

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине

Строительные машины и оборудование

Для студентов направления
08.03.01 «Строительство»

Содержание

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

РАСЧЕТ ЛЕБЕДКИ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БАШЕННОГО КРАНА

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ВЫЧИСЛЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ МНОГОКОВШОВЫХ ТРАНШЕЙНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРА.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

ТЕМА: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

Цель занятия: Разработать оптимальный план движения тракторного поезда, учитывая возможную силу тяги трактора, условия сцепления, вес груза в прицепе, количество прицепов, требуемые тяговые усилия, скорости движения, продолжительность движения на разных участках трассы с грузом и без него, а также сменную 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. 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.

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

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

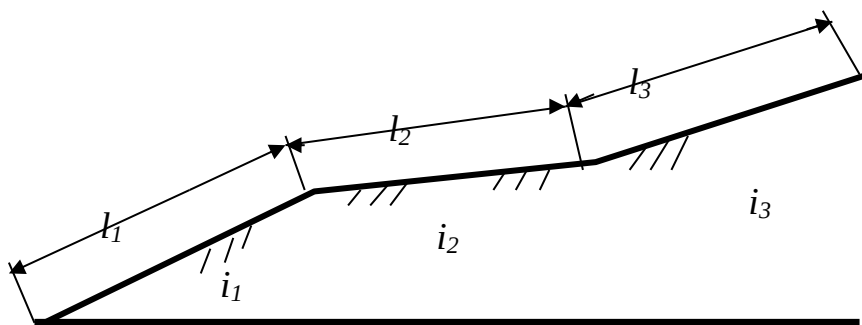


Рисунок 1.1 - Схема пути движения тракторного поезда по заданию

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).

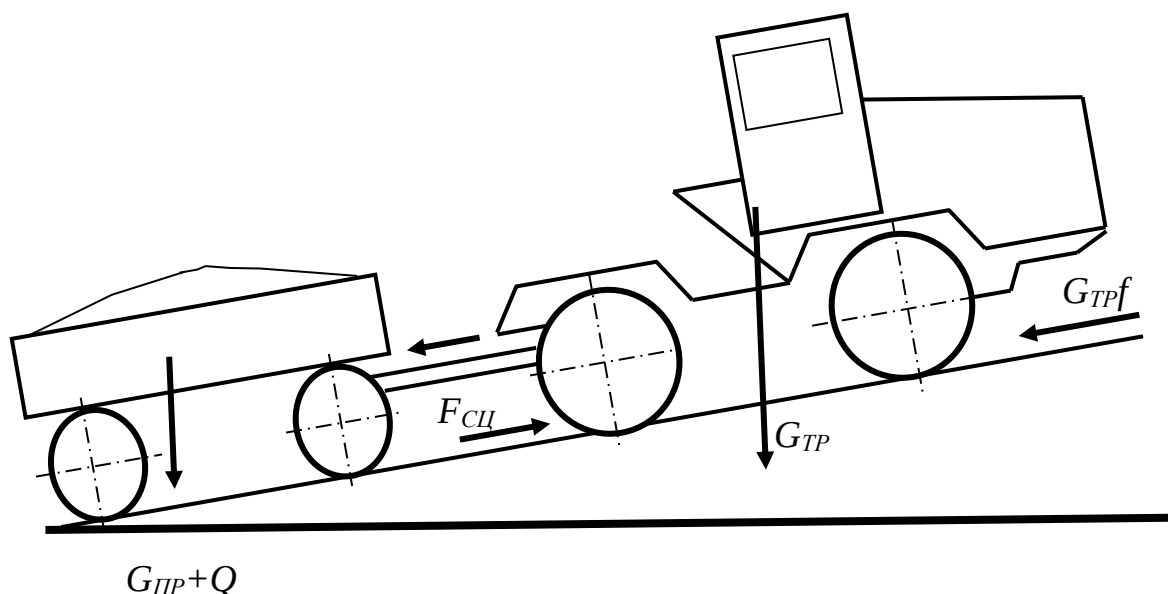


Рисунок 1.2 - Схема распределения сил, действующих на тракторный поезд

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.

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

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).

7. 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
0.	Сухая грунтов ая	350	800	700	0,09	0,04	0,05
1.		400	850	650			
2.		450	900	800			
3.		500	950	400			
4.		550	1350	600			
5.	Целина, плотная залежь	600	1400	900	0,08	0,05	0,06
6.		650	1450	850			
7.		700	1500	800			
8.		750	1550	750			
9.		800	1600	350			
10.	Залежь (скошен ный луг)	750	700	500	0,01	0,06	0,04
11.		700	750	700			
12.		650	800	650			
13.		600	350	450			
14.		550	900	800			
15.	Поле рыхлое	900	950	900	0,07	0,05	0,04
16.		850	350	950			
17.		800	1000	750			
18.		750	950	450			
19.		700	500	550			
20.	Сухая грунтов	650	550	650	0,04	0,09	0,05
21.		600	600	750			

22.	ая дорога	550	650	800			
23.		500	700	900			
24.		450	750	850			
25.	Укатанная снежная дорога	400	300	950	0,08	0,06	0,01
26.		350	350	1000			
27.		400	900	850			
28.		450	950	950			
29.		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, $t_{згр}$, 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	0,6-0,9	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
0-5	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
21-29	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

Пример выполнения практической работы №1

Вариант 0

Исходные данные :

Тип дороги: Сухая грунтовая;

$f = 0,03-0,05$ (принимаемый 0,04);

$\varphi = 0,65-0,8$ (принимаемый 0,7);

$l_1 = 350$ м; $i_1 = 0,09$;

$l_2 = 800$ м; $i_2 = 0,04$;

$l_3 = 700$ м; $i_3 = 0,05$;

Перевозимый материал:

Гравий для строительных работ - $\rho = 1700$ кг/м³;

Марка трактора: К-700 колесный;

Марка прицепа: ЗПТС-12;

$G_{\text{тр}} = 120,0$ кН = 120 000Н;

$V = 6$ м³;

$G_{\text{пр}} = 27,0$ кН = 27 000Н;

$Q_{\text{гр}} = 120,0$ кН = 120 000Н

$t_{\text{ЗАГР}} = 180$ с

$t_{\text{РАЗГР}} = 35$ с

$T = 8,2$ часа;

$k_b =$ равный 0,75-0,8 (принимаемый 0,775)

$g = 9,81$ м/с²

Решение:

1. Определяем силу тяги трактора по условию сцепления с дорогой, исключаящим буксование, для каждого участка пути.

$$F_{\text{сц}} = \varphi \cdot G_{\text{тр}}, \text{ Н}$$

$$F_{\text{сц}} = 0,7 \cdot 120\,000 = 84\,000 \text{ (Н)}$$

2. Определяем силу тяги на крюке по условию

$$F_{\text{кр}} \leq F_{\text{сц}} - G_{\text{тр}}f, \text{ Н,}$$

$$F_{\text{кр}} \leq 84\,000 - (120\,000 \cdot 0,04)$$

$$F_{\text{кр}} \leq 79\,200 \text{ Н}$$

$F_{\text{кр}} = 60$ кН, первая передача

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

$$Q = g\rho V \leq Q_{\text{гр}}, \text{ Н,}$$

$$Q = 9,81 \cdot 1700 \cdot 6 = 100\,062 \text{ (Н)}$$

$$Q_{гр} = 120,0 \text{ кН} = 120\,000$$

$$Q_{гр} = 120 \text{ кН} \rightarrow Q < Q_{гр}, \text{ оставляем } Q = 100,1 \text{ кН}.$$

Сила веса груза Q не превышает грузоподъемность прицепа $Q_{гр}$.
Приравнивать Q к $Q_{гр}$ не требуется.

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

$$n_i = \frac{F_{кр} - G_{п} \cdot i}{(Q + G_{п})(f \pm i)}, \text{ шт.}$$

$$n_{i1} = \frac{(60 - 27,0 \cdot 0,09)}{(100,1 + 27,0)(0,04 + 0,09)} = 3,48 \approx 3$$

$$n_{i2} = \frac{(60 - 27,0 \cdot 0,04)}{(100 + 27,0)(0,04 + 0,04)} = 5,79 \approx 5$$

$$n_{i3} = \frac{(60 - 27,0 \cdot 0,05)}{(100 + 27,0)(0,04 + 0,05)} = 5,13 \approx 5$$

Наименьшее $n_i = 3$, соответствует участку 1.

По схему пути движения тракторного поезда по заданию на всех участках цепи наблюдается подъем, следовательно, в формуле значение i будет со знаком $+$.

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

$$F_{кр}^{ГР} = n(G_{п} + Q)(f + i) + G_{тр}i, \text{ Н}$$

$$F_{кр}^{ГР} = 3 \cdot (27,0 + 100,1)(0,04 + 0,09) + 120 \cdot 0,09 = 60,369 \text{ кН}$$

По табл. 1.2: $60,369 > 60 \rightarrow$ **не хватает**. Нужно снизить передачу? Но $F_{кр}=60$ -макс.

Вывод: при $n=3$ на I режиме, I передаче - **не тянет** участок 1. Следовательно, **нужно уменьшить n** или перейти на **II режим**.

Проверим II режим, I передача: $V = 1,59 \text{ м/с}$, $F_{кр} = 60 \text{ кН}$ — то же самое. Значит, **$n = 2$** .

Пересчитаем для $n = 2$:

Участок 1:

$$F_{кр}^{ГР} = 2 \cdot 127,1 \cdot 0,13 + 10,8 = 33,046 + 10,8 = 43,846 \text{ кН};$$

Это $< 60 \text{ кН} \rightarrow$ Продолжаем расчет.

Участок 2 ($i = 0,04$):

$$F_{\text{кр}}^{\text{ГР}} = 2 \cdot 127,1 \cdot 0,08 + 120 \cdot 0,04 = 20,336 + 4,8 = 25,136 \text{ кН};$$

Участок 3 ($i = 0,05$):

$$F_{\text{кр}}^{\text{ГР}} = 2 \cdot 127,1 \cdot 0,09 + 6 = 22,878 + 6 = 28,878 \text{ кН};$$

Все значения $< 60 \text{ кН} \rightarrow$ Продолжаем расчет.

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

Участок 1:

$$F_{\text{кр}}^{\text{ГР}} = 2 \cdot 27 \cdot 0,13 + 10,8 = 7,02 + 10,8 = 17,82 \text{ кН};$$

Участок 2:

$$F_{\text{кр}}^{\text{ГР}} = 2 \cdot 27 \cdot 0,08 + 4,8 = 4,32 + 4,8 = 9,12 \text{ кН};$$

Участок 3:

$$F_{\text{кр}}^{\text{ГР}} = 2 \cdot 27 \cdot 0,09 + 6 = 4,86 + 6 = 10,86 \text{ кН};$$

Все значения $< 60 \text{ кН} \rightarrow$ можно продолжать движение на высшей передаче.

Выбор передач и скоростей

Для **гружёного**:

Участок 1: $F = 43,85 \text{ кН} \rightarrow$ I режим, I передача: $V = 0,81 \text{ м/с}$

Участок 2: $F = 25,14 \text{ кН} \rightarrow$ I режим, III передача: $V = 1,20 \text{ м/с}$

Участок 3: $F = 28,88 \text{ кН} \rightarrow$ I режим, II передача: $V = 1,00 \text{ м/с}$

Для **порожного**:

Все участки: II режим, IV передача: $V = 2,78 \text{ м/с}$

6. Вычисляем продолжительность движения тракторного поезда на каждом участке пути

Груженный:

$$t_{\text{к}}^{\text{гр(пор)}} = \frac{l_{\text{к}}}{0,8V_{\text{к}}}, \text{ с},$$

$$t_1^{\text{гр(пор)}} = \frac{350}{0,8 \cdot 0,81} = 540 \text{ с},$$

$$t_2^{\text{гр(пор)}} = \frac{800}{0,8 \cdot 1,2} = 833 \text{ с},$$

$$t_3^{\text{гр(пор)}} = \frac{700}{0,8 \cdot 1} = 875 \text{ с},$$

Порожний:

$$t_1^{\text{гр(пор)}} = \frac{350}{0,8 \cdot 2,78} = 157 \text{ с},$$

$$t_2^{\text{гр(пор)}} = \frac{800}{2,224} = 360 \text{ с},$$

$$t_3^{\text{гр(пор)}} = \frac{700}{2,224} = 315 \text{ с},$$

Вычисляем продолжительность одного цикла работы тракторного поезда по формуле

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

$$t_{\text{ц}} = (540 + 833 + 875) + (157 + 360 + 315) + 10 \cdot (180 + 35) \text{ с};$$

$$t_{\text{ц}} = 2248 + 832 + 10 \cdot 215 = 3080 + 2150 = 5230 \text{ с};$$

7. Определяем сменную производительность тракторного поезда

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

$$m = \frac{Q}{g} = \frac{10006,2}{9,81} = 1020 \text{ кг} = 1,02 \text{ т}$$

$$\Pi = \frac{8,2 \cdot 0,775 \cdot 1,02 \cdot 10 \cdot 3600}{5230} = 44,6 \text{ т/смену}$$

Контрольные вопросы:

1. Что характеризуют тяговые показатели?
2. Как рассчитывается грузоподъемность трактора?
3. Как рассчитывается емкость кузова прицепа?
4. Как вычислить длину участка?
5. Как вычислить продолжительность движения трактора на определенном участке пути?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

ТЕМА: ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Цель занятия: Оптимизировать процесс работы автосамосвала, учитывая силу тяги, скорость движения, продолжительность движения на участках пути, время загрузки и рейса, а также определить сменную производительность и пробег машины для повышения эффективности и увеличения производительности работы.

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

$$F_{\varphi k} = \varphi_k \cdot G_{\text{сц}}, \text{ Н} \quad (2.1)$$

где φ_k – коэффициент сцепления шин с дорогой на k - том участке пути (табл. 2.3).

$G_{\text{сц}}$ – сила сцепного веса автомобиля, Н (табл.2.2).

Должно выполняться условие:

$$F_{\varphi k} \geq R, \text{ Н} \quad (2.2)$$

Для гружёного (туда): $+i_k$:

$$R_{\text{э}k} = G_{\text{э}}(f_k + i_k), \text{ Н} \quad (2.3)$$

Для порожнего (обратно): $-i_k$:

$$R_{0k} = G_0(f_k - i_k), \text{ Н} \quad (2.4)$$

Где:

$G_{\text{э}(0)}$ – сила веса груженого(порожнего) 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).

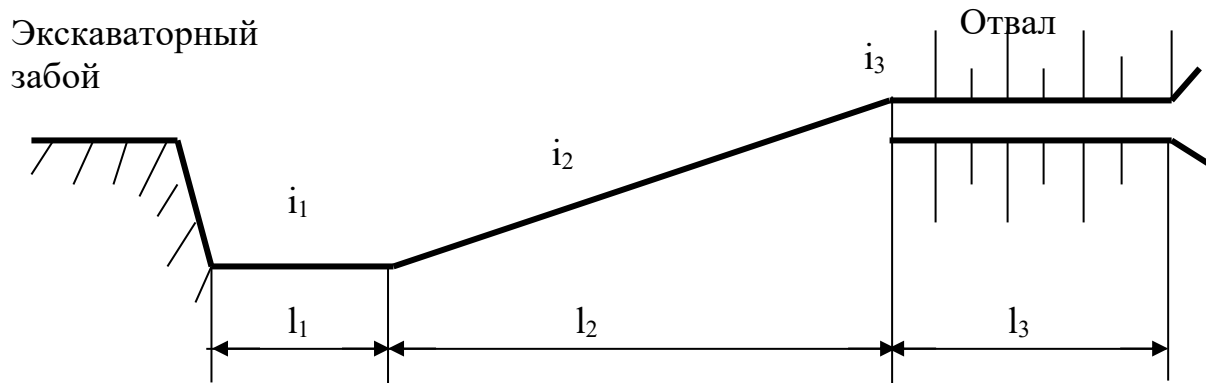


Рисунок 2.1 - Схема трассы движения автомобиля

2. Рассчитываем динамический фактор груженного D и порожнего D_0 автомобиля для каждого участка. Скорость берут по динамической характеристике $D(V)$ и $D_0(V)$ по условию:

$$D \geq f + i \text{ (гружёный); } D_0 \geq f - i \text{ (порожний);}$$

То есть на каждом участке мы сначала считаем требуемую величину:

$$\psi_{\text{эк}} = f_k + i_k, \quad \psi_{0k} = f_k - i_k \quad (2.5)$$

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

$$v = \sqrt{2gS_T}, \text{ м/с} \quad (2.6)$$

3. Определяем продолжительность движения на каждом участке трассы

$$t = \frac{l}{0,9v} \quad (2.8)$$

Общее время движения за рейс определяем по формуле:

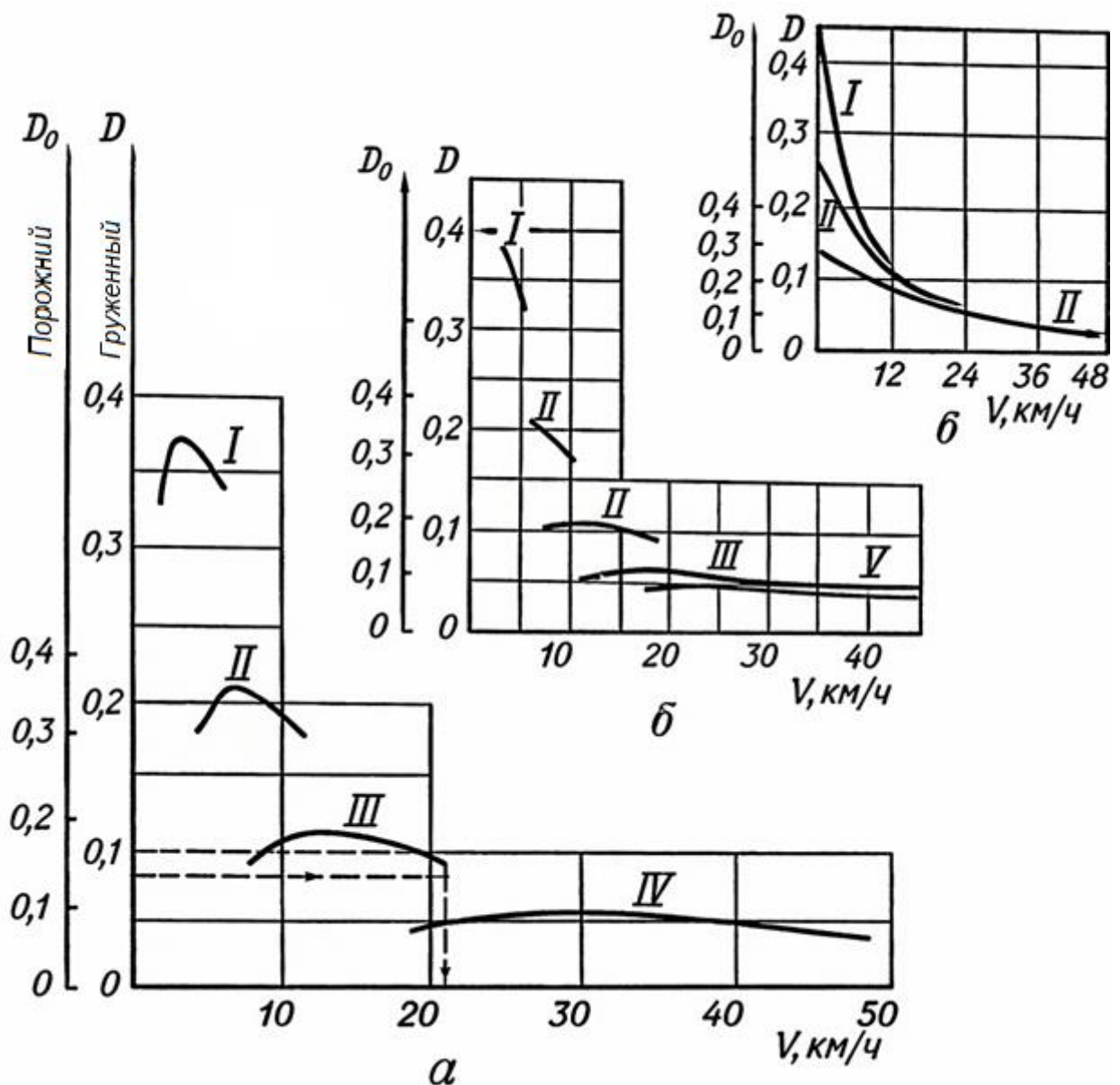
$$t_{\text{дв}} = t_{\text{туда}} + t_{\text{обратно}} \quad (2.9)$$

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

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

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

$$Q_{\text{гр}} \geq V_{\text{ков}} n \rho = Q, \text{ кг} \quad (2.10)$$

где $Q_{\text{гр}}$ – грузоподъемность автомобиля, кг (табл. 2.2);

$V_{\text{ков}}$ – емкость ковша экскаватора, м^3 (табл. 2.2);

ρ – насыпная плотность грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$ (табл. 1.5);

Q – масса груза, кг.

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

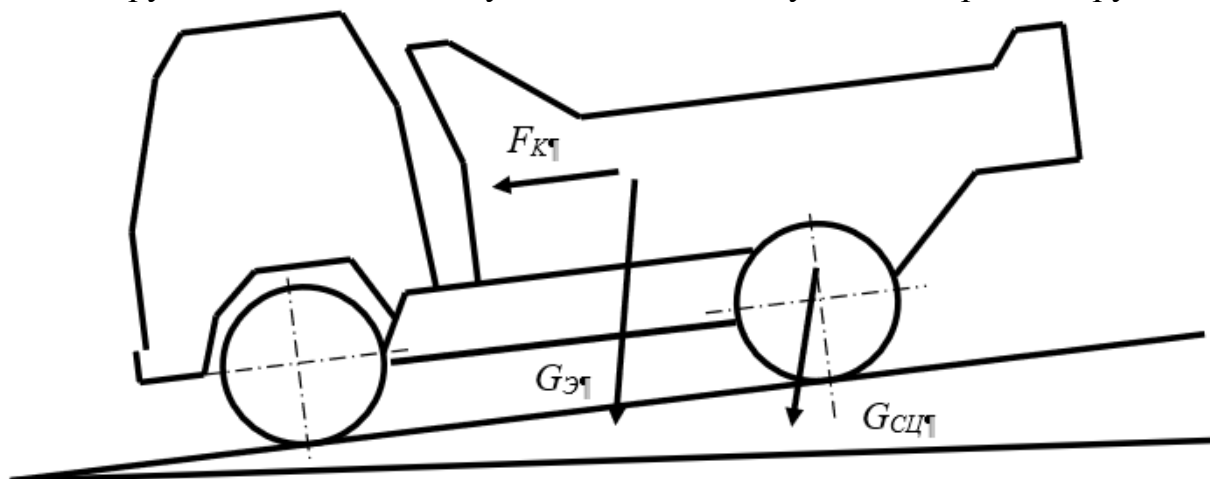


Рисунок 2.3 - Схема сил, действующих на автомобиль

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

$$t_{\text{рейс}} = t_{\text{дв}} + t_{\text{загр}} + t_{\text{разгр}}, \text{ с}, \quad (2.11)$$

Где

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

5. Определить число рейсов за смену и сменную производительность автомобиля

$$N = \frac{3600 \cdot T \cdot k_{\text{в}}}{t_{\text{рейс}}} \quad (2.12)$$

$$П_{\text{с}} = N \cdot Q, \quad (2.13)$$

Сменный пробег автомобиля:

$$L = N \cdot L_{\text{рейс}}, \text{ км}, \quad (2.14)$$

$$L_{\text{рейс}} = 2L_1 = 2(l_1 + l_2 + l_3) \quad (2.15)$$

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
0.						
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	0 -10	11-20	21-30
Грузоподъемность $Q_{гр}$, кг	8000	12000	27000
Сила веса груженного автомобиля, G_3 , Н	152500	230000	480000
Сила сцепного веса автомобиля, $G_{сц}$, Н	100000	190000	324000
Емкость ковша экскаватора, V_k , м ³	0,5	1,0	4,6
Количество ковшей грунта, n вмещающихся в кузов	9	7	4
Продолжительность рабочего цикла экскаватора $t_{ц}$, с	15	20	40
Продолжительность разгрузки с маневрированием $t_{разгр.}$, с	80	100	120

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

№ вариантов	Характер дороги	f	φ
-------------	-----------------	---	-----------

0, 1, 2, 3, 4,	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
5,6, 7, 8, 9	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

Пример решения практической работы № 2

Вариант 0

Исходные данные:

1. Длины участков:

$$l_1 = 300 \text{ м}, l_2 = 2000 \text{ м}, l_3 = 1300 \text{ м}.$$

2. Уклоны (в долях единицы):

$$i_1 = 0.02, \quad i_2 = 0.06, \quad i_3 = 0.045$$

Примечание:

Принято направление «туда» (гружённый) от забоя к отвалу — уклоны i_k считаем положительными. На обратном пути (порожний) уклоны меняют знак: $-i_k$.

3. Характер дороги. Удельное сопротивление движению и коэффициент сцепления:

- На первом участке - асфальтированное шоссе $f_{1к} = 0,015$; $\varphi_1 = 0,65$.
- На втором участке - сухая грунтовая дорога $f_{2к} = 0,05$; $\varphi_2 = 0,6$.
- На третьем участке - песок $f_{3к} = 0,2$; $\varphi_3 = 0,7$.

4. Марка автомобиля: МАЗ-503А

$$Q_{гр} = 8\,000, \text{ кг}$$

$$G_э = 152\,500, \text{ Н}$$

$$G_{сц} = 100\,000, \text{ Н}$$

$$V_k = 0,5, \text{ м}^3$$

$$n = 9$$

$$t_{ц} = 15, \text{ с}$$

$$t_{разгр} = 80, \text{ с}$$

5. Прочие параметры:

$$S_T = 5 \text{ м}.$$

$$k_b = 0,85-0,9 \text{ (используемый } 0,875)$$

$$T = 8,2 \text{ часа}$$

$$\rho = 1\,700 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

Расчетная часть:

1. Масса груза, вес груза, вес порожнего автомобиля

Масса груза в кузове:

$$Q = n \cdot V_{ков} \cdot \rho$$
$$Q = 9 \cdot 0,5 \cdot 1700 = 7650 \text{ кг}.$$

Проверка грузоподъёмности:

$$Q \leq Q_{\text{гр}}$$
$$7650 \leq 8000 \Rightarrow \text{условие выполняется}$$

Вес груза:

$$G_{\text{гр}} = Q \cdot g$$
$$G_{\text{гр}} = 7650 \cdot 9,81 = 75046,5 \text{ Н};$$

Вес порожнего автомобиля:

$$G_0 = G_{\text{э}} - G_{\text{гр}}$$
$$G_0 = 152500 - 75046,5 = 77453,5 \text{ Н};$$

2. Считая постоянной скорость движения определяем возможную силу тяги автомобиля по условию сцепления с дорогой на каждом участке пути по формуле:

$$F_{\varphi k} = \varphi_k \cdot G_{\text{сц}}, \text{ Н}$$

Участок 1:

$$F_{\varphi 1} = 0,65 \cdot 100\,000 = 65\,000, \text{ Н}$$

Участок 2:

$$F_{\varphi 2} = 0,6 \cdot 100\,000 = 60\,000, \text{ Н}$$

Участок 3:

$$F_{\varphi 3} = 0,7 \cdot 100\,000 = 70\,000, \text{ Н}$$

Должно выполняться условие:

$$F_{\varphi k} \geq R$$

Для гружёного (туда): $+i_k$

$$R_{\text{э}k} = G_{\text{э}}(f_k + i_k)$$

Участок 1:

$$f_1 + i_1 = 0,015 + 0,02 = 0,035$$
$$R_{\text{э}1} = 152500 \cdot 0,035 = 5337,5 \text{ Н}$$

Участок 2:

$$f_2 + i_2 = 0,05 + 0,06 = 0,11$$
$$R_{\text{э}2} = 152500 \cdot 0,11 = 16775 \text{ Н}$$

Участок 3:

$$f_3 + i_3 = 0,20 + 0,045 = 0,245$$
$$R_{\text{э}3} = 152500 \cdot 0,245 = 37362,5 \text{ Н}$$

Для порожнего (обратно): $-i_k$

$$R_{0k} = G_0(f_k - i_k)$$

Участок 1:

$$f_1 - i_1 = 0,015 - 0,02 = -0,005;$$
$$R_{01} = 77453,5 \cdot (-0,005) = -387,27 \text{ Н}$$

Участок 2:

$$f_2 - i_2 = 0,05 - 0,06 = -0,01;$$
$$R_{02} = 77453,5 \cdot (-0,01) = -774,53 \text{ Н}$$

Участок 3:

$$f_3 - i_3 = 0,20 - 0,045 = 0,155$$
$$R_{03} = 77453,5 \cdot 0,155 = 12005,29 \text{ Н}$$

Гружёный (туда):

Участок 1:

$$65000 \geq 5337,5 \Rightarrow \text{выполняется}$$

Участок 2:

$$60000 \geq 16775 \Rightarrow \text{выполняется}$$

Участок 3:

$$70000 \geq 37362,5 \Rightarrow \text{выполняется}$$

Порожний (обратно):

На участках 1 и 2:

$$R_{01} < 0, R_{02} < 0 \quad ;$$

Это означает, что уклон «помогает» движению (автомобиль может катиться сам). Здесь ограничение не сцеплением, а **торможением**.

На участке 3:

$$70000 \geq 12005,2925 \Rightarrow \text{выполняется}$$

Условие выполняется

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

Скорость берут по динамической характеристике $D(V)$ и $D_0(V)$ по условию:

$$D \geq f + i \text{ (гружёный)}, \quad D_0 \geq f - i \text{ (порожний)}$$

То есть на каждом участке мы сначала считаем **требуемую величину**:

$$\psi_{\varepsilon k} = f_k + i_k, \quad \psi_{0k} = f_k - i_k$$

И затем по графику (рис. 2.2а для МАЗ-503А) находим скорости:

- для гружёного - по шкале $D - V$ при $D = \psi_{\text{эк}}$;
- для порожнего - по шкале $D_0 - V$ при $D_0 = \psi_{0k}$;

$$\begin{aligned}\psi_{\text{э}1} &= 0,035, \psi_{\text{э}2} = 0,11, \psi_{\text{э}3} = 0,245 \\ \psi_{01} &= -0,005, \psi_{02} = -0,01, \psi_{03} = 0,155\end{aligned}$$

Если $\psi < 0$ (требуется отрицательный динамический фактор)

На обратном пути участки 1 и 2 дают $\psi_{01} < 0$ и $\psi_{02} < 0$. Это режим «самокатания» - скорость ограничивается безопасным торможением.

Формула скорости из тормозного пути:

$$v = \sqrt{2gS_{\text{т}}}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 5} = \sqrt{98,1} = 9,9045 \text{ м/с}$$

Перевод в км/ч:

$$V = 3,6v = 3,6 \cdot 9,9045 = 35,656 \text{ км/ч}$$

Итого для порожнего:

$$V_{01} = V_{02} = 35,656 \text{ км/ч}$$

Далее скорости выбираются **по графику** при требуемых ψ . Чтобы пример был полностью “закрыт” числами, фиксируем считанные с графика значения (округление до целых км/ч допустимо для методических расчётов).

Принято по рис. 2.2а (МАЗ-503А):

- гружёный:

$$V_1 = 48 \text{ км/ч}, V_2 = 36 \text{ км/ч}, V_3 = 8 \text{ км/ч};$$

- порожний (участок 3 по D_0):

$$V_{03} = 19 \text{ км/ч};$$

Перевод скоростей в м/с:

$$v = \frac{V}{3,6}$$

Гружёный (туда):

$$v_1 = \frac{48}{3,6} = 13,3333 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{36}{3,6} = 10,0 \text{ м/с}$$

$$v_3 = \frac{8}{3,6} = 2,2222 \text{ м/с}$$

Порожний (обратно):

$$v_{01} = v_{02} = \frac{35,656}{3,6} = 9,9045 \text{ м/с}$$

$$v_{03} = \frac{19}{3,6} = 5,2778 \text{ м/с}$$

3. Определяем продолжительность движения на каждом участке трассы

$$t = \frac{l}{0,9 v};$$

Гружёный (туда):

Участок 1

$$t_1 = \frac{300}{0,9 \cdot 13,3333} = \frac{300}{12} = 25,0 \text{ с}$$

Участок 2

$$t_2 = \frac{2000}{0,9 \cdot 10,0} = \frac{2000}{9} = 222,2222 \text{ с}$$

Участок 3

$$t_3 = \frac{1300}{0,9 \cdot 2,2222} = \frac{1300}{2} = 650,0 \text{ с}$$

Суммарно «туда»:

$$t_{\text{туда}} = t_1 + t_2 + t_3 = 25,0 + 222,2222 + 650,0 = 897,2222 \text{ с}$$

Порожний (обратно):

Участок 1

$$t_{01} = \frac{300}{0,9 \cdot 9,9045} = \frac{300}{8,9141} = 33,6546 \text{ с}$$

Участок 2

$$t_{02} = \frac{2000}{0,9 \cdot 9,9045} = \frac{2000}{8,9141} = 224,3639 \text{ с}$$

Участок 3

$$t_{03} = \frac{1300}{0,9 \cdot 5,2778} = \frac{1300}{4,75} = 273,6842 \text{ с}$$

Суммарно «обратно»:

$$t_{\text{обратно}} = t_{01} + t_{02} + t_{03} = 33,6546 + 224,3639 + 273,6842 = 531,7027 \text{ с}$$

Общее время движения за рейс:

$$t_{\text{дв}} = t_{\text{туда}} + t_{\text{обратно}}$$

$$t_{\text{дв}} = 897,2222 + 531,7027 = 1428,9249 \text{ с}$$

Время загрузки и разгрузки

Время загрузки:

$$t_{\text{загр}} = t_{\text{ц}} \cdot n$$

$$t_{\text{загр}} = 15 \cdot 9 = 135 \text{ с}$$

Время разгрузки:

По табл. 2.2:

$$t_{\text{разгр}} = 80 \text{ с}$$

Длительность рейса:

$$t_{\text{рейс}} = t_{\text{дв}} + t_{\text{загр}} + t_{\text{разгр}}$$

$$t_{\text{рейс}} = 1428,9249 + 135 + 80$$

Вычисление:

$$135 + 80 = 215$$

$$t_{\text{рейс}} = 1428,9249 + 215 = 1643,9249 \text{ с}$$

5. Определить сменную производительность и сменный пробег автомобиля:

Число рейсов за смену:

$$N = \frac{3600 \cdot T \cdot k_{\text{в}}}{t_{\text{рейс}}}$$

Подстановка:

$$N = \frac{3600 \cdot 8.2 \cdot 0,875}{1643,9249}$$

Итог:

$$N = \frac{25830}{1643,9249} = 15,7124 \text{ рейса/смену}$$

Сменная производительность (по массе):

$$P_c = N \cdot Q$$

$$P_c = 120199,8326 \text{ кг/смену};$$

Перевод в тонны:

$$P_c = 120,1998 \text{ т/смену} \approx 120.20 \text{ т/смену}$$

Сменный пробег:

$$L = N \cdot L_{\text{рейс}}$$

$$L_{\text{рейс}} = 2L_1 = l_1 + l_2 + l_3$$

$$L = 15,7124 \cdot 7,2 = 113,1293 \text{ км/смену}$$

Итоги расчетной части:

$$t_{\text{загр}} = 135 \text{ с}, t_{\text{разгр}} = 80 \text{ с}$$

$$t_{\text{рейс}} = 1643,9249 \text{ с}$$

$$N = 15,7124 \text{ рейса/смену}$$

$$W \approx 120,20 \text{ т/смену}$$

$$L \approx 113,13 \text{ км/смену}$$

Контрольные вопросы

1. Запишите формулу определения силы тяги по условию сцепления.
2. Как проверяется возможность движения автомобиля на подъёме?
3. Что показывает динамический фактор?
4. При каком условии используется формула тормозного пути?
5. Как определяется время движения по участку?
6. Как рассчитывается масса груза в кузове?
7. Что произойдёт, если $Q > Q_{\text{гр}}$?
8. Какие факторы влияют на длительность рейса?
9. Как изменение коэффициента использования смены влияет на производительность?
10. Проанализируйте, какой участок трассы является лимитирующим.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

ТЕМА: РАСЧЕТ ЛЕБЕДКИ

Цель занятия: Освоить методику расчета и выбора параметров грузоподъемного механизма с электрическим приводом на основе анализа его кинематической схемы и расчета энергетических показателей.

Данные для расчета приведены в таблицах 3.1-3.2.

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. 3.1) определим общий коэффициент полезного действия блоков полиспаста

$$\eta_{\text{общ}} = (\eta_{\text{бл}})^n \quad (3.1)$$

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

$$S = \frac{Q_{\text{гр}} + q}{i_n \eta_{\text{бл}}}, H \quad (3.2)$$

где $Q_{\text{гр}}$ – сила веса груза, Н (табл. 3.1);

q – сила веса грузовой площадки, Н (табл. 3.1);

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

$$Q_p = kS, H \quad (3.3)$$

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_k и другие его данные выбираем по ГОСТ 3070-74 на основании расчетного разрывного усилия (табл. 3.2).

3. Определяем основные размеры барабана лебедки (рис. 3.2).

Предварительно определяем длину каната навиваемого на барабан

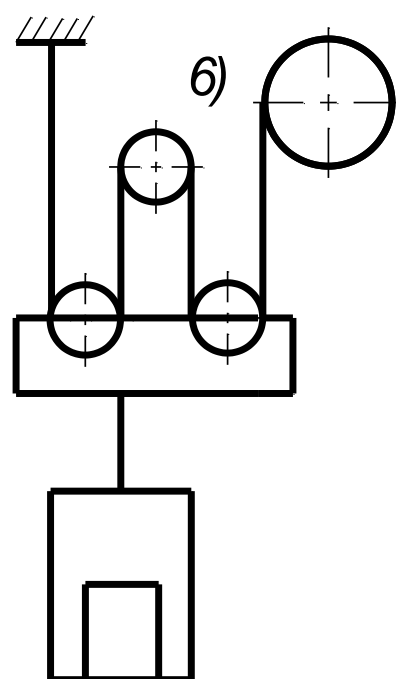
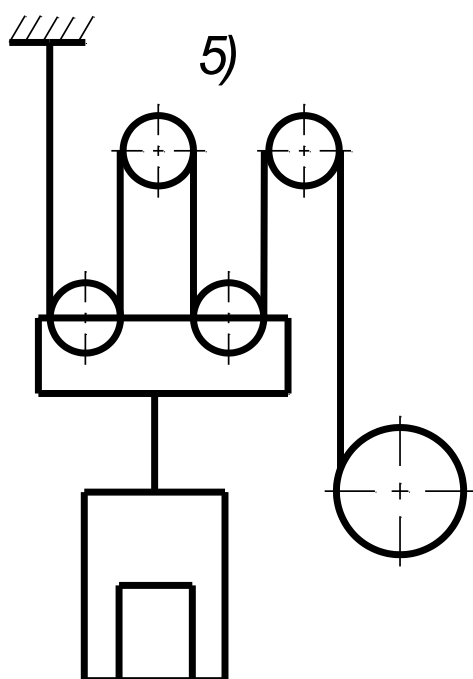
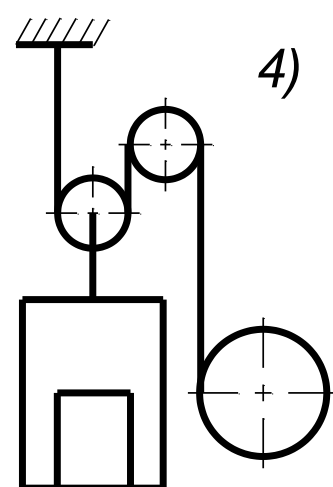
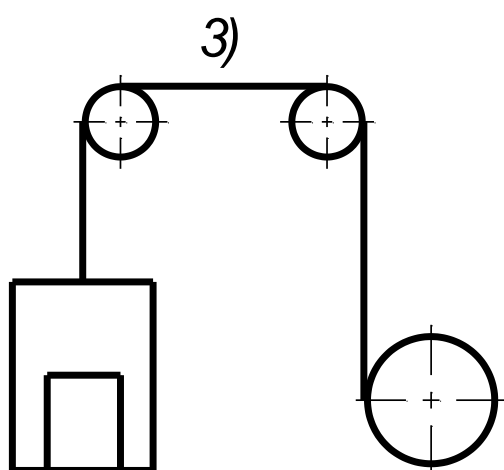
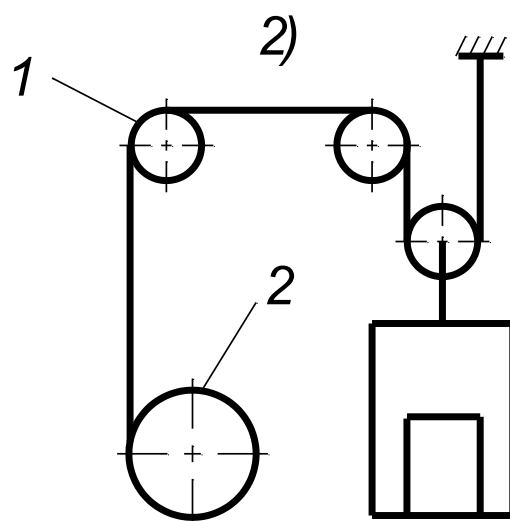
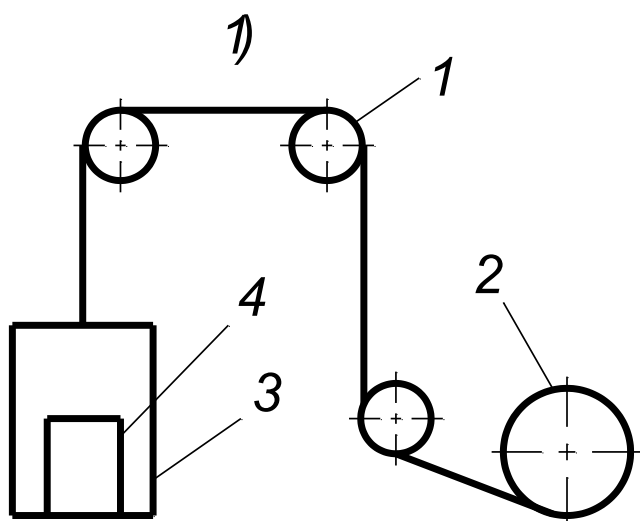
$$l = i_n H + l_0 + b\pi D_{\delta}, \text{ м}, \quad (3.4)$$

где H – высота подъема груза, м (табл. 3.1);

l_0 – расстояние от отводного блока до лебедки, м (табл. 3.1);

b – число запасных витков на барабане (обычно принимается 2-3 витка);

D_{δ} – диаметр барабана, м; $D_{\delta} = (16 \div 20) d_k$.



1 – блок; 2 – барабан лебедки; 3 – грузовая площадка; 4 – груз
Рисунок 3.1 - Схема запасовки каната в полиспастах

Вычисляем длину барабана по формуле

$$L_{\delta} = \frac{l d_k}{\pi m (D_{\delta} + m d_k)}, \text{ м}, \quad (3.5)$$

где d_k – диаметр каната, м;

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

4. Вычисляем потребляемую мощность электродвигателя

$$N_{\delta\delta} = \frac{S V_k}{1000 \eta_{\text{леб}}}, \text{ кВт}, \quad (3.6)$$

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

V_k – скорость движения каната.

$$V_k = i_n V_{\text{гр}}, \text{ м/с}, \quad (3.7)$$

где $V_{\text{гр}}$ – скорость подъема груза, м/с (табл. 3.1).

По вычисленной мощности подбираем из табл. 3.10 тип электродвигателя

5. Вычисляем передаточное число редуктора лебедки

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\delta}} \quad (3.8)$$

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

n_{δ} – частота вращения барабана лебедки.

$$n_{\delta} = \frac{60 V_k}{\pi D_{\delta} d_k}, \text{ об/мин} \quad (3.9)$$

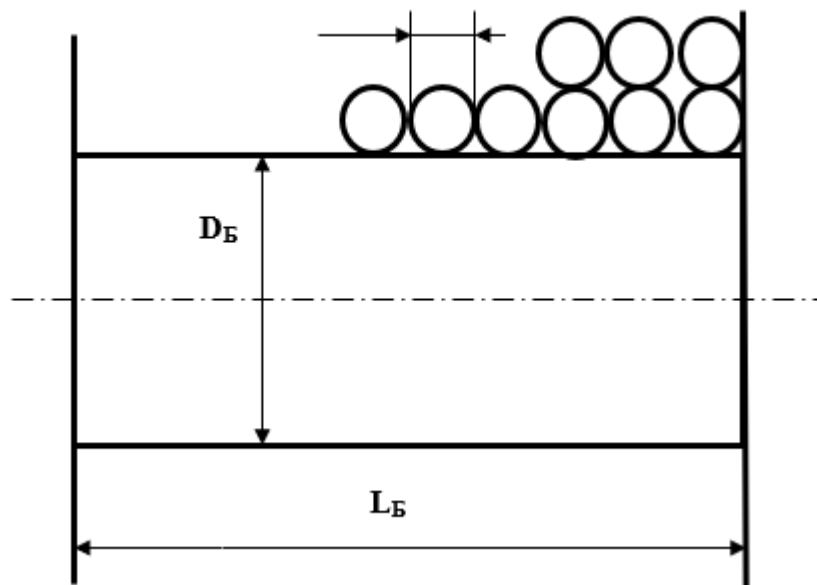


Рисунок 3.2 - Схема барабана лебедки

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета

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

Таблица 3.2 – Характеристики стальных канатов по ГОСТ 3070

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	-

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
4A112MA Y3	5,0	1500	4A280M2Y3	132,0	3000

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ №3

Вариант 0

Дано (вариант 0, табл. 3.1):

$$Q_{\text{гр}} = 9000 \text{ Н}, q = 1500 \text{ Н}, H = 25 \text{ м}, l_0 = 4 \text{ м}, V_{\text{гр}} = 1,70 \text{ м/с}.$$

Число блоков $n = 3$;

Кратность полиспаста $i_n = 3$;

$$\eta_{\text{леб}} = 0,8.$$

$\eta_{\text{бл}}$ одного блока берём из диапазона **0,96...0,99**. Приму среднее инженерное значение **0,97**.

Коэффициент запаса прочности k по нормам 5...6,5. Приму $k = 6$ как распространённое среднее значение в пределах нормы.

Число запасных витков b обычно 2–3. Приму $b = 2$.

Число слоев навивки первоначально $m = 2$.

Для барабана беру $D_6 = 18d_k$ (середина диапазона 16...20).

Решение:

1) Общий КПД блоков полиспаста:

$$\eta_{\text{бл}} = (\eta_{\text{бл}})^n$$
$$\eta_{\text{бл}} = (0,97)^3 = 0,912673 \approx 0,913$$

2) Усилие в канате и расчётное разрывное усилие:

Суммарная нагрузка:

$$Q_{\text{гр}} + q = 9000 + 1500 = 10500 \text{ Н}$$

Усилие в канате (3.2):

$$S = \frac{Q_{\text{гр}} + q}{i_n \eta_{\text{бл}}}$$
$$S = \frac{10500}{3 \cdot 0,912673} = 3834,9 \text{ Н} \approx 3835 \text{ Н}$$

Расчётное разрывное усилие (3.3):

$$Q_p = kS$$
$$Q_p = 6 \cdot 3834,9 = 23009,4 \text{ Н} \approx 2,30 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

3) Размеры барабана и длина навиваемого каната:

Диаметр барабана (по правилу из методики):

$$D_6 = 18d_k$$

Подставляем ($d_k = 6,5 \text{ мм} = 0,0065 \text{ м}$):

$$D_6 = 18 \cdot 0,0065 = 0,117 \text{ м}$$

Длина навиваемого каната (3.4):

$$l = i_n H + l_0 + b\pi D_6$$
$$l = 3 \cdot 25 + 4 + 2\pi \cdot 0,117 = 75 + 4 + 0,735 = 79,735 \text{ м}$$

Длина барабана (3.5):

$$L_6 = \frac{l d_k}{\pi m (D_6 + m d_k)}$$

Подставляем ($m = 2$):

$$L_6 = \frac{79,735 \cdot 0,0065}{\pi \cdot 2(0,117 + 2 \cdot 0,0065)} = \frac{0,51828}{0,81682} = 0,6346 \text{ м} \approx 0,635 \text{ м}$$

4) Скорость каната и мощность двигателя:

Скорость каната (3.7):

$$V_k = i_n V_{гр}$$

$$V_k = 3 \cdot 1,70 = 5,10 \text{ м/с}$$

Мощность двигателя (3.6):

$$N_{дв} = \frac{S V_k}{1000 \eta_{леб}}$$

Подставляем ($\eta_{леб} = 0,8$):

$$N_{дв} = \frac{3834,9 \cdot 5,10}{1000 \cdot 0,8}$$

$$N_{дв} = 24,45 \text{ кВт}$$

5) Частота вращения барабана и передаточное число:

Частота вращения барабана (3.9):

$$n_6 = \frac{60 V_k}{\pi D_6}$$

$$n_6 = \frac{60 \cdot 5,10}{\pi \cdot 0,117} = 832,4 \text{ об/мин}$$

Передаточное число (3.8):

$$i = \frac{n_{дв}}{n_6}$$

Подстановка ($n_{дв} = 750 \text{ об/мин}$):

$$i = \frac{750}{832,4} = 0,901$$

Контрольные вопросы

1. Что такое лебедка и где она применяется в строительных подъемных механизмах?
2. Что означает кратность полиспаста i_n и как она определяется по схеме запасовки?
3. Как влияет число блоков n на общий КПД $\eta_{6л}$?

4. Почему в формуле усилия в канате (3.2) участвует $\eta_{\text{бл}}$ и как физически интерпретировать это влияние?
5. По каким правилам выбирается коэффициент запаса прочности k и чем опасен выбор слишком малого k ?
6. Покажите порядок подбора d_k по табл. 3.2: какие условия должны выполняться?
7. Как выбирают D_6 по правилу $(16 \dots 20)d_k$ и почему нельзя делать D_6 слишком малым?
8. Выведите связь между V_k и $V_{\text{гр}}$ для полиспаста и объясните, почему при росте i_n меняется требуемая скорость каната.
9. Обоснуйте формулу (3.5) для L_6 : откуда появляется зависимость от t и почему при росте t меняется требуемая длина барабана?
10. В каких случаях по итогам расчета может получиться $i < 1$ и какие инженерные способы (не меняя груз/высоту) позволяют привести привод к типовым значениям передаточного числа?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

ТЕМА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БАШЕННОГО КРАНА

Цель занятия: формирование у обучающихся системного понимания условий обеспечения устойчивости башенных кранов и приобретение практических навыков расчёта коэффициента устойчивости на основе анализа силовых факторов, действующих на конструкцию.

Данные для расчёта приведены в таблице 4.1.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Определение коэффициента устойчивости башенного крана

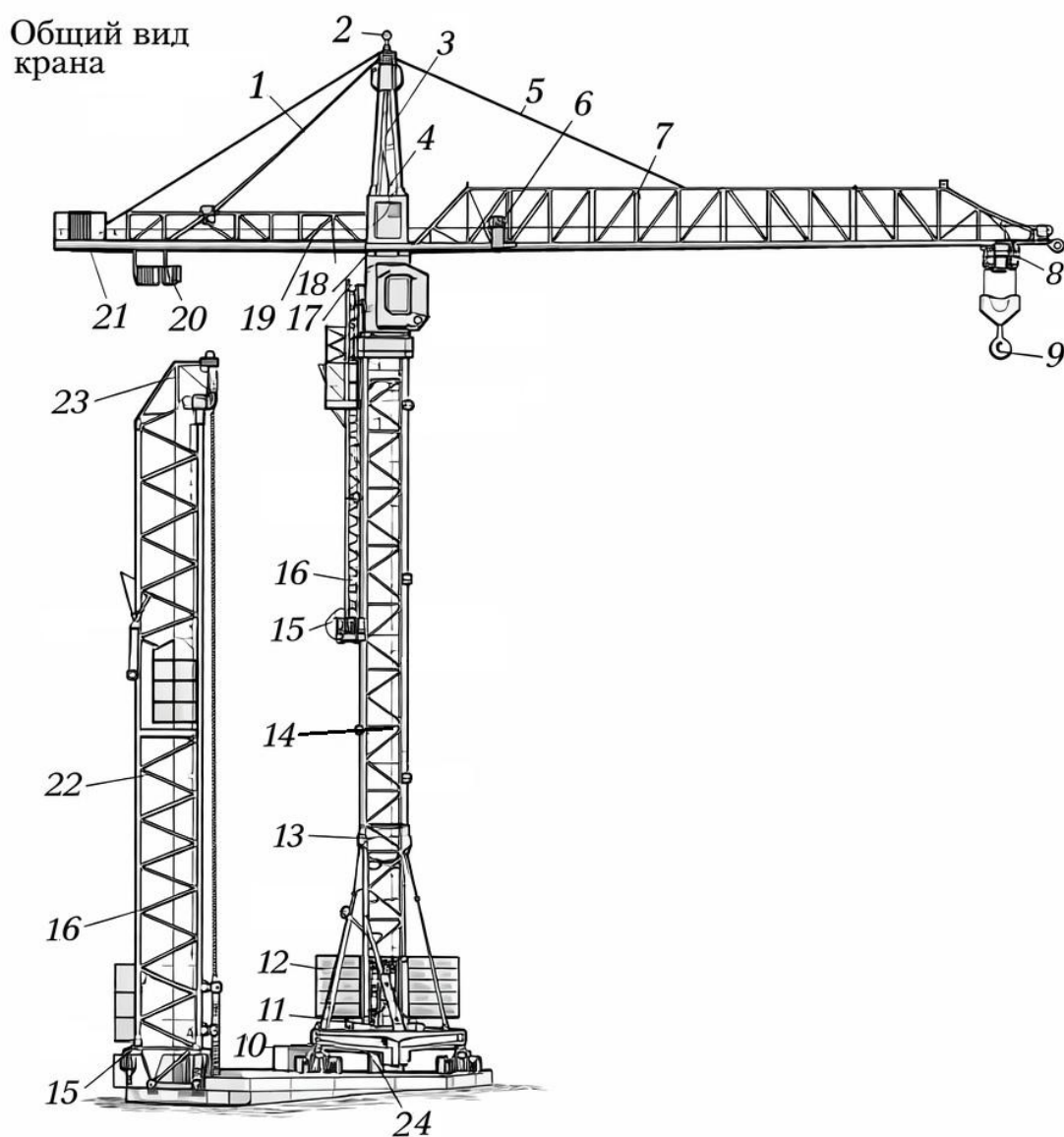


Рисунок 4.1 - Башенный кран

1 - тяга, 2 - анкер, 3 - оголовок башни, 4 - кабина, 5 - тяга, 6 - лебёдка, 7 - стрела, 8 - тележка грузовая, 9 - крюк, 10 - ходовая тележка, 11 - рама, 12 - балласт, 13 - башня, 14 - лестница, 15 - лебёдка монтажная, 16 - монтажная стойка, 17 - поворотное устройство, 18 - лебёдка противовеса, 19 - консоль, 20 - противовес передвижной, 21 - лебёдка грузовая, 22 - площадка, 23 - полиспаст, 24 - барабан кабельный

2. Расчётная схема устойчивости башенного крана

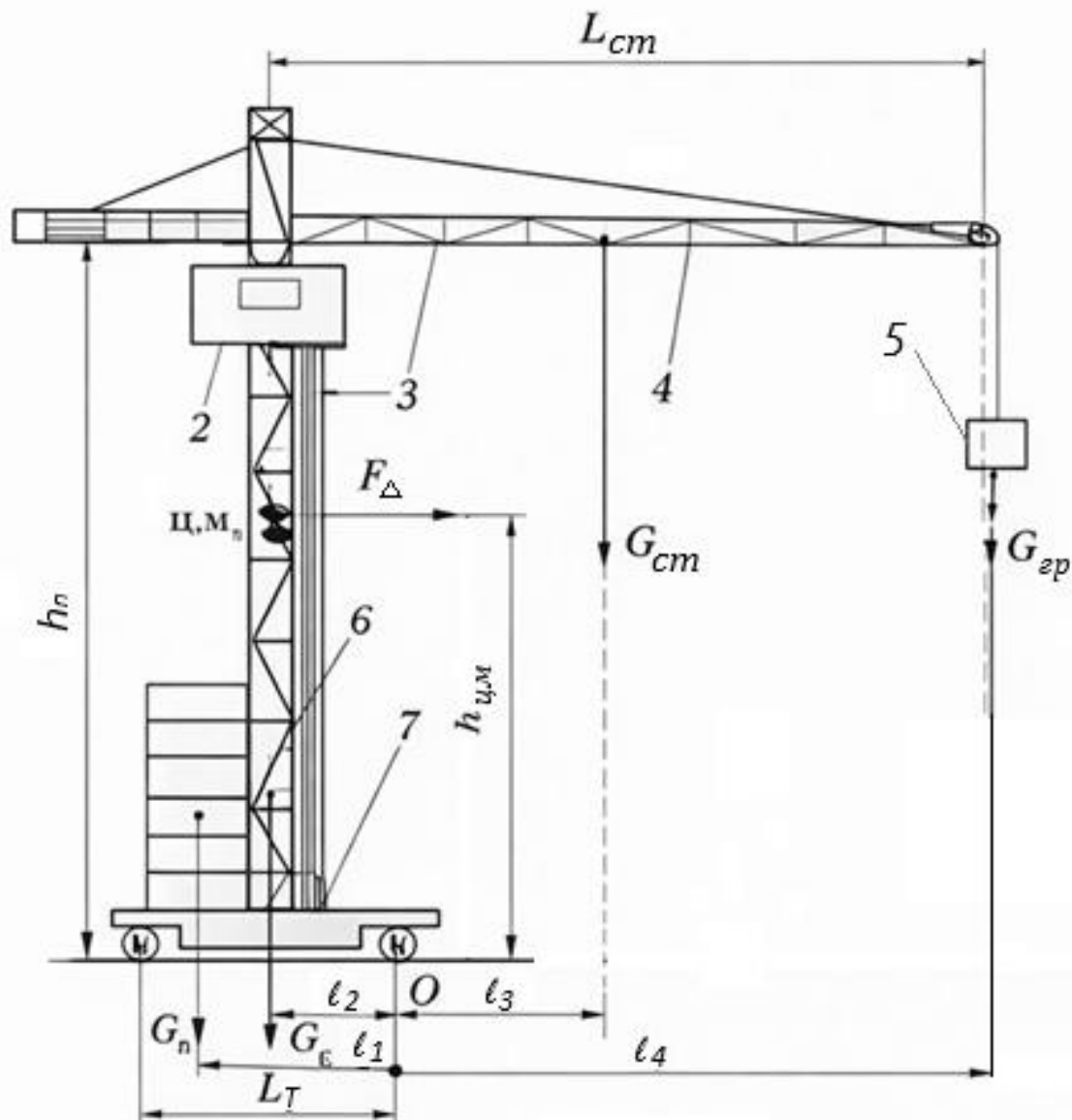


Рисунок 4.2 - Данные для проведения вычислений устойчивости башенного крана:
1 - балласт; 2 - кабина оператора; 3 - трос лебёдки; 4 - стрела; 5 - груз; 6 - башня; 7 - тележка ходовая.

L_T - база тележки ($L_T = 6,0$ м);
 ℓ_1 - плечо силы G_n ($\ell_1 = 4,5$ м);
 ℓ_2 - плечо силы G_6 ($\ell_2 = 3,0$ м);
 ℓ_3 - плечо силы G_{ct} ($\ell_3 = 7,0$ м);
 ℓ_4 - плечо силы G_{tp} ($\ell_4 = 17,0$ м);
 L_{ct} - длина стрелы (вылет стрелы $L_{ct} = 20,0$ м);
 h_n - высота подъёма груза ($h_n = 32,0$ м);
 $h_{ц,м}$ - положение центра масс крана ($h_{ц,м} = 16,0$ м);
 $G_{кр}$ - сила тяжести крана ($G_{кр} = 400$ кН);
 G_6 - сила тяжести башни ($G_6 = 320$ кН);
 G_{ct} - сила тяжести стрелы ($G_{ct} = 70,0$ кН);
 G_{tp} - сила тяжести груза ($G_{tp} = 50,0$ кН);
 G_n - сила тяжести противовеса ($G_n = 250,0$ кН);
 O - точка вращения системы.

3. Определение коэффициента устойчивости K_y :

$$K_y = \frac{M_{\text{восст}}}{M_{\text{опр}}};$$

Восстанавливающий момент:

$$\begin{aligned} M_{\text{восст}} &= G_6 \cdot l_2 + G_{\text{п}} \cdot l_1; \\ M_{\text{восст}} &= 320,0 \cdot 3,0 + 250,0 \cdot 4,5; \\ M_{\text{восст}} &= 960 + 1125 = 2085 \text{ кН}\cdot\text{м} \end{aligned}$$

Опрокидывающий момент:

$$\begin{aligned} M_{\text{опр}} &= G_{\text{гр}} \cdot l_4 + G_{\text{ст}} \cdot l_3; \\ M_{\text{опр}} &= 50,0 \cdot 17,0 + 70,0 \cdot 7,0; \\ M_{\text{опр}} &= 850 + 490 = 1340 \text{ кН}\cdot\text{м}; \end{aligned}$$

$$K_y = \frac{2085}{1340} = 1,56;$$

Большое значение на устойчивость башенного крана оказывает парусность.

Парусность - это площадь поверхности, которая подвергается действию ветра.

Представим действие на поверхность крана в виде динамической силы $F_{\text{дин}}$:

$$\begin{aligned} F_{\text{дин}} &= m \cdot a \\ F_{\text{дин}} &= (\delta \cdot b \cdot h_{\text{п}} \cdot v/t) k_{\text{п}} = (\delta \cdot b \cdot h_{\text{п}} \cdot v) k_{\text{п}}; \end{aligned}$$

Где δ - плотность воздуха ($\delta = 1,3 \text{ кг/м}^3$); b - ширина поверхности, которая подвергается давлению, м; $h_{\text{п}}$ - высота поверхности, которая подвергается давлению, м; $k_{\text{п}}$ - коэффициент, учитывающий конструкцию башни ($k_{\text{п}} = 0,2-0,3$); v - скорость воздушного потока, м/с (определяется анемометром, установленном на башне крана).

Предположим, что сила $F_{\text{дин}}$ приложена в верхней точке башни крана и имеет плечо $h_{\text{п}}$:

$$\begin{aligned} M_{\text{опр}} &= G_{\text{гр}} \cdot l_4 + G_{\text{ст}} \cdot l_3 + F_{\text{дин}} \cdot h_{\text{п}} \\ M_{\text{опр}} &= 1340 \text{ кН} + F_{\text{дин}} \cdot h_{\text{п}} \end{aligned}$$

Построить графики устойчивости при дополнительной нагрузке $F_{\text{дин}}$.

Графики (строить в программе Excel):

$$F_{\text{дин}} = 150 \text{ кН};$$

$$F_{\text{дин}} = 200 \text{ кН};$$

$$F_{\text{дин}} = 250 \text{ кН};$$

$$F_{\text{дин}} = 300 \text{ кН}.$$

Анализируя графики, дать рекомендации по увеличению коэффициента устойчивости K_y .

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчета

№	$(L_T),$ м	$l_1, м$	$l_2, м$	$l_3, м$	$l_4, м$	$L_{ст}, м$	$h_{п}, м$	$h_{ц.м.}, м$	$G_{кр}, кН$	$G_6, кН$	$G_{ст}, кН$	$G_{гр},$ кН	$G_{п},$ кН
1	5.5	4.0	2.8	6.5	16.0	18.0	30.0	15.0	380	300	65	45	230
2	5.6	4.1	2.9	6.6	16.2	18.5	30.5	15.2	385	305	66	46	235
3	5.7	4.2	2.9	6.7	16.4	18.8	31.0	15.3	390	310	67	47	240
4	5.8	4.3	3.0	6.8	16.6	19.0	31.5	15.5	395	315	68	48	245
5	5.9	4.4	3.0	6.9	16.8	19.2	32.0	15.7	400	320	69	49	250
6	6.0	4.5	3.0	7.0	17.0	20.0	32.0	16.0	400	320	70	50	250
7	6.1	4.6	3.1	7.1	17.2	20.2	32.5	16.2	405	325	71	51	255
8	6.2	4.7	3.1	7.2	17.4	20.5	33.0	16.3	410	330	72	52	260
9	6.3	4.8	3.2	7.3	17.6	20.8	33.5	16.5	415	335	73	53	265
10	6.4	4.9	3.2	7.4	17.8	21.0	34.0	16.7	420	340	74	54	270
11	6.5	5.0	3.3	7.5	18.0	21.2	34.5	16.8	425	345	75	55	275
12	6.6	5.1	3.3	7.6	18.2	21.5	35.0	17.0	430	350	76	56	280
13	6.7	5.2	3.4	7.7	18.4	21.8	35.5	17.2	435	355	77	57	285
14	6.8	5.3	3.4	7.8	18.6	22.0	36.0	17.3	440	360	78	58	290
15	6.9	5.4	3.5	7.9	18.8	22.3	36.5	17.5	445	365	79	59	295
16	7.0	5.5	3.5	8.0	19.0	22.5	37.0	17.7	450	370	80	60	300
17	7.1	5.6	3.6	8.1	19.2	22.8	37.5	17.8	455	375	81	61	305
18	7.2	5.7	3.6	8.2	19.4	23.0	38.0	18.0	460	380	82	62	310
19	7.3	5.8	3.7	8.3	19.6	23.3	38.5	18.2	465	385	83	63	315
20	7.4	5.9	3.7	8.4	19.8	23.5	39.0	18.3	470	390	84	64	320
21	7.5	6.0	3.8	8.5	20.0	24.0	40.0	18.5	480	400	85	65	330
22	7.6	6.1	3.8	8.6	20.2	24.5	40.5	18.7	485	405	86	66	335
23	7.7	6.2	3.9	8.7	20.4	25.0	41.0	19.0	490	410	87	67	340
24	7.8	6.3	3.9	8.8	20.6	25.5	41.5	19.2	495	415	88	68	345
25	7.9	6.4	4.0	8.9	20.8	26.0	42.0	19.5	500	420	89	69	350
26	8.0	6.5	4.0	9.0	21.0	26.5	42.5	19.7	505	425	90	70	355
27	8.1	6.6	4.1	9.1	21.2	27.0	43.0	20.0	510	430	91	71	360
28	8.2	6.7	4.1	9.2	21.4	27.5	43.5	20.2	515	435	92	72	365
29	8.3	6.8	4.2	9.3	21.6	28.0	44.0	20.5	520	440	93	73	370
30	8.4	6.9	4.2	9.4	21.8	28.5	44.5	20.8	525	445	94	74	375

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ТЕМА: ВЫЧИСЛЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА

Цель занятия: Овладеть навыками определения высоты подъема крюка и вылета стрелы крана, расчетом коэффициента использования крана, построением рабочей зоны крана, определением продолжительности операций рабочего цикла, расчетом длительности рабочего цикла крана при совмещении и без совмещения операций, определением эксплуатационной производительности башенного крана и построением схем последовательности операций рабочего цикла.

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. Определить эксплуатационную производительность башенного крана при работе по совмещенному и не совмещенному циклам.
7. Начертить схемы последовательности операций рабочего цикла.

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.

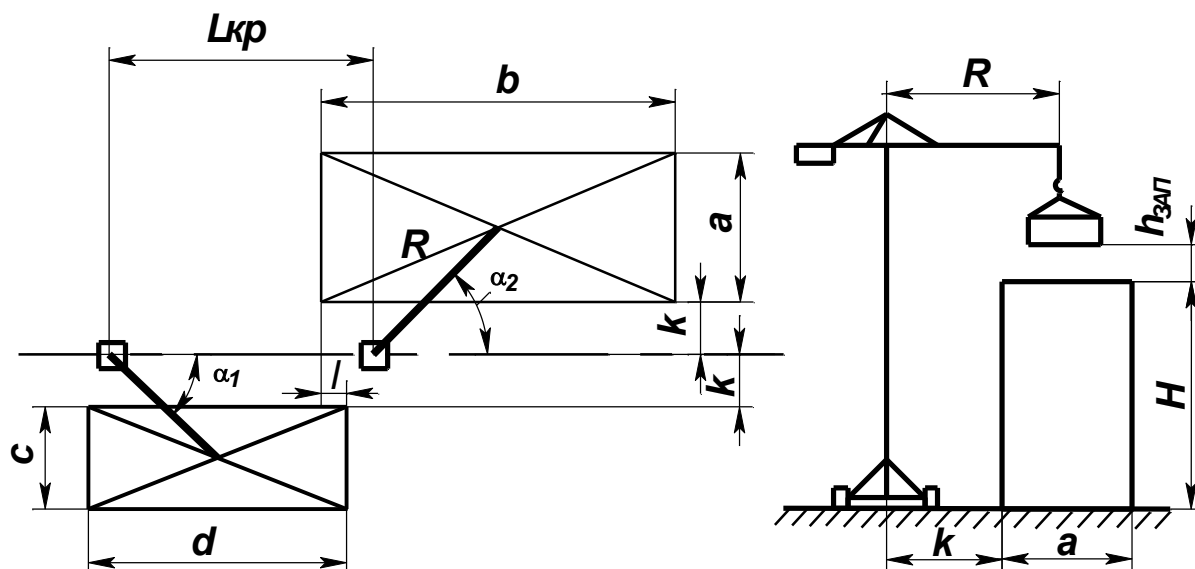


Рисунок 5.1 - Схема рабочей зоны крана: а - план, б- профиль.

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.

расстояние между стоянками башенных кранов определяется из расчета :

$$L_{кр} = R + k + l_p \quad (5.3)$$

где:

R - радиус опасной зоны работы крана, м;

k - расстояние от оси подкранового пути до границы здания, м

l_p - расстояние, учитывающее возможное рассеивание груза при падении, м, равное:

$l_p = 7$ м при высоте здания до 20 м;

$l_p = 10$ м при высоте здания более 20 м;

По СТО НОСТРОЙ 2.33.52-2011

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;

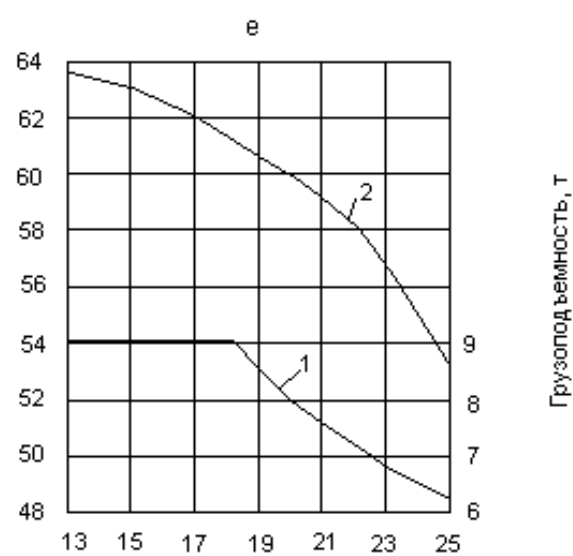
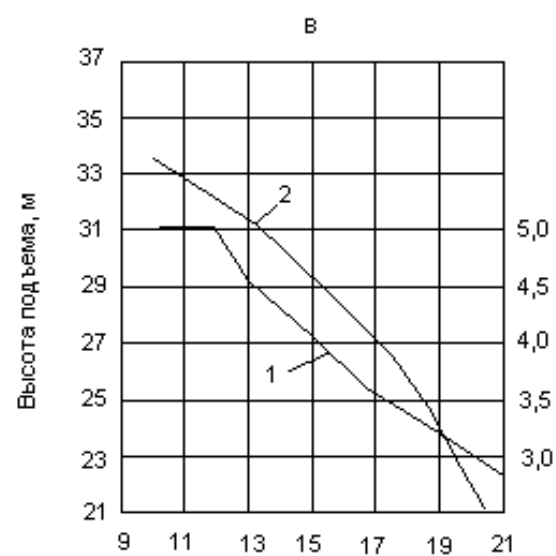
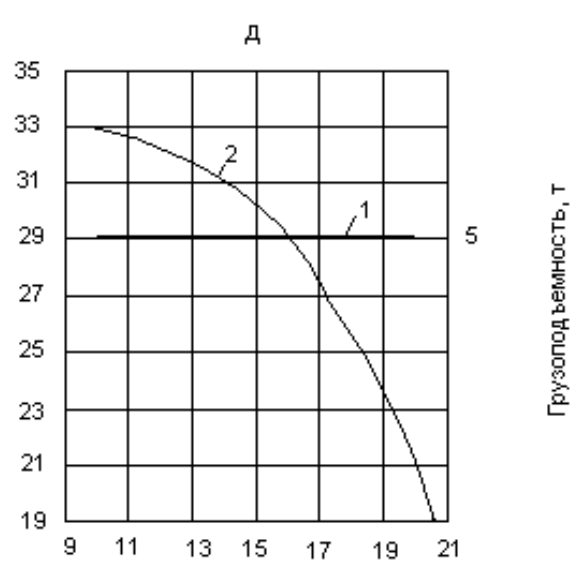
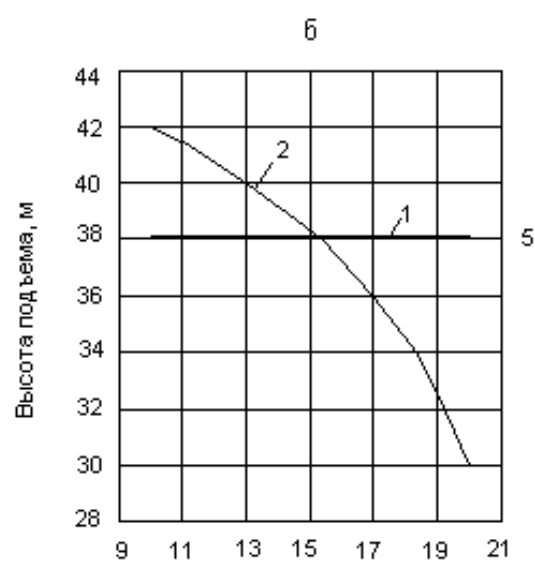
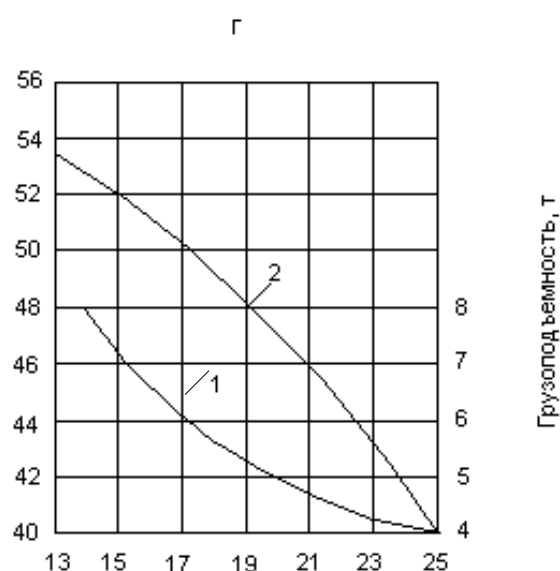
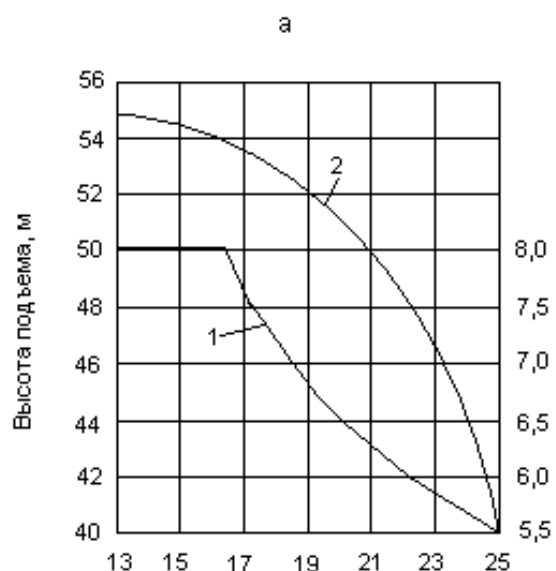
t_8 – подъем крюка с грузозахватными приспособлениями над уровнем монтажа, с;

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

$$t_2 = \frac{H + h_{3АП}}{v_{ПОД}}, \text{ с} \quad (5.4)$$

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

Рабочий поворот

$$t_3 = \frac{\alpha_{СР}}{\omega}, \text{ с} \quad (5.5)$$

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:

$$\alpha_{СР} = \alpha_1 + \alpha_2 = \arcsin \frac{k + \frac{c}{2}}{R} + \arcsin \frac{k + \frac{a}{2}}{R}, \text{ рад} \quad (5.6)$$

где R – расчетный вылет стрелы.

Время перемещения крана по рельсовому пути:

$$t_4 = \frac{L_{ПЕР}}{v_{ПЕР}}, \text{ с} \quad (5.7)$$

где $L_{ПЕР}$ - средний путь перемещения, м

$v_{ПЕР}$ - скорость перемещения, м/с (таблица 5.2)

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

$$L_{ПЕР} = \frac{b + d}{2} - l + R(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2), \text{ м} \quad (5.8)$$

Время опускания груза до уровня монтажа

$$t_5 = \frac{h_{3АП}}{v_{ОП}}, \text{ с} \quad (5.9)$$

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

Продолжительность подъема крюка со стропами над уровнем монтажа

$$t_8 = \frac{h_{3АП}}{v_{ПОД}}, \text{ с} \quad (5.10)$$

Длительность остальных операций определяем аналогично:

$$t_9 = t_3; \quad (5.11)$$

$$t_{10} = t_4; \quad (5.12)$$

$$t_{11} = \frac{H + h_{3АП}}{v_{оп}}. \quad (5.13)$$

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

$$t_{ц} = \sum_{i=1}^{11} t_i. \quad (5.14)$$

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:

$$t_{ц}^{COBM} = t_1 + t_{2 \times (4)} + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_{10 \times (11)}. \quad (5.15)$$

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:

$$\Pi_{см} = TQk_{г}k_{в}n, \text{ т/смену} \quad (5.16)$$

где T – продолжительность смены, ч;

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

$k_{г}$ – коэффициент использования крана по грузоподъемности;

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

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

$$n = \frac{3600}{t_{ц}},$$

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

7. Чертим схемы последовательности операций рабочего цикла

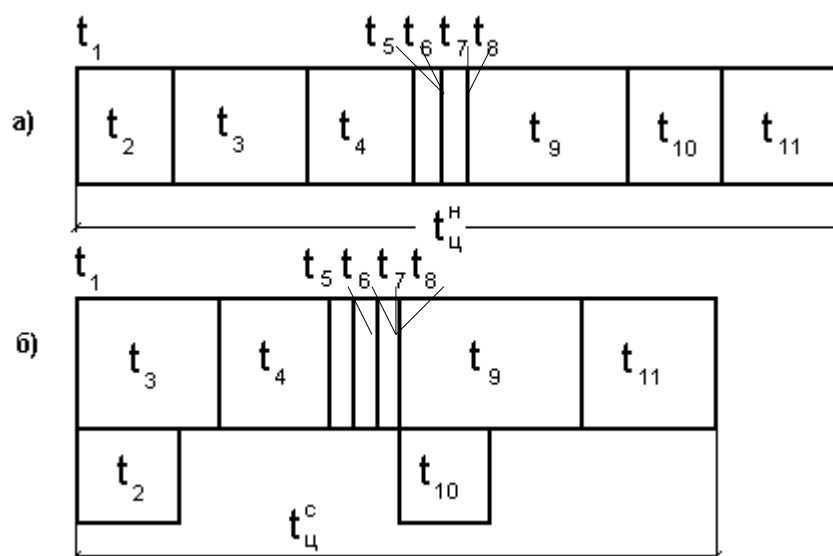


Рисунок 5.3 - Примерная схема построения рабочего цикла крана: а - без совмещения операций; б - с совмещением операций

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 $v_{под}$, $v_{оп}$	0,37	0,40	0,33	0,21	0,33	0,33
Скорость передвижная крана м/с $V_{пор}$	0,3	0,3	0,48	0,48	0,5	0,3
Частота вращения башни, ω , c^{-1}	0,01	0,01	0,0117	0,0117	0,0117	0,01
Скорость перемещения, м/мин	19,7	22,2	19,9	23,1	18,8	25,4

Таблица 5.1 – Характеристика изделия

№	Наименование изделия	Марка изделия	G	$h_{изд}$	l_{cm}	t_l	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
0.	Плита кровли	Л-3	4,75	0,28	3	1	7,5	0,5	10	50	15	25	12	10
1.	Плита кровли	ПК-1	4,15	0,24	3	1	7,5	0,5	10	40	14	20	12	12
2.	Плита перекрытия	ПК-8-63-12	4,11	0,22	4	1,5	8	0,6	10	40	13	30	10	13
3.	Шахта лифта	2ЛШ-2	3,32	2,79	4	1,5	8	0,6	12	50	12	20	12	14
4.	Плита лоджии	ЛП-60-10	3,20	0,22	2,5	1	7,5	0,5	12	40	11	20	10	15
5.	Плита лоджии	ПЛ-60-10л	3,17	0,22	2,5	1	7,5	0,5	10	45	10	20	12	16
6.	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
7.	Опора лотка	ОЛК-1	2,86	0,24	2	1	7,5	0,5	10	40	8	20	10	4
8.	Блок парапета	НБ-76т	2,72	2,24	2,5	1	7,5	0,5	14	45	7	25	12	19
9.	Шахта лифта	2ЛШ-1	2,65	1,90	2,5	1	7,5	0,5	12	40	15	20	10	20
10.	Плита перекрытия	ПТ-35-12а	2,27	0,22	2	1	7,5	0,5	14	45	14	25	10	21
11.	Цокольный блок	Нц-15-15-45	2,21	1,48	2	1,5	7,5	0,5	12	40	13	20	10	22
12.	Опора лотка	ОЛК-5	2,04	0,24	2,5	1	7,5	0,5	12	50	12	25	10	3
13.	Перегородка внутренняя	ВПК-2-3	1,92	2,55	3	1,5	8,5	0,6	12	40	11	30	10	24
14.	Цокольный блок	НЦ-15-13-45	1,73	1,48	4	1	7,5	0,5	12	50	10	25	12	25
15.	Козырек входа	КВ-3-5	1,61	0,15	4	1	7,5	0,5	10	45	9	30	10	26
16.	Лестница	ЛМ-28-12п	1,52	0,26	3	1,5	8,5	0,6	10	40	8	30	12	27
17.	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
18.	Ограждения лоджии	С-1	1,35	0,95	3	1	7,5	0,5	10	50	15	25	12	29
19.	Плита балкона	ПБ-33-5	1,19	0,18	2	1,5	8,5	0,6	12	50	14	30	12	30
20.	Перегородка внутренняя	ВПК-10	1,18	2,55	4	1,5	8,5	0,6	12	40	13	25	10	21
21.	Лестница	ЛПР-25-12вв	1,16	0,32	3	1	8	0,5	14	45	12	20	12	22
22.	Блок внутренней плиты	ВБ-9.26.2-1	1,08	2,54	2,5	1	8	0,5	10	50	11	30	10	23
23.	Плита балкона	ПБ-27-5	0,07	0,18	3	1	8	0,5	12	40	10	25	12	24
24.	Вентиляционный блок	ВБК	0,85	2,78	3	1	8	0,5	12	45	9	30	12	25
25.	Вентиляционный блок	ВБВ9,28.3	0,79	2,78	4	1	8	0,5	14	48	8	20	10	26
26.	Балка перемычка	БП-40	0,77	0,24	4	1	8	0,5	12	450	7	30	10	27
27.	Блок парапета	НБ-69И	0,68	0,57	4	1	8,5	0,6	14	50	7	30	10	28
28.	Ограждение лоджии	С-3	0,5	0,95	3	1	8	0,6	12	40	8	25	12	29
29.	Наружный блок	НБО-12,8.4	0,48	1,79	3,5	1,5	8	0,6	14	45	0	30	12	30

Пример выполнения практической работы № 5. Вариант 0.

Дано:

Наименование изделия: Плита кровли

Марка изделия: Л-3

$G = 4,75$

$h_{\text{изд}} = 0,28$

$l_{\text{ст}} = 3$

$t_1 = 1$

$t_6 = 7,25$

$t_7 = 0,5$

$a = 10$

$b = 50$

$c = 15$

$d = 25$

$l = 12$

$H = 10$

$h_{\text{зАП}} = 2,5 - 3$ (принимаемое 2,5)

Решение:

2. Требуемую высоту подъема крюка определяем суммированием:

$$H_{\text{тр}} = H + l_{\text{ст}} + h_{\text{изд}} + h_{\text{зАП}}, \text{ м}$$

$$H_{\text{тр}} = 10 + 3 + 0,28 + 2,5 = 15,78, \text{ м}$$

По вариантам выбираем башенный кран. Из таблицы 5.1 берем значения для вылета стрелы и грузоподъемности крана.

КБ-160.2

Грузоподъемность = 8, т

Вылет стрелы = 19, м

3. Вычисляем коэффициент использования крана по грузоподъемности

$$k_{\Gamma} = \frac{G}{Q}$$

$G = 4,75$ - масса изделия, т (табл. 5.1);

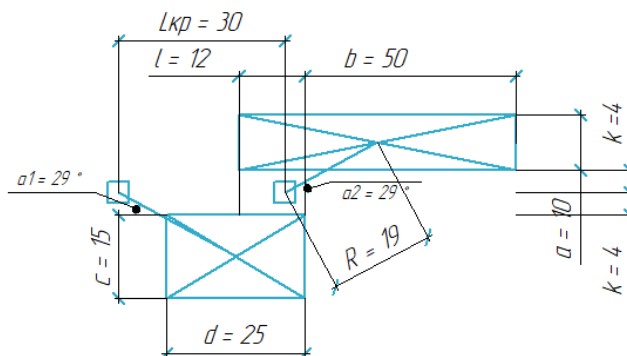
$Q = 8$ - грузоподъемность крана при выбранном вылете стрелы, т (рис. 5.2).

Наименование изделия	Марка изделия	G	$h_{\text{изд}}$	$l_{\text{ст}}$	t_1	t_6	t_7	a	b	c	d	l	H
Плита кровли	Л-3	4,75	0,28	3	1	7,5	0,5	10	50	15	25	12	10

$$k_{\Gamma} = 4,75 : 8 = 0,60, \text{ т}$$

4. Чертим рабочую зону крана в масштабе на основании рис. 5.1 с учетом данных числовых значений варианта и выбранного вылета стрелы R. Расстояние k

зачетки (рис. 5.2): а - 1, 2; б - 3, 4; в - 5, 6; г - 7, 8; д - 9, е - 0.


$$L_{Kp} = R + k + 1p$$

l_p - расстояние, учитывающее возможное рассеивание груза при падении, м,

По СТО НОСТРОЙ 2.33.52-2011

$$L_{\text{кр}} = 19 + 4 + 7 = 30, \text{ м}$$

t11 – опускание крюка с грузозахватными приспособлениями, с.

10

по установившимся скоростям рабочих движений крана, без учета периодов разгона и торможения.

Продолжительность подъема

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

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

$$t_2 = \frac{15 + 2,5}{0,37} = 47,30, \text{ с}$$

Рабочий поворот

$$t_3 = \frac{\alpha_{CP}}{\omega}, \text{ с}$$

где

α_{CP} – средний угол, рад;

ω – угловая скорость поворотной платформы, с^{-1}

$$t_3 = 1,14 : 0,01 = 114, \text{ с}$$

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

$$\alpha_{CP} = \alpha_1 + \alpha_2 = \arcsin \frac{k + \frac{c}{2}}{R} + \arcsin \frac{k + \frac{a}{2}}{R}, \text{ рад}$$

$$\alpha_{CP} = \alpha_1 + \alpha_2 = \arcsin \frac{k + \frac{c}{2}}{R} + \arcsin \frac{k + \frac{a}{2}}{R} = \arcsin \frac{4 + \frac{15}{2}}{19} + \arcsin \frac{4 + \frac{10}{2}}{19} = 1,14, \text{ рад}$$

где R – расчетный вылет стрелы.

Время перемещения крана по рельсовому пути:

$$t_4 = \frac{L_{ПЕР}}{v_{ПЕР}}, \text{ с}$$

где $L_{ПЕР}$ – средний путь перемещения, м

$v_{ПЕР}$ – скорость перемещения, м/с (таблица 5.2)

$$t_4 = 25,5 : 19,7 = 1,29, \text{ с}$$

$$v_{ПЕР} = 19,7, \text{ М/С}$$

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

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

$$L_{\text{пер}} = \frac{50+25}{2} - 12 + 19(\cos 29^\circ - \cos 29^\circ) = 25,5, \text{ м}$$

Время опускания груза до уровня монтажа

$$t_5 = \frac{h_{3\text{АП}}}{v_{\text{ОП}}}, \text{ с}$$

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

$$t_5 = 2,5 : 0,37 = 68,92, \text{ м/с}$$

Продолжительность подъема крюка со стропами над уровнем монтажа

$$t_8 = \frac{h_{3\text{АП}}}{v_{\text{ПОД}}}, \text{ с}$$

$$t_8 = 2,5 : 0,37 = 68,92, \text{ м/с}$$

Длительность остальных операций определяем аналогично:

$$t_9 = t_3 ; = 114, \text{ с}$$

$$t_{10} = t_4 ; = 1,29, \text{ с}$$

$$t_{11} = \frac{H + h_{3\text{АП}}}{v_{\text{ОП}}}.$$

$$t_{11} = (10+2,5):0,37 = 33,78, \text{ с}$$

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

$$t_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^{11} t_i.$$

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:

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

$$t_{\text{ц}}^{\text{COBM}} = 1 + 47,29 + 68,92 + 7,5 + 0,5 + 68,92 + 114 + 33,78 = 341,91, \text{ с}$$

Вычисление длительности циклов (несовмещённого 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.

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

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

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:

$$n = \frac{3600}{t_{\text{ц}}},$$

$$n = 3600 : 341,91 = 10,53$$

$$P_{\text{см}} = 10,53 * 8 * 0,60 * 0,82 * 10,53 = 436,43, \text{ т/смену}$$

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

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены строительные подъемники, каковы их основные типы, как они устроены и каков принцип их работы?

2. Для чего предназначены вышки, как они устроены?

3. Для чего в строительстве применяют краны, каковы их основные типы и структура? Назовите основные параметры кранов. Что такое грузовая, высотная и грузо-высотная характеристики кранов?

4. Изложите методику определения производительности строительных кранов.

5. Для чего предназначены башенные краны и чем предопределено их широкое распространение в строительстве? Приведите классификацию башенных кранов, структуру их индексации, опишите устройство и рабочие процессы каждого типа. Опишите схему канатоведения грузового полиспаста с использованием барабана стрелоподъемного механизма.

6. Для чего в конструкциях башенных кранов применяют грузовые каретки? Опишите особенности устройства ходовых тележек и их компоновки на нижней раме. Как устроены опорно-поворотные устройства и где они размещены? Для чего служит противовес?

7. Как устроены и как работают приставные башенные краны? Опишите способы удлинения башни вставками.

8. Опишите принцип вертикального перемещения переставных башенных кранов.

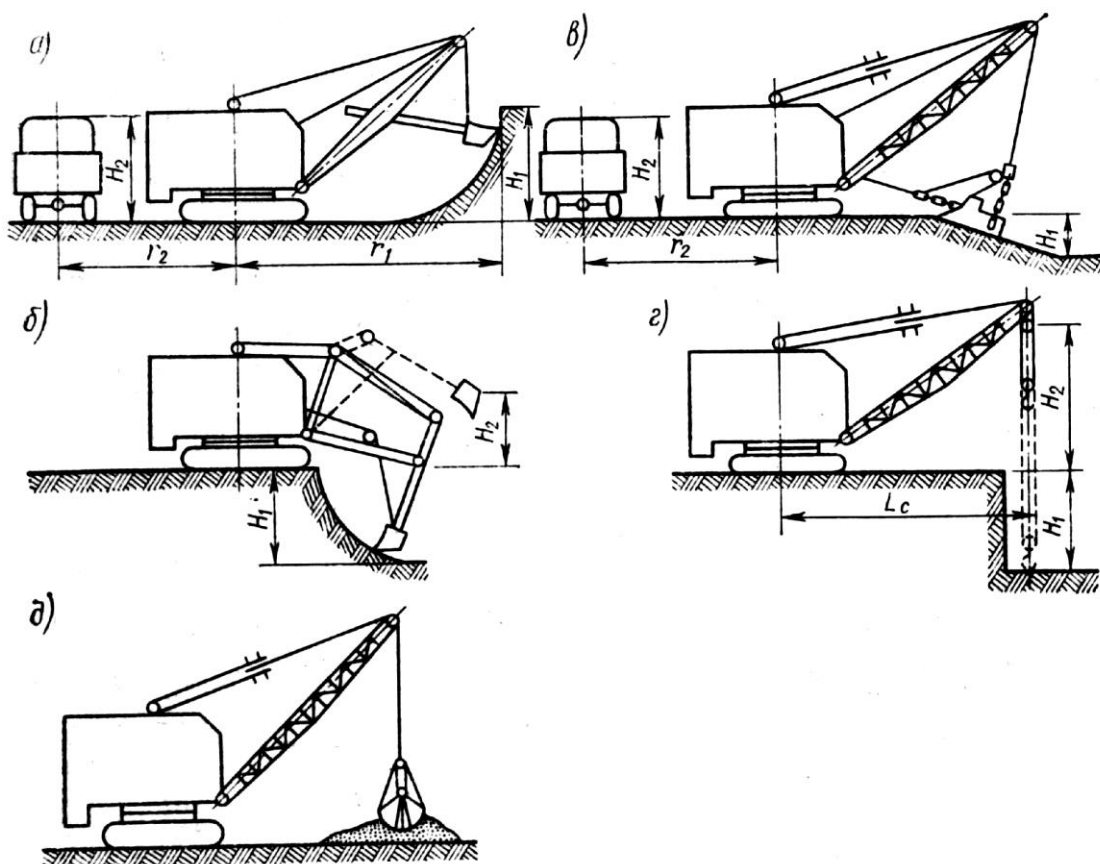
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ТЕМА: РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

Цель занятия: Изучить кинематическую схему одноковшового экскаватора, научиться определять скорости движения его рабочих органов и рассчитывать производительность экскаватора.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

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



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

Рисунок 7.1 - Основные виды рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

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

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

где $\omega_{\text{дв}}$ — угловая скорость вращения вала двигателя, с^{-1} ;

$i_{\text{общ}}$ – общее передаточное число, определяемое произведением

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

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

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

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

Таблица 7.1 – Исходные данные для расчета

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

Таблица 7.2 – Обозначение к кинематической схеме экскаватора Э-652

Позиция	Наименование узла или детали	Позиция	Наименование узла или детали
А	Двигатель	1	Звездочка $z_1 = 23$
Б	Главная муфта	2	Звездочка $z_2 = 96$
В	Стрелоподъемный барабан	3	Шестерня $z_3 = 15$
Г	Подъемный барабан	4	Шестерня $z_4 = 70$
Д	Напорный барабан	5	Шестерня $z_5 = 76$
И	Вал главной муфты	6	Звездочка $z_6 = 15$
II	Горизонтальный вал реверсивного механизма	7	Звездочка $z_7 = z'_7 = 15$
III	Промежуточный вал	8	Звездочка $z_8 = 19$
IV	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

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

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

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

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

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

где k_B – коэффициент изменения времени копания (табл. 7.4);
 G – масса экскаватора, т (табл. 7.5);

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

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

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

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

5. Определяем сменную эксплуатационную производительность экскаватора

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

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

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

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

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

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

V – объем элемента забоя, разрабатываемый с одной стоянки.

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

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

Таблица 7.3 – Характеристика грунтов

№ ва- рианта	Грунт	ρ , кг/м ³	k , Н/м ²	χ	f	φ	$k_{\text{р}}$
0	Сухой песок	1500	12х10 ⁴	0.48	0.15	0.50	1.10
1	Песок влажностью 12-15%	1650	11,6 х10 ⁴	0,46	0,05	0,70	1,15
2	Чернозем влажностью 4-6%	1555	11,2 х10 ⁴	0,43	0,08	0,60	1,30
3	Супесь и суглинок влажностью 4-6%	1700	10,8 х10 ⁴	0,39	0,20	0,55	1,30
4	Сухая глина	1750	10,4 х10 ⁴	0,31	0,25	0,85	1,25
5	Сухой песок	1500	12х10 ⁴	0.48	0.15	0.50	1.10

6	Песок влажностью 12-15%	1650	$11,6 \times 10^4$	0,46	0,05	0,70	1,15
7	Чернозем влажностью 4-6%	1555	$11,2 \times 10^4$	0,43	0,08	0,60	1,30
8	Супесь и суглинок влажностью 4-6%	1700	$10,8 \times 10^4$	0,39	0,20	0,55	1,30
9	Сухая глина	1750	$10,4 \times 10^4$	0,31	0,25	0,85	1,25

Дополнительный вариант выбирается по последней цифре зачетной книжки

Таблица 7.4 – Значения коэффициентов

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

Таблица 7.5 – Параметры экскаваторов

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

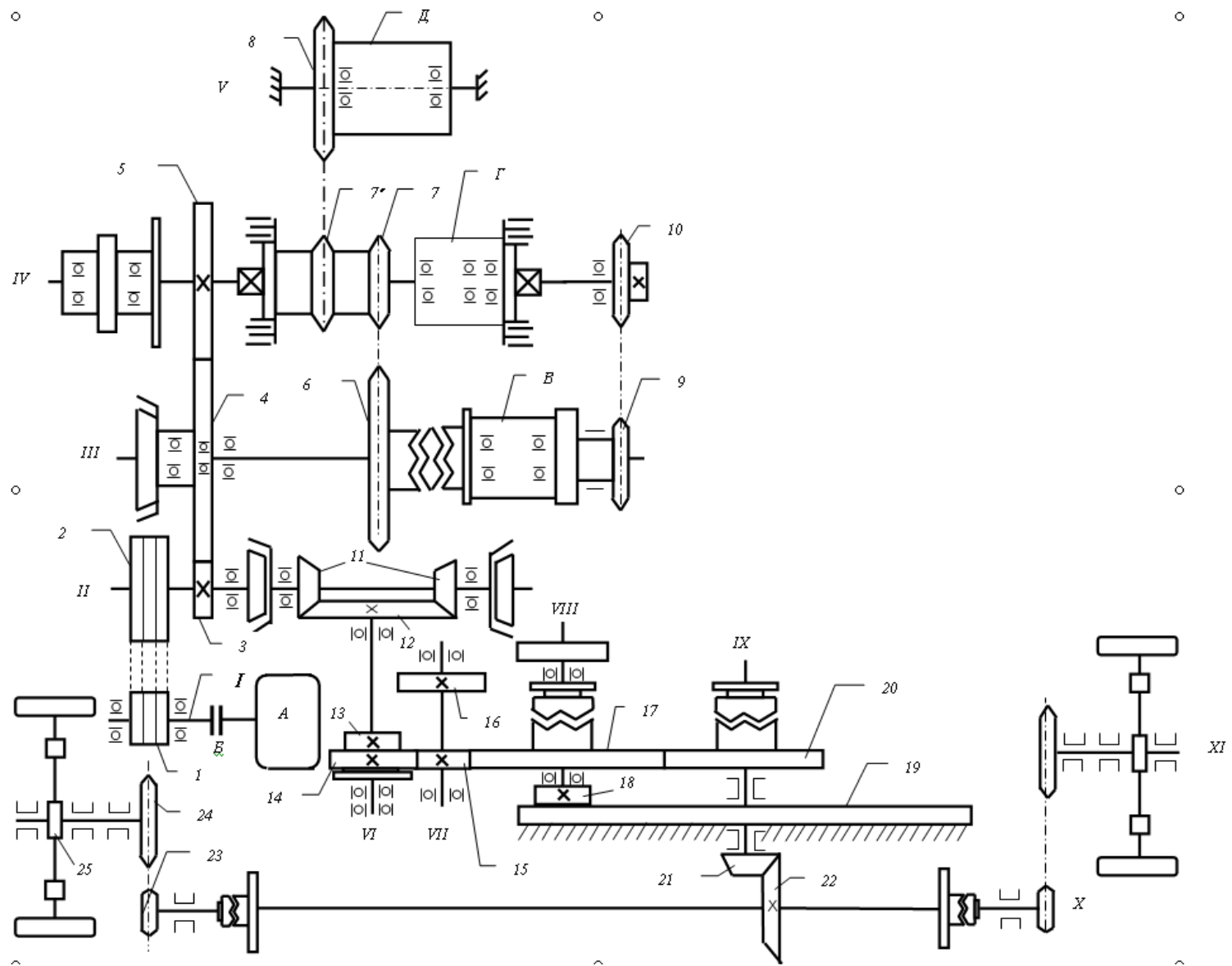


Рисунок 7.2 – Кинематическая схема экскаватора Э-652

Контрольные вопросы

1. Что такое одноковшовый экскаватор? Для чего применяется? Виды одноковшовых экскаваторов.
2. Назовите основные виды рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов.
3. Как влияет на производительность экскаватора тип используемого ковша?
4. Какие факторы влияют на техническую производительность экскаватора, помимо скорости движения ковша?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7
ТЕМА: ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ МНОГОКОВШОВЫХ ТРАНШЕЙНЫХ
ЭКСКАВАТОРОВ

Цель занятия: Научиться выбирать экскаватор для рытья траншеи заданных размеров, изучить методику расчета его производительности и определения оптимальных параметров работы для выполнения земляных работ.

Данные для расчета см. в таблице 8.1.

Последовательность выполнения задачи

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

Методика расчета

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

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

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

$$П_T = 3,6 \frac{q}{k_p} i \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (8.1)$$

где q - емкость ковша, л (табл. 8.2);

k_p - коэффициент разрыхления грунтов (табл. 8.3);

i - количество разгрузок ковшей.

Для цепных траншеекопателей

$$i = \frac{v_y}{a}, \quad (8.2)$$

а для роторных

$$i = \frac{nn_k}{60}, \quad (8.3)$$

Здесь $v_{\text{ц}}$ - скорость ковшовой цепи, м/сек;

a - шаг ковшей, м;

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

n_k - количества ковшей на роторе.

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

Таблица 8.1

Варианты заданий к работе 8

Вариант	Грунты	Размеры траншей, м		
		глубина	ширина	длина
0	Суглинок лессовидный	3,5	0,8	1500
1		2	0,5	1000
2		4	0,8	1200
3		1,6	0,8	1000
4		1,8	1,4	2000
5	Суглинок с примесью щебня и гравия	1,8	0,5	2000
6		3,2	0,8	1800
7		3,8	0,8	1500
8		1,4	0,8	1000
9		1,8	1,4	2500
10	Лесс естественной влажности	1,7	0,5	500
11		3	1,1	800
12		3,7	1,2	900
13		1,5	0,8	700
14		1,6	1,4	600
15	Глина ломовая	1,9	0,5	2000
16		3,4	1,1	1800
17		3,6	0,8	1900
18		1,6	0,8	1700
19		1,7	1,4	1600
20	Глина мягкая жирная	2	0,5	1500
21		3,5	1,1	1100
22		4	1,2	1300
23		1,6	0,8	1400
24		1,8	1,4	1600
25	Супесок с примесью щебня и гравия	1,8	0,5	1200
26		3	0,8	1000
27		3,9	1,2	1000
28		1,5	0,8	1600
29		1,6	1,4	1800

Таблица 8.2

Технические характеристики траншейных экскаваторов

Показатели	Марка				
	ЭТЦ-202	ЭТУ-354А	ЭТЦ-402	ЭТР-161	ЭР-7Е

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

Таблица 8.3

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

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

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

$$v_{э.опт} = \frac{P_T}{BH} \text{ м/ч,} \quad (8.4)$$

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

B - ширина траншеи, м (табл. 2);

H - глубина траншеи, м (там же).

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

$$v_p \leq v_{э.опт}.$$

5. Сменную эксплуатационную производительность экскаватора подсчитываем по формуле

$$\Pi_{см} = BHv_p T \kappa_в \text{ м}^3/\text{смену}, \quad (8.5)$$

где v_p - рабочая скорость, м/ч;

T - продолжительность смены, ч;

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

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

$$n_{см} = \frac{BHL}{\Pi_{см}} \text{ ч}, \quad (8.6)$$

где L - длина траншей, м (табл. 1).

Контрольные вопросы

1. Для чего используют многоковшовые траншейные экскаваторы?
2. Как выбрать оптимальный тип многоковшового траншейного экскаватора для рытья траншей?
3. Как рассчитывается эксплуатационная производительность экскаватора?
4. Как определить количество смен работ экскаватора?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

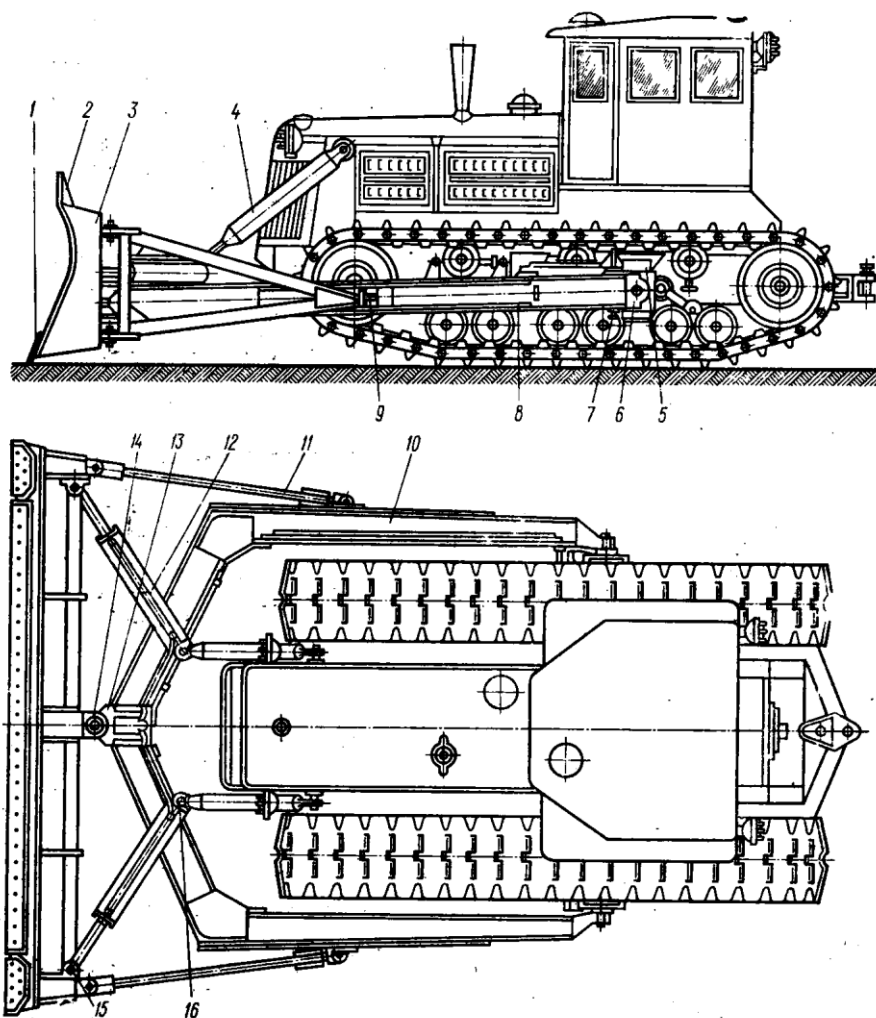
ТЕМА: РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРА

Цель занятия: Изучение и определение эффективности работы бульдозера посредством анализа общего усилия сопротивления, проверки сцепления, вычисления продолжительности цикла работы и определения производительности при разработке и транспортировке грунта.

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 ползунов толкателей; 9 — ползун; 10—универсальная рама; 11—толкатель; 12 — гидроцилиндр поворота отвала в плане; 13—наголовник; 14 — штырь; 15, 16—проушины

Рисунок 9.1 - Бульдозер с поворотным отвалом

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Определяем общее усилие сопротивления при работе бульдозера по формуле

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

где P_p – сопротивление грунта резанию, Н;
 $P_{п}$ – сопротивление волочению призмы грунта, Н;
 P_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

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

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;
 t – тангенс угла φ_r
 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

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

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

Таблица 9.1 - Исходные данные для расчета

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

Время резания подсчитывается по формуле

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

где v_p – скорость движения бульдозера при резании грунта, м/с. (Принимается равным $0,6 \div 1,25$ 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. (Принимается равным $1,25 \div 1,67$ 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. (Принимается равным $1,8 \div 2,2$ 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

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

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 бульдозер	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 бульдозера	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

Контрольные вопросы:

1. Как определить общее усилие сопротивления при работе бульдозера?
2. По какой формуле вычисляются сопротивление движению трактора?
3. Вычислите толщину срезаемого слоя?
4. Как вычислить продолжительность цикла работы бульдозера?

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

Методические указания
к самостоятельной работе
по дисциплине

Строительные машины и оборудование

Для студентов направления
08.03.01 «Строительство»

Содержание

Введение.....	
1. Виды и формы организации самостоятельной работы студентов.	
2. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы студента.....	
3. План-график выполнения самостоятельной работы.....	
4. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины.....	
5. Методические рекомендации при работе над конспектом лекций.	
6. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.....	
7. Методические рекомендации по работе с литературой.....	
8. Методические рекомендации по подготовке к экзамену.....	

Введение

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Самостоятельная работа студентов (СРС) является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности. Все эти составляющие образования формируются именно в процессе самостоятельной работы студентов, так как предполагает максимальную индивидуализацию деятельности каждого студента и может рассматриваться одновременно и как средство совершенствования творческой индивидуальности.

Самостоятельная работа необходима не только для освоения отдельной дисциплины, но и для формирования навыков самостоятельной работы как в учебной, так и профессиональной деятельности. Каждый студент учится самостоятельному решению проблем, нахождению оригинальных творческих решений.

В Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования (ФГОС ВО) на внеаудиторную работу отводится не менее половины бюджета времени студента за весь период обучения. Это время полностью может быть использовано на самостоятельную работу. Кроме того, большая часть времени, отводимого на аудиторские занятия, так же включает самостоятельную работу. Таким образом, времени на самостоятельную работу в учебном процессе вполне достаточно, вопрос в том, как эффективно использовать это время.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

1. ВИДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Любой вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной и творческой активности студента связан с самостоятельной работой. В широком смысле под самостоятельной работой понимают совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

В зависимости от места и времени проведения, характера руководства со стороны преподавателя и способа контроля, СРС по предметам и учебным курсам подразделяется на следующие виды:

- самостоятельную работу во время основных аудиторных занятий (лекций, семинаров, лабораторных работ);
- самостоятельную работу под контролем преподавателя в форме плановых консультаций, творческих контактов, зачетов и экзаменов;
- внеаудиторную самостоятельную работу при выполнении студентом домашних заданий учебного и творческого характера.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Среди основных видов внеаудиторной самостоятельной работы студентов традиционно выделяют: подготовка к лекциям, семинарским и практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ, написание эссе; решение кейсов и ситуационных задач; проведение деловых игр; участие в научной работе.

Содержание аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов определяется в соответствии с рекомендуемыми видами учебных заданий, представленными в рабочей программе учебной дисциплины.

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) овладеть знаниями с помощью:

- чтения текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составления плана текста, графического изображения структуры текста, конспектирования текста, выписки из текста и т.д.;
- работы со справочниками и др. справочной литературой;
- ознакомления с нормативными и правовыми документами;
- учебно-методической и научно-исследовательской работы;
- использования компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания с помощью:

- работы с конспектом лекции;
- обработки текста, повторной работы над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовки плана;
- составления таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовки ответов на контрольные вопросы;
- подготовки мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовки реферата, курсовой работы (проекта);

- составления библиографии использованных литературных источников;
 - разработки тематических кроссвордов и ребусов;
 - тестирования и др.;
- 3) формировать умения с помощью:
- решения ситуационных задач и упражнений;
 - выполнения расчетов (графические и расчетные работы);
 - решения профессиональных кейсов и вариативных задач;
 - подготовки к контрольным работам;
 - подготовки к тестированию;
 - подготовки к деловым играм;
 - проектирования и моделирования разных видов и компонентов профессиональной деятельности;
 - опытно-экспериментальной работы;
 - анализа профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

2 ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В образовательном процессе выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторную, под руководством преподавателя, и внеаудиторную.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной преподавателем учебной и дополнительной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание рефератов, эссе, докладов;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям, их оформление в виде докладов, электронных презентаций и т.д.;
- составление аннотированного списка статей из журналов;
- подготовка рецензий на статью, пособие;
- выполнение контрольной работы;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплины и т.д.; подготовка к дискуссии;
- текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе аттестующих тестов;
- работа с нормативно-правовыми актами;
- и др.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- коллоквиум как форма контроля освоения теоретического содержания дисциплин: (в часы консультаций, предусмотренных учебным планом);
- прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);
- участие в деловой игре (в часы практических занятий);
- выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС) и научно-исследовательской работы (НИРС);
- и т.д.

При выполнении заданий самостоятельной работы студентам предстоит:

- самостоятельная формулировка темы задания (при необходимости);
- сбор и изучение информации;
- анализ, систематизация и трансформация информации;
- отображение информации в необходимой форме;
- консультация у преподавателя;
- коррекция поиска информации и плана действий (при необходимости);
- оформление работы;
- поиск способа подачи выполненного задания;
- представление работы на оценку преподавателя или группы (при необходимости).

По итогам самостоятельной работы студенты должны:

- развить такие универсальные умения, как умение учиться самостоятельно, принимать решения, проектировать свою деятельность и осуществлять задуманное, проводить исследование, осуществлять и организовывать коммуникацию;
- научиться проводить рефлексию: формулировать получаемые результаты, переопределять цели дальнейшей работы, корректировать свой образовательный маршрут;
- познать радость самостоятельных побед, открытий, творческого поиска.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при шести часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить минимум 3-4 часа.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Перед началом самостоятельной работы студентам следует изучить содержание основных видов заданий: их краткую характеристику, ориентировочные затраты времени на их подготовку, алгоритм действий и объем помощи преподавателя.

Все виды заданий, представленных в настоящем пособии, могут быть обязательными или дополнительными.

Обязательные задания предлагаются преподавателем после изучения каждой темы. Они комментируются преподавателем, который сообщает требования по их выполнению, сроки исполнения, критерии оценки и пр.

Дополнительные задания являются заданиями по выбору студента. Студентам предоставляется возможность в зависимости от своих индивидуальных особенностей, склонностей по каждой теме выбрать из перечня то или иное задание так, чтобы оно не повторялось по другой теме и не дублировало форму обязательного задания. Например, по теме дисциплины в качестве обязательного задания студентам предстоит составить информационный блок, следовательно, в качестве дополнительного задания данный вид работы они выбрать не могут.

Студенты должны ознакомиться с образцами выполнения заданий, критериями их оценки.

Студенты подбирают необходимую литературу, получая консультации преподавателя.

Студенты выполняют задания самостоятельной работы и сдают выполненные работы преподавателю, при необходимости представляя их результаты на практическом занятии.

Предлагаемые методические указания помогают студенту найти рациональные, наиболее эффективные приемы самостоятельной работы по освоению дисциплин.

3.ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Наименование разделов	Сроки выполнения, недели	Сроки отчетности, недели
Общие требования к машинам и принципы классификации и индексации машин.	1-2	9
Транспортные и транспортирующие машины.	3-4	
Грузоподъемные машины.	5-8	
Землеройно-транспортные машины и машины для подготовительных работ. Машины и оборудование для земляных работ.	9-11	18
Машины и оборудование для отделочных и кровельных работ.	12-16	
Система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта машин	16-18	

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме экзамена предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры и оценивается по 5-балльной системе

Критерии оценивания компетенций.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он продемонстрировал высокое умение применять полученные знания и навыки на практике через решение конкретных задач базового и продвинутого уровня, свободно без затруднений справился с поставленными задачами, показав владение разносторонними приемами и навыками их выполнения, не допустил ошибок и неточностей;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он продемонстрировал умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи базового уровня, справился с поставленной задачей, показав владение необходимыми приемами и навыками ее выполнения, при этом допустил не более одной ошибки;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он продемонстрировал посредственное умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи базового уровня, с трудом справился с поставленной задачей, при этом допустил не более двух ошибок;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не продемонстрировал умение применять полученные знания на практике через решение конкретной задачи базового уровня, не справился с поставленной задачей или допустил при ее решении три и более серьезные ошибки.

4.РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для более глубокого усвоения студентом предмета, понимания основных проблем теории и практики ценообразования рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины (таблица 1)

Таблица 1

План организации внеаудиторного времени, необходимого для изучения дисциплины

п/п	Вид занятия	Рекомендации по организации занятия	Продолжительность по времени
1	Изучение конспекта лекции	изучение конспекта рекомендуется проводить как минимум два раза: в тот же день после лекции и за день перед следующей; при работе с лекцией необходимо отметить для себя имеющиеся вопросы, желательно письменно; Вести конспект рекомендуется аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.	0,5-1 час.
2	Подготовка к практическому занятию	Обязательно знание лекционного материала; Выполнение заданий преподавателя рекомендуется осуществлять используя творческий подход и обращаться к различным источникам информации опираясь на их актуальность. проявление инициативы в подготовке выступления по интересной для студента тематике в рамках изучаемого курса позволяет ему более полно овладеть знаниями дисциплины; подготовка презентации выступления	от 0,5-2,5 час. (при необходимости и в несколько этапов) 2 час
3	Изучение материала по дополнительным источникам информации (учебники, спец. литература, публикации в научных журналах, интернет - источники)	-при работе с литературой следует вести запись основных положений (конспектировать отдельные разделы, выписывать новые термины и раскрывать их содержание); необходимо проработать ряд литературных источников и, прежде всего учебные пособия, в которых наиболее полно отражены и систематизированы узловые вопросы курса. при работе с электронными материалами необходимо обращаться по возможности к первоисточникам, а также указывать ссылки при копировании данных для их дальнейшего использования.	В зависимости от поставленных задач (1-4 час. на лекцию)

4	Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине	Предполагается проработка пройденного материала и подготовка к промежуточной аттестации - экзамену	30 час.
---	---	--	---------

5.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ РАБОТЕ НАД КОНСПЕКТОМ ЛЕКЦИЙ

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом.

Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями

«важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось переписывать их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции.

Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии.

Повторную работу над конспектом лекции проведите в тот же день. Это позволит наиболее полно восстановить положения, пропущенные или неточно записанные в ходе лекции, лучше понять общую идею, главные аспекты.

С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект.

Подготовленный конспект и рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Подготовка сводится к внимательному прочтению учебного материала, к выводу с карандашом в руках всех утверждений и формул, к решению примеров, задач, к ответам на вопросы, предложенные в конце лекции преподавателем или помещенные в рекомендуемой литературе. Примеры, задачи, вопросы по теме являются средством самоконтроля.

Непременным условием глубокого усвоения учебного материала является знание основ, на которых строится изложение материала. Обычно преподаватель

напоминает, какой ранее изученный материал и в какой степени требуется подготовить к очередному занятию. Эта рекомендация, как и требование систематической и серьезной работы над всем лекционным курсом, подлежит безусловному выполнению. Потери логической связи как внутри темы, так и между ними приводит к негативным последствиям: материал учебной дисциплины перестает основательно восприниматься, а творческий труд подменяется утомленным переписыванием.

Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

6.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.

Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

Подготовку к каждому практическому (семинарскому) занятию каждый студент должен начать с ознакомления с планом семинарского занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. Большую помощь при подготовке к занятию может оказать изучение публикаций в научных журналах.

На основе индивидуальных предпочтений студенту необходимо самостоятельно выбрать тему доклада по проблеме семинара и по возможности подготовить по нему презентацию. Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции (устно или письменно). Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию:

1. Проработать конспект лекций.
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (теме).
3. Ответить на вопросы плана практического (семинарского) занятия.
4. Выполнить домашнее задание.
5. Проработать тестовые задания и задачи.
6. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы семинара, его выступлении и участии в

коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий..

Наименование компетенций

Код	Формулировка:
ПК-13	Владеет способами обеспечения производственных подразделений строительной организации строительными машинами и механизмами; планирование обеспечения производственного подразделения строительной организации строительными машинами и механизмами (ПК-13);
ИД-1ПК-13	ИД-1ПК-13 применяет способы обеспечения производственных подразделений строительной организации строительными машинами и механизмами; планирование обеспечения производственного подразделения строительной организации строительными машинами и механизмами

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Особое место среди видов самостоятельной работы занимает работа с литературой, являющаяся основным методом самостоятельного овладения знаниями.

Изучение литературы - процесс сложный, требующий выработки определенных навыков. Поэтому важно научиться работать с книгой. Перечень и объем литературы, необходимой для изучения дисциплины, определяется программой курса и другими методическими рекомендациями.

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой и требованиями дидактики.

При работе с литературой следует учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала. Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что выходит за рамки официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании

курсовых и дипломных работ это позволит экономить время);

- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;
- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;
- все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц). Можно выделить три основных способа записи: а) запись интересных, важных для запоминания или последующего использования положений и фактов; б) последовательная запись мыслей автора, по разделам, главам, параграфам книги. Такая запись требует творческой переработки прочитанного, что способствует прочному усвоению содержания книги; в) краткое изложение прочитанного: содержание страниц укладывается в несколько фраз, содержание глав – в несколько страниц связного текста. Этот вид записи проще, ближе к первоисточнику, но при этом творческая мысль читателя пассивнее, а поэтому усвоение материала слабее;
- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;
- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать).

Таким образом, чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило.

Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге. Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студенты с этой целью заводят специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит

библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Основные виды систематизированной записи прочитанного.

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

В процессе подготовки экзамену (зачёту) рекомендуется:

- а) повторить содержание лекционного материала и проблемных тем, рассмотренных в ходе семинарских занятий;
- б) изучить основные и дополнительные учебные издания, предложенные в списке литературы;
- в) повторно прочитать те библиографические источники, которые показались Вам наиболее трудными в ходе изучения дисциплины;
- г) проверить усвоение базовых терминологических категорий и понятий дисциплины;

Для успешной сдачи экзамена (зачета) студенты должны помнить, что практические (семинарские) занятия способствуют получению более высокого уровня знаний и, как следствие, более высокой оценки на зачете;

При оценивании знаний студентов преподаватель руководствуется, прежде всего, следующими критериями:

- правильность ответов на вопросы;
- полнота и лаконичность ответа;
- умение толковать и правильно использовать основную терминологическую базу предмета;
- ориентирование в тенденциях и проблемах развития логистической деятельности в Российской Федерации;
- знание основных методов и концепций;
- логика и аргументированность изложения;
- культура ответа.

Таким образом, при проведении экзамена (зачёта) преподаватель уделяет внимание не только содержанию ответа, но и форме его изложения.