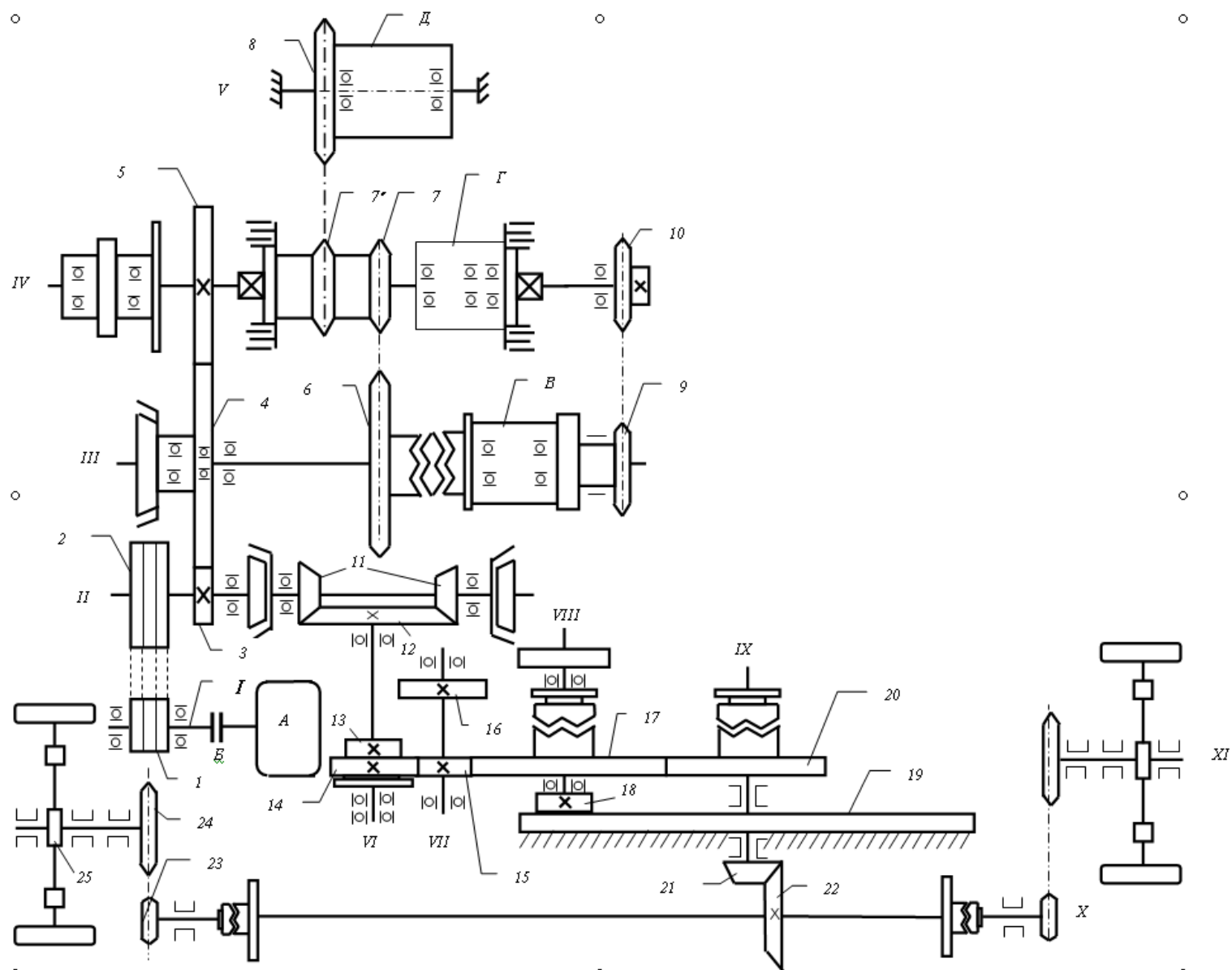


Рисунок 8.2 – Кинематическая схема экскаватора Э-652

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

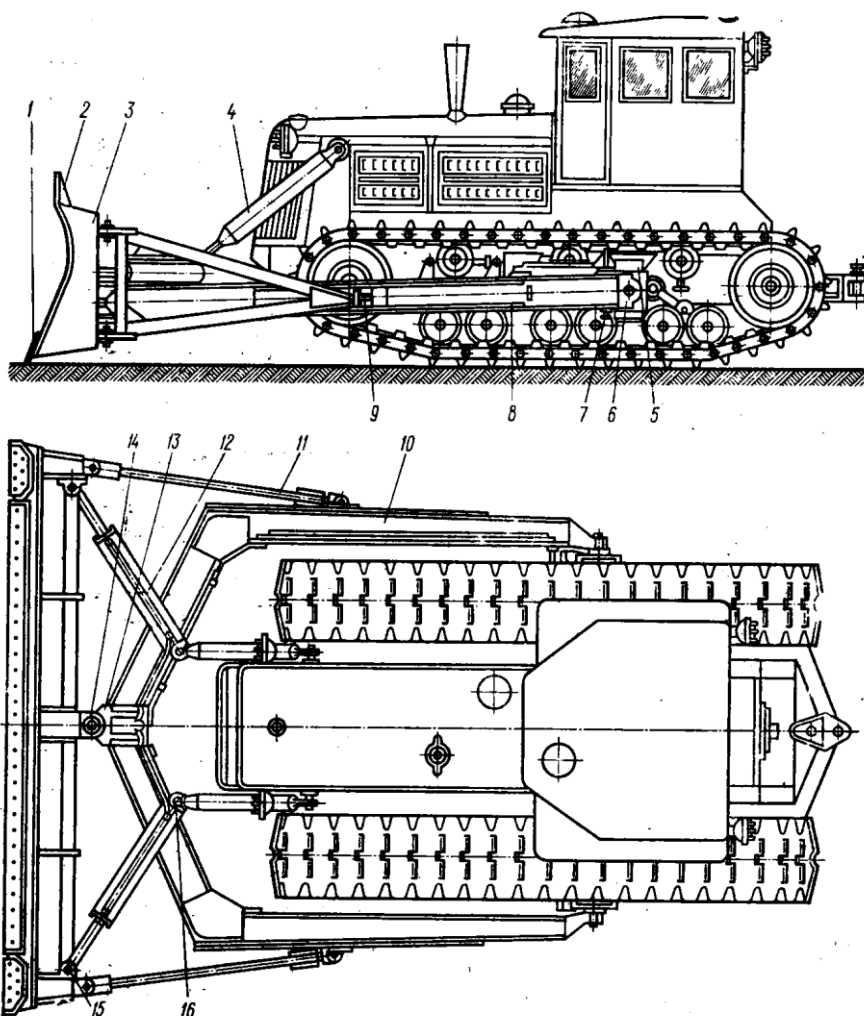
ТЕМА: РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРА

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

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

где P_p – сопротивление грунта резанию, Н;
 P_{II} – сопротивление волочению призмы грунта, Н;
 P_T – 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

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

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

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

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

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

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

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

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 b , 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 h , 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, v , м/с	1,47	1,64	1,83	2,03	2,27	2,52	3,11	-
	Тяговое усилие, P , кН	34,7	30,6	27,0	23,8	20,3	17,9	13,5	-
Т-4АП1 Т-4АП2	Скорость, v , м/с	0,96	1,12	1,29	1,40	1,76	2,04	2,38	2,65
	Тяговое усилие, P , кН	50,0	50,0	50,0	49,6	41,6	34,9	29,2	25,5
Т-100МЗ Т-100МЗГП	Скорость, v , м/с	0,66	1,05	1,25	1,76	2,04	-	-	-
	Тяговое усилие, P , кН	95,0	56,0	45,5	29,0	15,0	-	-	-
Т-130.1.Г-1	Скорость, v , м/с	0,89	1,06	1,23	1,46	1,76	2,12	2,46	2,93
	Тяговое усилие, P , кН	95,0	77,0	65,0	53,0	42,0	33,0	27,3	21,0
Т-180 ДЭТ-250	Скорость, v , м/с	0,79	1,29	1,77	2,4	3,38	-	-	-
	Тяговое усилие, P , кН	132,8	81,8	59,2	43,6	26,2	-	-	-
Т-74-С9	Скорость, v , м/с	1,2	1,51	1,86	2,12	2,6	3,19	-	-
	Тяговое усилие, P , 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 № 10

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. 10.1). Тяговым элементом 1 может служить лента (рис. 10.1, а), пластинчато-втулочные и втулочно-роликовые цепи (рис. 10.1, 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. 10.1, г) или опирается, как лента, на направляющие ролики (рис. 10.1, д). Элеватор целиком защищен металлическим кожухом 5 с окнами для осмотра. Наклонные элеваторы могут быть открытыми (без кожуха).

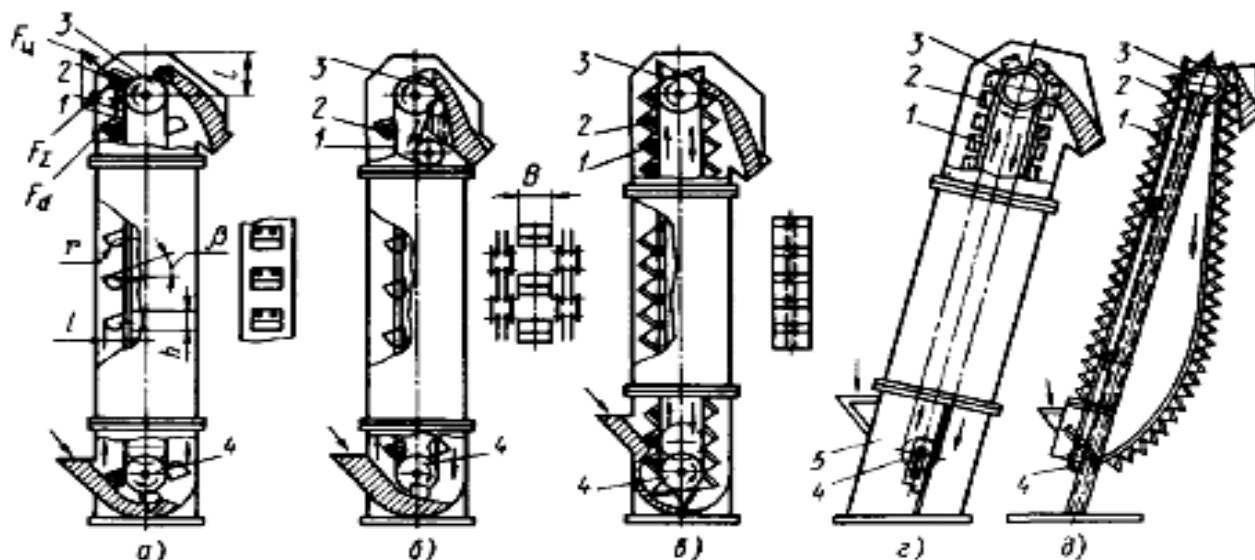


Рисунок 10.1 – Схемы ковшовых элеваторов для насыпных грузов

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Требуется рассчитать вертикальный ковшовый элеватор, предназначенный для транспортирования сыпучего груза по варианту. Исходные данные для расчета приведены в табл. 10.1. Элеватор рассчитаем в следующей последовательности по нижеприведенному примеру.

Таблица 10.1 - Исходные данные для расчета

№ варианта	Расчетная производительность элеватора, Q, т/ч	Высота подъема, H, 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 10.2 – 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. 10.1. 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.

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

Частота вращения барабана

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

При заданной производительности элеватора определяется линейная емкость ковшей по формуле

$$V / p = \frac{Q}{3,6 \cdot v \cdot \rho \cdot k_{\Pi}}, \quad (8.1)$$

где V - объем ковша, л;

p - шаг ковшей (для расставленных глубоких и мелких ковшей шаг $p \approx 0,5...3 h$; для ковшей, располагаемых сомкнуто (непрерывно), $p = h$, где h – высота ковша);

v - скорость движения тягового элемента, м/с;

ρ - плотность груза, т/м³;

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

Принимаем коэффициент заполнения ковшей $k_{\text{л}} = 0,8$. По табл. 10.3 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 10.3 – Параметры ковша

Размеры ковша, мм				Объем V ковша, л	Шаг, р	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 лента 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

$$\rho_{\text{л}} = 1,1 B_{\text{л}} \left(i_n + \delta_1 + \delta_2 \right) \quad (8.2)$$

где $B_{\text{л}}$ – 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

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

Из табл. 37 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. 10.1) при набегании ее на натяжной барабан; следующая точка 2 назначается при набегании ленты с натяжного барабана; третья точка 3 назначается при набегании грузенной 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 $F_3 = F_4 e^{f\alpha}$:

$$F_3 \leq F_4 e^{f\alpha} = [F_1 + 2,33] 3,7 = 1,37 F_1 = 3,19,$$

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 :

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

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

Тяговое усилие на приводном барабане с учетом потерь

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

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 $N_{дв} = 4 \text{ кВт}$ и частотой вращения $n_{дв} = 1000 \text{ об/мин}$ ($\omega = \pi n_{дв} / 30 = 102 \text{ рад}$).

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. 10.3 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

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

И частоте $n_{дв}$ вращения вала электродвигателя определяют передаточное отношение приводного устройства

$$u = n_{дв} / n_{БАР} = 1000 / 61,1 = 16,3.$$

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

Привод ленточного конвейера (рис. 10.2) 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 $M_{БАР}$ 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.

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

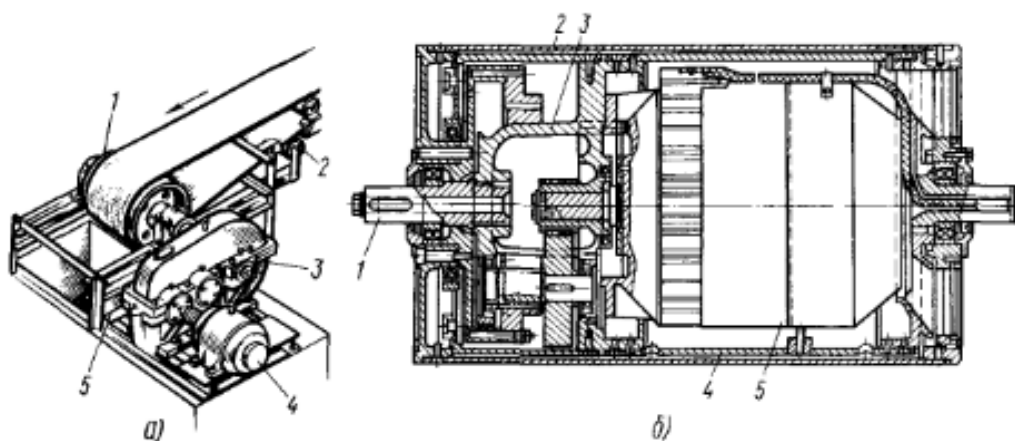


Рисунок 10.2 – Приводные устройства конвейеров

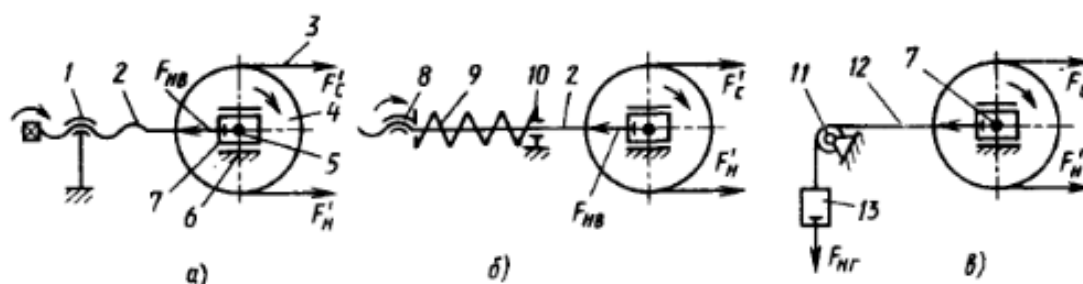
Таблица 10.5 – Характеристика цилиндрических двухступенчатых редукторов

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. 10.3, 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 10.3 – Схемы натяжных устройств ленточного конвейера

Ход барабана в ползунах натяжного устройства

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

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

ТЕМА: РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ВСАСЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ

Цель занятия: произвести расчет основных параметров пневморазгрузочной установки всасывающего действия

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

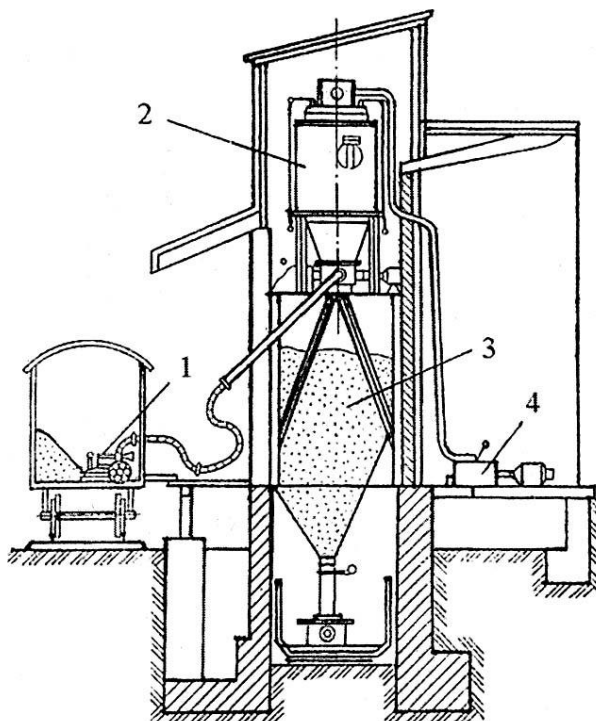
1. Определить эквивалентную длину транспортирования.
2. Определить скорость движения воздуха на начальном участке трубопровода.
3. Определить потребный расход воздуха.
4. Рассчитать давление воздуха в трубопроводе и в воздуходувной машине.
5. Определить мощность двигателя воздуходувной машины.

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_{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

$$V_B = \frac{\Pi}{3,6 \cdot v_B \cdot \mu} = \frac{50}{3,6 \cdot 1,2 \cdot 50} = 0,23 \text{ Н·м}^3/\text{с или } 13,8 \text{ Н·м}^3/\text{мин}.$$

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 воздухоудвнй 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) воздухоудвнй машины. Принимаем $\eta = 0,6$.

Таблица 11.2 – Значение величины L_M в зависимости от давления P_M

Давление в воздухоудвнй машине P_M , 10^5 Па	0,6	0,7	0,8	0,9
Теоретическая работа воздухоудвнй 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_{Γ} , тыс т(m^3)	Коэффициент, $\beta_{\text{пр}}$	Вид груза	Срок хранения груза на складе, $T_{\text{хр}}$, сут	Размеры штабеля		Производительность P_{Σ} , т/смену
					Длина $L_{\text{ш}}$, м	Ширина $B_{\text{ш}}$, 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 (м³), 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), $K_{\text{оп}} = 1-2$.

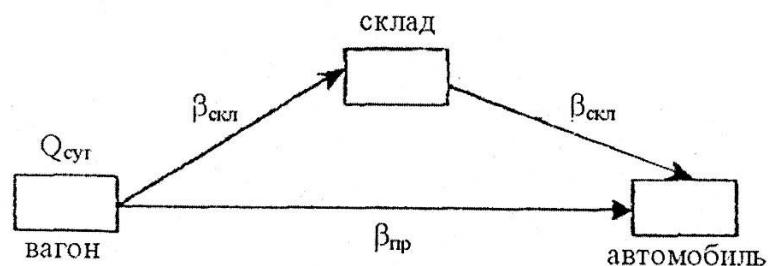


Рисунок 12.1 - Технологическая схема переработки груза

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 $K_{оп} = 1$.

3. Вместимость (емкость) склада, $E_{скл}$, т (m^3), определяется по формуле

$$E_{скл} = Q_c \cdot T_{хр} \cdot \beta_{скл}, \quad (12.4)$$

где $T_{хр}$ — 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 $1 m^2$ 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, $g = 9,81 m/c^2$.

Таблица 12.4 – Значения коэффициента $K_{пр}$, допустимой удельной нагрузки на $1 m^2$ 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	наполненных 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	Штабель	До 60	1,6	14		

материалы						
Сталь круглая, квадратная, полосовая, шестигранная	Стеллажи:					
	стоечные	18-33,5	1,6	4	-	-
	консольные	12-20	1,6	-	6	4,5
Сталь листовая в пачках под навесом	в скобах	24-41	1,6	-	4	-
	Стеллаж	15-25	1,25	-	4	-
Сталь швеллерная и двутавровая без упаковки	Штабель	40-60	1,6	3,5	-	3
	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).

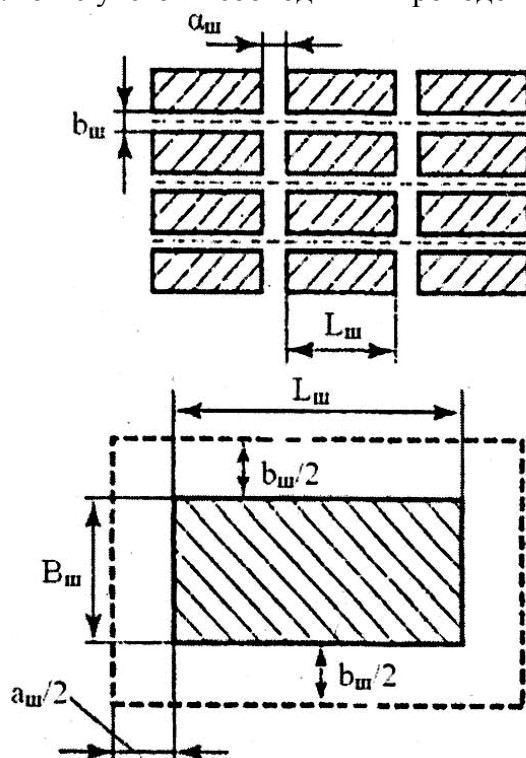


Рисунок 12.2 - Схема к расчету площади склада и ширины проездов

Площадь элементарной площадки ΔF , м^2 , определяется по формуле

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

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

$a_{\text{шт}}$ и $b_{\text{шт}}$ — 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 $Z_{\text{пл}}$, шт, зависит от общей вместимости склада и определяется по формуле

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

Общая площадь склада

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

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) $Z_{\text{ПРМ}}$, шт., необходимое для выполнения заданного объема работ, определяется соотношением

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

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

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

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

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

Количество автомобилей, ежедневно 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, м²;
 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 Е (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

$$m_{CB} = \frac{F_o}{F_L}, \quad (12.14)$$

где F_L — 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

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.