

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 13.06.2023 10:45:47
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be7002137441b132e245364016

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра экспертизы и управления недвижимостью, горного дела



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
«13» 06 2023 г.

СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Методические рекомендации по выполнению практических работ
для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство
очной, очно-заочной и заочной форм обучения

Курск 2023

УДК 628.36

Составитель: В.А. Жмакин.

Рецензент

зав.кафедрой экспертизы и управления недвижимостью,
горного дела, доктор технических наук, профессор
В.В. Бредихин

Средства механизации строительства: методические рекомендации по выполнению практических работ для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство очной, очно-заочной и заочной форм обучения / Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.А. Жмакин. – Курск, 2023. – 46 с. – Библиогр.: с. 46.

Приводятся краткие теоретические сведения об основных строительных машинах, методические рекомендации по выбору и расчету производительности строительных машинах, а также необходимый справочный материал в виде таблиц.

Методические указания предназначены для студентов подготовки 08.03.01 Строительство очной, очно-заочной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 2,67. Уч.-изд. л. 2,42.

Тираж 100 экз. Заказ 534 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание:

Практическое занятие № 1 «Определение устойчивости свободно стоящего крана»	4
Практическое занятие № 2 «Изучение кинематических схем и рабочего процесса одноковшового экскаватора»	11
Практическое занятие № 3 «Определение основных параметров процесса копания грунта»	22
Практическое занятие № 4 «Изучение конструкций и рабочих процессов землеройно-транспортных машин»	28
Практическое занятие № 5 «Изучение конструкций и рабочих процессов строительных кранов»	35
Практическое занятие № 6 «Изучение конструкций и рабочих процессов смесительных машин»	42
Библиографический список	46

Практическое занятие № 1

Определение устойчивости свободно стоящего крана

Цель работы: определение грузовой и собственной устойчивости свободностоящего крана.

Краткие теоретические сведения

Степень устойчивости свободностоящих кранов определяется коэффициентом устойчивости. Коэффициент устойчивости – это отношение удерживающего момента к опрокидывающему [5].

Удерживающий момент создают нагрузки, приложенные внутри опорного контура (сила тяжести крана).

Опрокидывающий момент создается нагрузками, приложенными за пределами опорного контура.

При разных положениях рабочего оборудования крана изменяются значения действующих сил, их плеча, а, следовательно, значения моментов.

При расчетах кранов различают устойчивость грузовую, т.е. устойчивость крана при действии полезных нагрузок при возможном его опрокидывании вперед в сторону стрелы и груза, и собственную устойчивость при отсутствии полезных нагрузок и возможном его опрокидывании в сторону противовеса (см. рис.1.1).

Проверку устойчивости определяют для самых неблагоприятных условий с точки зрения возможности опрокидывания крана [5].

По правилам Госгортехнадзора значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости должны быть не менее 1,15. В случае проверки грузовой устойчивости считают, что кран стоит на наклонной площадке, подвержен действию ветра, поворачивается, движущийся кран и опускаемый груз одновременно тормозятся (рис. 1.1).

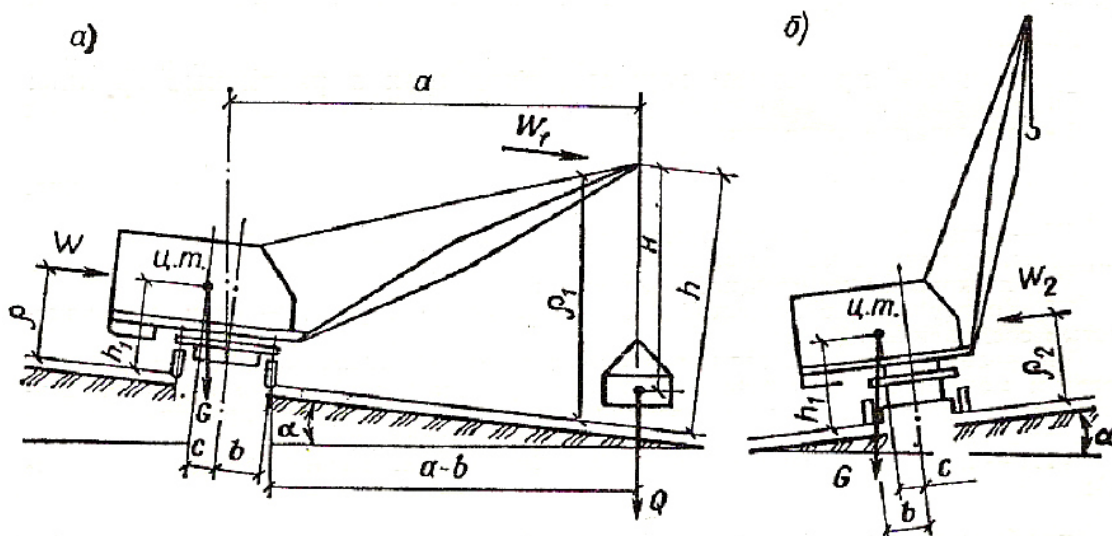


Рисунок 1.1 - Расчетная схема грузовой (а) и собственной (б) устойчивости самоходного крана.

Грузовая устойчивость самоходного крана обеспечивается при условии:

$$K_1 \geq \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{г}}} \quad (1.1)$$

где K_1 - коэффициент грузовой устойчивости, принимаемый для горизонтального пути без учета дополнительных нагрузок, равный 1,4; при наличии дополнительных нагрузок (ветра, инерционных сил) и влияния наибольшего допускаемого уклона пути - 1,15 [5];

$M_{\text{г}}$ - момент, создаваемый рабочим грузом относительно ребра опрокидывания, Н·м; $M_{\text{п}}$ - момент всех прочих (основных и дополнительных) нагрузок действующих на кран относительно того же ребра с учетом наибольшего допускаемого уклона пути, Н·м.

Грузовой момент определяется по формуле, Н·м:

$$M_{\text{г}} = Q(a - b), \quad (1.2)$$

где Q - вес наибольшего рабочего груза, Н;

a - расстояние от плоскости проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания, до центра тяжести подвешенного наибольшего рабочего груза при установке крана на горизонтальной плоскости (при расположении стрелы перпендикулярно ребру опрокидывания ($a = l$), м;

b – Расстояние от оси вращения до ребра опрокидывания, м;
 Удерживающий момент, возникающий от действия основных и дополнительных нагрузок, Н·м:

$$M_{\Pi} = M_{\text{в}}^1 - M_{\text{у}} - M_{\text{ц.с.}} - M_{\text{и}} - M_{\text{в}} \quad (1.3)$$

где $M_{\text{в}}^1$ – восстанавливающий момент от действия собственного веса крана, Н·м:

$$M_{\text{в}}^1 = G(b + c)\cos \alpha \quad (1.4)$$

где G – вес крана, H ;

c – расстояние от плоскости, проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания до центра тяжести крана, м;

α – угол наклона крана, град. (для передвижных стреловых кранов, $\alpha=3^\circ$ при работе без выносных пори $\alpha=1,5^\circ$ при работе с выносными опорами; для башенных кранов $\alpha=2^\circ$ при работе на временных путях и $\alpha=0^\circ$ при работе на постоянных) [5].

Момент, возникающий от действия собственного веса крана при уклоне пути, Н·м:

$$M_{\text{у}} = G h_1 \sin \alpha \quad (1.5)$$

где h_1 – расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;

Момент от действия центробежных сил, Н·м:

$$M_{\text{ц.с.}} = Q n^2 a h / (900 - n^2 H) \quad (1.6)$$

где n – число оборотов крана в 1 мин, мин^{-1} ;

h – расстояние от головки стрелы до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;

H – расстояние от головки стрелы до центра тяжести подвешенного груза (при проверке на устойчивость груз поднимают над уровнем земли на 20-30 см), м;

Момент от силы инерции при торможении опускающегося груза, Н·м:

$$M_{\text{и}} = Q v(a - b) / gt \quad (1.7)$$

где v – скорость подъема груза (при наличии свободного опускания груза расчетную скорость принимают равной 1,5 м/с);

g – ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/с}^2$;

t – время неустановившегося режима работы механизма подъема во время пуска, торможения, с;

Ветровой момент, Н·м:

$$M_B = M_{B.K.} + M_{B.G.} = W\rho + W_1\rho_1 \quad (1.8)$$

где $M_{B.K.}$ – момент от действия ветровой нагрузки на подвешенный груз, Н·м;

W – сила ветра, действующее перпендикулярно ребру опрокидывания и параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь крана, Н;

W_1 – сила ветра, действующего перпендикулярно ребру опрокидывания и параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь груза, Н;

$\rho = h_1$ и $\rho_1 = h$ – расстояния от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки, м.

Сила ветра на кран равна:

$$W = q_n^c F \quad (1.9)$$

где F – наветренная поверхность крана, м²;

q_n^c – статическая составляющая ветровой нагрузки, Па;

$$q_n^c = q_0 K_c \quad (1.10)$$

где q_0 – скоростной напор, принимаемый в зависимости от района размещения крана, Па, см. таблицу 1.1.

K_c – коэффициент распределения ветровой нагрузки по высоте и в зависимости от типа местности, см. табл. 1.2 [5].

Таблица 1.1 - Скоростной напор в районе строительства (размещения крана)

Район строительства	I	II	III	IV	V	VI	VII
Скоростной напор q_0 , Па	270	350	450	550	700	850	1000

При расчете грузовой устойчивости кранов давление ветра для большинства районов страны принимают: для самоходных кранов -

250 Па, для высоких башенных кранов - 150 Па. При высоте крана 20-100 м определяется интерполяцией [5].

Таблица 1.2 - Значение коэффициента K_c

Район строительства	Значение K_c при высоте над поверхностью земли, м						
	10	20	40	60	100	200	350
Открытая местность	1	1,25	1,55	1,75	2,1	2,6	3,1
Местность покрытая препятствиями высотой более 10 м	0,65	0,9	1,2	1,45	1,8	2,45	3,1

Наветренная поверхность крана F определяется площадью, ограниченной контуром крана F' и степенью заполнения этой площади элементами решетки α :

$$F = F_1^* \cdot \alpha_{1.зап} + F_2^* \cdot \alpha_{2.зап} \quad (1.11)$$

где F_1^* – наветренная площадь контура, ограниченная кабиной крана, противовесом (сплошным габаритом крана), m^2 ;

F_2^* – наветренная площадь контура стрелы крана, m^2 ;

$\alpha_{1.зап}$ – коэффициент заполнения для сплошных конструкций, $\alpha_{1.зап} = 1$;

$\alpha_{2.зап}$ – коэффициент заполнения для решетчатых конструкций, $\alpha_{2.зап} = 0,3 \dots 0,4$.

Ветровая нагрузка, действующая на наветренную сторону груза, определяется по формуле, Н·м:

$$W_1 = g_n^c \cdot F_{гр}^* \quad (1.12)$$

где $F_{гр}^*$ – наветренная площадь груза, определяемая по действительной площади наибольших грузов, поднимаемых краном, или по табл. 1.3, рекомендуемой ГОСТ 1451 - 77, в зависимости от номинального веса груза. Ветровую нагрузку на груз следует принимать не менее 500 Н.

Таблица 1.3 - Значения $F^*_{гр}$ в зависимости от номинального веса груза

Q, т	$F^*_{гр}, M^2$	Q, т	$F^*_{гр}, M^2$	Q, т	$F^*_{гр}, M^2$
0,05	0,5	1,25	3,2	12,50	12,00
0,10	0,8	1,60	3,6	16,00	14,00
0,20	1,0	2,00	4,4	20,00	16,00
0,25	1,4	2,50	5,0	25,00	18,00
0,32	1,6	3,20	5,6	32,00	20,00
0,40	1,8	4,00	6,3	40,00	22,00
0,50	2,0	5,00	7,1	50,00	25,00
0,63	2,2	6,30	8,0	63,00	28,00
0,80	2,5	8,00	9,0	80,00	32,00
1,00	2,8	10,00	10,0	100,00	36,00

В конечном счете, коэффициент грузовой устойчивости определяют по формуле:

$$K_1 = \frac{M_e^1 - M_y - M_{ц.с.} - M_{и} - M_e}{M_r} \geq 1,15 \quad (1.13)$$

Задание на расчет

Проверить грузовую устойчивость самоходного крана с учетом дополнительных нагрузок и уклона пути при подъеме груза. Принять уклон пути, на котором установлен кран равным $\alpha=2^\circ$; $\rho=h_1$ и $\rho_1=h$ – расстояния от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки (см. таблицу 2), скорость подъема груза во всех случаях $v=1,5$ м/с, время неустановившегося режима работы механизма подъема во время пуска, торможения $t=5$ с; число оборотов крана $n=0,2$ мин⁻¹. Остальные исходные данные для расчета приведены в таблице 1.5. Вариант задания определяется последним номером зачетной книжки студента.

Таблица 1.4 – Технические характеристики стреловых кранов и исходные данные для расчетов

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Модель крана	КС-2561К	КС-1562А	КС-2561 Д	СМК-40	МКП-25А	МКТ-40	МКГ-16М	СКГ-40153	КС-5473	КС-5473
Длина стрелы (L), м	8,0	10,0	8,0	10,0	14,1	15,0	10,0	15,0	20,0	10,0
Вес груза Q, Н	160000	15000	100000	200000	1340000	100000	850000	910000	950000	250000
Вес крана G, Н	950000	400000	880000	1465000	3560000	4410000	3000000	6460000	2900000	2900000
α, град: - на выносных опорах; - без выносных опор	1,5	1,5	-	1,5	1,5	3	-	-	1,5	1,5
	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5
п, об/мин	0,1-2,5	0,075-2,5	0,3-2,5	1,0-1,6	0-1	0,37-2,4	0,3-1,7	0,3-1,3	0,1-2,5	0,1-2,5
t, с	5	7	10	9	8	10	6	10	8	8
a, м	7,0	6,0	8,0	9,5	6,0	4,6	6,0	12,0	4,2	3,2
b, м: - на выносных опорах; - без выносных опор	1,8	1,65	-	2,1	2,3	2,5	-	-	2,59	2,59
	0,9	1,2	1,25	1,2	1,6	2,07	1,61	2,05	1,25	1,25
c, м	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,25	0,2	0,4	0,2	0,2
h1, м	1,7	1,7	1,85	1,9	2,0	2,1	1,6	1,9	1,8	1,8
h, м	5,5	6,0	8,0	6,0	13,1	15,3	9,2	9,5	19,3	10,0
H, м	5,1	5,3	7,0	5,5	12,5	14,5	8,4	9,0	18,5	9,5
F ₁ *, М ²	9,163	8,21	9,13	11,86	12,8	17,39	10,3	16,3	9,28	9,28
F ₂ *, М ²	7,2	7,0	6,55	8,945	10,33	12,00	6,70	12,94	12,00	6,50
Район строительства	II	I	III	IV	I	II	III	IV	II	IV
Тип местности (открытая – А, покрыт. препятствиями – Б)	А	Б	А	Б	А	А	Б	Б	А	Б

Порядок проведения работы

1) Изучить конструкции существующих стреловых кранов по плакатам и наглядным пособиям, а также действующие на них силы.

2) Определить действующие моменты и коэффициенты устойчивости для кранов в рабочем и нерабочем состоянии в соответствии с методикой, изложенной в работе.

В отчете иллюстрируются схемы устойчивости стрелового крана, методика и результаты расчетов.

Контрольные вопросы

1. Что такое степень устойчивости стрелового крана и как она определяется?

2. При каких условиях определяется устойчивость для стреловых самоходных кранов?

3. Какие моменты сил учитываются при определении грузовой устойчивости?

4. Как определяется устойчивость стрелового крана по упрощенной методике?

5. Как определяется собственная устойчивость?

Практическое занятие № 2

Изучение кинематических схем и рабочего процесса одноковшового экскаватора

Цель работы: изучение кинематических схем рабочего цикла одноковшового экскаватора.

Краткие теоретические сведения

Экскаватором называют землеройную машину, выполняющую операции по отделению грунта от массива и перемещению его в отвал или транспортные средства в пределах зоны досягаемости рабочего оборудования [1, 2].

Экскаватор, оборудованный одним ковшом, называют одноковшовым.

Рабочий процесс одноковшового экскаватора называется экскавация. Он состоит из последовательно выполняемых операций: отделение грунта от массива, заполнение им ковша, транспортирование грунта в ковше к месту разгрузки грунта из ковша, возвращение последнего в забой на исходную позицию.

Совокупность этих операций составляет рабочий цикл экскаватора. Одноковшовые экскаваторы относятся к машинам циклического действия.

Главным параметром одноковшового экскаватора является вместимость ковша.

В зависимости от ёмкости ковша строительный универсальный экскаватор относится к определенной размерной группе (см. таблицу 2.1) [1,2]:

Таблица 2.1 – Размерные группы одноковшовых экскаваторов

Размерная группа	1	2	3	4	5	6	7	8
Вместимость ковша, м ³	0,15	0,25	0,4	0,65	1,0	1,6	2,5	4,0

Рабочее оборудование экскаватора включает стрелу, рукоять и ковш. У одноковшовых экскаваторов можно выделить следующие основные механизмы: подъем ковша, напор, поворот платформы, открывание днища ковша, ходовой и стрелоподъемный.

Теоретическая производительность (м³/ч) одноковшового экскаватора определяется по формуле:

$$P_0 = q \cdot n = 3600 \cdot q / t_{ц.мин} , \quad (2.1)$$

где n – максимально возможное число рабочих циклов за 1 час работы экскаватора;

q – вместимость ковша экскаватора, куб. м³ (см. табл. 2.2, 2.5);

$t_{ц.мин}$ – минимальная продолжительность рабочего цикла при заданных условиях работы, с; определяется по таблице 2.3, 2.4, 2.6.

При определении теоретической производительности, продолжительность рабочего цикла определяют при разработке

грунта III категории, средних параметров забоя, повороте платформы на разгрузку на угол 90° . С выгрузкой в отвал.

Техническую производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяют как наибольшую среднюю производительность экскаватора за 1 час непрерывной работы в конкретных условиях (по грунту в плотности состояния):

$$P_T = 3600q \cdot k_n / k_p \cdot t_{\text{ц}} \quad , \quad (2.2)$$

где k_n – коэффициент наполнения ковша, равный отношению объема разрыхленного грунта в ковше перед разгрузкой к вместимости ковша (его максимальное значение для ковшей строительных лопат составляет 1,02 для ковшей драглайнов – 0,9);

k_p – коэффициент разрыхления грунта (см. таблицу 2.7) [3];

$t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, сек. (см. табл. 2.3, 2.4, 2.6) [3].

Эксплуатационную производительность ($\text{м}^3/\text{см}$, $\text{м}^3/\text{мес.}$, $\text{м}^3/\text{год}$) определяют также по грунту в плотном состоянии:

$$P_э = P_T \cdot t_p \cdot k_v \quad , \quad (2.3)$$

где t_p – продолжительность периода работы, ч;

k_v – коэффициент использования машины по времени, в среднем $k_v = 0,2 - 0,25$ [1,2].

Порядок проведения работы

1) Изучить кинематические схемы одноковшовых экскаваторов по плакатам и наглядным пособиям.

2) Изучить рабочий цикл одноковшового экскаватора:

1. Установка экскаваторов в забое. 2. Разработка грунта с очисткой ковша. 3. Передвижка экскаватора в процессе работы. 4. Переходы экскаватора от котлована к котловану под опоры линий электропередач на расстоянии до 50 м. 5. Очистка мест погрузки грунта. 6. Отодвигание негабаритных глыб в сторону при разработке разрыхленных мерзлых и скальных грунтов [3].

3) Произвести расчеты производительности экскаватора по нормам времени (см. таблицы 2.2-2.6), взятым из нормативных

документов ЕНиР Сборник Е2 выпуск 1 [3] в зависимости от характеристик грунта (см. таблицы 2.7, 2.8).

Таблица 2.2 – Экскаваторы с механическим приводом: технические характеристики [3]

Показатель	Единица измерения	Марка экскаваторов							
		ЭО-1621, (Э-153)	ЭО-3311 (Э-302)	ЭО-3311Г (Э-302Г), ЭО-3111А (Э-303А), ЭО-3111В (Э-303В), Э-304Б, Э-304В	Э-504, Э-505	Э-651, Э-652, Э-656	КМ-602	ЭО-511А (Э-1001, Э-1001А)	
Вместимость ковша с зубьями со сплошной режущей кромкой	м ³ "	0,15 -	0,3 0,4	0,4 -	0,5 0,65-0,8	0,65 0,65-0,8	0,6 0,8	- 1,1	
Длина стрелы	м	2,3	4,9	4,9	5,5	5,5	13,0	12,5	
Наибольший радиус резания	"	4,1	7,8	7,8	9,2	9,2	13,2	9	
Наибольшая глубина копания для траншей для котлованов	" "	2,2 2,2	4 2,6	4-4,4 2,6-3	5,6 4	5,6 4	7,8 7,8	- 6,1	
Радиус выгрузки в транспорт	"	2,1	4,20	4,15	5,4	5	10,4	7,8	
Высота выгрузки в транспорт	"	1,7	2,25	2,7-3	1,7	2,3	-	5,1	
Мощность	кВт (л.с.)	27 (37)	28 (38)	37 (50)	59 (80)	59 (80)	59 (80)	59 (80)	
Масса экскаватора	т	5,3	11,3	11,6	20,5	20,5	22,3	43,2	

Таблица 2.3 – Нормы времени (в часах) на 100 м³ грунта для экскаватора с механическим приводом, оборудованного обратной лопатой с ковшем с зубьями [3]

Вместимость ковша, м ³	Способ разработки грунта											
	с погрузкой в транспортные средства						навымет					
	Группа грунта											
	I	II, IIм	III, IIIм	IV	V, Vм	VI	I	II, IIм	III, IIIм	IV	V, Vм	VI
0,15	10,5 (10,5)	14 (14)	-	-	-	-	8,3 (8,3)	10,5 (10,5)	-	-	-	-
0,3	4,2 (4,2)	5,3 (5,3)	7,2 (7,2)	-	-	-	3,3 (3,3)	4,2 (4,2)	5,8 (5,8)	-	-	-
0,4	3,5 (3,5)	4,5 (4,5)	6,2 (6,2)	7,8 (7,8)	-	-	2,8 (2,8)	3,6 (3,6)	4,9 (4,9)	6,2 (6,2)	-	-
0,5	2,9 (2,9)	3,5 (3,5)	4,6 (4,6)	6 (6)	7,9 (7,9)	9,3 (9,3)	2,2 (2,2)	2,8 (2,8)	3,6 (3,6)	4,7 (4,7)	6,2 (6,2)	7,2 (7,2)
0,6-0,65	2,3 (2,3)	2,9 (2,9)	3,5 (3,5)	4,6 (4,6)	6 (6)	7,2 (7,2)	1,8 (1,8)	2,2 (2,2)	2,8 (2,8)	3,6 (3,6)	4,7 (4,7)	5,6 (5,6)

Таблица 2.4 – Нормы времени (в часах) на 100 м³ грунта для экскаватора с механическим приводом, оборудованного обратной лопатой с ковшем со сплошной режущей кромкой [3]

Вместимость ковша, м ³	Способ разработки грунта					
	с погрузкой в транспортные средства			навымет		
	Группа грунта					
	I	II, IIм	III, IIIм	I	II, IIм	III, IIIм
0,4	3,8 (3,8)	4,8 (4,8)	6,7 (6,7)	3 (3)	3,8 (3,8)	5,4 (5,4)
0,65	2,6 (2,6)	3,2 (3,2)	4,1 (4,1)	2,1 (2,1)	2,5 (2,5)	3,2 (3,2)
0,8	3,6 (1,8)	4,4 (2,2)	5,6 (2,8)	3 (1,5)	3,6 (1,8)	4,4 (2,2)
1,1	3 (1,5)	4 (2)	4,8 (2,4)	2,4 (1,2)	3,2 (1,6)	4 (2)

Таблица 2.5 – Экскаваторы с гидравлическим приводом: технические характеристики [3]

Показатель	Единица измерения	Марка экскаватора					
		ЭО-2621А	ЭО-3322, ЭО-3322А, ЭО-3322Б, ЭО-3322В	Э-5015, Э-5015А, ЭО-3221Б (Э-5015Б)	ЭО-4121, ЭО-4121А	ЭО-4321	ЭО-5122
Вместимость ковша	м ³	0,25	0,4; 0,5; 0,63	0,5	0,65; 1	0,4; 0,65; 1	1,25; 1,6
Наибольшая глубина копания	м	3	5,0; 4,2; 4,3	4,5	5,8	6,7; 5,5; 4	6
Наибольшая высота выгрузки	"	2,2	5,2; 4,8	3,9	5	6,18; 5,6; 5	5
Максимальный радиус копания	"	5	8,2; 7,5	7,3	9	10,2; 9; 6,9	9,4
Мощность двигателя	кВт (л.с.)	44 (60)	59 (80); 55 (75)	59 (80)	95 (129)	59 (80)	125 (170)
Масса экскаватора	т	5,45	14,5	13	19,2	19,2	35,8

Таблица 2.6 – Нормы времени (в часах) на 100 м³ грунта для экскаватора с гидравлическим приводом, оборудованного обратной лопатой [3]

Вместимость ковша, м ³	Способ разработки грунта											
	с погрузкой в транспортные средства						навымет					
	Группа грунта											
	I	II, I _м	III, II _м	IV	V, III _м	VI	I	II, I _м	III, II _м	IV	V, III _м	VI
0,25	4,5 (4,5)	5,9 (5,9)	7,8 (7,8)	-	-	-	3,8 (3,8)	5 (5)	6,7 (6,7)	-	-	-
0,4	3,2 (3,2)	4,1 (4,1)	5,2 (5,2)	6 (6)	-	-	2,5 (2,5)	3,3 (3,3)	4,2 (4,2)	4,8 (4,8)	-	-
0,5	2,8 (2,8)	3,4 (3,4)	4,2 (4,2)	5,4 (5,4)	7,1 (7,1)	8,4 (8,4)	2,2 (2,2)	2,7 (2,7)	3,3 (3,3)	4,3 (4,3)	5,7 (5,7)	6,6 (6,6)

Вместимость ковша, м ³	Способ разработки грунта											
	с погрузкой в транспортные средства						навымет					
	Группа грунта											
	I	II, I _m	III, II _m	IV	V, III _m	VI	I	II, I _m	III, II _m	IV	V, III _m	VI
0,63-0,65	2,1 (2,1)	2,6 (2,6)	3,2 (3,2)	4,3 (4,3)	5,2 (5,2)	6,4 (6,4)	1,8 (1,8)	2,1 (2,1)	2,8 (2,8)	3,7 (3,7)	4,7 (4,7)	5,7 (5,7)
1	1,9 (1,9)	2,2 (2,2)	2,8 (2,8)	3,7 (3,7)	4,5 (4,5)	5,5 (5,5)	1,6 (1,6)	1,9 (1,9)	2,3 (2,3)	3,1 (3,1)	3,9 (3,9)	4,7 (4,7)
1,25	2,6 (1,3)	3 (1,5)	4 (2)	5,4 (2,7)	6,4 (3,2)	7 (3,5)	1,98 (0,99)	2,2 (1,1)	3,2 (1,6)	4,2 (2,1)	5 (2,5)	5,4 (2,7)
1,6	1,9 (0,95)	2,2 (1,1)	2,8 (1,4)	4 (2)	5 (2,5)	5,6 (2,8)	1,46 (0,73)	1,74 (0,87)	2,2 (1,1)	3 (1,5)	3,8 (1,9)	4,4 (2,2)

Таблица 2.7 – Показатели разрыхления грунтов и пород [3]

Наименование грунта	Первоначальное увеличение объема грунта после разработки, %	Остаточное разрыхление грунта, %
1. Глина ломовая	28-32	6-9
2. " мягкая жирная	24-30	4-7
3. " сланцевая	28-32	6-9
4. Гравийно-галечные грунты	16-20	5-8
5. Растительный грунт	20-25	3-4
6. Лесс мягкий	18-24	3-6
7. " твердый	24-30	4-7
8. Мергель	33-37	11-15
9. Опока	33-37	11-15
10. Песок	10-15	2-5
11. Разборно-скальные грунты	30-45	15-20
12. Скальные грунты	45-50	20-30
13. Солончак и солонец мягкие	20-26	3-6
14. Солончак и солонец твердые	28-32	5-9
15. Суглинок легкий и лессовидный	18-24	3-6
16. " тяжелый	24-30	5-8
17. Супесь	12-17	3-5
18. Торф	24-30	8-10
19. Чернозем и каштановый грунт	22-28	5-7
20. Шлак	14-18	8-10

Таблица 2.8 – Распределение немерзлых грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки механизированным способом [3]

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании, кг/м ³	Разработка грунта	
		экскаваторами одноконшными	бульдозерами
1	2	3	4
1. Алевролиты:			
слабые	1500	IV	-
крепкие	2200	V	-
2. Аргиллиты плитчатые	2000	V	-
3. Гравийно-галечные грунты (кроме моренных) с размером частиц, мм:			
до 80	1750	I	II
св. 80	1950	II	III
св. 80 с содержанием валунов до 10%	1950	III	III
св. 80 с содержанием валунов до 30%	2000	IV	IV
св. 80 с содержанием валунов до 70%	2300	V	IV
св. 80 с содержанием валунов св. 70%	2600	VI	IV
4. Гипс	2200	V	-
5. Глина:			
жирная мягкая и мягкая без примесей	1800	II	II
то же, с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора до 10% по объему	1750	II	III
жирная мягкая с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора св. 10% по объему	1900	III	II
карбонная мягкая	1950	III	III
тяжелая ломовая сланцевая, твердая карбонная	1950-2150	IV	III
6. Грунт растительного слоя:			
без корней и примесей	1200	I	I
с корнями кустарника и деревьев	1200	I	II
с примесью щебня, гравия или строительного мусора	1400	I	II
7. Грунты ледникового происхождения			

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании, кг/м ³	Разработка грунта	
		экскаваторами одноковшовыми	бульдозерами
1	2	3	4
(моренные):			
песок моренный с содержанием валунов весом св. 50 кг (средний размер св.30 см) до 5% по объему, а также глина ленточная моренная с тонкими прослойками мелкозернистого песка	1700-1800	II	-
песок моренный с содержанием валунов весом св. 50 кг (св.30 см) от 5-10% по объему; супесь, суглинок и глина моренные с включением валунов весом св. 50 кг (св. 30 см) до 5% по объему	1750-2250	III	-
песок моренный с содержанием валунов весом св. 50 кг (св.30 см) от 10-15% по объему; супесь и суглинок моренные с содержанием валунов весом св. 50 кг (св.30 см) от 5-15% по объему	1800-2250	IV	-
суглинок тяжелый моренный с включением валунов весом св.50 кг (св.30 см) до 15% по объему	2000-2200	V	-
супесь и суглинок моренные с содержанием валунов весом св. 50 кг (св. 30 см) от 15 до 30% по объему;пестроцветные, глинистые переувлажненные моренные грунты с включением валунов св. 50 кг (св. 30 см) до 15% по объему*	2300-2500	VI	-
8. Дресва в коренном залегании (элювий)	2000	V	-
9. Дресвяный грунт	1800	IV	-
10. Известняк пористый выветрившийся	1200	V	-
11. Конгломераты слабоцементированные, а также из осадочных пород на глинистом цементе	1900-2100	V	-
12. Лесс:			
мягкий без примесей	1600	I	I

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании, кг/м ³	Разработка грунта	
		экскаваторами одноковшовыми	бульдозерами
1	2	3	4
мягкий с примесью гравия или гальки	1800	I	I
твердый	1800	IV	III
13. Мел:			
мягкий	1550	IV	-
плотный	1800	V	-
14. Мергель:			
мягкий, рыхлый	1900	IV	-
средний, плотный	2300	V	-
15. Опока:			
мягкая	1900	V	-
твердая	1900	V	-
16. Песок:			
без примесей, а также с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора до 10% по объему	1600	I	II
то же, с примесью св. 10% по объему	1700	I	II
барханный и дюнный	1600	II	III
17. Ракушечник:			
слабосцементированный	1200	III	-
сцементированный	1800	V	-
18. Скальные грунты, предварительно разрыхленные (кроме отнесенных к IV и V группам)	-	VI	-
19. Солончак:			
мягкий	1600	I	I
твердый	1800	III	III
20. Сланцы			
выветрившиеся	200	V	-
глинистые средней крепости	2600	V	-
21. Суглинок:			
легкий и лессовидный без примесей	1700	I	I
легкий и лессовидный с примесью щебня, гальки или строительного мусора	1700	I	I

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании, кг/м ³	Разработка грунта	
		экскаваторами одноковшовыми	бульдозерами
1	2	3	4
до 10% по объему			
то же, св. 10% по объему	1750	II	II
тяжелый без примесей и с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора до 10% по объему	1750	II	II
то же, с примесью св. 10% по объему	1950	III	II
22. Супесь:			
без примесей, а также с примесью гравия, гальки, щебня или строительного мусора до 10% по объему	1650	I	II
то же, с примесью св. 10% по объему	1850	I	II
23. Строительный мусор:			
рыхлый и слежавшийся	1800	II	II
цементированный	1900	III	III
24. Торф:			
без древесных корней	800-1000	I	I
с древесными корнями толщиной до 30 мм	850-1100	I	I
то же, св. 30 мм	900-1200	II	II
25. Трепел:			
слабый	1550	IV	-
плотный	1770	V	-
26. Туф	1100	V	-
27. Чернозем и каштановый грунт:			
мягкий	1300	I	I
отвердевший	1200	II	II
28. Шлак:			
котельный	700	I	I
металлургический, выветрившийся	-	II	I
то же, неветрившийся	-	III	-
29. Щебень	1750-1950	II	III

Контрольные вопросы

1. Какая машина называется экскаватором?
2. Как подразделяются одноковшовые экскаваторы по назначению и конструктивным особенностям?
3. Чем оборудуются одноковшовые экскаваторы в зависимости от вида выполняемых работ?
4. Какие размерные группы строительных универсальных экскаваторов бывают и от чего они зависят?
5. Как производится маркировка различных видов экскаваторов?
6. Чем отличаются теоретическая и техническая производительность экскаватора?

Практическое занятие № 3

Определение основных параметров процесса копания грунта

Цель работы: получение студентами навыков в определении основных параметров процесса копания грунта для выбора экскаватора.

Краткие теоретические сведения

Для разработки траншеи производится выбор экскаватора. Он зависит от глубины и ширины траншеи, где размещается грунт (в отвале или на транспорте), грунтовых условий производства работ и сроков строительства [1, 2, 6].

Основные размеры разработок и требуемые параметры экскаваторов определяют глубина и ширина траншеи с отвалом грунта.

Площадь поперечного сечения отвала F равна площади поперечного сечения траншеи F (рис. 3.1), умноженной на коэффициент k_p первоначального увеличения объема грунта при разрыхлении [6].

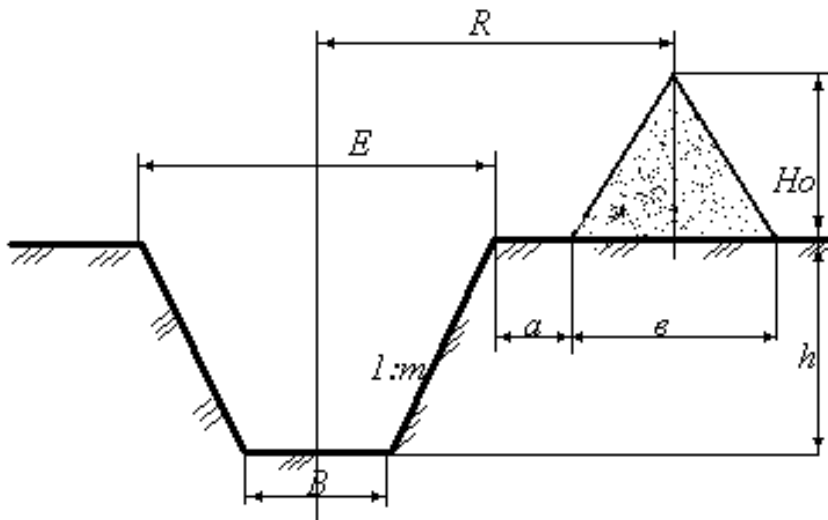


Рисунок 3.1 – Схема выемки грунта с односторонним отвалом

Таблица 3.1 – Значение коэффициента k_p в зависимости от вида грунта:

Вид грунта	Коэффициент первоначального увеличения объема грунта k_p
скала сплошная	1,4–1,5
скала разборная	1,3–1,45
суглинки, глины	1,26–1,32
песок без примесей	1,08–1,17
песок с примесью щебня и гравия	1,14–1,28
растительные грунты	1,2–1,3

Ширина отвала понизу (c) при угле естественного откоса разрыхленного грунта 45° равна удвоенной величине допустимой высоты отвала: $c=2 \cdot H_0$ [6].

Высота отвала (H) должна приниматься на 0,3 – 0,4 м меньше высоты выгрузки ковша экскаватора (рис. 3.2): $H = H_0 + 0,3 \dots 0,4$ м.

Крутизна откосов траншеи или котлована выбирается по табл. 3.2 в зависимости от глубины траншеи (котлована) и типа грунта [6].

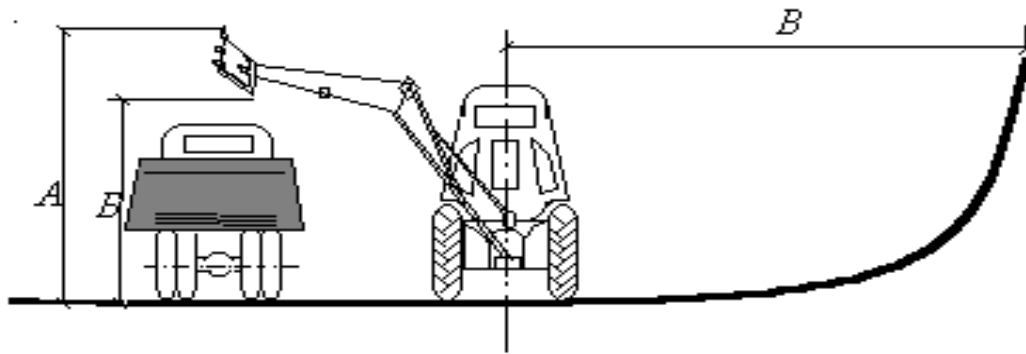
Таблица 3.2 – Допустимая крутизна откосов траншей и котлованов

Характеристика грунта	Глубина выемки, м		
	до 1,5	от 1,5 до 3	от 3,0 до 5,0
	отношение высоты откоса к его заложению	отношение высоты откоса к его заложению	отношение высоты откоса к его заложению
Насыпной естественной влажности	1:0,25	1:1	1:1,25
Песчаный и гравийный влажный, но не насыщенный	1:0,5	1:1	1:1
Глинистый естественной влажности:			
супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
глина	1:0	1:0,25	1:0,5
лессовидный сухой	1:0	1:0,5	1:0,5
Моренные песчаные и супесчаные	1:0,25	1:0,57	1:0,75
Моренные суглинистые	1:0,2	1:0,5	1:0,65

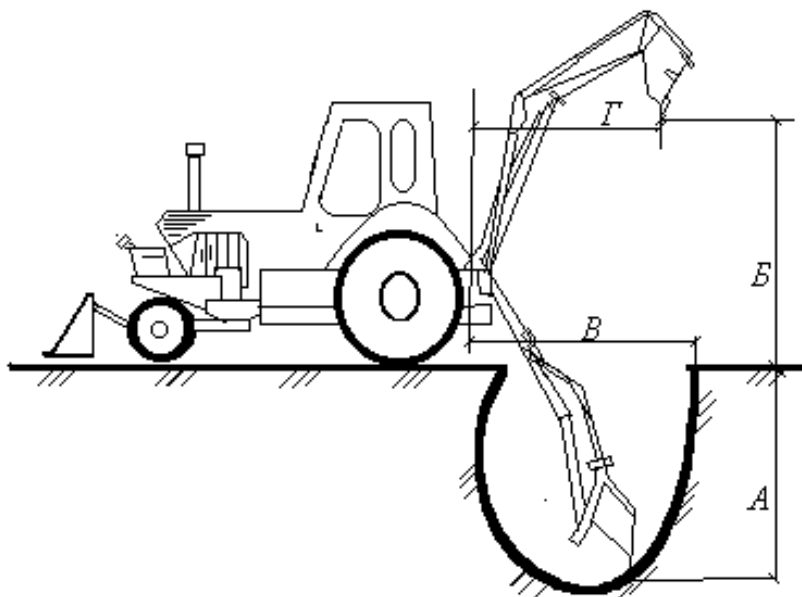
Примечания. 1. При глубине выемки более 5 м крутизна откосов устанавливается расчетом.

2. Крутизну откосов в переувлажненных грунтах следует уменьшить против указанных в таблице величин до 1:1 (45°).

3. Запрещается разрабатывать без креплений переувлажненные, песчаные, лессовидные и насыпные грунты.



а)



б)

Рисунок 3.2 – Схема рабочих параметров экскаваторов:
а) – с прямой лопатой; б) – с обратной лопатой

Основание откоса (*a*) должно отстоять от края траншеи на 0,5 – 1 м. Наибольшая производительность экскаватора достигается при его движении по траншее и укладке грунта в односторонний отвал [6].

В этом случае определяют следующие величины [1, 2]:

1) площадь поперечного сечения траншеи и ширину ее поверху

$$F_{\text{тр}} = (B + m \cdot h) \cdot h \quad (3.1)$$

$$E = B + 2 m \cdot h \quad (3.2)$$

где B – ширина траншеи по низу, м;

h – глубина траншеи, м;

m – крутизна откосов (см. табл. 3.2);

2) площадь поперечного сечения отвала определяется из расчета угла откоса насыпи 45° :

$$F_0 = F_{\text{тр}} \cdot k_p \quad (3.3)$$

где $k_{п.р}$ – коэффициент первоначального разрыхления грунта;

3) высоту отвала :

$$H_0 = \sqrt{F_0} \quad (3.4)$$

4) ширина отвала понизу:

$$e = 2H_0 \quad (3.5)$$

Проверяем, выполняется ли условие:

$$R \leq (e+E)/2+a \quad (3.6)$$

где R – радиуса выгрузки экскаватора, м;

Если условие выполняется, то экскаватор можно ставить по оси траншеи. При более широких траншеях применяют способы в несколько проходок. Способ в две проходки при одностороннем отвале заключается в том, что отвал от первой проходки перемещается бульдозером за пределы отвала от второй проходки (рис 3.3).

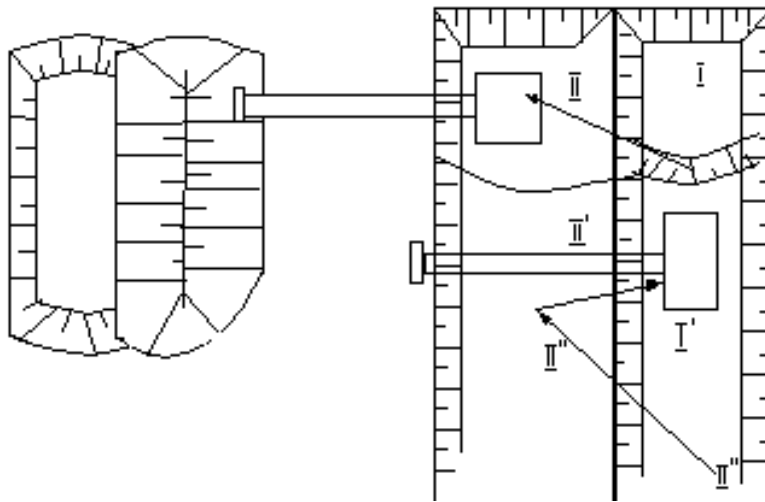


Рисунок 3.3 – Схема разработки широкой траншеи с односторонним отвалом

При разработке траншей и котлованов в стесненных условиях грунт удаляют с места складирования автомобилями-самосвалами. Разработка траншеи с вертикальными стенками в плотных глинистых грунтах производится роторными экскаваторами. Они роют траншеи шириной 0,8 – 2,1 м и глубиной до 2,5 м. При данном методе разработке дно траншеи параллельно рельефу местности.

Порядок проведения работы

1) После получения данных о свойствах грунта (см. табл. 3.1, 2.7, 2.8), климатических условий, а также о характере монтируемых конструкций, студенты приступают к определению параметров копания.

2) Определить основные параметры процесса копания грунта по формулам (3.1) – (3.6).

3) Изучить рабочие параметры и технические характеристики различных видов экскаваторов по таблицам 2.2 и 2.5.

4) Выбрать экскаватор из таблиц 2.2 или 2.5 по наибольшей глубине копания h , радиусу выгрузки R и высоте выгрузки H .

В отчёте иллюстрируются схемы, методика и результаты расчетов.

Контрольные вопросы

1. Какие основные рабочие показатели экскаваторов вы знаете?
2. На основании каких параметров производится выбор экскаваторов?
3. От чего зависит площадь поперечного сечения отвала?
4. Как определить высоту отвала?
5. Что такое проходка экскаватора?
6. Когда применяется способ двойной или тройной проходки?

Практическое занятие № 4

Изучение конструкций и рабочих процессов землеройно-транспортных машин

Цель работы: изучение разновидностей землеройно-транспортных машин, их конструкций и рабочих процессов.

Краткие теоретические сведения

Землеройно-транспортными называют такие машины, которые за счет тягового усилия послойно отделяют грунт от массива и транспортируют его к месту укладки в процессе собственного перемещения [1, 7].

По режиму работы они подразделяются на машины циклического (бульдозеры, грейдеры, скреперы) и непрерывного (грейдер-элеватор) действия.

По конструкции рабочего оборудования различают отвальные и ковшовые.

По признаку подвижности их относят к передвижным машинам. Они бывают самоходными или прицепными.

Рабочий процесс землеройно-транспортных машин циклического действия состоит из операций:

- отделение грунта от массива (копание);
- транспортирование грунта к месту укладки (отсыпки);
- разгрузка и возвращение машины на исходную позицию.

При работе землеройно-транспортных машин, в зависимости от вида рабочего оборудования, отделённый грунт накапливается перед отвалом и поступает в ковш.

Скорости передвижения машин выбираются в зависимости от свойств разрабатываемого грунта.

Все операции рабочего цикла землеройно-транспортных машин непрерывного действия совмещаются во времени.

Бульдозеры предназначены для послойной разработки грунтов с их последующим перемещением перед рабочим органом по поверхности земли на небольшие расстояния.

Бульдозеры выполняются в виде навесного оборудования на пневмоколесные и гусеничные трактора [1, 7].

Скрепером называют землеройно-транспортную машину с ковшовым рабочим органом, предназначенную для послойной разработки грунта тяговым усилием, его транспортирования и отсыпки в земляные сооружения. Рабочим органом скрепера служит ковш. Скреперы бывают полуприцепными одноосными и прицепными двухосными. В качестве тягача применяют для прицепного скрепера гусеничный трактор, а для полуприцепного – одноосный или двухосный тягач. Последний называют самоходным [1, 7].

Грейдеры относят к землеройно-транспортным машинам с отвальным рабочим органом, предназначенным для послойной разработки грунтов не мерзлого состояния на горизонтах выше уровня грунтовых вод.

Грейдеры выполняются как самоходные машины с собственным двигателем и приводом, а также прицепные [1, 7].

Техническая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) бульдозера, при разработке выемок она равна:

$$P_{\text{ТВ}} = 3600 \cdot V_{\text{пр}} / (t_{\text{ц}} \cdot k_{\text{р}}) \quad (4.1)$$

где $V_{\text{пр}}$ – объем грунта в призме волочения, в конце копания в разрыхленном состоянии, м^3 ;

$t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, сек (см. табл. 4.2);

$k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления грунта (см. табл. 2.7);

$$V_{\text{пр}} = B \cdot H^2 \cdot k_{\text{пр}}, \quad (4.2)$$

где B – длина отвала, м (см. табл. 4.1);

H – высота отвала, м (см. табл. 4.1);

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от соотношения H/B (при $H/B = 0,15 \dots 0,45$ $k_{\text{пр}} = 0,65 \dots 0,60$ – для связных (типа глин и суглинок) и от $k_{\text{пр}} = 0,45 \dots 0,35$ – для несвязных грунтов (песков и супесей).

Продолжительность цикла (c) при движении бульдозера с поворотами на концах участка:

$$t_{\text{ц}} = 3,6[l_k/V_p + l_t/V_t + (l_k + l_t) \cdot / V_{\text{пх}}] + t_{\text{п}} + t_y, \quad (4.3)$$

а при возвратном движении задним ходом:

$$t_{\text{ц}} = 3,6[l_k/V_p + l_t/V_t + (l_k + l_t) \cdot / V_{\text{зх}}] + t_y, \quad (4.4)$$

где l_k и l_t – длины участков копания и транспортирования (несовмещенного с копанием, M ;

V_p , V_t , $V_{\text{пх}}$ и $V_{\text{зх}}$ – скорости рабочего, транспортного возвратного вперед и возвратного назад ходов, км/ч;

$t_{\text{п}}$ и t_y – время, затрачиваемое на повороты и управление машиной в течение рабочего цикла, с ($t_{\text{ц}} = 7 - 8$ с, $t_{\text{п}}$ – определяется расчетом).

При совмещении копаний и транспортировании грунта:

$$t_{\text{ц}} = 3,6 \cdot l_k (1/V_p + 1/V_{\text{зх}}) + t_{\text{ц}}, \quad (4.5)$$

Определение технической производительности на возведение насыпей производится следующим образом:

$$P_{\text{тн}} = P_{\text{тв}} \cdot k_{\text{п}}, \quad (4.6)$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент потерь грунта.

$$k_{\text{п}} = 1 - k_i \cdot \ell \quad (4.7)$$

где k_i – коэффициент, зависящий от типа грунта, $k_i = 0,008 \dots 0,04$, где меньшее значение выбирается для связных грунтов, а большее для сыпучих грунтов;

ℓ – длина перемещения грунта бульдозером, м, принимаем $\ell = 10$ м.

В режиме копания тяговым усилием должны преодолеваются сопротивления отделения грунта от массива W_p , перемещению

грунта вверх по отвалу W_{Γ} и перед отвалом W_{Π} , а также сопротивление самопередвижению машины $W_{\text{м}}$. Общее сопротивление при копании определяется суммой всех сопротивлений, которые определяются следующим образом:

$$W_{\text{р}} = k'_1 \cdot c \cdot B \quad (4.8)$$

$$W_{\Gamma} = x \cdot B \cdot H^2 \cdot \rho \cdot g \quad (4.9)$$

$$W_{\Pi} = B \cdot H^2 \cdot \rho \cdot g \cdot (f \pm i) \quad (4.10)$$

$$W_{\text{м}} = m \cdot g \cdot (\omega \pm i) ; \quad (4.11)$$

где C – толщина срезаемого слоя, м;

B – длина отвала, м;

k'_1 – удельное сопротивление грунта резанию, Па;

x – коэффициент, зависящий от угла внутреннего трения грунта, ($x = 0,25 \dots 0,5$).

H – высота грунта в приеме волочения, м;

ρ – плотность разрыхленного грунта волочения, ($\rho = 1300 - 1800$), кг/м

g – ускорение свободного падения ($g = 9,81$), м/с² ;

f – коэффициент трения грунта в призме волочения по ненарушенному грунту ($f = 0,8 \dots 1,0$);

m – масса бульдозера (машины), кг;

i – уклон пути передвижения, равный тангенсу угла его наклона;

ω – удельное сопротивление бульдозера самопередвижению, ($\omega = 0,71 \dots 0,15$).

Порядок проведения работы

1) Изучить разновидности и конструкций землеройно-транспортных машин по плакатам и наглядным пособиям.

2) Изучить рабочий цикл бульдозера: 1. Приведение агрегата в рабочее положение. 2. Разработка грунта с перемещением его и выгрузкой. 3. Возвращение бульдозера в забой порожняком [3].

3) Произвести расчеты производительности бульдозера по формулам (4.1) – (4.11), используя данные таблиц технических характеристик бульдозеров (см. табл. 4.1), норм времени земляных механизированных работ (см. табл. 4.2) и свойств грунтов (см. табл. 2.7, 2.8) [3].

Таблица 4.1 – Технические характеристики бульдозеров

Наименование показателя	Марка бульдозера						
	ДЗ-29 (Д-535)	ДЗ-42 (Д-606)	ДЗ-8 (Д-271-А)	ДЗ-19 (Д-494А)	ДЗ-17 (Д-492А)	ДЗ-18 (Д-493А)	ДЗ-53 (Д-686)
Тип отвала	Неповоротный						
Длина отвала, м	2,56	2,56	3,03	3,03	3,94	3,97	3,2
Высота отвала, м	0,8	0,81	1,1	1,3	1	1	1,2
Управление	Гидравлическое	Канатное	Канатное	Гидравлическое	Канатное	Гидравлическое	Канатное
Мощность, кВт (л.с.)	55 (75)						
Марка трактора	Т-74						
Масса бульдозерного оборудования, т	1,07						
Наименование показателя	Марка бульдозера						
Тип отвала	Неповоротный						
Длина отвала, м	4,15	2,86	3,28	3,2	3,2	3,94	4,12
Высота отвала, м	1,1	0,95	0,99	1,3	1,3	1	1,14
Управление	Гидравлическое						
Мощность, кВт (л.с.)	79 (108)						
Марка трактора	Т-100						
Масса бульдозерного оборудования, т	1,78						
Наименование показателя	Марка бульдозера						
Тип отвала	Неповоротный						
Длина отвала, м	ДЗ-101	ДЗ-104	ДЗ-27С (Д-532С)	ДЗ-110	ДЗ-110А	ДЗ-28 (Д-533)	ДЗ-109, ДЗ-109Б
Высота отвала, м	ДЗ-259	ДЗ-101	ДЗ-104	ДЗ-27С (Д-532С)	ДЗ-110	ДЗ-110А	ДЗ-28 (Д-533)
Управление	Поворотный	Неповоротный	Поворотный	Неповоротный	Неповоротный	Поворотный	Поворотный
Мощность, кВт (л.с.)	96 (130)	96 (130)	96 (130)	118 (160)	118 (160)	118 (160)	118 (160)
Марка трактора	Т-100						
Масса бульдозерного оборудования, т	2,27	1,44	1,77	1,91	2,28	2,85	2,64
Наименование показателя	Марка бульдозера						
Тип отвала	Неповоротный						
Длина отвала, м	79 (108)						
Высота отвала, м	1,2						
Управление	Гидравлическое						
Мощность, кВт (л.с.)	79 (108)						
Марка трактора	Т-100						
Масса бульдозерного оборудования, т	1,78						

Продолжение табл.4.1

Наименование показателя	Марка бульдозера										
	ДЗ-24 (Д-521)	ДЗ-35С (Д-575С)	ДЗ-24А (Д-521А)	ДЗ-25 (Д-522)	Д-290	Д-384	Д-385	ДЗ-34С (Д-572С)	ДЗ-118		
Тип отвала	Неповоротный		Поворотный		Неповоротный	Поворотный		Неповоротный			
Длина отвала, м	3,36	3,64	3,64	4,43	4,59	4,5	4,53	4,54	4,31		
Высота отвала, м	1,1	1,29	1,43	1,2	1,27	1,4	1,4	1,55	1,55		
Управление	Гидравлическое		Канатное	Гидравлическое	Канатное	Гидравлическое					
Мощность, кВт (л.с.)	132 (180)								221 (300) - 228 (310)	250 (340)	
Марка трактора	Т-180								ДЭТ-250		ДЭТ-250М
Масса бульдозерного оборудования, т	1,96	3,4	2,86	2,85	3,51	2,8	4,5	3,98	4,8		

Таблица 4.2 – Нормы времени (в часах) на 100 м³ грунта при разработке и перемещении нескального грунта бульдозерами [3]

Марка трактора	Марка бульдозера	Расстояние перемещения грунта					
		до 10 м			добавлять на каждые следующие 10 м		
		Группа грунта					
		I	II	III	I	II	III
ДТ-75, Т-74	ДЗ-42 (Д-606), ДЗ-29 (Д-535)	0,94 (0,94)	1,1 (1,1)	1,3 (1,3)	0,87 (0,87)	0,94 (0,94)	0,98 (0,98)
Т-100	ДЗ-8 (Д-271), ДЗ-19 (Д-494)	0,55 (0,55)	0,68 (0,68)	0,78 (0,78)	0,48 (0,48)	0,54 (0,54)	0,56 (0,56)
	Д-259, ДЗ-18 (Д-493А), ДЗ-17 (Д-492А), ДЗ-53 (Д-686), ДЗ-54С (Д-687С)	0,5 (0,5)	0,62 (0,62)	0,7 (0,7)	0,43 (0,43)	0,49 (0,49)	0,51 (0,51)
Т-4АП1	ДЗ-101, ДЗ-104	0,88 (0,88)	1 (1)	1,1 (1,1)	0,74 (0,74)	0,84 (0,84)	0,87 (0,87)
Т-130	ДЗ-27С (Д-532С), ДЗ-110А, ДЗ-28 (Д-533)	0,35 (0,35)	0,41 (0,41)	0,47 (0,47)	0,3 (0,3)	0,33 (0,33)	0,35 (0,35)
Т-180	ДЗ-25 (Д-522), Д-290, ДЗ-24 (Д-521), ДЗ-9 (Д-275), ДЗ-35С (Д-575С)	0,32 (0,32)	0,38 (0,38)	0,4 (0,4)	0,29 (0,29)	0,3 (0,3)	0,32 (0,32)
	ДЗ-24А (Д-521А)	0,27 (0,27)	0,32 (0,32)	0,36 (0,36)	0,24 (0,24)	0,27 (0,27)	0,28 (0,28)
ДЭТ-250	Д-384, Д-385	0,25 (0,25)	0,28 (0,28)	0,32 (0,32)	0,22 (0,22)	0,23 (0,23)	0,24 (0,24)
	ДЗ-34С (Д-572С)	0,22 (0,22)	0,24 (0,24)	0,27 (0,27)	0,2 (0,2)	0,21 (0,21)	0,22 (0,22)

Примечания: 1) Нормы времени предусматривают работу бульдозерами без открылков. При перемещении грунта бульдозерами с отвалами ящичного типа Н. вр. умножать на 0,87 (ПР-1). 2) Нормами времени предусмотрена работа бульдозеров в грунтах естественной влажности. При работе бульдозеров в сыпучих или вязких грунтах, в которых буксуют или вязнут гусеницы тракторов, Н. вр. умножать на 1,15 (ПР-2). 3) При

перемещении бульдозером ранее разработанных разрыхленных грунтов H . Вр. умножать на 0,85, считая объем грунта в естественном залегании (ПР-3). 4) Нормами времени учтено перемещение грунта по пути с подъемом до 10%. При подъемах до 20% длину пути на участках с подъемом умножать на 1,2, а при подъемах св.20% - на 1,4 (ПР-4) [3].

Контрольные вопросы

1. Что называется землеройно-транспортными машинами и как они подразделяются?
2. Какие бывают рабочие процессы землеройно-транспортных машин?
3. Назначение и устройство скреперов?
4. Назначение и устройство грейдеров?
5. Назначение и устройство грейдер-элеваторов?
6. Назначение и устройство бульдозеров?
7. Расчет технической производительности бульдозера при возведении насыпей?

Практическое занятие № 5

Изучение конструкций и рабочих процессов строительных кранов

Цель работы: изучение конструкций различных типов строительных кранов и их рабочих процессов, технических характеристик.

Краткие теоретические сведения

Строительные краны – универсальные грузоподъемные машины для перемещения штучных грузов, строительных конструкций и технологического оборудования по пространственной территории различной протяженности и конфигурации [2, 5].

По конструкции они бывают: консольные (стреловые) или пролетные, стационарные или передвижные.

К консольным кранам относятся стационарные мачтовые и мачтово-стреловые, башенные стреловые самоходные краны и краны-трубоукладчики.

К пролетным относятся – мостовые, козловые и кабельные краны.

Башенные стреловые поворотные краны передвигаются по рельсовым путям.

Стреловые самоходные краны (автомобильные, пневмоколесные, тракторные) перемещаются по земле.

Пролетные козловые и мостовые краны передвигаются по специальным подкрановым путям. Кабельные краны перемещают груз вдоль каната, натянутого между опорами.

На металлических конструкциях кранов устанавливают несколько механизмов. К типовым механизмам можно отнести: механизм подъема крана, полиспаст и грузозахватный орган: механизм передвижения крана или какой-либо его части, механизм вращения поворотной части, механизм изменения вылета.

Для привода механизмов кранов применяют двигатели внутреннего сгорания, гидравлические, электрические двигатели переменного и постоянного тока. Для всех крановых механизмов характерен поворотно-кратковременный режим работы (чередование работы и пауз), характеризуемых относительной продолжительностью включения. Под продолжительностью включения понимают отношение суммарного времени работы механизма в заданный период к продолжительности этого периода, принимаемого для механизмов, равный 1 часу.

Различают легкий, средний и тяжелый режимы работы, для которых продолжительность включения составляет соответственно 15, 25 и 40%.

Интенсивностью использования крана называется количество циклов за срок службы машины.

Специальные краны-трубоукладчики снабжаются боковой стрелой, установленной на тракторах трубоукладочных модификаций.

Среднечасовая эксплуатационная производительность (т/ч) строительных кранов характеризуется массой поднятых грузов за один машино-час [5]:

$$П_{э.ч.} = 60 \cdot Q \cdot k_r \cdot k_b / t_{ц}, \quad (5.1)$$

где Q – грузоподъемность крана на максимальном вылете крюка, т (см. табл. 1.4) [5];

k_r – коэффициент использования крана по грузоподъемности;

k_b – коэффициент использования крана по времени (значения k_r и k_b применяют в зависимости от типа рабочего оборудования);

при крюковом оборудовании $k_r = 0,8-0,9$; $k_b = 0,75-0,9$;

при грейдерном оборудовании $k_r = 0,8-0,9$; $k_b = 0,85-0,95$;

$t_{ц}$ – продолжительность рабочего цикла крана, мин;

$$t_{ц} = t_m + t_{р.о.}, \quad (5.2)$$

где t_m – средняя продолжительность рабочего времени цикла, приведенная к конкретным условиям эксплуатации (высота подъема груза, κ углу поворота крана, длина горизонтального перемещения проекции груза при изменении вылета, расстояние передвижения крана в течение цикла и др.) (см. табл. 5.3) [4];

$t_{р.о.}$ – средняя продолжительность ручных операций по строповке, наводке и установке груза в проектное положение, определяемая видом грузозахватных устройств, типом монтажа элементов и квалификацией монтажников, мин (см. табл. 5.3) [4].

В общем случае (см. рис. 5.1) продолжительность рабочего цикла крана:

$$t_{ц} = 2 \cdot (H/V_r + l_1/V_1 + l_2/V_2 + \alpha/(360 \cdot n))k + t_{р.о.}, \quad (5.3)$$

где $H = H_1 + h$ – высота подъема груза, м;

H_1 – высота строящегося здания, м;

V_r – скорость подъема (опускание) груза, м/мин.;

l_1 – средний путь каретки, стрелы (при изменении вылета), м;

l_2 – средний путь крана, м;

V_1 – скорость изменения вылет, м/мин.;

V_2 – скорость передвижения крана, м;

α – угол поворота стрелы крана, град.;

k – коэффициент, учитывающий совмещение операций;

h – расстояние от верха здания до низа груза;

n – частота вращения стрелы крана, мин.

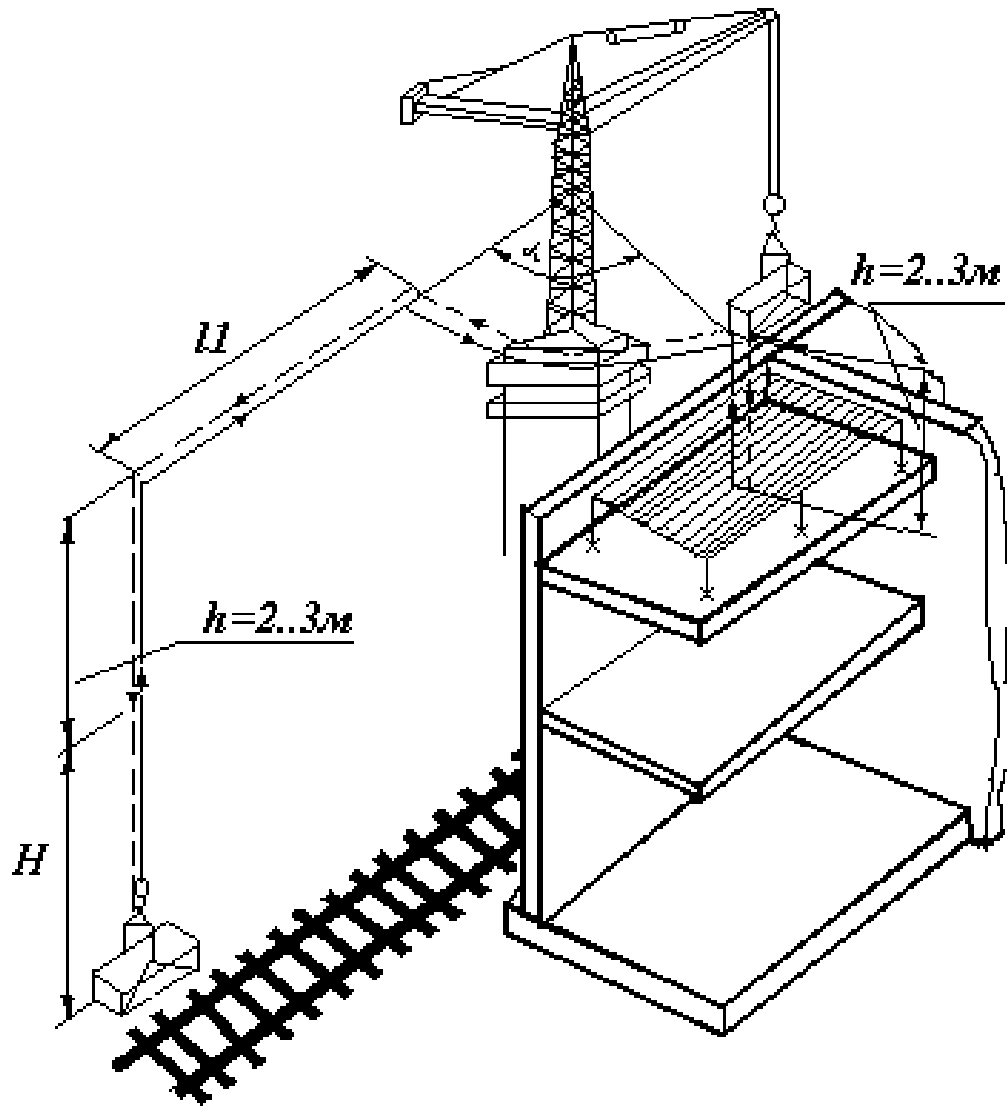


Рисунок 5.1 – Схема к определению среднего машинного времени

Годовую эксплуатационную производительность можно определить через среднечасовую по формуле:

$$P_{\text{э.г.}} = P_{\text{э.ч.}} \cdot T \cdot k_{\text{вр}} \quad (5.4)$$

где T – рабочее время крана в году, ч, $T = 250 \text{ дней} \cdot 8 \text{ ч} = 2000 \text{ ч}$;
 $k_{\text{вр}}$ – коэффициент использования внутрисменного времени
 ($k_{\text{вр}} = 0,86$) [5].

Порядок проведения работы

1) Изучить разновидности и конструкции различных типов строительных кранов по плакатам и наглядным пособиям.

2) Изучить рабочий цикл крана на строительном объекте при установке панелей стен и перегородок зданий:

1. Устройство постели из раствора с раскладкой маяков. 2. Подъем и установка панелей. 3. Выверка и временное закрепление. 4. Подштопка горизонтального шва раствором. 5. Снятие временного крепления [4].

3) Выбрать тип панели согласно варианту задания из табл. 5.1.

4) Выбрать стреловой кран согласно грузоподъемности крана на максимальном вылете стрелы, ориентируясь на вес панели из табл. 5.2.

4) Произвести расчеты производительности башенного крана по нормам времени ЕНиР сборник Е4 выпуск 1 (см. табл. 5.3) [4].

В отчете производится описание конструкций и разновидностей строительных кранов, результаты выполненных расчетов.

Таблица 5.1 – Стеновые панели для наружных стен общественных, производственных и вспомогательных зданий, выполненные по ГОСТ 11024-84.

Наименование	Размер (мм)	Объем (м ³)	Масса (т)
ПС 60.18.3,5	5980x1785x350	3,60	9,00
ПС 60.15.3,5	5980x1485x350	3,11	7,78
ПС 60.9.3,5	5980x885x350	1,59	3,98
2ПС 12.18.3,5	1180x1785x350	0,73	1,83
ПС 60.30.2,3 (с окном)	5980x2980x225	3,78	6,30
ПС 60.21.2,3	5980x2050x225	2,54	4,68
ПС 60.30.2,3 (глухая)	5980x2980x225	4,01	6,59
ПС 1-36-Б3	2980x3600x180/350	1,93	4,83
ПС 1-36-Б4	2980x3600x180/350	1,93	4,83
ПС 2-36-Б4	2980x3600x180/140	1,71	4,28

Таблица 5.2 – Технические характеристики башенных кранов

Марка	Груз, т	Вылет стрелы, м	Высота, м
КБМ-401	10	25-70	35-70
КБ-403	8	30-35	35-55
КБ-404	9-18	20-40	20-95
КБ-405	10	25	45-60
КБ-408	10	40	55
КБ-415	10	25-40	20-80
КБ-420	8	25-30	40-55
КБ-474	8	35-50	120-220
КБ-515	10	35-50	80-95
КБ-585	10	40-60	160
Mitsuber	8-10	60	170
Carlo	8	50-75	60-150
Terex	4-40	40-80	25-280
Comansa	8-24	50-80	60-80
JACO	2-6	35-75	200-370
Potain	5-32	50-80	60-110

Таблица 5.3 – Нормы времени на 1 панель при установке панелей стен, перегородок краном [4]

Панели	Площадь панелей, м ² , до	Нормы времени, час	
		монтажников конструкций	машиниста
Панели наружных стен каркасно-панельных зданий	5	2	0,5
	10	3	0,75
	15	4	1
	25	4,8	1,2
Панели внутренних стен каркасно-панельных зданий	5	1,1	0,28
	10	1,6	0,4
	15	2	0,5

Панели	Площадь панелей, м ² , до	Нормы времени, час	
		монтажников конструкций	машиниста
Панели стен подвалов и цокольные панели	6	1,3	0,32
	12	1,4	0,35
	20	1,5	0,37
	30	1,6	0,4
Панели наружных и внутренних стен бескаркасно-панельных зданий и панели стен лестничных клеток каркасно-панельных и бескаркасно-панельных зданий	6	1	0,25
	15	1,1	0,28
	20	1,2	0,3
	30	1,5	0,37
Панели перегородок любых зданий	5	0,68	0,17
	10	0,8	0,2
	15	1	0,25
	20	1,2	0,3

Контрольные вопросы

1. Что называется грузоподъемностью машин?
2. Что называется вылетом крана?
3. Что такое грузовой момент?
4. Какие виды строительных кранов вы знаете?
5. Как производится индексация стреловых самоходных кранов?
6. Как производится индексация башенных кранов?
7. Как определить производительность башенных кранов?

Практическое занятие № 6

Изучение конструкций и рабочих процессов смесительных машин

Цель работы: изучение конструкций различных типов смесительных машин и рабочих процессов.

Краткие теоретические сведения

Приготовление бетонов и растворов заключается в дозировании компонентов и их перемешивании. Дозирование компонентов производится дозаторами, а перемешивание – смесительными машинами [1, 2].

Бетоносмесители состоят из смесительной емкости, рабочих органов, привода, загрузочных и выгрузочных устройств.

Смесительные машины классифицируют:

- по условиям эксплуатации (передвижные, стационарные);
- по режиму работы (циклического и непрерывного действия);
- по способу смешивания (гравитационные и принудительного действия).

Стандартом предусмотрено девять типоразмеров бетоносмесителей периодического действия со свободным перемешиванием с объемом готового замеса: 65, 165, 330, 500, 800, 1000, 1600, 2000, 3000 л.

Бетоносмесители с объемом готового замеса до 330 л выпускают передвижными, а свыше – стационарными.

Передвижные гравитационные бетоносмесители используют для приготовления бетонной смеси с крупностью заполнителя до 70 мм при выполнении небольших объемов работ.

Бетоносмесители принудительного действия предназначены для приготовления жестких и подвижных бетонных смесей, керамзитобетонных смесей и строительных растворов.

Бетоносмесители непрерывного действия с принудительным перемешиванием применяются для приготовления жестких и подвижных смесей с крупностью заполнителя 40 мм и строительных растворов.

Растворосмесители предназначены для приготовления цементных, известковых, гипсовых, шлаковых и других растворов. По конструкции – это перемешивающие машины периодического действия с силовым воздействием на обрабатываемую среду.

Различают лопастные смесители с горизонтальным, вертикальным лопастным валом и турбулентные.

Передвижные растворосмесители имеют объем готового замеса 30, 65, 125, 250 л, а стационарные – 400, 800 и 1200 л.

Производительность смесительных машин периодического действия ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяется по формуле [1, 2]:

$$\Pi = V_3 \cdot n / 1000 \quad (6.1)$$

где V_3 – объем готовой смеси в одном замесе, л;

n – число замесов за 1 час работы;

$$V_3 = V_B \cdot k \quad (6.2)$$

где V_B – полезный объем барабана, л;

k – коэффициент выхода готовой смеси (для бетона $k=0,65-0,7$; для раствора $k=0,75-0,85$).

Объемы компонентов смеси (цемента, песка, щебня или гравия) определяются исходя из пропорции бетонной смеси 1:3:5 :

$$x + 3x + 5x = V_3 \quad (6.3)$$

где V_3 – объем готовой смеси в одном замесе, л, определяемый по формуле (6.3);

x – объемная доля цемента, л;

$3x$ – объемная доля песка, л;

$5x$ – объемная доля щебня или гравия, л.

Число замесов определяется по формуле:

$$n = 3600 / (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) \quad (6.4)$$

где t_1, t_2, t_3, t_4 – продолжительность загрузки, смешивания, выгрузки и возврата барабана в исходное положение или закрытие затвора, сек (см. табл. 6.1 и табл. 6.2).

Производительность смесительных машин непрерывного действия с принудительным смешиванием ($\text{м}^3/\text{ч}$) [1, 2]:

$$П = 3600 \cdot A \cdot V \quad (6.5)$$

где A – средняя площадь поперечного сечения потока смеси в корпусе смесителя, м^2

$$A = K_n \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \quad (6.6)$$

где d – диаметр лопастей смесителя, м;

K_n – коэффициент наполнения сечения корпуса смесителя ($K_n = 0,28 - 0,34$);

V – скорость движения смеси в направлении продольной оси корпуса смесителя, (м/с).

$$V = S \cdot n \quad (6.7)$$

где S – шаг лопастей, м;

n – частота вращения лопастного вала, с^{-1} .

Порядок проведения работы

1) Изучить кинематические схемы смесительных машин по плакатам и наглядным пособиям.

2) Изучить рабочий цикл смесительных машин: 1. Дозирование составляющих. 2. Подача составляющих к ковшу бетоносмесителя дозировочными емкостями. 3. Загрузка ковша бетоносмесителя цементом и заполнителями. 4. Возврат дозировочных емкостей к месту загрузки. 5. Приготовление бетонной смеси в бетоносмесителе. 6. Выдача готовой бетонной смеси [4].

3) Определить производительность бетоносмесительных машин по формулам (6.1) – (6.7) согласно варианту задания, используя нормы времени на загрузку компонентов смеси (см. табл. 6.1) и приготовление бетонной смеси (см. табл. 6.2). В отчете

указать описание кинематических схем и разновидностей смесительных машин, результаты и выполнение расчетов [4].

Таблица 6.1 – Нормы времени на 100 м³ готовой бетонной смеси для загрузки ковша бетоносмесителя при помощи ручных приспособлений [4]

Материал	Расстояние подачи	
	до 10 м	добавлять на каждые следующие 10 м
Цемент	21	2,2
Песок	40,5	5,1
Гравий или щебень	78	12
Шлак	42	3,9

Таблица 6.2 – Нормы времени на приготовление 1 м³ бетонной смеси в отдельно стоящих бетоносмесителях [4]

Вместимость бетоносмесителя, л, до	Время перемешивания бетонной смеси, с						
	45	60	90	120	150	180	240
100	0,38	0,43	0,54	0,73	-	-	-
150	0,24	0,31	0,39	0,5	0,65	-	-
250	0,17	0,19	0,24	0,3	0,39	0,44	0,54
425	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21	0,25	0,34
750	-	-	-	-	-	0,15	-
1200	-	-	-	0,08	0,1	0,11	-

Контрольные вопросы

1. Что такое дозаторы и как они классифицируются?
2. Для чего предназначены смесительные машины?
3. Классификация смесительных машин?
4. Какие типоразмеры предусмотрены стандартом для бетоносмесительных машин?
5. Каково назначение раствосмесителей?
6. Какие типоразмеры предусмотрены стандартом для раствосмесителей?
7. Как определяется производительность смесительных машин периодического и непрерывного действия?

Библиографический список

1. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Текст]: справочное пособие / Б. Ф. Белецкий. - Ростов н/Д.: Феникс, 2002. - 590 с.
2. Добронравов, С. С. Строительные машины и оборудование [Текст]: справочник / С. С. Добронравов, М. С. Добронравов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2006. - 445 с.
3. ЕНиР Сборник Е2 выпуск 1 (Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы: Земляные работы. Механизированные и ручные земляные работы).
4. ЕНиР Сборник Е4 выпуск 1 (Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы: Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Здания и промышленные сооружения).
5. Кирнев, Александр Дмитриевич. Строительные краны и грузоподъемные механизмы : (для выполнения курсового и дипломного проектирования по технологии и организации в строительстве и специалистов-строителей) / А. Д. Кирнев, Г. В. Несветаев. - Ростов на Дону : Издательство «Феникс», 2013. - 672 с.
6. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / А.К. Перешивкин, А.А. Александров, Е.Д. Булынин и др.; Под ред. А.К. Перешивкина .– 4–е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988.– 653 с.; ил. (Справочник строителя).
7. Шестопалов, К. К. Строительные и дорожные машины [Текст]: учебное пособие / К. К. Шестопалов. - М.: Академия, 2008. - 384 с.