

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный факультет
Кафедра технологии строительного производства

442

**Расчет технологических параметров
и выбор комплекта машин
для вертикальной планировки площадки**

**Методические указания и контрольные задания
для студентов всех форм обучения всех специальностей и направлений,
изучающих следующие технологические дисциплины кафедры:**

**«Основы строительного дела»,
«Основы строительного производства»,
«Основы технологии строительства»,
«Технология строительства»,
«Технологические процессы в строительстве»,
«Технология строительного производства»,
«Технологии строительных процессов».**

Воронеж – 2015

УДК 69.05(07)

Составители: А. Н. Василенко, А. Н. Ткаченко, А. А. Арзуманов,
И. Е. Спивак, В. П. Радионенко, С. И. Матренинский,
Ю. Г. Трухин

Расчет технологических параметров и выбор комплекта машин для вертикальной планировки площадки : Методические указания и контрольные задания для студентов всех форм обучения, специальностей и направлений / Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; Сост.: А. Н. Василенко, А. Н. Ткаченко, А. А. Арзуманов [и др.]. - Воронеж, 2015. – 44 с.

Электронное издание (*.pdf) - <http://edu.vgasu.vrn.ru>

Даны контрольные задания для проведения лабораторных работ и практических занятий, методические указания по их выполнению с примерами расчетов технологических параметров и принятыми в практике строительства схемами движения землеройно-транспортных и уплотняющих машин.

Предназначены для студентов всех форм обучения всех специальностей и направлений, изучающих технологические дисциплины по кафедре технологии строительного производства.

Возможно также использование материалов методических указаний при разработке соответствующих технологических карт в дипломном проекте.

Ил. 28. Табл. 6. Библиогр.: 12 назв.

Публикуется по решению редакционно-издательского совета
Воронежского ГАСУ.

**Рецензент - Л. В. Болотских, к.т.н., доцент, доцент кафедры
организации строительства, экспертизы и управления
недвижимостью Воронежского ГАСУ**

Введение

Успешное решение задач капитального строительства в значительной степени зависит от дальнейшего совершенствования технологии строительных процессов. Поэтому инженеру-строителю необходимо знать и уметь применять на практике основы технологии производства различных видов строительных работ, в том числе при вертикальной планировке площадки.

Целью расчетно-графической работы (РГР) является закрепление навыка чтения рельефа местности по горизонталям, изучение методик определения черных, планировочных, красных и рабочих отметок, построение картограммы земляных масс, определения объемов грунта, среднего расстояния их перемещения, нормирование технологического процесса и выбора комплекта машин для вертикальной планировки строительной площадки.

Задания для РГР составлены таким образом, чтобы каждый студент мог самостоятельно рассчитать необходимые технологические параметры и разработать рациональные схемы движения землеройно-транспортных и уплотняющих машин.

Студентам также предложен вариант определения отметок, объемов и технологических параметров с применением вычислительной техники (прил. 7).

1. Правила выполнения и оформления расчетно-графической работы

При выполнении РГР следует соблюдать следующие правила:

1. РГР должна выполняться только после изучения соответствующего теоретического курса.
2. РГР следует излагать со всеми расчетными краткими пояснениями и ссылками на учебно-методическую и нормативно-справочную литературу.
3. Пояснительная записка к работе должна быть оформлена аккуратно на листах формата А-4 или в тетради; текстовая часть - в компьютерном (можно рукописном) исполнении; схемы рельефа площадки, картограммы земляных масс и производства работ могут быть представлены на листах миллиметровки с указанием всех обозначений.
4. Страницы, рисунки и таблицы должны быть пронумерованы. В конце работы приводится список использованной литературы.
5. Титульный лист оформляется в соответствии с существующими требованиями.

2. Задания для расчетно-графической работы (РГР)

Задание на выполнение РГР выдается каждому студенту преподавателем в соответствии с нижепредставленными вариантами:

Варианты заданий к расчетно-графической работе

Первая римская цифра варианта указывает номер строительной площадки (вар. I - XVI); вторая – ее размеры; третья (буква) – вариант направления и величины уклонов; четвертая (заглавная буква) – тип грунта. Цифрой на схеме площадки обозначен номер горизонтали.

Пример: Вариант - I.1.а.С (площадка I, размером 300 x 400 м. с уклонами $i_1=0,003$ и $i_2=0,002$; грунт – суглинок.)

Размеры строительной площадки:

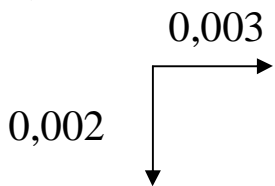
1. 300 x 400 м;
2. 240 x 320 м;
3. 210 x 280 м;
4. 180 x 240 м;
5. 150 x 200 м.

Типы грунта:

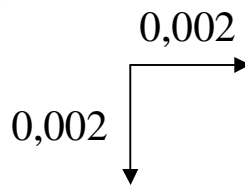
- С – суглинок;
П – песок;
Г – глина;
СП – супесь.

Уклоны:

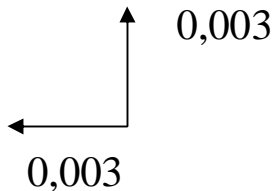
а)



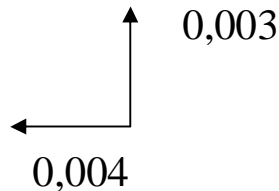
б)



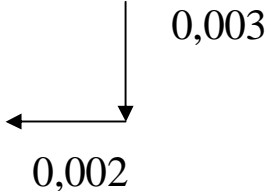
в)



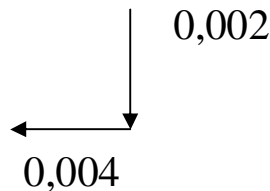
г)



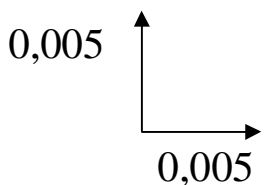
д)



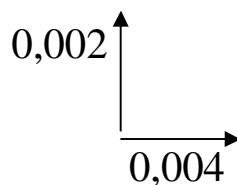
е)



ж)



з)



3. Методические указания к выполнению РГР

3.1. Общие положения

Вертикальная планировка площадки с организацией стока поверхностных вод относится к работам подготовительного периода и состоит из срезки возвышенностей, выравнивания подсыпкой грунта впадин и перемещений грунта, в результате чего площадка получает проектные уклоны.

Планировочные и земляные работы следует осуществлять исходя из обеспечения условия, при котором объем перемещаемого грунта и дальность перемещения должны быть наименьшими.

До начала планировочных работ с помощью геодезических приборов и инструментов производят разбивку строительной площадки в плане и профиле на элементарные фигуры, в углах которых устанавливают разбивочные знаки (колышки). При разбивке используют план площадки с горизонталями, имеющими превышение 0,5-1 м, на который наносится сетка квадратов со стороной от 10 до 100 м. Размер стороны квадрата определяется рельефом местности (до 100 м – при спокойном; до 50 м - при сложном) и количеством горизонталей, проходящих через квадрат (не более 2-х). В вершинах углов каждого квадрата определяют отметки местности ($H_{ч}$) и отметки плоскости планировки ($H_{кр}$) относительно уровня Балтийского моря (УБМ). Разность этих двух отметок является рабочей отметкой планировки ($\pm h$).

Отметки точек поверхности земли выше плоскости планировки считаются положительными и обозначаются знаком «+», находящейся ниже ее – считаются отрицательными и обозначаются знаком «-». Знак рабочей отметки «+» означает излишек грунта и требует срезки, «-» означает недостаток грунта и требует подсыпки (рис. 1).

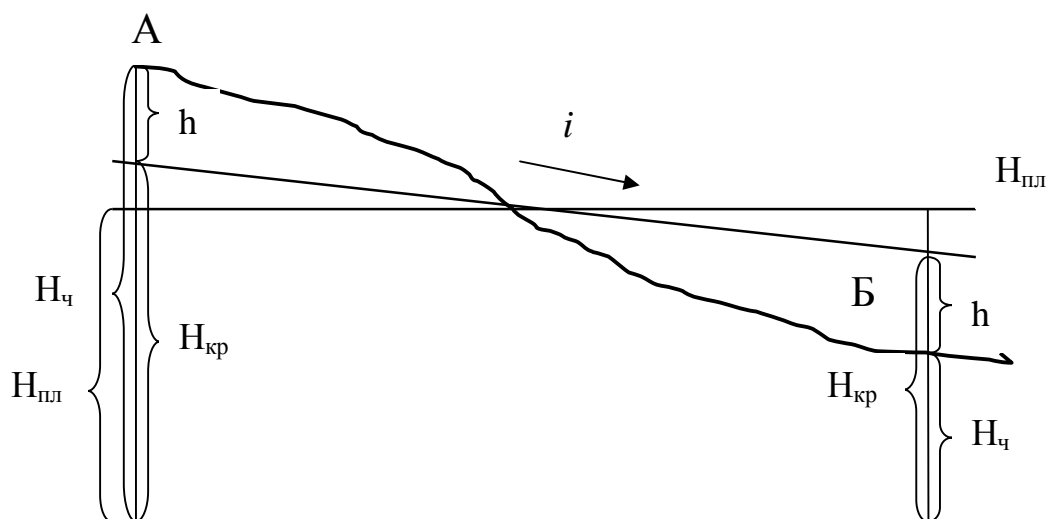


Рис.1. Профиль планировочных работ строительной площадки:
А и Б – точки вершин квадратов на выемке и насыпи соответственно

3.2. Определение черных отметок

Для расчета черных отметок (абсолютных отметок над УБМ) в вершинах квадратов на плане площадки с горизонталями определяют наименьшие расстояния от соответствующей вершины до ближайшей горизонтали (c) и между ближайшими к вершине горизонталями (d)(рис.2).

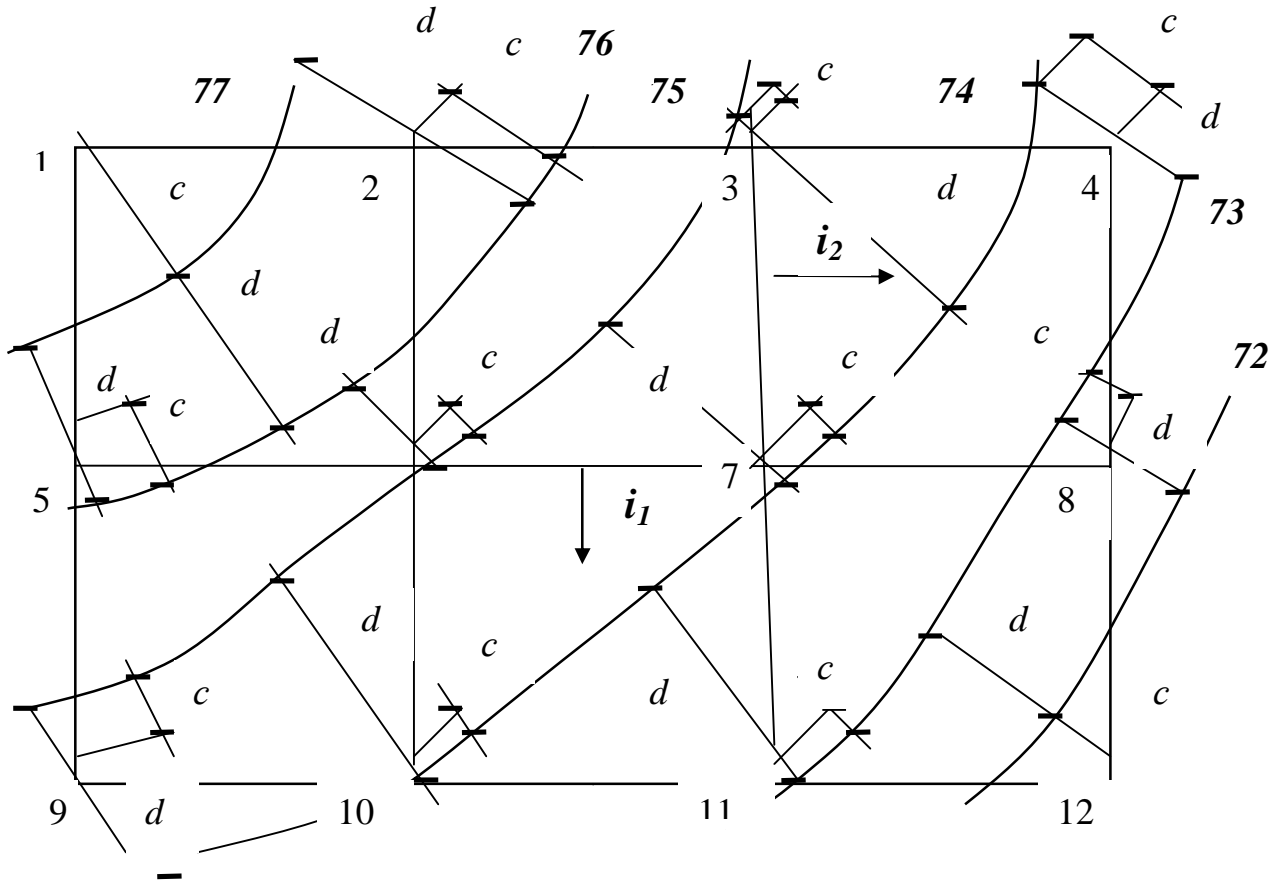


Рис. 2. Разбивка строительной площадки на квадраты

Все характерные точки (вершины квадратов) располагаются либо за пределами имеющихся на площадке горизонталей (т.1, т.12), либо между горизонталями (т.2,3,4,5 и т. д.). Исходя из этого, черные отметки определяются методами линейной интер- или экстраполяции соответственно (рис.3).

Расчет черных отметок следует выполнять с точностью до второго знака и надписывать значения в верхнем правом углу вершины.

$H_{ч}$ показать на плане площадки с горизонталями (миллиметровка).

В РГР – схема №1 – План площадки с горизонталями и черными отметками.



$$\frac{1}{d} = \frac{x}{c}$$

$$dx = c; \quad x = c/d$$

$$H_{\text{ч}}^x = (77 + x)M$$

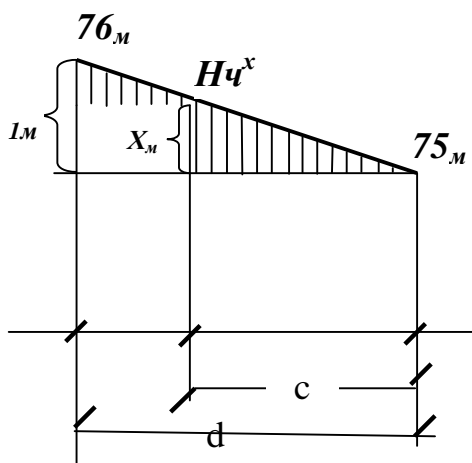
$$\frac{1}{d} = \frac{x}{c}$$

$$dx = c; \quad x = c/d$$

$$H_{\text{ч}}^x = (72 - x)M$$

Т.6

В)



$$\frac{1}{d} = \frac{x}{c}$$

$$dx = c; \quad x = c/d$$

$$H_{\text{ч}}^x = (75 + x)M$$

Рис.3. Определенте черных отметок:
а,б - метод экстраполяции; в - метод интерполяции

3.3.Определение планировочной отметки

В практике строительства встречаются два варианта установления планировочной отметки:

1 вариант – $H_{пл}$ может быть задана проектом.

2 вариант – определена в процессе проектирования из условия «нулевого баланса».

В первом варианте, как правило, не образуется равенства объемов срезаемого и подсыпаемого грунта. Его можно увозить с площадки (если выемка больше насыпи) или привозить на площадку (если выемка меньше насыпи).

Во втором варианте, когда планировочная отметка определяется из условия равенства объемов выемки и насыпи (нулевого баланса), грунт не вывозится и не завозится, а распределяется по площадке. В этом случае планировочная отметка определяется как средняя черная отметка вершин квадратов ($H_{пл}^{\square}$) или треугольников ($H_{пл}^{\triangle}$)

$$H_{пл}^{\square} = \frac{\Sigma H_1 + 2 \Sigma H_2 + 4 \Sigma H_4}{4n}, \quad (1)$$

$$H_{пл}^{\triangle} = \frac{\Sigma H_1 + 2 \Sigma H_2 + 3 \Sigma H_3 + 4 \Sigma H_4 + 5 \Sigma H_5 + 6 \Sigma H_6 + 7 \Sigma H_7 + 8 \Sigma H_8}{6n}, \quad (2)$$

где n – количество квадратов на площадке для формул (1) и (2),

$\Sigma H_1; \Sigma H_2; \dots; \Sigma H_8$ – сумма черных отметок вершин квадратов, принадлежащих одному, двум, ..., восьми квадратам или одному, двум, трем, четырем, пяти, шести, семи, восьми треугольникам соответственно.

Для определения $H_{пл}$ по треугольникам квадраты следует диагоналями разделить на треугольники. При этом направление диагоналей должно (по возможности) совпадать с направлением горизонталей.

Как правило, черные отметки в углах площадки принадлежат одному квадрату или одному и двум треугольникам; по периметру площадки – двум квадратам или трем треугольникам; посередине – четырем квадратам или шести треугольникам.

В РГР планировочная площадка должна быть определена двумя способами: по квадратам и треугольникам. В случае незначительного расхождения значений $H_{пл}$ в дальнейших расчетах применять наименьшую величину.

3.4. Определение красных отметок

Красной отметкой ($H_{кр}$) называется планировочная отметка с учетом уклонов, которые создаются для стока ливневых и паводковых (сезонных) вод.

Красная отметка может быть определена по формуле

$$H_{кр} = H_{пл} \pm i_1 l_1 \pm i_2 l_2, \quad (3)$$

где i_1, i_2 – заданные уклоны,

l_1, l_2 – расстояния от вершин квадратов до условных осей симметрии строительной площадки.

Условные оси симметрии назначают посередине площадки перпендикулярно направлению уклонов (рис.4).

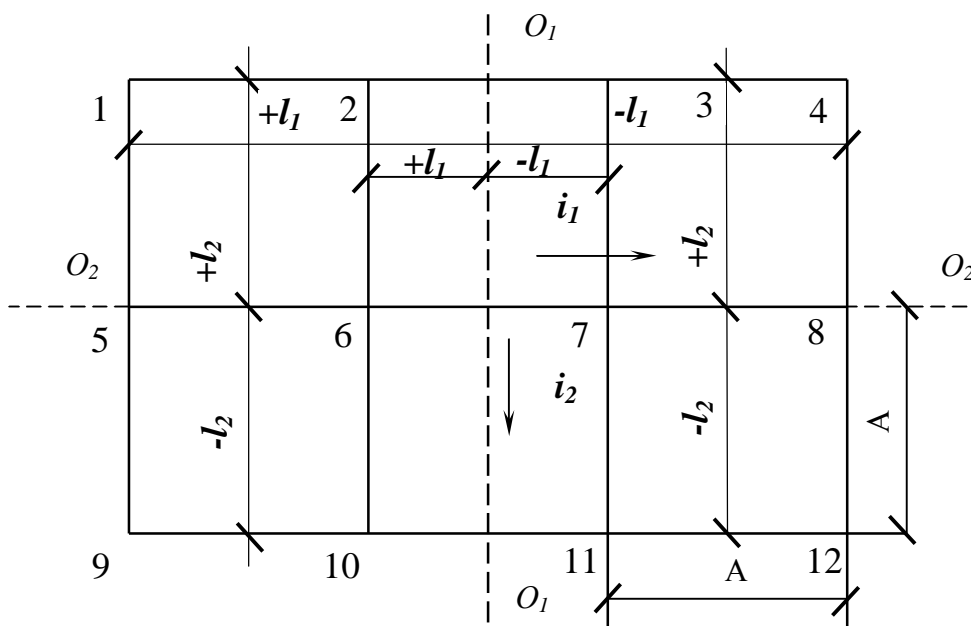


Рис. 4. Определение красных отметок

Направление стрелки уклона показывает направление стока воды, а оси симметрии устанавливают в формуле (3) знаки «+» или «-» (от оси симметрии по направлению стрелки «-», в противоположном направлении «+»).

Надписывается красная отметка в нижнем правом углу, рассчитывается с точностью до второго знака. Значения красных отметок показывают на миллиметровке (в РГР – схема №2 – План площадки с отметками).

3.5. Определение рабочих отметок

Рабочие отметки (h_p) определяются как разность между черными ($H_ч$) и ($H_{кр}$) отметками вершин квадратов или треугольников:

$$\pm h_p = H_ч - H_{кр},$$

и показывают толщину слоя срезаемого или отсыпаемого грунта.

Рабочая отметка, полученная со знаком «плюс», указывает на необходимость срезки грунта («лишний» грунт – выемка), со знаком «минус» – на устройство подсыпки (недостаток грунта – насыпь).

Надписывается рабочая отметка в верхнем левом углу:

$$\begin{array}{c|c} \pm h_p & H_{\text{ч}} \\ \hline N & H_{\text{кр}} \end{array}$$

Черные, красные и рабочие отметки показать на схеме площадки без горизонталей (миллиметровка) – схема №2.

3.6. Определение нулевых точек и построение картограммы распределения земляных масс

Между двумя вершинами квадратов с рабочими отметками разного знака всегда находится точка, в которой рабочая отметка равна нулю. В этой точке не производят земляных работ. Расстояние от этой точки до вершин квадратов, имеющих соответствующие рабочие отметки (например, h_1 и h_2) с разными знаками, находят по пропорциональности сторон подобных треугольников. Знаки при этом не учитываются.

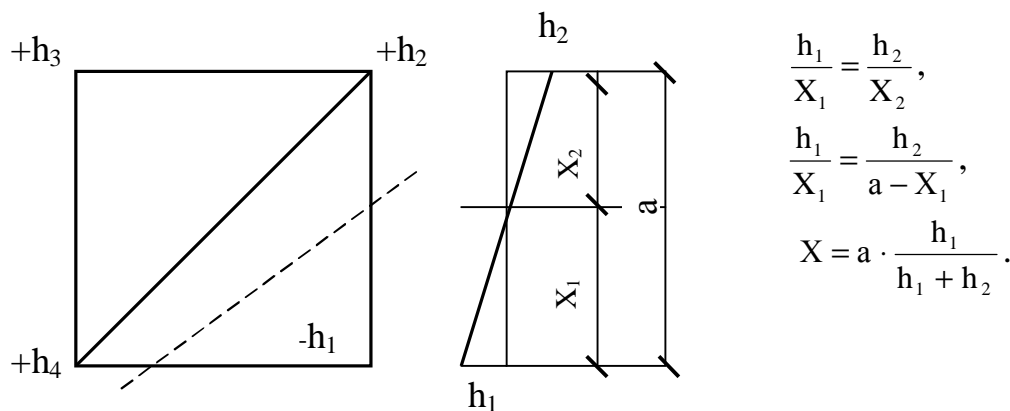


Рис. 5. Определение нулевых точек

Исходя из этого, нулевые точки находят по картограмме распределения земляных масс, которая строится на сетке квадратов по вычисленным ранее рабочим отметкам с учетом знаков.

При построении картограммы величины рабочих отметок откладываются от вершин квадратов по направлению линий нивелировочной сетки вверх и вправо для выемок (h_p со знаком «+») и вниз и влево для насыпей (h_p со знаком «-»). Для наглядности масштаб рабочих отметок в 10 раз больше масштаба нивелировочной сетки. После этого прямыми линиями соединяют точки, лежащие на вертикальных, потом на горизонтальных сторонах квадратов. В

местах пересечения линий картограммы со сторонами квадратов находятся нулевые точки, соединив которые получают линию нулевых работ.

Линия нулевых работ (ЛНР) является границей между выемкой и насыпью (рис. 6) и повторяет характер горизонталей.

В случае максимального приближения нулевой точки к вершине квадрата следует «спрямить» ЛНР, проведя ее непосредственно в вершину.

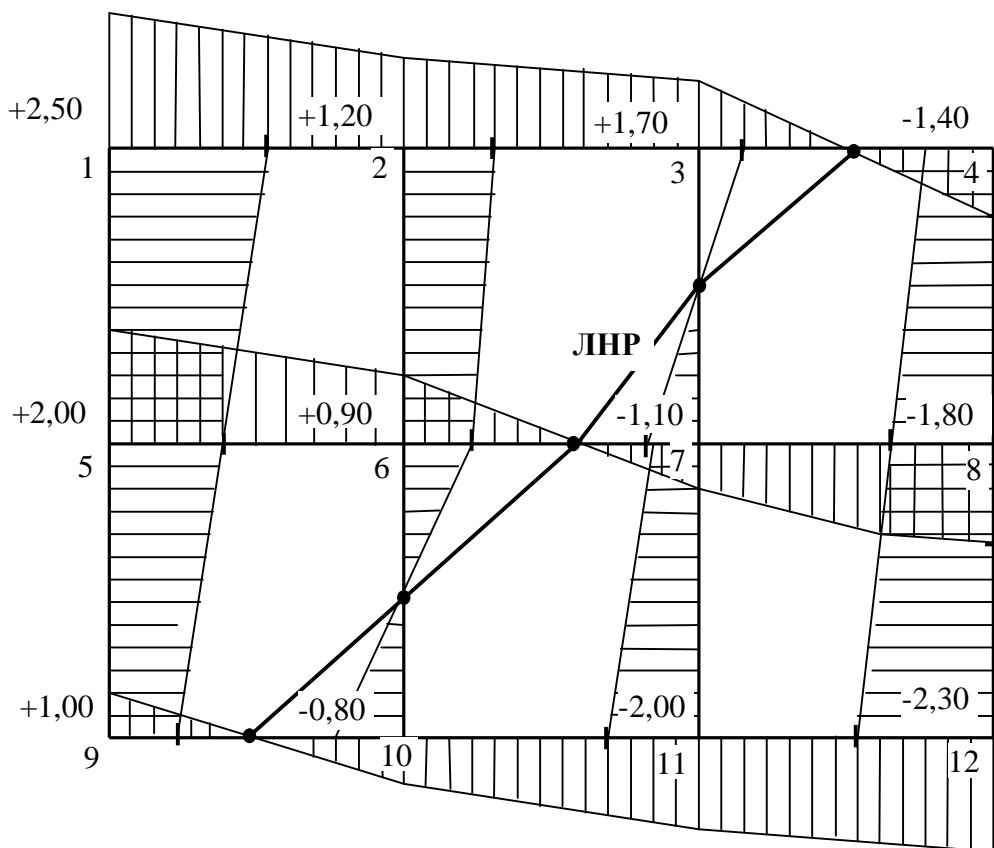


Рис. 6. Построение линии нулевых работ (картограмма распределения земляных масс)

В РГР построение ЛНР оформить схемой №3 – Построение картограммы земляных масс.

3.7. Определение объемов земляных работ при вертикальной планировке

Подсчет объемов земляных работ при вертикальной планировке площадки можно производить с помощью ЭВМ или вручную отдельно для выемки и насыпи. Принцип подсчета остается одним и тем же.

Чаще всего объемы грунта в выемках и насыпях определяются двумя методами: а) методом трехгранных призм; б) методом четырехгранных призм.

Первый предпочтительнее при сложном рельефе местности и условии более точного определения объема земляных масс.

Для удобства подсчета призм нумеруются (рис.7).

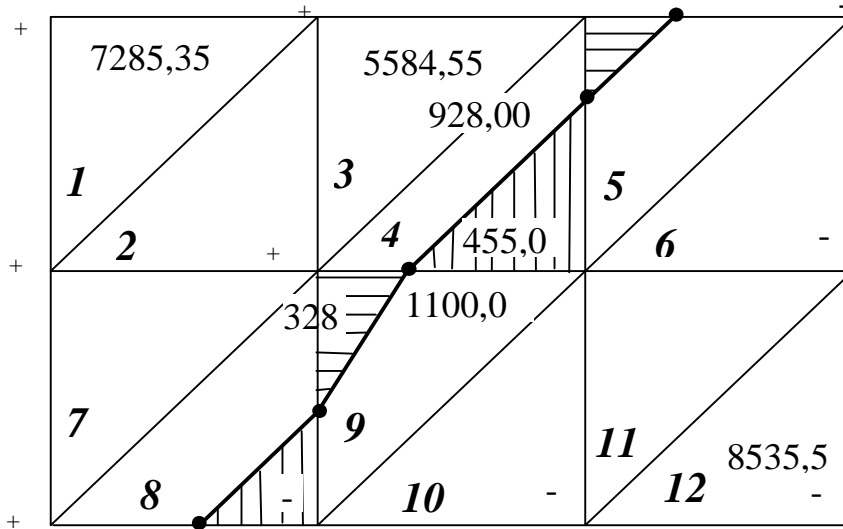
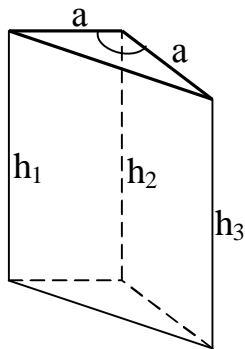


Рис. 7. Определение объемов грунта (заштрихованы основания пирамид)

а) Метод трехгранных призм

Если знаки рабочих отметок в вершинах треугольников одинаковы, то призм, образованные ими, называются рядовыми (однородными) или «чистыми». Эти объемы принадлежат либо только выемке, либо только насыпи (рис. 8)



Объемы выемки (или насыпи) в этом случае определяются по формуле

$$\begin{aligned} \pm V_{в(н)} &= S_{\text{осн}} \cdot h_{\text{ср}} = \frac{a \cdot a}{2} \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} = \\ &= \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3), \end{aligned} \quad (4)$$

Рис. 8. «Чистая» призма

где $S_{\text{осн}}$ – площадь основания треугольной призмы, м^2 ;
 $h_{\text{ср}}$ – средняя рабочая отметка, м;
 a – сторона квадрата, м;
 h_1, h_2, h_3 – рабочие отметки в вершинах треугольника, м.

Знак «+» или «-» указывает на принадлежность данного объема к выемке (+) или насыпи (-).

Если треугольники пересекаются линией нулевых работ и в их вершинах отметки с разными знаками (две отметки имеют одинаковые знаки, одна – противоположный), то призмы, образованные ими, называют переходными или смешанными (рис.9), расположенными на выемке и насыпи одновременно.

В смешанных призмах объемы выемок или насыпей определяют по площадям оснований и средним рабочим отметкам.

В этом случае сначала определяется алгебраическая сумма, которая показывает, на какую величину выемка больше или меньше насыпи в данной смешанной призме – объем баланса (V_6).

$$\pm V_6 = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3), \quad (5)$$

где h_1, h_2, h_3 – рабочие отметки в вершинах смешанного треугольника с учетом знаков.

Если «+» - больше выемки, если «-» - насыпи.

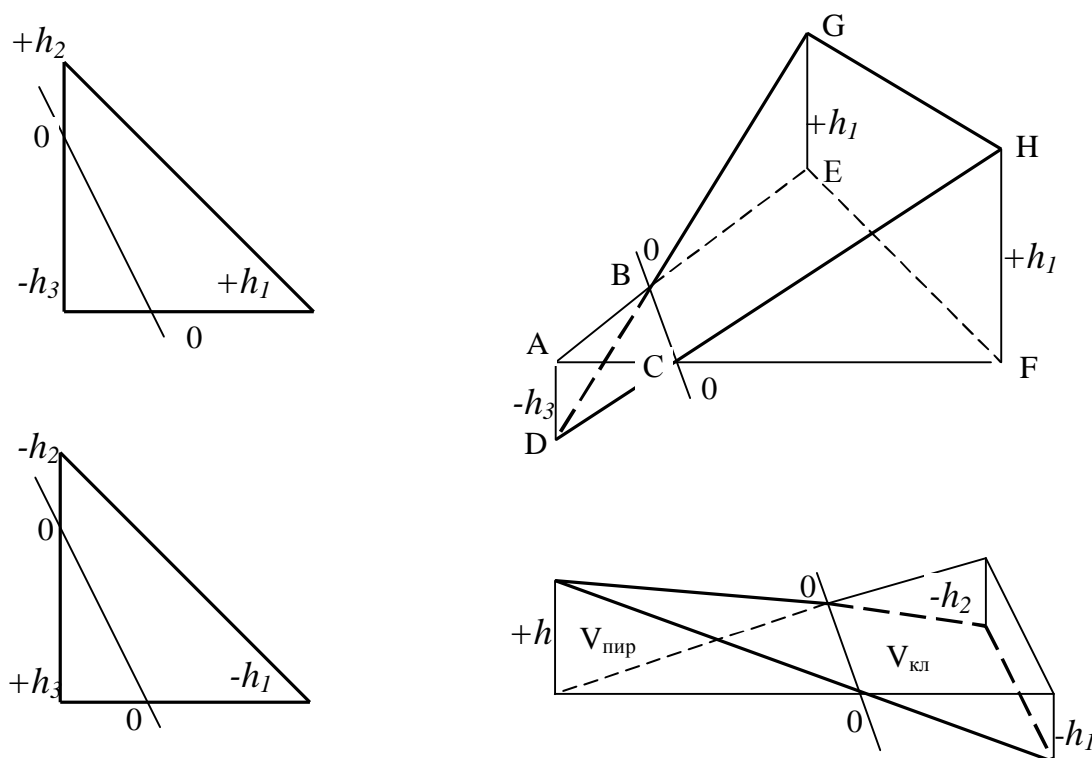


Рис. 9. «Переходная» призма:

$АЕГ$ - планировочная плоскость; BC – нулевая линия; $АВСД$ – трехгранная пирамида, образованная отсекаемой частью призмы и имеющая высоту, равную рабочей отметке со знаком, противоположным двум другим; $ВСЕFGH$ – клин, основанием которого является многоугольник (неправильный четырехугольник) и рабочие отметки с одинаковыми знаками

Затем определяется объем пирамиды ($V_{\text{пир}}$), отсекаемой линией нулевых работ (BC) по формуле

$$\pm V_{\text{пир}} = \frac{a^2}{6} \cdot \frac{\pm h_3^3}{(h_3 + h_1) \cdot (h_3 + h_2)}, \quad (6)$$

где h_3 – рабочая отметка единственной из вершин треугольника, имеющая знак, противоположный двум другим вершинам, и принимаемая с учетом знака.

В знаменателе знаки рабочих отметок не учитываются (принимаются по абсолютной величине).

Объем другой части «переходной» (смешанной призмы) – клина ($V_{\text{кл}}$) определяется как разность между общим объемом (V_6) и объемом пирамиды ($V_{\text{пир}}$) с учетом знаков:

$$\pm V_{\text{кл}} = V_6 - V_{\text{пир}}. \quad (7)$$

Знаки «+» или «-» во всех случаях указывают на принадлежность определяемого объема к выемке или насыпи соответственно.

Подсчет объемов производится отдельно для чистых и смешанных призм, и результаты расчета оформляются в РГР схемой №4 – *Определение объемов грунта*. Пример расчета объемов грунта представлен в прил. 1. Расчеты можно вести также и в табличной форме (прил. 2).

После этого определяются суммарные объемы выемки ($V_{\text{в}}^{\text{пл}}$) и насыпи ($V_{\text{н}}^{\text{пл}}$) на площадке:

$$\begin{aligned} V_{\text{в}}^{\text{пл}} &= V_1 + V_3 + V_7 + V_4^{\text{кл}} + V_5^{\text{пир}} + V_8^{\text{кл}} + V_9^{\text{пир}}, \\ V_{\text{н}}^{\text{пл}} &= V_6 + V_{10} + V_{11} + V_{12} + V_4^{\text{пир}} + V_5^{\text{кл}} + V_8^{\text{пир}} + V_9^{\text{кл}}. \end{aligned} \quad (8)$$

б) Метод четырехгранных призм

В этом случае объем земляных работ определяется по площадям оснований и средним рабочим отметкам для квадрата в целом (рис. 10, а) или для каждой части квадрата (рис. 10, б, в)

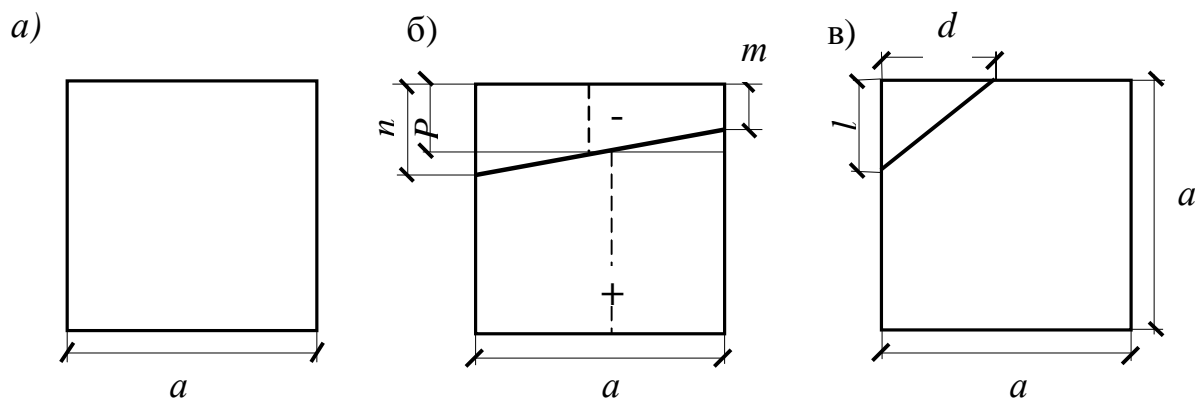


Рис. 10. «Чистые» и «переходные» призмы

Объем чистой четырехгранной призмы определяется по формуле

$$\pm V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4). \quad (9)$$

Если квадрат в клане разбит на две трапеции (рис.10,б), то объем насыпи и выемки определяют по формулам

$$\begin{aligned} V_{\text{н}} &= F_{\text{тр}} \cdot h_{\text{ср}} = a \cdot P_{\text{н}} \cdot h_{\text{ср.н}}; \\ V_{\text{в}} &= F_{\text{тр}} \cdot h_{\text{ср}} = a \cdot P_{\text{в}} \cdot h_{\text{ср.в}}; \end{aligned} \quad (10)$$

где $F_{\text{тр}}$ – площадь основания (трапеции);

$P_{\text{н}}, P_{\text{в}}$ – длина средней линии трапеции в насыпи и выемки соответственно.

$$P_{\text{н,в}} = \frac{n+m}{2}.$$

Если квадрат разбит линией нулевых работ на прямоугольный треугольник и пятиугольник, то объем каждой части определяется по формулам

$$\begin{aligned} V_3 &= \frac{d \cdot l}{2} \cdot h_{\text{ср.3}}, \\ V_5 &= \left(a^2 - \frac{dl}{2} \right) \cdot h_{\text{ср.5}}, \end{aligned} \quad (11)$$

где V_3, V_5 - объемы треугольной пирамиды и пятиугольной призмы,

d и l - катеты основания треугольной пирамиды,

$h_{\text{ср.3}}, h_{\text{ср.5}}$ - средняя рабочая отметка треугольной пирамиды и пятиугольной призмы соответственно, считая и нулевые.

После определения объемов всех фигур, расположенных на выемке и насыпи, их суммируют ($V_{\text{в}}^{\text{ккл}}$) и ($V_{\text{н}}^{\text{ккл}}$) и определяют процент погрешности из условия

$$\frac{V_{\text{в}}^{\text{ккл}} - V_{\text{н}}^{\text{ккл}}}{V_{\text{н}}^{\text{ккл}}} \cdot 100 \leq 5\% \quad (12)$$

или

$$\frac{V_{\text{н}}^{\text{пл}} - V_{\text{в}}^{\text{пл}}}{V_{\text{в}}^{\text{пл}}} \cdot 100 \leq 5\% .$$

3.8. Определение объемов грунта в откосах площадки

После подсчета основных объемов следует определить объемы земляных работ в откосах площадки (рис. 11). Крутизна откосов площадки принимается по СНиП III-4-80* [3] или СНиП 3.02.01-87 [2].

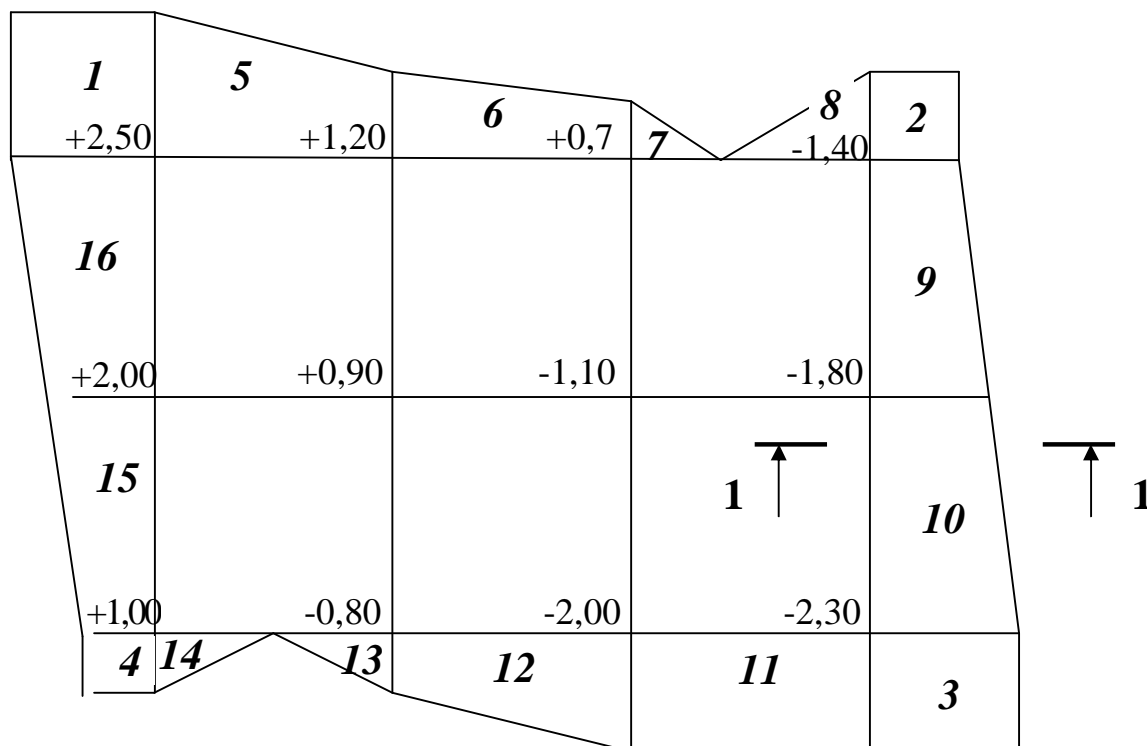
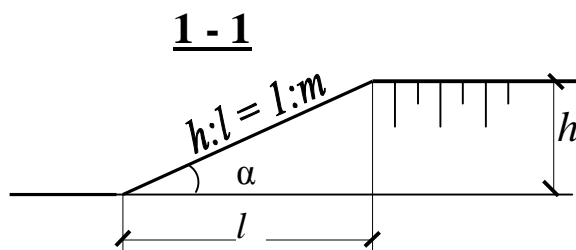


Рис.11. Построение откосов

Суммарный объем грунта в откосах выемки или насыпи, расположенных по периметру планируемой площадки, можно подсчитать по приближенной формуле

$$V_{\text{отк}} = \left(\frac{\Sigma h}{n} \right)^2 \cdot \frac{\Sigma L \cdot m}{2}, \quad (13)$$

где Σh – сумма рабочих отметок, расположенных по периметру выемки или насыпи, м;

ΣL – длина основания всех откосов выемки или насыпи, м;

n – количество рабочих отметок по периметру выемки или насыпи, считая и нулевые точки;

m – коэффициент откоса (с учетом атмосферных воздействий принимать равным 1).

Объемы откосов показать в РГР на схеме №4. Более подробный подсчет объемов грунта в откосах смотреть в прил. 3.

3.9. Подсчет увеличения объемов грунта в выемке (или уменьшения в насыпи) за счет остаточного разрыхления

При планировании площадки следует подсчитать объем грунта, полученный за счет остаточного разрыхления, показывающего невозможность уплотнения насыпи различными машинами и механизмами до состояния естественной плотности. Это приводит к образованию объема, который оценивается при назначении требуемых объемов выемки ($V_{тр}^B$) и насыпи ($V_{тр}^H$).

$$V_{тр}^B = V_B^{общ} \cdot K_{ор} \text{ или } V_{тр}^H = V_H^{общ} / K_{ор}; \quad (14)$$

где $K_{ор}$ – коэффициент остаточного разрыхления, определяется по формуле $V_{р.упл} / V_{пл.т.}$, устанавливается по ЕНиР Е2, вып. 1, прилож. 2 [5].

3.10. Составление балансовой ведомости объемов грунта и корректировка планировочной отметки

Все вычисления по определению объемов грунта сводятся в таблицу балансовой ведомости земляных масс (табл. 1).

Таблица 1
Балансовая ведомость земляных масс

Наименование	Объем	
	Выемка (+)	Насыпь (-)
1. Основной объем в трехгранных или четырехгранных призмах	$V_B^{пл}$	$V_H^{пл}$
2. Объем грунта в откосах	$V_B^{отк}$	$V_H^{отк}$
3. Увеличение объема за счет остаточного разрыхления $V_B \cdot \alpha^*$	$V_{доп}$	
Итого	А	Б
Баланс = А – Б (\pm)		

* α % - увеличение объема за счет разрыхления.

Баланс представляет собой разность между общими объемами выемки и насыпи и показывает, сколько надо вывезти лишнего (избыточного – «+») или

подвезти недостающего («-») грунта. В случае равенства объемов получится так называемый «нулевой баланс».

В практике строительства и теоретических расчетах допускается расхождение объемов выемки и насыпи не более чем на 5%. Следует еще раз рассчитать точность нулевого баланса:

$$\frac{A - B}{A} \cdot 100 \leq 5\% , \quad (15)$$

где A – общий объем выемки, который учитывает объем грунта на площадке и в откосах с учетом дополнительного грунта, полученного за счет остаточного разрыхления,

B - общий объем насыпи, учитывающий объем грунта на площадке и в откосах.

Если расхождение превышает 5%, то планировочную отметку изменяют на величину ΔH_1 , которую определяют по формуле

$$\Delta H_1 = \pm \frac{\Delta V}{F} , \quad (16)$$

где ΔV – разница в объемах выемки и насыпи, м^3 ;

F - площадь планируемой площадки, м^2 .

Изменив планировочную отметку, следует повторить все расчеты.

Если не изменять планировочную отметку, то лишний грунт можно вывезти, а недостающий завести.

При планировке площадки по заданной отметке также могут образовываться излишки или недостатки грунта. В этом случае нужно использовать кавальеры (места отсыпки лишнего грунта) или резервы (массив для недостающего объема), расположенные за пределами площадки. Объемы кавальера ($V_{\text{кав}}$) и резерва ($V_{\text{рез}}$) определяются соответственно по формулам

$$V_{\text{кав}} = V_{\text{в}}^{\text{общ}} - V_{\text{н}}^{\text{общ}}/K_{\text{ор}}, \quad V_{\text{рез}} = V_{\text{н}}^{\text{общ}}/K_{\text{ор}} - V_{\text{в}}^{\text{общ}} . \quad (17)$$

3.11. Определение среднего расстояния перемещения грунта

Основным критерием выбора землеройно-транспортных и землеройных машин для вертикальной планировки площадки является среднее расстояние перемещения грунта ($L_{\text{ср}}$). Для рационального выполнения планировочных работ необходимо составить план распределения земляных масс, исключая повторные перевалы грунта и предусматривающий доставку грунта из выемки в насыпь кратчайшими путями.

Это означает, что при выборе комплекта машин для планировки с нулевым балансом следует стремиться к минимальным перемещениям грунта, то есть таким, когда сумма произведений объемов выемок на среднее расстояние перемещения грунта была бы минимальна.

На свободных площадках средним расстоянием перемещения грунта принято считать расстояние между центрами тяжести выемки и насыпи. При частично застроенных площадках среднее расстояние перемещения грунта определяют с учетом местных условий, рельефа, расположения существующих дорог и т.п.

Центры тяжести участков выемок и насыпей можно определить аналитическим, графоаналитическим и графическим способами.

При аналитическом способе координаты центров тяжести выемок и насыпей вычисляются с помощью статических моментов объемов, взятых относительно координатных осей, за которые принимают линии границ планируемой площадки.

$$\left\{ \begin{array}{l} X_B = \frac{\sum V'_B \cdot x'_B}{\sum V'_B}, \\ Y_B = \frac{\sum V'_B \cdot y'_B}{\sum V'_B}, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} X_H = \frac{\sum V'_H \cdot x'_H}{\sum V'_H}, \\ Y_H = \frac{\sum V'_H \cdot y'_H}{\sum V'_H}, \end{array} \right. \quad (18)$$

где X_B, Y_B – координаты центра тяжести выемки,

X_H, Y_H – координаты центра тяжести насыпи,

V'_B, V'_H – объем грунта в трех или четырехгранных призмах (объемы элементарных фигур),

x'_B, y'_B, x'_H, y'_H – координаты центров тяжести треугольников или квадратов (элементарных фигур, определенных графическим способом).

Среднее расстояние между центрами тяжести выемки и насыпи находят по формуле

$$L_{cp} = \sqrt{(X_H - X_B)^2 + (Y_H - Y_B)^2} \quad (19)$$

Схема определения среднего расстояния перемещенных грунтов представлена на рис. 12.

Координаты центров тяжести треугольников (или квадратов) определяют графически как точку пересечения медиан (для треугольников) или диагоналей (для квадратов).

В трапециях (основаниях клиньев) центр тяжести можно определить следующим образом:

- разделить трапеции произвольно на два треугольника (4, ' 4", 9, ' 9" и т.д.);
- объем клина по призмам 4, ' 4", 9, ' 9" и т.п. разделить визуально;
- центр тяжести в каждом из вышеперечисленных треугольников найти аналогично рядовым призмам.

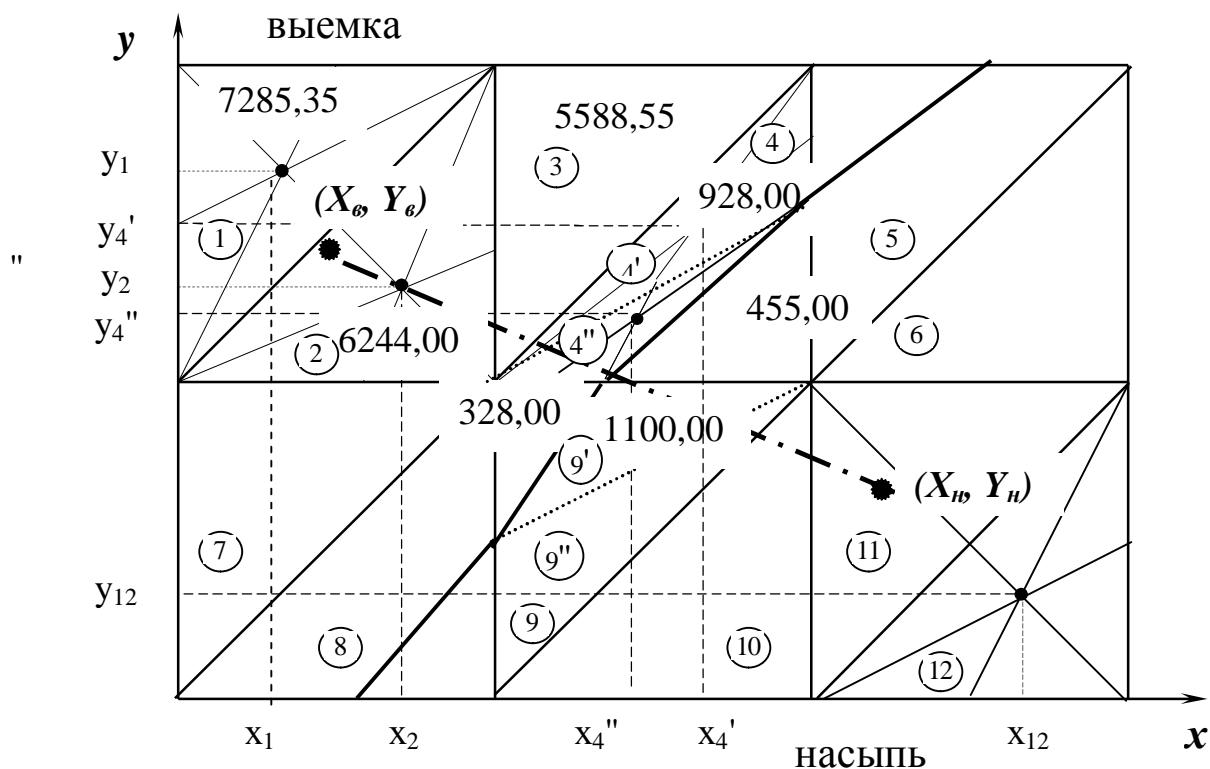


Рис. 12. Определение среднего расстояния перемещения грунтов

Графический способ следует применять при спокойном рельефе местности. Пример определения центров тяжести выемки и насыпи графическим способом приведен в прил. 5.

При сложном очертании выемок и насыпей (рис. 13) площадку разбивают на сопряженные участки путем соответствующего подбора объемов грунта в отдельных треугольниках (квадратах) по условию

$$\Sigma V_{в} \cdot K_{о,р} = \Sigma V_{н} \quad (20)$$

и определяют среднее расстояние перемещения грунта для каждой пары участков «выемка- насыпь». Пример расчета $L_{ср}$ при сложном очертании ЛНР смотреть в прил. 4.

При концентрическом расположении горизонталей или когда имеется несколько объемов выемок или насыпей, расстояние между центрами тяжести массивов определяется при помощи статических моментов по формуле

$$L_x = \frac{V_1 \cdot L_1 + V_2 \cdot L_2 \dots + V_n \cdot L_n}{\Sigma V}, \quad (21)$$

где L_x – расстояние от произвольно выбранной оси x-x до центра тяжести всех участков выемки (насыпей), м;
 $V_1, V_2 \dots V_n$ – объемы грунта отдельных участков выемки (насыпей), м³;
 $l_1, l_2 \dots l_n$ – расстояние от центра тяжести выемки(насыпи) соответствующего участка до оси, м.

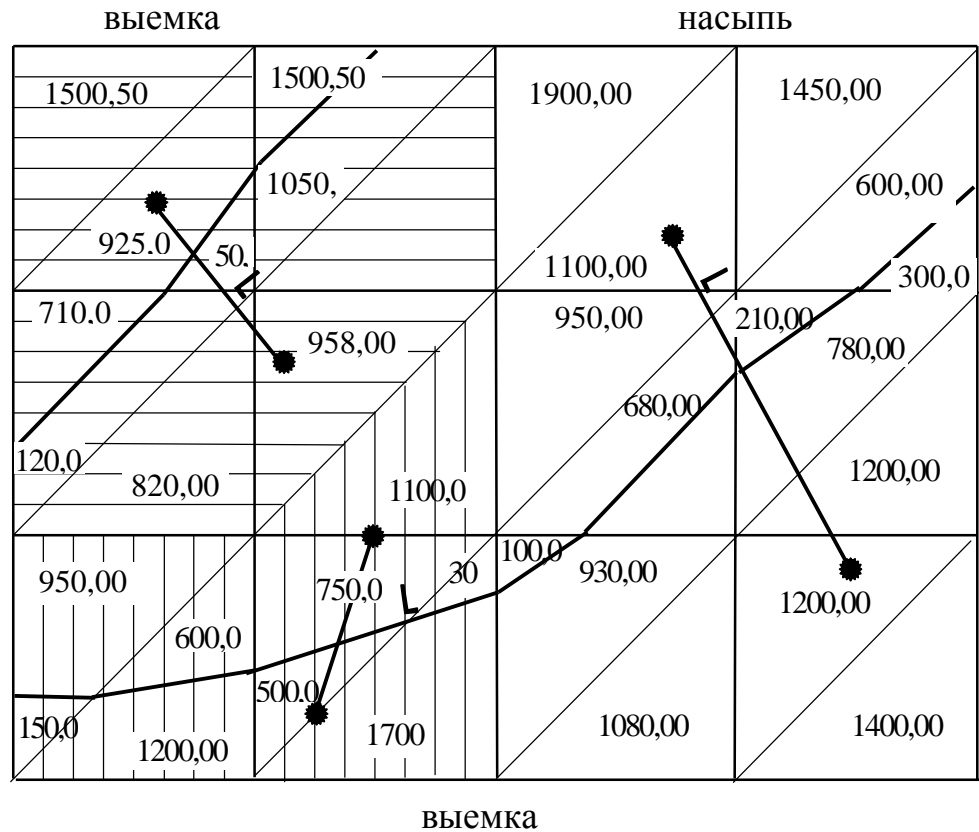


Рис. 13. Определение среднего расстояния перемещения грунта при сложной линии нулевых работ

В РГР вышеизложенное определение центров тяжести и L_{cp} представить на схеме №5 - *Определение среднего расстояния перемещения грунта.*

3.12. Распределение земляных масс

Определив объем грунта в элементарных фигурах, весь массив разбивают на участки. В участок может входить один или несколько квадратов. Затем намечают план потоков грунта, на котором показывают границы участков массива грунта, подлежащего транспортированию, и участки укладки грунта в насыпь. Эти перемещения можно представить в графической форме (рис.15).

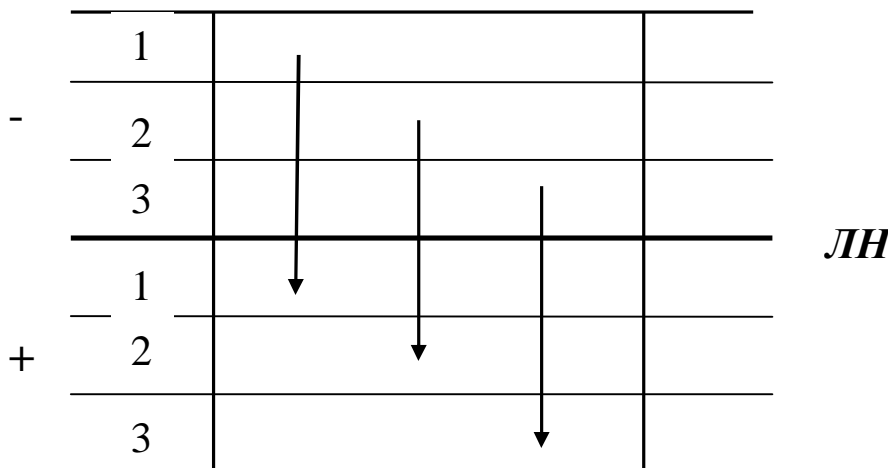


Рис.14. Очередность проходок при перемещении грунта

При этом следует обеспечить наиболее рациональную очередность перемещения земляных масс и выемки в насыпь, основывающуюся на исключении помех при транспортировании в соответствии со схемой (рис.14 и 15). (В РГР – схема №6 – *Распределение земляных масс*).

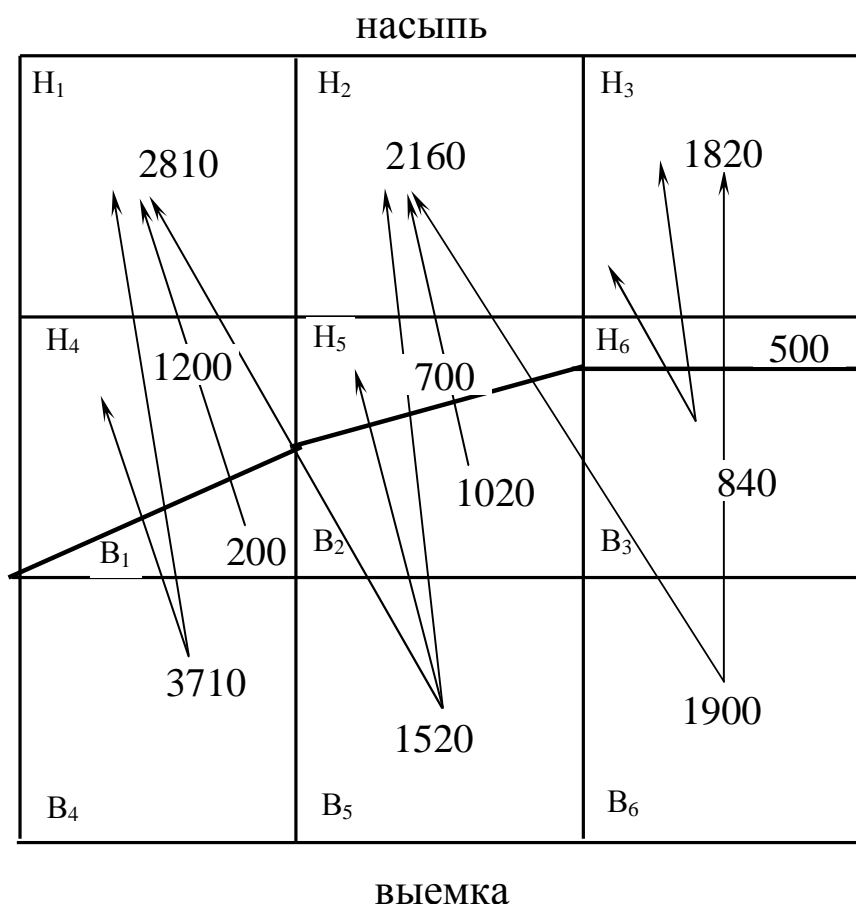


Рис.15. Пример окончательной схемы распределения земляных масс

3.13. Выбор комплекта машин для вертикальной планировки площадки

При вертикальной планировке площадки могут выполняться следующие строительные процессы:

- а) срезка растительного слоя;
- б) послойное разрыхление грунта выемок на толщину снимаемой стружки (10-35 см), разрабатываемых скреперами для грунта II группы и бульдозерами для грунтов III группы;
- в) разработка и перемещение слоев грунта;
- г) послойное 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) заданной 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 (комплектуемыми).

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.

Предварительный выбор способов выполнения планировочных работ, а значит и комплекта машин для вертикальной планировки основан на изучении указаний и рациональных методов производства работ. Это должно обеспечивать выполнение работ в указанный срок при максимальной механизации с использованием современной техники и минимальных трудовых и стоимостных затратах.

Учитывая, что одна и та же работа может быть выполнена различными комплектами машин, а один и тот же комплект может работать по различным технологическим схемам, при предварительном выборе комплектов руководствуются установленными практикой положениями.

Так, для выполнения планировочных работ с дальностью перемещения грунта до 3000 – 5000м применяют землеройно-транспортные машины: автогрейдеры, бульдозеры, скреперы. При перемещении грунта до 20м используют автогрейдеры, до 50м – бульдозеры малой мощности (на тракторах ДТ-54), при перемещении до 80м - бульдозеры средней мощности (на тракторах ДТ-75 и Т-100), при перемещении от 80 до 100м - 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 100м (например, до 110-120м).

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

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 1м целесообразно использование

экскаваторов с вместимостью ковша до $0,4 \text{ м}^3$, при глубине свыше 1,5м 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, указанных 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 (рис.16). 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 грунта и затрат труда на производство работ (при сменной производительности комплекта).

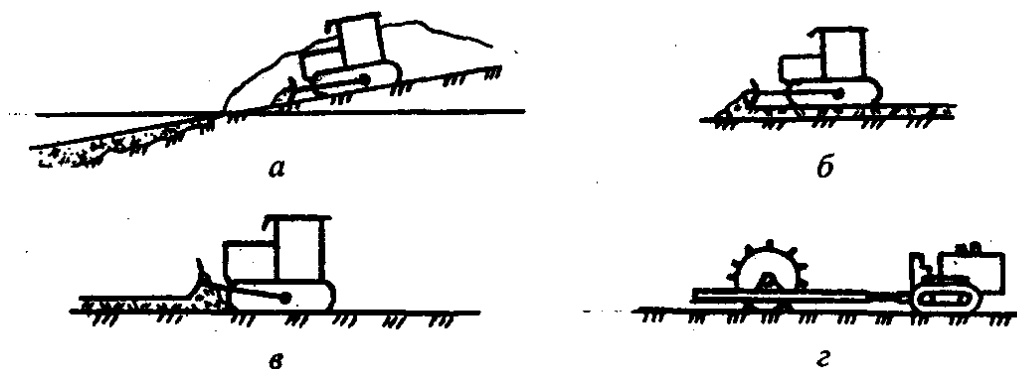


Рис. 16. Схема комплексной механизации земляных работ при разработке грунта бульдозером:

а – срезка; б и в – транспортирование и разравнивание; г – уплотнение кулачковым катком

Скреперный комплект составляют из 2-3 скреперов и бульдозеров, прицепных тракторных рыхлителей (если необходимо), катков и одного трактора-толкача (рис. 17). 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).

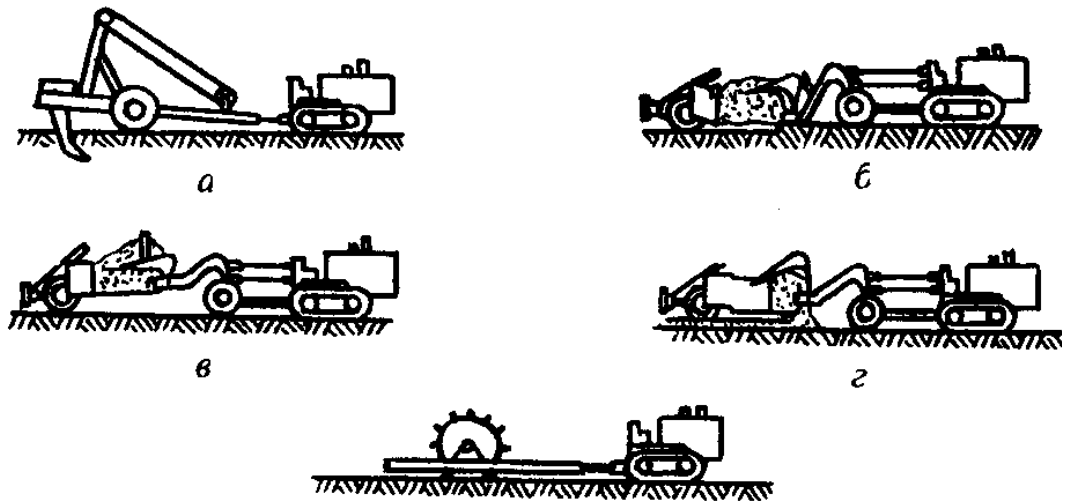


Рис. 17. Схема комплексной механизации земляных работ при разработке грунта скрепером: а – рыхление; б – набор грунта; в – транспортирование; г – разгрузка скрепера; д - уплотнение

Экскаваторный комплект составляют из одного экскаватора, нескольких автосамосвалов, 1-2 бульдозеров, прицепных катков (рис. 18). 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).

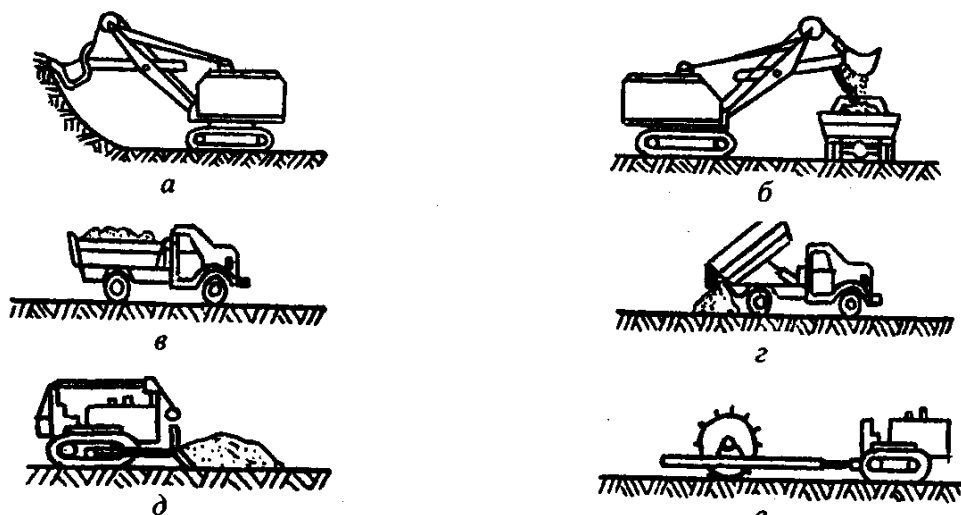


Рис. 18. Схема комплексной механизации земляных работ при разработке грунта экскаватором: а – разработка грунта; б – погрузка на автосамосвал; в – транспортирование грунта; г – разгрузка; д – разравнивание грунта бульдозером; е - уплотнение

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

Расчет затрат труда может быть выполнен в табличной форме (табл. 2) и основан на определении нормативной трудоемкости всех выполняемых работ с учетом вышеизложенных требований.

Таблица 2

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 ед-цу работ, маш-ч	на весь объем, маш-см	на ед-цу работ	на весь объем	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.

В графе 1 записывают работы, выполняемые при планировке площадки:рыхление (при необходимости), разработка и перемещение грунта, разравнивание (если нужно) и уплотнение насыпи. Объем выполняемых работ (гр.2) определен при расчете общего объема насыпи с учетом остаточного разрыхления (формула (17)). Норма времени, расценка и рекомендуемый состав звена (гр. 4, 6, 8) заполняются по соответствующим параграфам ЕниР Е2, вып. 1 [5].

Графа 5 (нормативная трудоемкость) определяется по формуле

$$T_p = \frac{N_{вр} \cdot V}{T_{см}}, \quad (22)$$

где T_p – трудовые затраты на выполнение работ, чел-см;

$N_{вр}$ – норма времени – нормативные затраты труда на выполнение единицы объема планировочных работ, чел-час;

V – объем грунта в насыпи с учетом остаточного разрыхления, м³;

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч; $T_{см} = 8$ ч.

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

$$ЗП = R \cdot V, \quad (23)$$

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

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

$$T = T_p / N,$$

$$П = V / T \cdot \beta$$
(24)

где N – количество работающих машин, β - количество смен работы в сутки.

Так как уплотнение грунта в насыпи производят послойно ($h_{сл} = 0,2 - 0,5$), 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.

Пример расчета комплекта машин представлен в прил. 6.

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

$$C_{рас} = \sum_{i=1}^n C_{маш-ч_i} \cdot N_i \cdot D_{oi} \cdot k_1 + C_{зп} \cdot k_2,$$
(25)

где $C_{маш-ч_i}$ – стоимость машино-часа, т.е стоимость работы i -ой машины в течение часа;

N_i – количество i -ых машин, работающих на площадке;

D_{oi} – продолжительность работы i -ой машины на площадке, ч;

$$D_o = T \cdot T_{см}$$

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.2) на общий объем планировки.

3.14. Технологические схемы планировки работ

Для выбранного комплекта машин разрабатывают технологические схемы производства работ, включающего схемы производства проходок и

траекторию движения землеройно-транспортных и уплотняющих машин для конкретных условий строительной площадки.

Скреперы представляют собой землеройно-транспортные машины, предназначенные для послойной разработки грунта, перемещения его в отвал и отсыпки слоями заданной толщины, при этом скреперы частично уплотняют отсыпaeмый грунт. Грунты I и II групп разрабатывают без предварительного рыхления, в отдельных случаях (при мощных скреперах и бульдозерах) – так же грунты III и IV групп. Наиболее часто грунты III, IV, V и VI групп разрабатывают после предварительного рыхления.

Все скреперы можно разделить на прицепные, полуприцепные и самоходные (рис. 19).

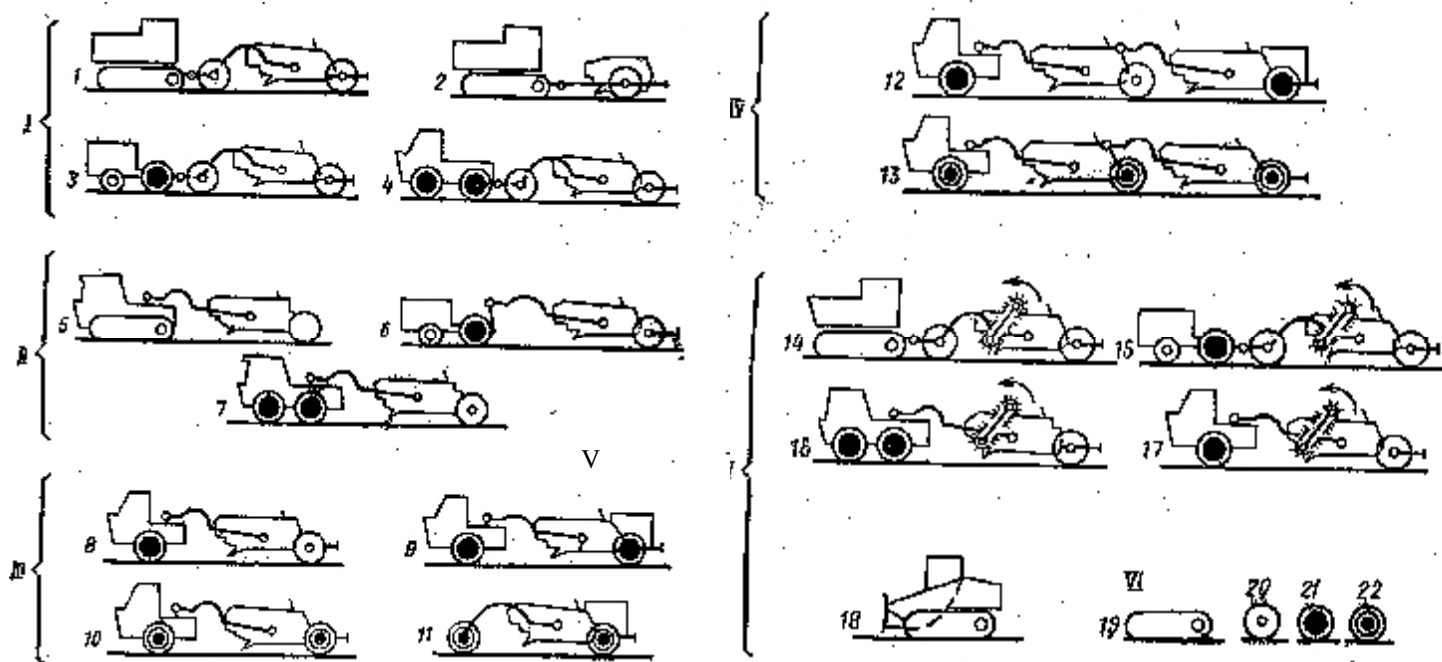


Рис.19. Компоновочные схемы скреперов:

I- прицепные: 1- двухосный с гусеничным трактором; 2- одноосный с гусеничным трактором; 3- двухосный с колесным трактором; 4- двухосный с двухосным тягачом; **II - полуприцепные:** 5- с гусеничным трактором; 6- с колесным трактором; 7- с двухосным тягачом; **III - самоходные:** 8- с одноосным тягачом; 9- двухдвигательный с одноосным тягачом; 10- дизель-электрический четырехколесный; 11- то же, трехколесный; **IV - двухковшовые скреперные поезда-цепы:** 12- двухдвигательный; 13- дизель-электрический; **V- с принудительной (элеваторной загрузкой):** 14- прицепной двухосный с гусеничным трактором; 15- то же с колесным трактором; 16- прицепной одноосный с двухосным тягачом; 17- самоходный с одноосным тягачом; 18- скрепер-бульдозер самоходный гусеничный; **VI - условные обозначения:** 19- ведущая гусеница; 20- ведомое колесо; 21- ведущее колесо; 22- мотор-колесо

Лучшее наполнение ковша грунтом происходит при движении скрепера под уклон. При разработке связных грунтов целесообразно применять трактор-толкач. Режут грунт и заполняют ковш только при прямолинейном движении тягача и скрепера.

В зависимости от размеров земляного сооружения, расположения выемок, насыпей, кавальеров и резервов наиболее часто используют следующие схемы их движения: эллиптическую, по восьмерке, спиральную, по зигзагу, челночно-поперечную и челночно-продольную (рис.20).

Наиболее часто при планировочных работах применяют две первые.

Схему движения скреперов для каждого конкретного случая следует выбирать с учетом местных условий так, чтобы пути движения были наименьшими.

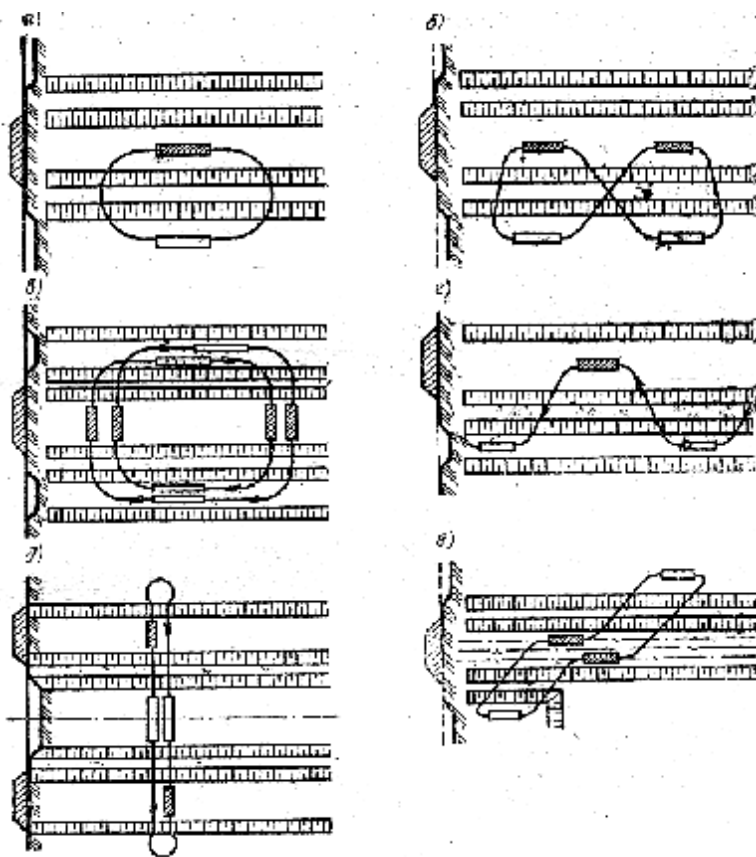


Рис. 20. Схемы движения скрепера:

а - по эллипсу; б – «восьмеркой»; в – по спирали; г – зигзагом; д – по челночно-поперечной схеме; е – по челночно-продольной схеме; прямоугольниками показаны участки загрузки; заштрихованными прямоугольниками – участки разгрузки

Бульдозеры – землеройно-транспортные машины, состоящие из трактора, оборудованного управляемым отвалом с ножом послышной срезки, перемещения и разравнивания грунта. При разработке выемки наиболее

производительная работа бульдозера достигается при движении его под уклон – 10 - 15° (рис. 21).

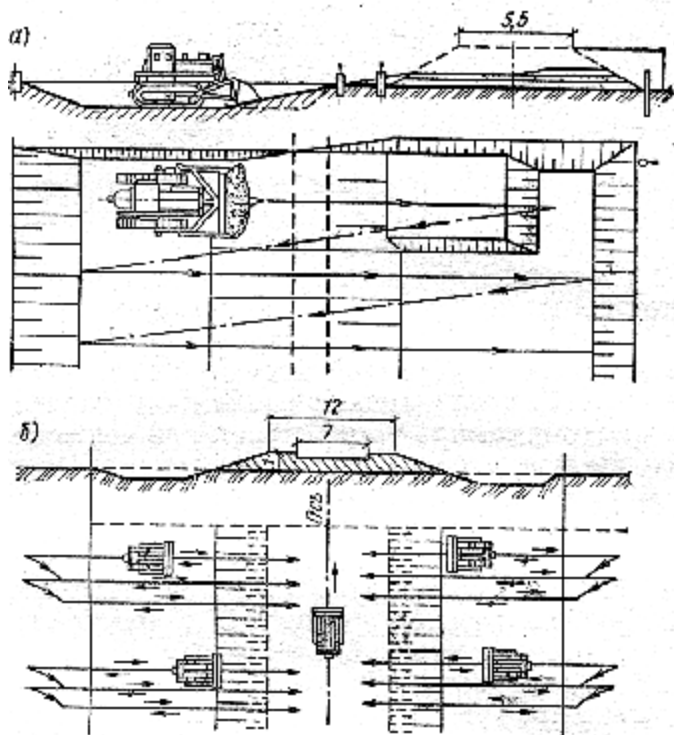


Рис. 21. Возведение насыпи бульдозерами:
 а – из одностороннего резерва;
 б – из двусторонних резервов

Перемещение грунта из выемки в насыпи рекомендуется производить при расстоянии перемещения 50-100 м с накоплением грунта в промежуточных валах (рис. 22).

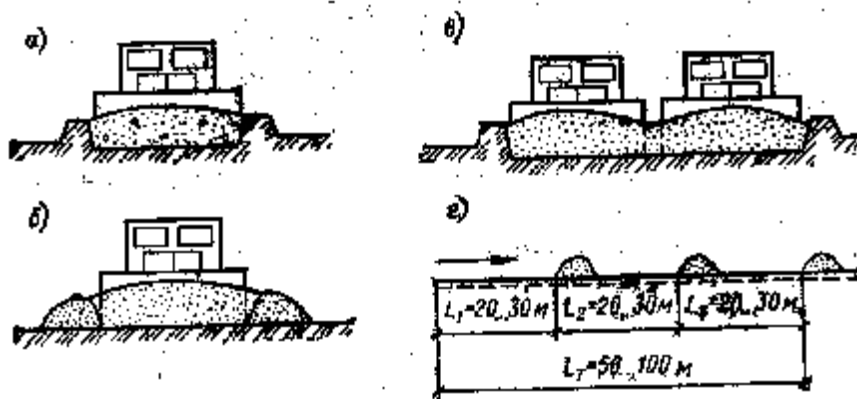


Рис.22. Способы уменьшения потерь грунта при транспортировке бульдозером:

а – создание траншеи; б – многократными проходами по одному следу;
 в – спаренной работой бульдозеров; г – созданием промежуточных валов

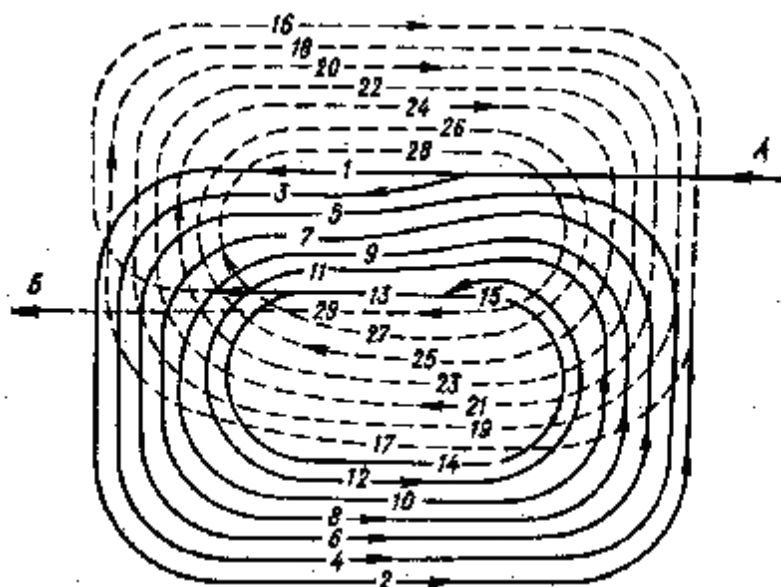


Рис. 24. Движение катка по замкнутому кругу при уплотнении грунта на больших площадях: А – вход; Б – выход; 1-29 – ходы катка

На насыпях, где невозможен поворот катка, следует применять челночную схему движения, когда трактор в конце движения отцепляется от катка и присоединяется к нему с другой стороны. Если по конструктивным причинам машина не может работать челночным способом, то на узких насыпях необходимы въезды и съезды для разворота катков.

При укатке верхних слоев насыпи высотой $\geq 1,5$ м катками на пневмоколесном ходу первый и второй проходы катка следует выполнять на расстоянии 2 м от бровки насыпи, а затем, смещая ходы на $1/3$ ширины катка в сторону бровки, уплотнять края насыпи, не приближаясь ближе чем на 0,5 м. Потом уплотнение следует вести круговыми проходами от краев к середине (рис. 25).

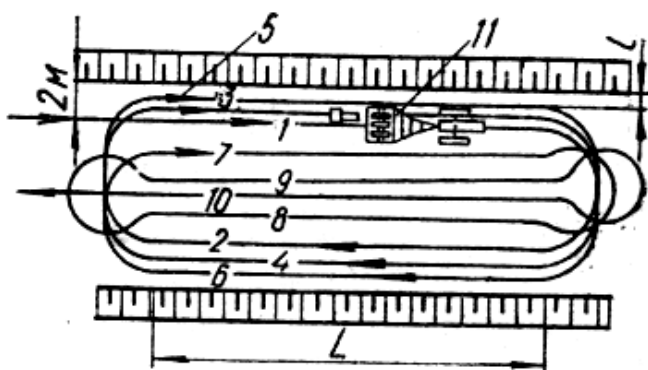


Рис.25. Движение катка при уплотнении верхней части насыпи

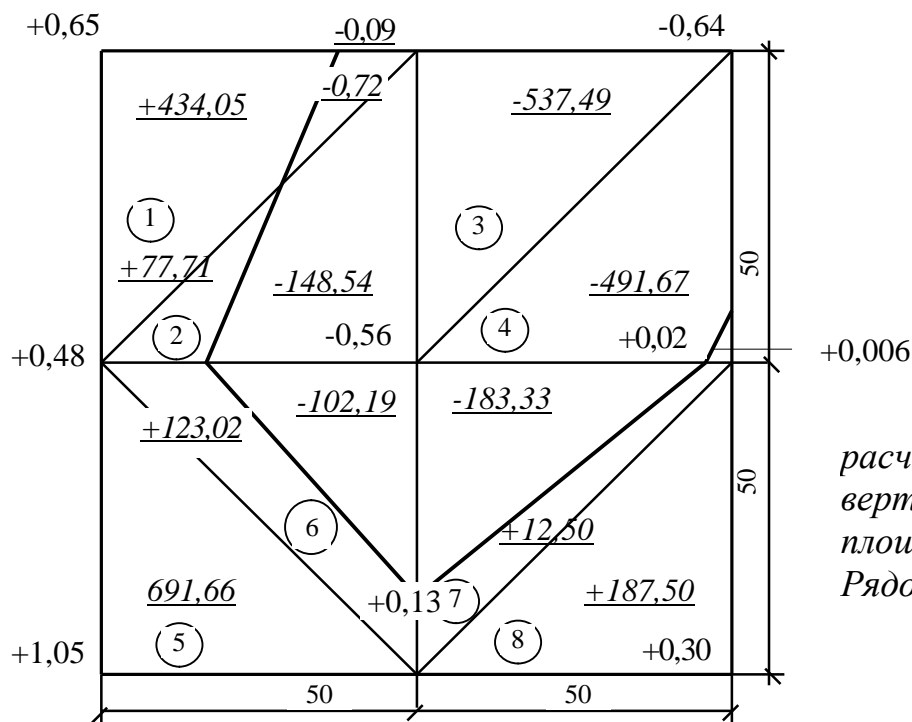
Технология производства планировочных работ выбранным комплектом машин (скреперы, бульдозеры, катки) должна быть представлена на схеме №7 – *Схема работы комплекта машин.*

Библиографический список

- 1.СНиП 3.01.01-85. Организация строительного производства / Госстрой России. М.: ЦИТП Госстроя России, 1996. 56 с.
- 2.СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. 123 с.
- 3.СНиП III-4-80*. Техника безопасности в строительстве. / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 352 с.
- 4.СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Ч.2. Строительное производство.
5. ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы: Вып. 1. Механизированные и ручные работы / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1989, 224 с.
6. Земляные работы: Справ. строителя /Л.В. Гриншпун, А.В. Карпов, М.С. Чиченков и др.; Под ред. Л.В. Гриншпуна. М.: Стройиздат, 1992. 352 с.
7. Дегтярев А.П., Рейш А.К., Руденский С.И. / Комплексная механизация земляных работ. М.: Стройиздат, 1987. 335 с.
- 8.Кукла В.А., Босак В.Д., Преитковский А.Г. / Технология и организация производства земляных работ. Киев: Будівельник, 1978. 175 с.
9. Технология строительных процессов. Учебник для вузов / А.А. Афанасьев, Н.Н. Данилов, В.Д. Копылов и др.; Под ред. Н.Н. Данилова и О.М. Терентьева. М.: Выс. школа , 2000. 464 с.
10. Кузнецов Ю.П., Прыкин Б.В., Резниченко П.Т. / Производство земляных и монтажных работ. Учебное пособие для строительных вузов. Киев: Вища школа, 1981. 296 с.
11. Проектирование производства земляных работ. Учебное пособие / В.Т. Ерофеев, А.Д. Богатов, С.А. Молодых и др.; Саранск: Изд.-во Мордов. ун-та, 2002. 108 с.
12. Беляков Ю.И., Левинзон А.А., Галимуллин В.А. Земляные работы / М.: Стройиздат, 1990. 272 с.

Приложение 1

Пример расчета объемов грунта при вертикальной планировке площадки



*Рис. П.1.1 . К примеру
расчета объемов грунта при
вертикальной планировке
площадки*
Рядовые («чистые») призмы:
- выемка № 5, №8
- насыпь №3

В соответствии с формулой 4 объемы равны

$$+V_5 = \frac{50^2}{6} (0,48 + 1,05 + 0,13) = 416,66 \cdot 1,66 = 691,66 \text{ м}^3,$$

$$+V_8 = \frac{50^2}{6} (0,13 + 0,30 + 0,02) = 416,66 \cdot 0,45 = 187,50 \text{ м}^3,$$

$$-V_3 = \frac{50^2}{6} (-0,56 - 0,09 - 0,64) = -416,66 \cdot 1,29 = 537,49 \text{ м}^3.$$

Переходные (смешанные) призмы:

№1, №2, №4, №6, №7

Используя формулы 5, 6, 7, получаем:

призма №1

$$+V'_6 = \frac{50^2}{6} (+0,48 + 0,65 - 0,09) = 416,66 \cdot 1,04 = +433,33 \text{ м}^3,$$

$$-V'_{\text{прип}} = \frac{50^2}{6} \cdot \frac{-0,09^3}{(0,09 + 0,48)(0,09 + 0,65)} = 416,66 \cdot \frac{-0,09^3}{0,57 \cdot 0,74} = -0,72 \text{ м}^3,$$

$$+V'_{\text{пл}} = 433,33 - (-0,72) = 434,05 \text{ м}^3;$$

призма №2

$$-V_6^2 = \frac{50^2}{6} (+0,48 - 0,09 - 0,56) = -416,66 \cdot 0,18 = -70,83 \text{ м}^3,$$

$$+V_{\text{пир}}^2 = \frac{50^2}{6} \cdot \frac{0,48^3}{(0,48 + 0,09)(0,48 + 0,56)} = 416,66 \cdot \frac{0,11}{0,57 \cdot 1,04} = 77,71 \text{ м}^3,$$

$$-V_{\text{пл}}^2 = -70,83 - 77,71 = -148,54 \text{ м}^3;$$

призма №4

$$-V_6^4 = \frac{50^2}{6} (-0,56 - 0,64 + 0,02) = 416,66 \cdot 1,18 = -491,66 \text{ м}^3,$$

$$+V_{\text{пир}}^4 = \frac{50^2}{6} \cdot \frac{0,02^3}{(0,02 + 0,56)(0,02 + 0,64)} = 416,66 \cdot \frac{0,02^3}{0,58 \cdot 0,66} = 0,006 \text{ м}^3,$$

$$-V_{\text{пл}}^4 = -491,66 - 0,006 = -491,666 \text{ м}^3;$$

призма №6

$$+V_6^6 = \frac{50^2}{6} (0,13 + 0,48 - 0,56) = 416,66 \cdot 0,05 = +20,83 \text{ м}^3,$$

$$-V_{\text{пир}}^6 = \frac{50^2}{6} \cdot \frac{-0,56^3}{(56 + 0,13)(0,56 + 0,48)} = 416,66 \cdot \frac{-0,176}{0,69 \cdot 1,04} = -102,19 \text{ м}^3,$$

$$+V_{\text{кл}}^6 = 20,83 - (-1 - 2,19) = +123,02 \text{ м}^3;$$

призма №7

$$-V_6^7 = \frac{50^2}{6} (-0,56 + 0,13 + 0,02) = 416,66 \cdot 0,41 = -170,83 \text{ м}^3,$$

$$+V_{\text{кл}}^7 = -170,83 - (-183,33) = 12,50 \text{ м}^3.$$

Суммарные объемы выемки и насыпи определены по формуле (8):

$$\sum V_{\text{в}}^{\text{кл}} = 691,66 + 187,50 + 434,05 + 77,71 + 0,006 + 123,02 + 12,50 = 1526,45 \text{ м}^3,$$

$$\sum V_{\text{н}}^{\text{пл}} = 537,49 + 0,72 + 148,54 + 491,67 + 102,19 + 183,33 = 1463,94 \text{ м}^3.$$

Проверка: $\frac{1526,45 - 1463,94}{1463,94} \cdot 100 = 4,27\% < 5\%.$

Приложение 2

Табличная форма расчета объемов грунта

Таблица П.2.1

Объем выемок и насыпей чистых призм

№ призм		Рабочие отметки; (м)				Объем; м ³	
		h ₁	h ₂	h ₃	Σh	Насыпь (-)	Выемка (+)
1	2	3	4	5	6	7	8
Итого						Σ	Σ

Таблица П.2.2

Разность объемов выемок и насыпей в смешанных призмах

№ призм		Рабочие отметки; (м)				Объем; м ³	
		h ₁	h ₂	h ₃	Σh	Насыпь (-)	Выемка (+)
1	2	3	4	5	6	7	8
Итого						Σ	Σ

Таблица П.2.3

Объем трехгранных пирамид

№ призм		Рабочие отметки: (м)			Σ ₁ =	Σ ₂ =		Объем: (м ³)	
		h ₁	h ₂	h ₃	=h ₁ +h ₂	=h ₂ +h ₃		Насыпь (-)	Выемка (+)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Итого								Σ	Σ

Таблица П.2.4

Объем выемок и насыпей в смешанных призмах

№ призм	V баланса: м ³		V пирамиды: м ³		V клина: м ³		Объем: м ³		
	Насыпь	Выемка	Насыпь	Выемка	Насыпь	Выемка	Насыпь	Выемка	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Итого								Σ	Σ

Приложение 3

Определение объемов грунта в откосах

Для каждого из угловых откосов (см. рис 11) определяется объем четырехгранной пирамиды по формуле

$$V_{\text{отк}1,2,3,4} = \pm \frac{m^2 \cdot h^3}{3}, \quad (26)$$

где m – коэффициент откоса,

h – рабочая отметка в углах площадки, м.

Для рядовых откосов (промежуточные призматоиды отдельного квадрата) объем может быть определен

$$V_{\text{отк}5,6,9,10,\dots n} = \frac{a \cdot m}{4} (h_1^2 + h_2^2), \quad (27)$$

где a – сторона квадрата, м;

h_1, h_2 – рабочие отметки вершин соседних квадратов, расположенных по периметру квадратов.

Для рядовых откосов с одной нулевой рабочей отметкой (трехгранные пирамиды), например, откосы 7, 8, 13, 14 объем определяют по формуле

$$V_{\text{отк}7,8,13,14} = \pm \frac{a_1 m \cdot h^2}{6}, \quad (28)$$

где a_1 – часть стороны квадратов от вершины до нулевой точки, м.

Приложение 4

Пример определения среднего расстояния перемещения грунтов при сложной линии нулевых работ

Так как линия нулевых работ имеет сложное очертание, целесообразно выемку разделить на 2 участка (№1 - без штриховки, №2 – со штриховкой). На насыпи выделяются участки, объемы которых примерно равны прилегающим выемкам (рис.П.4.1).

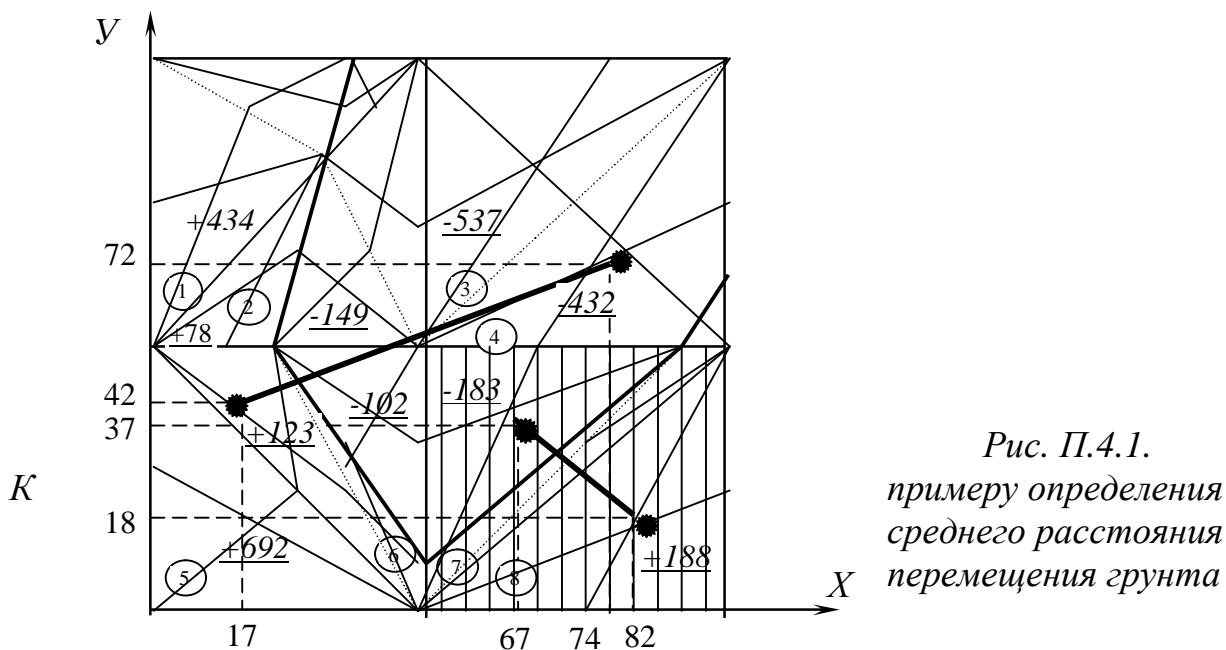
В соответствии с формулой (20) координаты центров тяжести для выемок и насыпей определяется следующим образом:

Участок I

$$\begin{cases} X_B = \frac{290 \cdot 13 \cdot 144 \cdot 24 + 6,92 \cdot 17 + 78 + 110 \cdot 23 + 13 \cdot 39}{290 + 144 + 692 + 78 + 110 + 13} = 17 \text{ м}, \\ Y_B = \frac{290 \cdot 76 + 144 \cdot 93 + 692 \cdot 17 + 78 \cdot 63 + 110 \cdot 33 + 13 \cdot 23}{290 + 144 + 692 + 78 + 110 + 13} = 42 \text{ м}, \\ X_H = \frac{1 \cdot 44 + 74 \cdot 33 + 75 \cdot 47 + 102 \cdot 40 + 537 \cdot 67 + 492 \cdot 83}{1 + 74 + 75 + 102 + 537 + 492} = 74 \text{ м}, \\ Y_H = \frac{1 \cdot 93 + 74 \cdot 60 + 75 \cdot 66 + 102 \cdot 37 + 537 \cdot 83 + 492 \cdot 67}{1 + 74 + 75 + 102 + 537 + 492} = 72 \text{ м}. \end{cases}$$

Участок II

$$\begin{cases} X_B = \frac{188 \cdot 83 + 9 \cdot 67 + 3 \cdot 83}{188 + 9 + 3} = 82 \text{ м}, \\ Y_B = \frac{188 \cdot 17 + 9 \cdot 22 + 3 \cdot 44}{188 + 9 + 3} = 18 \text{ м}, \end{cases} \quad \begin{cases} X_H = 67 \text{ м}, \\ Y_H = 37 \text{ м}. \end{cases}$$



Координаты центров тяжести нанесены на соответствующую схему.

Проверка:

$$L_1 = \sqrt{(74 - 17)^2 + (72 - 42)^2} = 64 \text{ м}, \quad L_{\text{cp}}^* = (64 + 24) / 2.$$

$$L_2 = \sqrt{(67 - 82)^2 + (37 - 18)^2} = 24 \text{ м},$$

* Среднее расстояние по площадке целесообразно определять при перемещении до 100 и более 100 м.

Приложение 5

Графический способ определения среднего расстояния перемещения грунта

Графические центры тяжести насыпи Π_n и выемки Π_v , а также средняя дальность перевозки грунта l_{cp} определяются следующим образом (рис. П.5.1):

- на площадке, подлежащей планировке, вычерчивают сетку квадратов, аналогичных той, которая была использована для определения черных, красных и рабочих отметок;
- проводят линию нулевых работ;
- в каждом квадрате (или его части по обе стороны от линии нулевых работ) проставляют объемы грунта, подлежащих разработке;
- строят кривые (ломанные линии) объемов грунта отдельно для насыпи и выемки, например для участка насыпи ломаные 0-2-4-6-8 и 10-11-13-15, а для участка выемки – ломаные 27' -27-29-31 и 17'-17-19-21-23.

Для построения этих кривых параллельно сторонам квадратов на произвольном расстоянии от сетки квадратов проводят базисные прямые 0-7, 10'-14, 27' -30, 17' -24. На базисные линии проектируются линии сетки квадратов (точки 0, 1, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 17', 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30) и граничные точки линии нулевых работ (точки 27', и 10'). Из полученных точек восстанавливают перпендикуляры к базисным линиям. На них откладывают в масштабе отрезки, соответствующие сумме объемов грунта, которая указана в квадратах справа (или слева) от плоскости, проходящей через данную точку перпендикулярно к базисной линии. Например, отрезок 1-2 равен сумме объемов грунта насыпи в квадратах 4 и 8 ($14600+2250=16850 \text{ м}^3$), отрезок 3-4 – сумме объемов грунта насыпи в квадратах 3,4,7,8 ($22100+14600+5200+2250=44150 \text{ м}^3$), отрезок 5-6 – сумме объемов грунта насыпи в квадратах 2,3,4,6,7,8,10 (86700 м^3) и отрезок 7-8 соответствует объему всей насыпи в квадратах 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 (145000 м^3). Соединив точки 8,6,4,2,0 прямыми, получим ломаную линию объемов грунта в насыпи, которая позволит определить абсциссу центра тяжести насыпи Π_n . Для этого нужно разделить отрезок 7-8 пополам, из середины (точка 9) провести прямую параллельно базисной линии (7-0) до пересечения с ломаной линией объемов грунта (8-6-4-2-0). Точка пересечения (a) укажет величину абсциссы (отрезок 9- a).

Для определения ординаты центра тяжести насыпи следует построить ломаную (10'-11-13-145) по возрастающим в вертикальном направлении объемам грунта. В данном случае отрезок 10-11 соответствует сумме объемов грунта насыпи, содержащегося в квадратах 9 и 10 ($4200+750=4950 \text{ м}^3$); отрезок 12-13 - сумме объемов грунта насыпи в квадратах 5,6,7,8,9,10 (44900 м^3);

отрезок 14-15 – объему всей насыпи (145000 м^3). Разделив отрезок 14-15 пополам и проведя прямую через середину (точка 16) параллельно базисной линии (10'-14) до пересечения с ломаной линией объемов грунта насыпи (15-13-11-10'), получим ординату (отрезок 16-*b*) центра тяжести насыпи. Подобным образом определяют координаты центра тяжести выемки Ц_в. Расстояние от точки до точки и будет искомым величиной средней дальности возки грунта $l_{\text{ср}}$.

При транспортировке грунта автотранспортом, скреперами и землевозами для возведения земляных сооружений следует учитывать, что его потери при перевозке на расстояние до 1 км составляют 0,5%, а более 1 км – 1%.

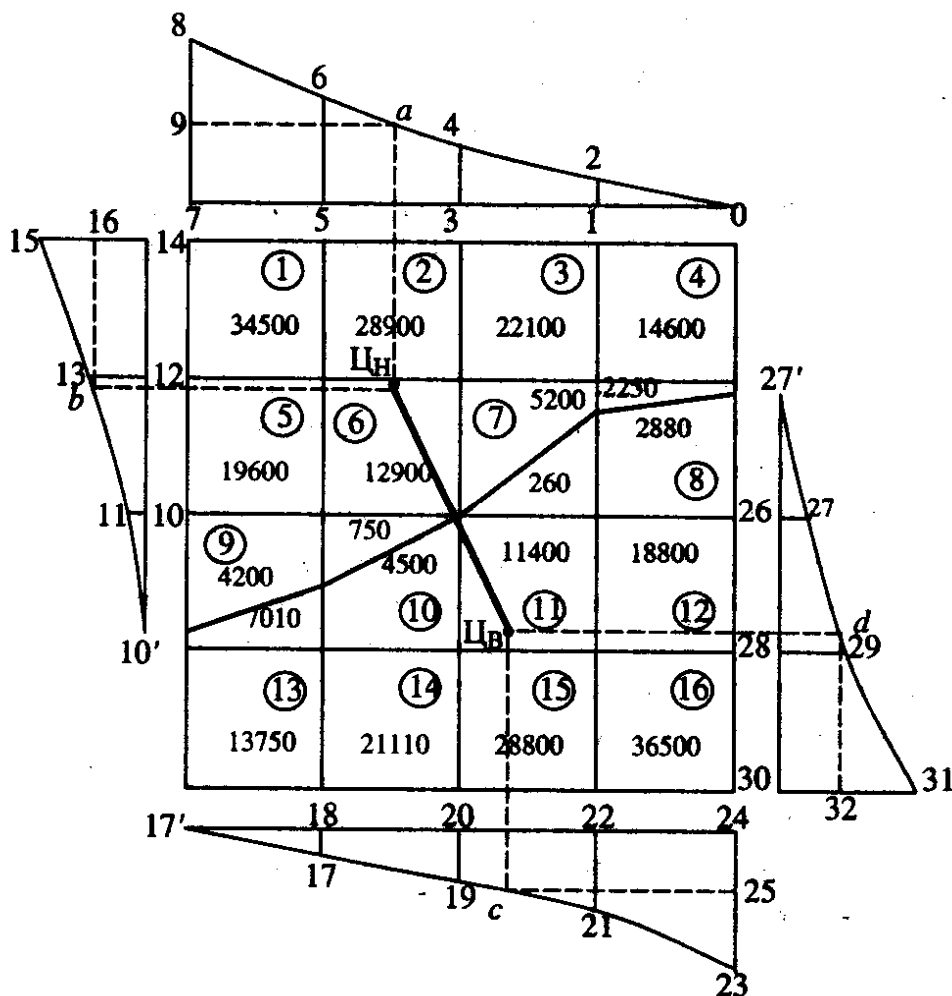


Рис. П.5.1. К примеру определения дальности перемещения грунта графическим способом

Приложение 6

Пример расчета комплекта машин при вертикальной планировке площадки

Допустим, что затраты труда на разработку и перемещение грунта скреперами или бульдозерами ($T_p^{\text{скр},6}$) и его уплотнение катками T_p^k (гр. 5 табл. 2) равны соответственно 60 маш-см и 19 маш-см.

Если работы производить одним скрепером (бульдозером), то продолжительность срезки и перемещения (T_c) будет равна 60 см ($T_c = T_p / N$, где N – количество машин), а продолжительность уплотнения (T_y) – 19 сменам.

Послойное уплотнение грунта требует одновременной и примерно равной по продолжительности работы землеройно-транспортных и уплотняющих машин. Так как уплотнение выполняется за меньшее количество смен (производительность катка больше производительности скрепера или бульдозера), то следует уменьшить до продолжительности уплотнения (в рассматриваемом примере до 19 см) и продолжительность срезки и перемещения грунта, что возможно при увеличении количества скреперов (бульдозеров) – N .

Тогда
$$N_{\text{скр}} = T_p / T = 60 / 19 = 3,2.$$

Принимаем 3 скрепера.

Таким образом, комплект машин будет состоять из 3-х скреперов (бульдозеров) и 1-го катка. При этом продолжительность работы землеройно-транспортных машин равна 20 сменам (60 маш-см / 3 маш), а катков 19 смен.

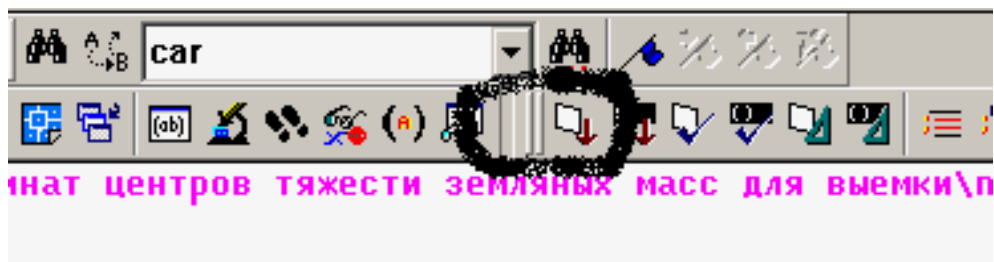
Каток приступает к работе, как правило, через 1-2 смены после землеройно-транспортных машин, т.е. тогда, когда будет насыпан один слой грунта в пределах одного квадрата или насыпи в целом.

Далее работы по планировке площадки ведутся одновременно (параллельно) с некоторым опережением работ землеройно-транспортных машин.

Приложение 7

Порядок работы с программой КАРТА по построению картограммы земляных масс и подсчету объемов работ

1. Запустить AUTOCAD.
2. На панели инструментов нажать Инструменты -> AutoLisp -> Редактор Visual Lisp.
3. Открыть файл КАРТА, КАРТА1 (или другой – по указанию преподавателя).
4. На панели редактора Visual Lisp нажать пиктограмму выгрузить.



5. Перейти в Auto Cad.
6. В командной строке набрать karta.
7. Далее работать в режиме диалога.
8. На запрос «ввести масштабный коэффициент» необходимо указать, в каком масштабе будут вычерчиваться эпюры (как правило, рациональный коэффициент для площадок, указанных в задании, составляет 5...10).

Оглавление

Введение.....	3
1. Правила выполнения и оформления расчетно-графической работы.....	3
2. Задания для расчетно-графической работы (РГР).....	3
3. Методические указания к выполнению РГР.....	7
3.1. Общие положения.....	7
3.2. Определение черных отметок.....	8
3.3. Определение планировочной отметки.....	10
3.4. Определение красных отметок.....	11
3.5. Определение рабочих отметок.....	11
3.6. Определение нулевых точек и построение картограммы распределения земляных масс.....	12
3.7. Определение объемов земляных работ при вертикальной планировке.....	13
3.8. Определение объемов грунта в откосах площадки.....	17
3.9. Подсчет увеличения объемов грунта в выемке (или уменьшения в насыпи) за счет остаточного разрыхления.....	19
3.10. Составление балансовой ведомости объемов грунта и корректировка планировочной отметки.....	19
3.11. Определение среднего расстояния перемещения грунта.....	20
3.12. Распределение земляных масс.....	23
3.13. Выбор комплекта машин для вертикальной планировки площадки.....	24
3.14. Технологические схемы планировки работ.....	29
Библиографический список.....	35
Приложение 1. Пример расчета объемов грунта при вертикальной планировке площадки.....	36
Приложение 2. Табличная форма расчета объемов грунта.....	38
Приложение 3. Определение объемов грунта в откосах.....	39
Приложение 4. Пример определения среднего расстояния перемещения грунтов при сложной линии нулевых работ.....	39
Приложение 5. Графический способ определения среднего расстояния перемещения грунта.....	41
Приложение 6. Пример расчета комплекта машин при вертикальной планировке площадки.....	43
Приложение 7. Порядок работы с программой КАРТА по построению картограммы земляных масс и подсчету объемов работ.....	44

Расчет технологических параметров и выбор комплекта машин для вертикальной планировки площадки

Методические указания и контрольные задания для студентов всех форм обучения всех специальностей и направлений, изучающих технологические дисциплины кафедры ТСП

Электронное издание (*.pdf) - <http://edu.vgasu.vrn.ru>

Составители: доц. Анна Николаевна Василенко, к.т.н., проф. Александр Николаевич Ткаченко, ст. преп. Армен Андреевич Арзуманов, ст. преп. Ирина Евгеньевна Спивак, доц. Вячеслав Петрович Радионенко, к.т.н., доц. Сергей Иванович Матренинский, к.т.н., доц. Юрий Геннадьевич Трухин.

Подписано в печать 01.04.2015. Формат 60 х 84 1/16. Уч.-изд. л. 2,8.
Усл.-печ. л. 2,9. Заказ № _____. Тираж 1 CD.

Отпечатано: типография Воронежского ГАСУ
394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84