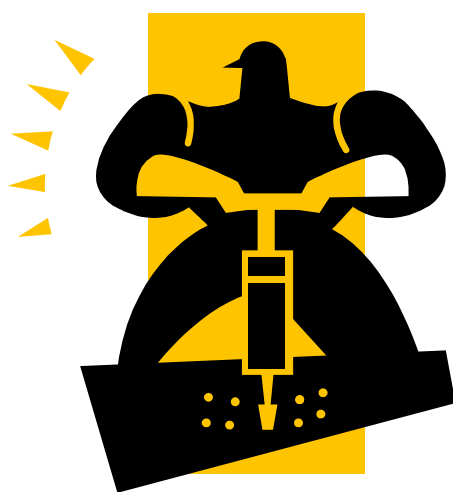


# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет"

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Методические указания для выполнения курсового проекта для студентов 4 курса дневного и заочного отделений специальности 270102, 3 курса дневного отделения специальности 270105



---

---

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2006

УДК 621.6.071(07)  
ББК Н623я73-5  
К589

Р е ц е н з е н т

Кандидат технических наук, доцент

*В.М. Антонов*

С о т а в и т е л ь

*О.Н. Кожухина*

К589      Технология производства земляных работ : метод. указ. / сост. :  
О.Н. Кожухина. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. –  
28 с. – 75 экз.

Дана методика выполнения первой части курсового проекта по дисциплинам "Технология строительных процессов" и "Технология и организация в городском строительстве".

Предназначены для студентов 4 курса специальности 270102 дневной и заочной форм обучения и 3 курса специальности 270105 дневной формы обучения.

УДК 621.6.071(07)

ББК Н623я73-5

© ГОУ ВПО "Тамбовский государственный  
технический университет" (ТГТУ), 2006

Учебное издание

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ**

Методические указания

С о с т а в и т е л ь

КОЖУХИНА Ольга Николаевна

Редактор О.М. Я р ц е в а  
Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Р ы ж к о в а

Подписано в печать 02.10.2006.  
Формат 60 × 84/16. Бумага газетная. Гарнитура Times New Roman.  
1,45 уч.-изд. л. Тираж 75 экз. Заказ № 515

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Целью курсового проекта является закрепление и углубление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины "Технология строительных процессов", ознакомление с методикой разработки проектов производства работ, развитие навыков проектирования технологических схем комплексных механизированных процессов и выполнения технико-экономических расчетов при обосновании принятых вариантов производства строительных работ.

Курсовой проект разрабатывается в соответствии с заданием и представляет собой проект производства земляных работ. При выполнении его необходимо уделить основное внимание использованию прогрессивной технологии, комплексной механизации работ, разработке технологических карт строительных процессов в составе проекта производства работ.

### 1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Проект состоит из двух разделов:

- производство земляных работ;
- производство монтажных работ.

Выполнение курсового проекта по первому разделу включает в себя разработку следующих вопросов.

- 1) получение и анализ исходных данных на проектирование;
- 2) определение объемов земляных работ и расчет схем размещения земляных масс;
- 3) выбор и обоснование метода производства земляных работ;
- 4) расчет комплектов машин, механизмов и транспортных средств, необходимых для выполнения работ в заданные сроки;
- 5) расчет рабочих параметров забоя и установление рациональной последовательности выполнения земляных работ;
- 6) определение трудоемкости работ;
- 7) составление календарного плана выполнения работ;
- 8) мероприятия по охране труда;
- 9) расчет технико-экономических показателей (трудоемкость разработки  $1 \text{ м}^3$  грунта при вертикальной планировке площадки и при разработке котлована, стоимость разработки  $1 \text{ м}^3$  грунта, продолжительность работ, выработка в  $\text{м}^3$  на одного рабочего в смену).

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта принимаются в соответствии с заданием (см. приложение 2).

### 2. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Курсовой проект оформляется в виде пояснительной записки, написанной на 30 – 35 листах стандартного размера ( $297 \times 210$  мм), и графической части, выполняемой в карандаше или туши на двух листах формата А1.

Разделы курсового проекта должны сопровождаться необходимыми чертежами и схемами по формату пояснительной записки, сброшюрованными с ней. В конце пояснительной записки указывается список использованной нормативной, справочной и учебной литературы, в которой обосновываются принятые решения курсового проекта.

На листе графической части трижды вычерчивается планировочная площадка. На первом чертеже наносятся горизонтали, черные, красные и рабочие отметки; на втором – линия нулевых работ и объемы земляных масс элементарных фигур и откосов; на третьем – линия нулевых работ, объемы с учетом  $K_{o.p.}$ , котлован и средняя дальность перемещения грунта. Под планами изображаются основные технологические схемы отдельных процессов по вертикальной планировке площадки и разработке котлована (каждая схема дается в двух позициях – в плане и разрезе).

В нижней части листа изображается календарный план производства работ.

На втором листе даются технологические схемы производства работ по возведению сборных или монолитных фундаментов и стен подвалов (в плане и разрезе), календарный план производства работ, потребность в материально-технических ресурсах.

### 3. УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Студент изучает задание и дает его краткую характеристику.

#### 3.1. Определение объемов земляных работ

Планировка площадки производится для устранения неровностей естественного рельефа местности и придания ей заданных проектом уклонов.

В состав земляных работ по вертикальной планировке площадки входят:

1. снятие растительного слоя грунта;
2. разработка выемок;
3. образование насыпей;
4. перемещение грунта из выемки в насыпь площадки;

5. транспортирование лишнего грунта за пределы площадки;
6. разравнивание грунта, доставленного транспортными машинами;
7. уплотнение грунта;
8. планировка поверхности площадки;
9. планировка откосов площадки;
10. разработка грунта под фундамент сооружения.

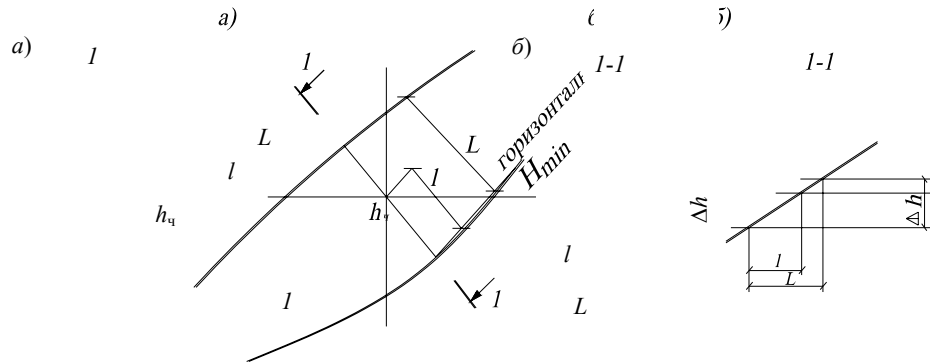
Вертикальную планировку площадки можно проводить под заданную отметку или под отметку, определяемую из условия нулевого баланса грунтовых масс, при котором объем грунта выемок и насыпей равны между собой.

В заданиях для разработки проекта производства земляных работ указывается план строительной площадки с нанесенными горизонталями и расположением сооружения, расчет объемов планировочных работ ведется по методу квадратов. Для этого заданная площадка разбивается сеткой квадратов со стороной от 20 до 100 м, а количество горизонталей, проходящих через квадрат, должно быть не более двух.

Определяются черные отметки вершин квадратов. Черные отметки – отметки естественного рельефа местности вершин квадратов, которые находятся методом интерполяции с точностью до второго знака. Для этого между сложными горизонталями через вершину квадрата по кратчайшему расстоянию (перпендикулярно) проводится прямая линия (рис. 1). По принятому масштабу строительной площадки, на перпендикуляре находим расстояние между горизонталью и вершиной квадрата. Зная превышение между горизонталями, черную отметку вершины находим по формуле

$$h_{ч} = H_{\min} + (\Delta h l / L), \quad (1)$$

где  $H_{\min}$  – отметка меньшей горизонтали, м;  $\Delta h$  – шаг горизонталей, м;  $l$  – расстояние от смежной горизонтали с наименьшей отметкой до вершины квадрата, м;  $L$  – минимальное расстояние между горизонталями по перпендикуляру, м.



**Рис. 1. Схема определения черной отметки:**  
а – план, б – профиль

Среднепланировочная отметка (при соблюдении нулевого баланса земляных масс и использовании метода квадратных призм) определяется по формуле

$$H_{\text{ср}} = (\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4) / 4n, \quad (2)$$

где  $\Sigma H_1$ ;  $\Sigma H_2$ ;  $\Sigma H_3$ ;  $\Sigma H_4$  – сумма черных отметок квадратов, в которых сходятся соответственно один, два и четыре угла;  $n$  – количество квадратов на строительной площадке.

Красные (проектные) отметки вершин квадратов определяют с учетом уклона строительной площадки по формуле

$$h_{\text{кр}} = H_{\text{ср}} \pm il, \quad (3)$$

где  $H_{\text{ср}}$  – среднепланировочная отметка поверхности, м;  $i$  – заданный уклон площадки;  $l$  – расстояние от вершин квадратов до условной оси симметрии строительной площадки.

Уклон строительной площадки образуется путем поворота горизонтальной плоскости площадки на отметке  $H_{\text{ср}}$  вокруг оси, расположенной по центру площадки, на величину заданного уклона в сторону уменьшения черных отметок.

При нахождении красных отметок необходимо обращать внимание на приращение или уменьшение проектных отметок относительно горизонтальной плоскости с отметкой  $H_{\text{ср}}$ .

Рабочие отметки в вершинах квадратов определяются по формуле

$$h_{\text{р}} = h_{\text{кр}} - h_{\text{ч}}, \quad (4)$$

где  $h_{\text{кр}}$  – красная отметка, м;  $h_{\text{ч}}$  – черная отметка, м.

Запись черных, красных и рабочих отметок в вершине квадрата производится по следующей схеме: знак "плюс" означает насыпь, знак "минус" – выемку (рис. 2)

Линию нулевых работ размещают в фигурах с отметками различного знака и наносят на чертеж плана площадки прямыми линиями в пределах каждой фигуры планировочной сетки по точкам с нулевым значением рабочих отметок. Местоположение нулевых точек определяют графическим методом.

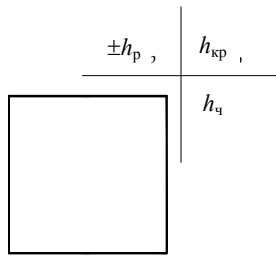


Рис. 2. Схемы записи отметок в углах элементарных фигур планировочной сетки

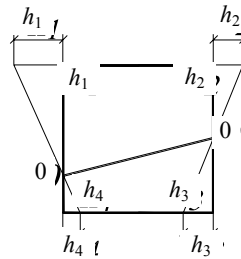


Рис. 3. Графический метод определения нулевых точек

Графический метод нахождения нулевых точек заключается в масштабном отложении отрезков, представляющих собой рабочие отметки с противоположными знаками, в соединении их концов прямым отрезком; пересечение данного отрезка со стороной квадрата образует нулевую точку. Соединение нулевых точек между собой отрезками прямых дает линию нулевых работ 0-0 (рис. 3).

При подсчете объемов земляных работ по сетке квадратов объем выемки и насыпи определяют как сумму объемов грунта, расположенного в пределах отдельных квадратных призм и их частей.

Объемы работ в призмах вычисляются по рабочим отметкам; если знаки четырех рабочих отметок одноименны, то такие призмы называются *рядовыми*, и их объем может быть определен по формуле

$$V_{в(н)} = a^2/4 \cdot (h_1 + h_2 + h_3 + h_4), \quad (5)$$

где  $a$  – сторона квадрата, м;  $h_1, h_2, h_3, h_4$  – рабочие отметки вершин соответствующих квадратов, м.

Квадратные призмы, пересекаемые линией нулевых работ, называют переходными (смешанными). Если переходная квадратная призма разбита линией нулевых работ на две трапеции (рис. 4, а), то объем определяют по формулам:

$$V_n = a^2/4 \cdot (\sum h_n)^2 / \sum h; \quad (6)$$

$$V_v = a^2/4 \cdot (\sum h_v)^2 / \sum h, \quad (7)$$

где  $V_n$  и  $V_v$  – объемы насыпи и выемки, м<sup>3</sup>;  $\sum h_n, \sum h_v$  – сумма рабочих объемов насыпи и выемки соответствующего квадрата;  $\sum h$  – сумма абсолютных значений всех отметок в углах квадратов.

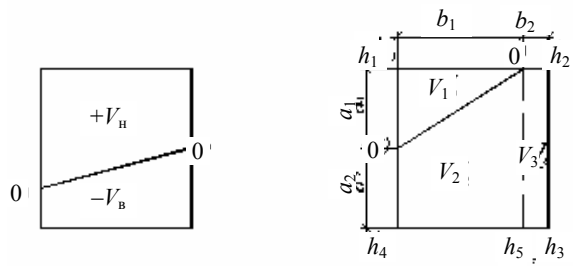


Рис. 4. План элементарной фигуры планируемой площадки:

а – схема фигуры, разбитой нулевой линией на 2 трапеции;

б – схема фигуры, разбитой нулевой линией на треугольник и пятиугольник

Если переходная призма разбита на треугольник и пятиугольник (рис. 4, б), то объем определяется по формулам:

$$V_1 = (h_1 + 0) / 3 \cdot (a_1 b_1) / 2; \quad (8)$$

$$V_2 + V_3 = [(h_4 + h_3) / 4 \cdot (a_2 + L) / 2] b_1 + [(h_3 + h_5 + h_2) / 4] L b_2, \quad (9)$$

где  $h_1, h_2, h_3, h_4$  – отметка в углах квадратов;  $L, b_1, b_2, a_1, a_2$  – размеры сторон переходных призм;  $V_1$  – объем насыпи;  $V_2 + V_3$  – объем выемки.

Объемы грунта в элементах насыпи и выемки определяются табличным способом (табл. 1).

### 1. Ведомость подсчета объемов работ

№ квадрата	Рабочие отметки, м				$\sum h$	$a^2/4$	$(\sum h_n)^2 / \sum h$	$(\sum h_v)^2 / \sum h$	Объем работ	
	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$					насыпи	выемки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

$V_2 \quad L_1 \quad L_2$

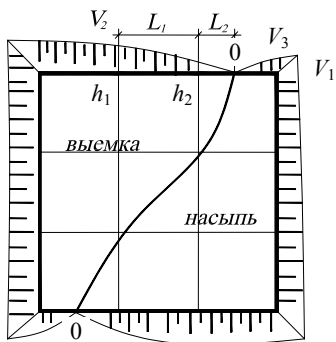


Рис. 5. План объемов откосов

Объемы грунтов насыпи и выемки подсчитывают с учетом грунта откосов, устраиваемых по контуру планируемой площадки. На плане в наружных углах квадратов по контуру площадки откладывают величину заложения откосов (рис. 5), коэффициент крутизны откоса ( $m$ ) берется как для постоянного земляного сооружения (для выемки  $m_b = 1,25$ ; насыпи  $m_n = 1,5$ ).

Объем откосов фигур планировочной сетки определяют по формулам:

- для угловых пирамид

$$V_1 = h^3 m^2 / 3; \quad (10)$$

- для боковых пирамид

$$V_2 = (h_1^2 + h_2^2) \cdot (L_1 m) / 4; \quad (11)$$

- для пирамид переходных квадратов

$$V_3 = h_2^2 L_2 m / 3, \quad (12)$$

где  $h$  – рабочие отметки углов квадрата;  $L_1$  – сторона квадрата, м;  $L_2$  – часть стороны переходного квадрата, м;  $m$  – коэффициент откоса.

При определении объемов земляных работ по разработке котлованов необходимо определить размеры земляного сооружения (рис. 6). Зная параметры сооружения в плане и глубину фундамента ( $H$ ), размеры нижней части котлована определяются:

$$a = A + 2 \cdot 0,6; \quad (13)$$

$$b = B + 2 \cdot 0,6, \quad (14)$$

где  $A$  и  $B$  – размеры сооружения в плане, м;  $a$  и  $b$  – размеры дна котлована, м.

Размеры котлована по верху будут равны:

$$a_1 = a + 2Hm; \quad (15)$$

$$b_1 = b + 2Hm, \quad (16)$$

где  $H$  – глубина котлована, м;  $m$  – коэффициент откоса.

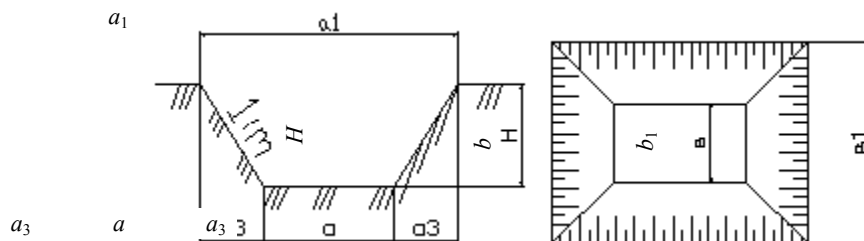


Рис. 6. Схема для определения параметров котлована

В частном случае объемы котлованов прямоугольной формы с откосами по четырем сторонам могут быть определены по формуле

$$V_k = H/6 \cdot [(2a_1 + a) b_1 + (2a + a_1) b]. \quad (17)$$

Объем котлована можно подсчитать по одной из следующих формул:

$$V_k = H/3 \cdot (F_n + F_b + \sqrt{F_n} + \sqrt{F_b}); \quad (18)$$

$$V_k = H/6 \cdot (F_n + F_b + 4F_{cp}), \quad (19)$$

где  $F_n$  – площадь дна,  $m^2$ ;  $F_b$  – площадь котлована по верху,  $m^2$ ;  $F_{cp}$  – средняя площадь.

При подсчете объема земляного сооружения сложной формы делят его на простые геометрические тела и суммируют их объемы.

Подсчитанный по формулам (17) – (19) объем котлована складывается из двух частей

$$V_k = V_{coop} + V_{o.3}, \quad (20)$$



где  $V_k$  – полный объем котлована;  $V_{соор}$  – объем грунта, вытесняемый будущим сооружением;  $V_{о.з}$  – объем грунта, необходимый для обратной засыпки пазух.

Подсчитав по заданным размерам объем сооружения и зная полный объем котлована, находят объем обратной засыпки.

### 3.2. Составление сводного баланса

Результаты подсчета объемов земляных масс при вертикальной планировке площадки и разработке котлована сводят в табл. 2.

2. Сводная ведомость объемов разрабатываемого грунта

№ п/п	Виды работ	Объем		
		выемки	насыпи	$V_n / K_{о.р}$
1.	В рядовых и переходных призмах	$V_1$	$V_2$	
2.	В откосах по контуру площадки	$V_3$	$V_4$	
3.	В котловане	$V_5 = V_k - V_{о.з} / K_{о.р}$		
4.	Суммарные объемы работ	$\sum V_v = V_1 + V_3 + V_5$	$\sum V_n = V_2 + V_4$	$\sum V_n / K_{о.р}$
	Баланс			

Объемы земляных масс на участках выемок и насыпей подсчитаны по формулам (5) – (12) в плотном теле. Но при разработке грунта выемок машинами он разрыхляется, объем его увеличивается, что учитывается коэффициентом первоначального разрыхления. Но при укладке в насыпь производится послойное уплотнение грунта, в результате чего его объем уменьшается, но не доходит до первоначального состояния, что учитывается коэффициентом остаточного разрыхления  $K_{о.р}$ . В дальнейших расчетах объемы грунта насыпи принимаются с учетом  $K_{о.р}$ , т.е.  $V_n / K_{о.р}$ . Величина  $K_{о.р}$  определяется как:

$$K_{о.р} = 1 + (\text{величина остаточного разрыхления} / 100). \quad (21)$$

Величина остаточного разрыхления в % для различных пород приводится в ЕНиР сборник 2 "Земляные работы".

В вариантах, где необходимо соблюдение нулевого баланса земляных масс, разность между суммарными объемами насыпей и выемок не должна превышать 5 %.

Баланс грунта на площадке получится положительным, отрицательным или нулевым. При положительном балансе (на площадке преобладает объем планировочной выемки) излишек грунта вывозится в отвал

$$V_{лиш. гр} = V_v - V_n / K_{о.р}. \quad (22)$$

При отрицательном балансе (на площадке преобладает объем планировочной насыпи) недостающий грунт  $V_{нед. гр}$ , подвозится из карьера

$$V_{нед. гр} = V_n / K_{о.р} - V_v. \quad (23)$$

### 3.3. Составление плана распределения земляных масс на площадке

Графически результаты сводного баланса грунта можно изобразить на плане площадки, получив наглядную схему распределения земляных масс.

Выполняется это следующим образом:

- 1) на план площадки, разбитой на квадраты, наносится линия нулевых работ;
- 2) в каждой элементарной фигуре записываются значения объемов с соответствующим знаком и с учетом прилегающих откосов (на участке насыпи объемы записываются с учетом  $K_{о.р}$ );
- 3) на план переносится также котлован, объем которого записывается двумя цифрами – отвал, оставляемый у бровки котлована для обратной засыпки пазух фундаментов, и грунт, который в соответствии с балансом будет перемещаться в планировочную насыпь или отвозиться в отвал. Вся площадка делится на зоны.

*Первая* – зона перемещения грунта из планировочной выемки в планировочную насыпь (зона внутривыемочных работ).

*Вторая* – зона, наиболее удаленная от линии нулевых работ, из которой вывозится лишний на площадке грунт в случае положительного баланса или, наоборот, куда привозится недостающий грунт в случае отрицательного баланса (зона внешних работ).

*Третья* – зона разработки котлована.

Для первой зоны находится средняя дальность перемещения грунта.

### 3.4. Определение средней дальности перемещения грунта

При выборе комплекта машин по разработке и перемещению грунта необходимо знать дальность его перемещения. Средняя дальность перемещения грунта при вертикальной планировке площадки есть расстояние между центрами тяжести равновесия по объему участков выемки и насыпи. Она может быть найдена аналитическим, графическим или графоаналитическим методами.

*Аналитический метод или метод статических моментов.* Определяют координаты центров тяжести объемов и насыпей:

$$X_B = \sum V'_B \cdot X'_B / \sum V'_B = \sum M_{Bx} / \sum V'_B, \quad X_H = \sum V'_H \cdot X'_H / \sum V'_H = \sum M_{Hx} / \sum V'_H; \quad (24)$$

$$Y_B = \sum V'_B \cdot Y'_B / \sum V'_B = \sum M_{By} / \sum V'_B, \quad Y_H = \sum V'_H \cdot Y'_H / \sum V'_H = \sum M_{Hy} / \sum V'_H, \quad (25)$$

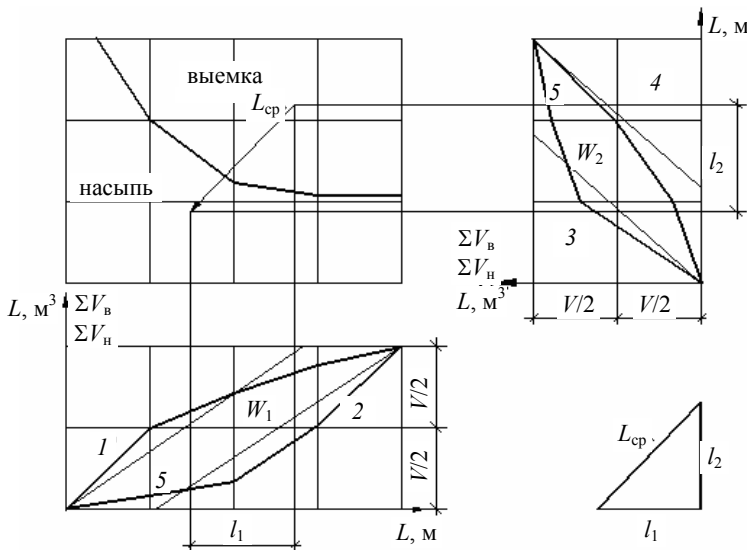
где  $X_B, Y_B$  – координаты центра тяжести участка выемки, м;  $X_H, Y_H$  – координаты центра тяжести участка насыпи, м;  $V'_B, V'_H$  – объемы грунта в пределах фигур, м<sup>3</sup>;  $M_{Bx}, M_{Hx}, M_{By}, M_{Hy}$  – статические моменты простейших фигур, м<sup>4</sup>;  $X'_B, X'_H, Y'_B, Y'_H$  – координаты центра тяжести простейших фигур, м.

За оси координат принимают две стороны площадки. Средняя дальность перемещения грунта, м

$$L_{cp} = \sqrt{(X_H - X_B)^2 + (Y_H - Y_B)^2}. \quad (26)$$

*Графоаналитический способ распределения земляных масс.* По нарастающим итогам вертикальных колонок квадратов, отдельно для насыпи и выемки, строят кривые объемов. Ординаты верхних точек кривых дают суммарные объемы насыпей и выемок. Точки пересечения кривых объемов определяют положением прямых на плане, разделяющих площадку на участки, в пределах которых объемы насыпей и выемок равны.

Для определения среднего расстояния перемещения используют кривые объемов насыпи и выемок, построенные по итогам вертикальных и горизонтальных колонок квадратов (рис. 7).



**Рис. 7. Распределение земляных масс графоаналитическим методом:**

1, 2 – кривые объемов насыпей и выемок по нарастающим итогам вертикальных рядов квадратов; 3, 4 – то же, по нарастающим итогам горизонтальных рядов квадратов; 5 – параллелограммы, равновеликие фигурам, заключенным между кривыми объемов выемок и насыпей

Площади фигур между кривыми объемов  $W_1$  и  $W_2$  представляют собой произведение объемов грунта на проекции среднего расстояния перевозок  $l_1$  и  $l_2$ :

$$W_1 = V l_1; \quad W_2 = V l_2, \quad (27)$$

откуда

$$l_1 = W_1 / V; \quad l_2 = W_2 / V. \quad (28)$$

Среднее расстояние перемещения равно длине гипотенузы прямоугольного треугольника, имеющего катеты, равные  $l_1$  и  $l_2$

$$L_{cp} = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}. \quad (29)$$

Для упрощения вычисления площадей  $W_1$  и  $W_2$  можно построить равновеликие фигуры по разностям нарастающих объемов выемок и насыпей – кривые Брюкнера.

### 3.5. Выбор способа производства работ и комплекта машин при вертикальной планировке

При вертикальной планировке площадки могут выполняться следующие строительные процессы:

- срезка растительного слоя;
- последойное разрыхление грунта выемок на толщину снимаемой стружки (10...35 см), разрабатываемых скреперами для грунта II группы и бульдозерами для грунтов III группы;
- разработка и перемещение слоев грунта;
- последойное разравнивание и уплотнение (укатка) грунта (при толщине слоя 20...40 см и 4 – 8 проходов катка по одному следу). Этот комплекс работ производится последовательно на всех участках (картах) задан-

ной площадки одним или несколькими комплектами машин, работающими параллельно (разрабатывающая и уплотняющая машины), или последовательно на разных участках.

В каждом комплексе назначаются одна или несколько ведущих машин, выполняющих основной производственный процесс, – разработку грунта. Ведущая машина определяет темп и ритм работы. Остальные машины являются вспомогательными (комплектующими).

Выбор комплекта машин для комплексной механизации планировочных работ осуществляется в два этапа. На первом этапе определяются требуемые эксплуатационные параметры основных и вспомогательных машин (в зависимости от дальности перемещения, объемов грунта, сложности разработки, применяемой технологии производства работ и т.п.). На втором – производят выбор наиболее рационального и оптимального варианта на основе технико-экономического сравнения.

Для выполнения планировочных работ с дальностью перемещения грунта до 3000...5000 м применяют землеройно-транспортные машины: автогрейдеры, бульдозеры, скреперы. При перемещении грунта до 20 м используют автогрейдеры, до 50 м – бульдозеры малой мощности (на тракторах ДТ-54), при перемещении до 80 м – бульдозеры средней мощности (на тракторах ДТ-75 и Т-100), при перемещении от 80 до 100 м – бульдозеры большой мощности (на тракторах Т-130, Т-180, ДЭТ-250). Следует отметить, что применение бульдозеров большой мощности позволяет перемещать группы на расстояние, несколько большее 100 м (например, до 110...120 м).

Прицепные скреперы с вместимостью ковша 3 м<sup>3</sup> работают при перемещении от 100 до 120...130 м. При перемещении от 120 до 1000 м – прицепные с вместимостью ковша до 10 м<sup>3</sup>, при большей дальности (от 1000 до 3000...5000 м) – прицепные и самоходные скреперы с ковшом вместимостью более 10 м<sup>3</sup>.

При этом учитывают также и объемы перемещаемого грунта, и высоту планировочной выемки. Землеройные машины выбирают также в зависимости от дальности перемещения и глубины выемки. При дальности перемещения более 3000 (иногда 5000) м и глубине выемки около 1 м целесообразно использование экскаваторов с вместимостью ковша до 0,4 м<sup>3</sup>, при глубине свыше 1,5 м работают более мощные экскаваторы в комплекте с самосвалами.

При производстве планировочных работ механизация должна быть комплексной. Для этого выбирают ведущую машину с учетом среднего перемещения грунта из выемки в насыпь, все остальные технологические процессы выполняют с помощью средств механизации, увязанных с ведущей по производительности, а значит и по трудоемкости работ. Так, в данной работе следует подобрать ведущие машины для срезки и перемещения грунта из выемки в насыпь (скреперы, бульдозеры) и комплектующие машины для разравнивания и уплотнения насыпи (бульдозеры и прицепные или самоходные катки) и для разрыхления грунта II группы в выемке (тракторные рыхлители).

Бульдозерный комплект составляют из нескольких бульдозеров, прицепных транспортных рыхлителей и катков. Эти механизмы последовательно выполняют рыхление грунта (если необходимо), его разработку и перемещение, разравнивание и уплотнение в насыпи. Количество механизмов и их тип выбирают в зависимости от среднего расстояния перемещения группы и затрат труда на производство работ (при сменной производительности комплекта).

Скреперный комплект составляют из 2-3 скреперов и бульдозеров, прицепных тракторных рыхлителей (если необходимо), катков и одного трактора-толкача. Эти механизмы последовательно выполняют послойное рыхление грунта, (тракторы-рыхлители), его разработку и перемещение (скреперы), разравнивание и уплотнение в насыпи (катки). Трактор-толкач используют на два-три скрепера для ускорения заполнения ковша на участке срезки. Количество механизмов и их тип выбирают также в зависимости от среднего расстояния перемещения грунта и затрат труда (сменной производительности).

Экскаваторный комплект составляют из одного экскаватора, нескольких автосамосвалов, 1-2 бульдозеров, прицепных катков. Эти механизмы выполняют, соответственно, разработку грунта с погрузкой в автосамосвалы, которые транспортируют грунт в планировочную насыпь, перемещают и собирают грунт (окучивают) для удобства работы экскаватора, разравнивают и уплотняют грунт в насыпи. Количество машин в комплекте также зависит от условий разработки и трудовых затрат на производство работ (производительности комплекта).

Состав комплектов формируется по производительности ведущих машин, которые являются величиной, обратно пропорциональной трудоемкости выполнения основных работ.

Расчет затрат труда может быть выполнен в табличной форме (табл. 3) и основан на определении нормативной трудоемкости всех выполняемых работ с учетом вышеизложенных требований.

### 3. Калькуляция затрат труда на вертикальную планировку площадки

Наименование работ	Объем (кол-во) работ	Обоснование норм	Трудоемкость		Основная заработная плата, р.-коп.		Состав звена исполнителей по ЕНиР
			на единицу работ, машино-ч	на весь объем, машиносмена	на единицу работ	на весь объем	
1	2	3	4	5	6	7	8

В графе 1 записывают работы, выполняемые на площадке: рыхление (при необходимости), разработка и перемещение грунта, разравнивание (если нужно), уплотнение насыпи, разработка котлована. Норма времени,

расценка и рекомендуемый состав звена (гр. 4, 6, 8) заполняются по соответствующим параграфам ЕНиР Е2, вып. 1.

Графа 5 (нормативная трудоемкость) определяется по формуле

$$T_p = H_{вр} V / T_{см}, \quad (30)$$

где  $T_p$  – трудовые затраты на выполнение работ, человек-смена;  $H_{вр}$  – норма времени – нормативные затраты труда на выполнение единицы объема планировочных работ, человек-ч;  $V$  – объем грунта в насыпи с учетом остаточного разрыхления, м<sup>3</sup>;  $T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, ч;  $T_{см} = 8$  ч.

Графа 7 (основная заработная плата – ЗП) определяется по сдельной форме оплаты труда по формуле

$$ЗП = RV, \quad (31)$$

где  $R$  – расценка – оплата труда за выполнение единицы объема планировочных работ, р.

После определения затрат труда по планировочным процессам определяют производительность ( $\Pi$ ) и продолжительность ( $T$ ) их выполнения:

$$T = T_p / N; \quad (32)$$

$$\Pi = V / T\beta, \quad (33)$$

где  $N$  – количество работающих машин;  $\beta$  – количество смен работы в сутки.

Так как уплотнение грунта в насыпи производят послойно ( $h_{сл} = 0,2 \dots 0,5$  м), то это требует одновременной и примерно равной по продолжительности работы землеройно-транспортных (землеройных, транспортных) и уплотняющих машин. Эти условия могут быть обеспечены правильным подбором количества машин в комплекте. Так как производительность уплотняющих машин больше производительности землеройно-транспортных, то планировка площадки выполняется, как правило, комплектами, состоящими из двух-трех скреперов или бульдозеров и одного катка.

### 3.6. Расчет экономической эффективности вариантов комплексной механизации

В практике строительства одну и ту же работу можно выполнять разными комплектами основных и вспомогательных машин. Окончательное решение о целесообразности (рациональности) применения того или иного комплекта принимают на основании сравнения технико-экономических показателей: продолжительности работ ( $T$ ) в сменах, затрат труда на выполнение единицы объема и расчетной себестоимости выполнения работ ( $C_{расч}$ ) в рублях.

Расчетная себестоимость планировки может быть определена по формуле

$$C_{расч} = \sum C_{маш.-ч} N_i D_{oi} k_1 + C_{зп} k_2, \quad (34)$$

где  $C_{маш.-ч} i$  – стоимость машино-часа, т.е. стоимость работы  $i$ -й машины в течение часа (прил. 1);  $N_i$  – количество  $i$ -х машин, работающих на площадке;  $D_{oi}$  – продолжительность работы  $i$ -й машины на площадке, ч;

$$D_0 = TT_{см}; \quad (35)$$

$k_1$  – коэффициент накладных расходов, относящихся к эксплуатации машин и механизмов,  $k_1 = 1,08$ ;  $k_2$  – коэффициент накладных расходов, относящихся к основной заработной плате,  $k_2 = 1,5$ ;  $C_{зп}$  – основная заработная плата.

Общие затраты труда на единицу объема работ определяют делением суммарной трудоемкости (итог по графе 5 табл.) на общий объем планировки.

### 3.7. Подбор машин, механизмов и транспортных средств для разработки котлованов и траншей

Разработка котлованов и траншей, как правило, осуществляется одноковшовыми экскаваторами, хотя возможно применение в отдельных случаях бульдозеров и скреперов.

Выбор экскаватора начинается с определения емкости его ковша ( $V_k$ , м<sup>3</sup>). Для этого по табл. 4 в зависимости от объема земляных работ  $V_{зр}$  в котловане принимается оптимальная емкость ковша экскаватора.

4. Зависимость емкости ковша экскаватора от объема разрабатываемого грунта

Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Объемы разрабатываемого сооружения, м <sup>3</sup>
0,15	До 500
0,25 и 0,30	500...1500
0,50	1500...5000
0,65	2000...8000
0,80	6000...11 000
1,00	11 000...15 000
1,25	13 000...18 000
1,50 и более	Свыше 17 000

Котлованы разрабатываются торцевыми или боковыми проходками.

При определенной ширине котлована проходки применяются следующие: а) торцевая проходка при перемещении экскаватора по прямой; б) то же, с двумя проходками экскаватора; в) то же, при зигзагообразном перемещении экскаватора; г) поперечно-торцевая проходка; д) продольно-торцевая разработка

$$B = B_1 + B_2 = \sqrt{R_{\max}^2 - L_n^2} + \left( R_r - \frac{b_r}{2} - 1 \right), \quad (36)$$

где  $R_{\max}$  – наибольший радиус резания;  $L_n$  – длина рабочей передвижки экскаватора;  $R_r$  – наибольший радиус выгрузки грунта;  $b_r$  – ширина транспортного средств (или отвала).

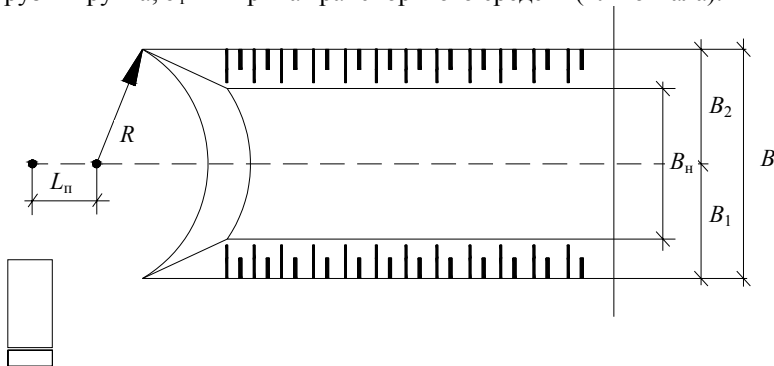


Рис. 8. Схема рабочего места экскаватора

Ширина каждой последующей проходки

$$B_n = \sqrt{R_n^2 - L_n^2} + \left( R_r - \frac{b_r}{2} - mh_k - 1 \right), \quad (37)$$

$R_n$  – максимальный радиус резания на уровне дна выемки;  $h_k$  – глубина котлована.

#### 5. Величина шага передвижки

Емкость ковша	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,6	2,5	Примечание
Шаг передвижки	1,0	1,1	1,3	1,5	1,75	2,0	2,3	Экскаватор с прямой лопатой
	1,1	1,3	1,4	1,55	1,75	2,0	2,3	Экскаватор с обратной лопатой

#### 6. Эксплуатационные показатели автосамосвалов

Показатели	ГАЗ-93-А	ЗИЛ-205, ЗИЛ-585	МАЗ-205, МАЗ-503	ЯАЗ-222, КрАЗ-222	МАЗ-525	МАЗ-530, БелАЗ-530
Высота транспортного средства, м	1,80	1,89	1,99	2,33	2,50	2,57
Ширина транспортного средства, м	2,10	2,29	2,64	2,70	2,80	2,85

Рекомендуемые типы автомобилей в зависимости от емкости ковша выбранного экскаватора приведены в табл. 1.1, 1.3, прил. 1. Расчет количества самосвала выполняют в следующей последовательности.

Объем грунта в плотном теле в ковше экскаватора

$$V_{гр} = V_k K_{нап} / K_{пр}, \quad (38)$$

где  $V_k$  – объем ковша экскаватора;  $K_{нап}$  – коэффициент наполнения ковша, принимаемый 0,8...0,9 – для "обратной лопаты"; 0,9...1,15 – для "драглайна"; 1,0...1,25 – для "прямой лопаты";  $K_{пр}$  – коэффициент первоначально-го разрыхления.

Масса грунта в ковше экскаватора

$$Q = V_{гр} \gamma, \quad (39)$$

где  $\gamma$  – объемная масса грунта (по [2]), т/м<sup>3</sup>.

Количество ковшей грунта, загружаемых в самосвал

$$n = \Pi_a / Q, \quad (40)$$

где  $\Pi_a$  – грузоподъемность самосвала (табл. 1.1, прил. 1).

Объем грунта в плотном теле, загружаемого в самосвал

$$V_a = V_{гр} n. \quad (41)$$

Потребное количество самосвалов, шт.

$$N = T_{цикла} / t_{погр}, \quad (42)$$

где  $T_{цикла}$  – продолжительность одного цикла работы самосвала, начиная с погрузки и кончая следующей установкой под погрузку, мин;  $t_{погр}$  – время погрузки грунта в самосвал, мин,  $t_{погр} = VH_{вр} / 100$ ,  $H_{вр}$  – норма машинного времени по [2] для погрузки экскаватором 100 м<sup>3</sup> грунта в транспорт, мин

$$T_{цикла} = t_{погр} + 60L / v_{г} + t_{р} + 60L / v_{п} + t_{м}, \quad (43)$$

где  $L$  – расстояние транспортировки грунта, км;  $v_{г}$ ,  $v_{п}$  – средняя скорость автосамосвала в загруженном и порожнем состоянии, км/ч (по табл. 1.3, прил. 1);  $t_{р}$  – время разгрузки (1...2 мин);  $t_{м}$  – время маневрирования (2...3 мин).

### 3.8. Разработка календарного плана производства работ

В курсовом проекте календарный план производства земляных работ выполняется в виде линейного графика на основании калькуляции трудовых затрат и намеченной технологии производства работ.

В целях сокращения сроков производства земляных работ и лучшего использования строительных машин количество рабочих смен в сутки должно быть не менее двух. Исключение могут составлять ручные операции.

Продолжительность выполнения того или иного процесса определяется путем деления нормативных затрат труда на количество рабочих в звене и смен в сутки. Продолжительность выполнения каждой работы обозначается горизонтальной линией. Календарный план производства работ разрабатывается по форме, приведенной в табл. 7.

7. Календарный план производства земляных работ

№ п/п	Наименование работ	Объем работ		Затраты труда человеко-дни (машинно-смен)	Принятые машины и состав звеньев			Количество смен в сутки	Продолжительность работы, дни	Месяцы (рабочие дни)		
		Единица измерения	Количество		Наименование машин, профессия рабочих	Количество рабочих	Разряд			1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		

### 3.9. Разработка мероприятий по безопасному производству земляных работ

Указания по технике безопасности должны быть составлены по основным видам механизированных работ с включением положений безопасной работы скреперов, бульдозеров, экскаваторов и других механизмов, осуществляющих земляные работы.

Все работы должны выполняться в соответствии со СНиП 12-03-2001, 12-04-2002 "Безопасность труда в строительстве".

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Механизированные и ручные земляные работы / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1988. – Вып. 1.

2. Машины для земляных работ. – 3-е изд., перераб. и доп. / Г.В. Кириллов и др. ; под ред. М.Д. Полосина, В.И. Полякова. – М. : Стройиздат, 1994.
3. Методические указания по разработке типовых технологических карт / Госстрой СССР. – М. : ЦНИИ-ОМТП, 1987.
4. Разработка вариантов организации производства строительных работ : метод. указ. / сост. : Е.В. Аленичева, О.Н. Кожухина. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000.
5. СНиП 3.02.01–87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. – М. : Стройиздат, 1989.
6. Технология строительных процессов : в 2 ч. : учебник / В.И. Теличенко и др. – М. : Высш. шк., 2003.
7. Технология строительных процессов : учебник для вузов / А.А. Афанасьев и др. ; под ред. Н.Н. Данилова, О.М. Терентьева. – М. : Высш. шк., 1997.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

#### 1.1. Рекомендуемая грузоподъемность автосамосвалов в зависимости от емкости ковша экскаватора и расстояния транспортирования грунта

Расстояние транспортирования, км	Грузоподъемность самосвалов, т, при емкости ковша экскаватора, м <sup>3</sup>						
	0,4	0,65	1,0	1,25	1,6	2,5	4,6
0,5	4,5	4,5	7	7	10	–	–
1,0	7	7	10	10	10	–	–
1,5	7	7	10	10	12	18	27
2,0	7	10	10	12	18	18	27
3,0	7	10	12	12	18	27	40
4,0	10	10	12	18	18	27	40
5,0	10	10	12	18	18	27	40

#### 1.2. Технические характеристики одноковшовых экскаваторов

Марка	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Радиус копания, м	Глубина копания, м	Высота выгрузки, м	Мощность, кВт	Масса, т	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Расчетная цена эксплуатации машино-ч, р.
<i>Экскаваторы с обратной лопатой</i>								
ЭО-2621В-3	0,25	5,3	4,15	3,2	44	6,1	18	10,2
ЭО-3323А	0,63	7,9	4,8	6,05	55...73	13,8	40	14,4
ЭО-3122А	0,63	8,1	5,2	5,7	55...73	14,3	40	13,3
ЭО-4121	0,65;1,0	9,0	5,8	5	95	19,2	40	12,4
ЭО-4321	0,65;1,0	9,0	5,5	5,6	59	19,2	40	13,5
ЭО-4124Б	1	9,4	6,0	5,0	95,6	25,0	50	18,5
ЭО-5122	1,25; 1,6	9,4	6,0	5,0	125	35,8	60	25,3
"Поклен"75РВ (Франция)	0,77 (0,28... 1)	7,9	4,6	6,2	79,5	14,4	50	16,5
"Поклен"75 СК (Франция)	0,77 (0,22... 1)	7,9	4,85	5,95	58,1	15,4	50	16,5

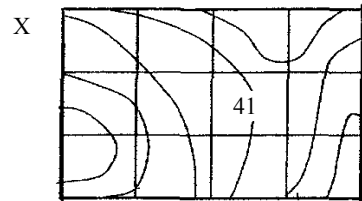
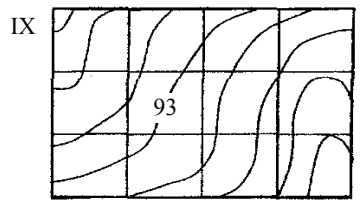
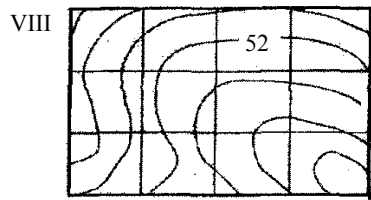
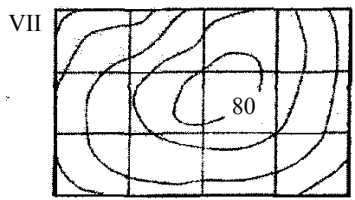
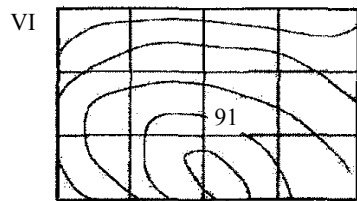
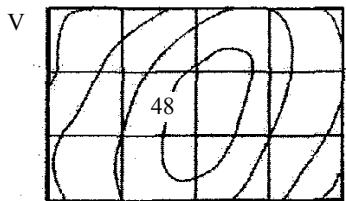
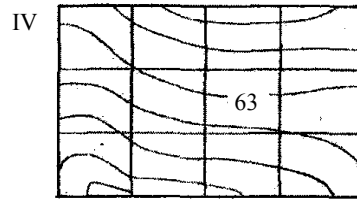
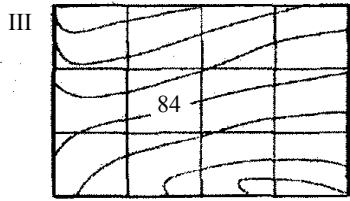
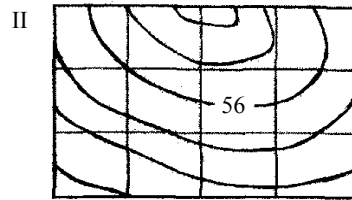
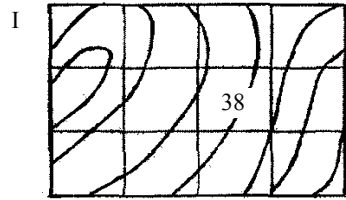
Марка	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Радиус копания, м	Глубина копания, м	Высота выгрузки, м	Мощность, кВт	Масса, т	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Расчетная цена эксплуатации машино-ч, р.
"Либхерр" R-900 (ФРГ)	0,6 (0,18...0,6)	8,8	6,2	5,5	50	15,9	40	26,8
"Либхерр" А-922 (ФРГ)	1 (0,24... 1,3)	9	5,83	6	100	20,9	50	24,1
"Поклен"90Р (Франция)	1,15 (0,23...1,15)	9,2	5,65	6,75	77,3	19	60	23,4
"Хитачи" ИН-123 (Япония)	1 (0,9... 1,4)	10,52	7,2	7,02	121	26,0	60	24,3
<i>Экスカпаторы с прямой лопатой</i>								
ЭО-2621В-3	0,25	5	2,85	2,5	44	5,45	20	10,2
ЭО-3323А	0,63	6,8	7,66	4,2	59	14,5	40	14,4
ЭО-3122	0,63	6,8	7,3	4,1	55...73	14,3	40	13,3
ЭО-4321	0,8	7,4	7,9	5,7	59	19,2	50	13,5
ЭО-4123	0,8	7,4	7,6	4,4	95	18,0	60	16,3
<i>Экスカпаторы-драглайн</i>								
ЭО-3211Е-1	0,45;0,5	11,1	5,3	3,83	37	12,9	30	11
ЭО-4112А	0,65; 1	14,3	6,6	5,3	66	24,5	40	13,6
ЭО-5ШБ	1	16	7,8	5,3	103	32	65	15,4

## 1.3. Технические характеристики автосамосвалов

Модель автомобиля	Вместимость кузова, м <sup>3</sup> /т	Погрузочная высота, м	Скорость движения, км/ч	
			в груженом состоянии	в порожнем состоянии
ГАЗ-САЗ-53Б	4,2/3,5	1,83	30	35
ЗИЛ-ММЗ-555	3,7/5,25	1,25	30	35
МАЗ-503А	3,9/7	2,42	25	30
КамАЗ-5511	9/10	2,18	25	30
КрАЗ-256Б1	6,1/12	2,34	23	27

Схемы площадок





#### 1.4. Технические характеристики бульдозеров

Марка		Базовый трактор	Мощность, кВт	Масса, т	Отвал: длина × × высота, м	Глубина разработки, м	Габариты: длина × ширина × × высота, м	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Стоимость машино-смены, р.
новая	старая								
ДЗ-4	Д-159Б	ДТ-54А	40		2,8×0,8	0,15	4,3×2,8×2,3	200	15,41
ДЗ-71	Д-740	Т-50АП	37	3,1	2,0×0,6	0,2	5,0×2,2×2,4	200	–
ДЗ-37	Д-579	МТЗ-52	41	3,8	2,0×0,7	0,15	6,2×2,3×3,3	200	15,41
ДЗ-29	Д-535	Т-74	55	6,6	2,6×0,8	0,3	4,8×2,5×2,5	280	17,26
ДЗ-42	Д-606	ДТ-75	59	7,3	2,6×0,8	0,3	4,8×2,6×2,7	300	18,45
ДЗ-128	–	ДТ-75	59	7,3	2,6×1,0	0,3	4,8×2,6×2,7	300	–
ДЗ-8	Д-271А	Т-100М	79	13,6	3,2×1,2	1,0	5,3×3,2×3,1	510	25,29
ДЗ-17	Д-492А	Т-100	79	14,0	3,9×1,0	0,5	5,5×3,2×3,1	570	23,31
ДЗ-18	Д-493А	Т-100М	79	13,6	3,9×1,0	0,5	5,5×3,2×3,1	570	23,31
ДЗ-19	Д-494а	Т-100М	79	13,6	3,0×1,3	0,4	5,1×3,2×3,1	570	26,40
–	Д-259	Т-100	79	14,0	4,2×1,1	0,5	5,5×3,2×3,1	570	26,32
ДЗ-53	Д-686	Т-100М	79	14,1	3,2×1,2	1,0	5,5×3,2×3,1	570	26,11
ДЗ-54С	Д-687	Т-100	79	13,7	3,2×1,2	0,4	5,5×3,2×3,1	570	29,05
ДЗ-9	Д-275А	Т-180	132	18,9	3,4×1,4	1,0	6,7×3,4×2,5	900	36,06
ДЗ-24А	Д-521	Т-180	132	18,2	3,4×1,1	1,0	7,0×4,4×2,8	900	37,73
ДЗ-25	Д-522	Т-180	132	17,9	4,4×1,2	0,5	7,0×4,4×2,8	960	42,56
ДЗ-35А	Д-575А	Т-180	132	17,1	3,6×1,3	0,5	6,6×3,9×2,8	960	37,85
–	Д-290	Т-180	132	18,5	4,6×1,3	0,5	8,2×3,4×2,8	1020	36,57
ДЗ-48	Д-661	К-702	155	18,2	3,6×1,2	0,6	7,5×3,6×3,5	1050	–
–	Д-384А	ДЭТ-250	221	31,8	4,5×1,4	0,3	6,9×4,5×3,2	1400	52,68
–	Д-385	ДЭТ-250	221	33,5	4,5×1,4	0,5	8,7×4,2×3,1	1400	52,96
ДЗ-34С	Д-572С	ДЭТ-250	221	31,4	4,5×1,6	0,4	6,9×3,8×3,2	1400	53,79

#### 1.5. Технические характеристики грунтоуплотняющих машин

Марка		Характеристика машины	Базовый трактор	Мощность, кВт	Масса, т	Глубина уплотняемого слоя, м	Ширина уплотняемого слоя, м	Габариты: длина × ширина × × высота, м	Производительность, м <sup>3</sup> /ч
новая	старая								

##### Грамбующие машины на базе бульдозера

ДУ-12В	Д-471В	Навесная	Т-100М	79	6,5	1,2	2,5	5,0×2,5×3,0	100
ДУ-12В	Д-471В	Навесная	Т-130	118	6,5	1,2	2,5	5,0×2,5×3,0	115
цниис-РМЗ	"	Самоходная	Т-110М	79	18,8	1,2	2,8	7,7×3,2×3,1	120

##### Вибролиты

–	Д-604*	–	–	4,4	0,125	0,57	0,66	1,5×1,0×1,0	50
–	Д-605*	–	–	4,4	0,125	0,83	1,0	1,5×1,0×1,0	50
–	Д-639*	–	–	7,4	0,25	0,5	1,2	2,8×1,5×1,5	60
–	Ц-368Б*	–	–	16,9	2,2	1,8	1,4	2,8×1,7×1,5	100
GSD-20*	–	–	–	2,6	0,23	0,3	0,35	1,6×0,4×0,9	30
BSD-31,5*	–	–	–	5,2	1,2	0,75	0,75	2,9×1,4×1,4	45
SVP-12,5*	–	–	–	2,6	0,15	0,4	0,55	1,4×0,8×0,9	55
SVP-25*	–	–	–	4,4	0,27	0,4	0,75	1,5×1,0×1,0	65
VP-31,5/1*	–	–	–	5,2	0,5	0,6	1,0	2,4×1,1×1,1	70
BSD-63*	–	–	–	11	1,4	1,0	0,9	2,9×1,6×1,5	80
SVP-63/1*	–	–	–	11	0,7	0,6	2,0	2,5×1,3×1,4	90

#### 1.6. Расчетная стоимость и себестоимость машино-смены скреперов

Наименование машины		Марка трактора	Емкость ковша, м	Инвентарно-расчетная стоимость машины, тыс. р.	Средняя стоимость машино-смены	Число смен работы машины в году
старое	новое					
<i>Скреперы</i>						
Д-230	–	ДТ-54	2,25	3,9	14,51	250
Д-461	–	ДТ-54	2,75	4,54	17,22	250
Д-458	–	ДТ-54	2,75	5,03	18,86	250
Д-183	–	ДТ-54	2,75	5,07	19,27	250

Д-354	–	ДТ-54	2,75	5,38	20,58	250
Д-373	–	ДТ-54	2,75	9,68	27,06	250
Д-541	–	ДТ-54	3	4,56	17,55	260
Д-541А	ДЗ-30	ДТ-54	3	4,96	19,55	260
Д-569	ДЗ-33	ДТ-54	3	5,99	17,15	260
Д-468	–	МАЗ-533	5	17,6	26,65	270
Д-222	–	С-80	6,5	8,25	16,32	270
Д-374	–	С-80	6	8,5	17,14	270
Д-374А	ДЗ-12А	С-100	6	9,15	21,66	270
Д-498	ДЗ-20	С-100	7	12,62	23,44	280
Д-498А	–	С-100	8	11,68	24,47	280
Д-147	–	С-80	8	12,96	24,60	280
Д-357М	ДЗ-11М	МАЗ-529	8	20,5	36,68	280
Д-357	–	МАЗ-529	9	23,1	46,69	280
Д-523	–	Т-140	10	22,96	36,41	290
Д-213А	ДЗ-5	Т-140	10	27,5	40,67	290
Д-523А	–	Т-180	10	26,12	39,44	290
Д-392	ДЗ-13	БелАЗ-531	15	60,99	80,80	300
Д-511	–	ДЭТ-250	15	70,61	79,21	300

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### 2.1. Варианты заданий

Последняя цифра шифра	Номер площадки	Тип грунта				Предпоследняя цифра шифра	Сечение горизонталей, м	Проектируемый уклон	Разность двух последних цифр шифра	Размер площадки, м	Дальность вывоза грунта, км	Особые условия
		суглинок	супесь	глина	песок							
1	I	*				0	1,0	0,003	0	400×300	1	–
2	II		*			9	0,5	0,004	1	400×200	–	Разработка выемок в декабре
3	III			*		8	0,75	0,002	2	300×200	2	
4	IV				*	7	1,0	0,005	3	250×250	–	–
5	V				*	6	0,5	0,004	4	320×240	3	–
6	VI			*		5	0,5	0,003	5	400×400	–	Разработка выемок в декабре
7	VII		*			4	1,0	0,002	6	500×300	2	
8	VIII	*				3	0,5	0,005	7	300×300	–	–
9	IX	*				2	0,75	0,004	8	400×300	1	Разработка выемок в декабре
0	X		*			1	1,0	0,003	9	200×150	–	