

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

# ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
для студентов специальности 1-70 02 01  
«Промышленное и гражданское строительство»

В пяти частях

ЧАСТЬ 2

Составители В. В. Бозылев, Д. И. Сафончик

Под общей редакцией В. В. Бозылева

Новополоцк  
«ПГУ»  
2008

УДК 69(075.8)  
ББК 38.6я73  
Т 38

Рекомендован к изданию методической комиссией инженерно-строительного факультета в качестве учебно-методического комплекса (протокол № 6 от 4.06.2007)

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Э. А. ШИМАНСКИЙ, нач. Новополоцкого фил. УП «Витебскгражданпроект»;  
Л. М. ПАРФЕНОВА, канд. техн. наук, доц., зав. каф. строительного производства

**Технология строительного производства:** учеб.-метод. комплекс.  
Т 38 В 5 ч. Ч. 2 / сост. В.В. Бозылев, Д.И. Сафончик; под общ. ред. В.В. Бозылева. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – 284 с.  
ISBN 978-985-418-610-8 (Ч. 2).  
ISBN 985-418-411-0.  
ISBN 978-985-418-411-6.

Во второй части содержатся методические материалы к практическим занятиям по комплексу работ, выполняемых при планировке площадки, разработке выемок, устройстве свайных и монолитных фундаментов. Приводятся указания по выполнению курсовой работы.

Предназначен для студентов строительных специальностей очной и заочной форм обучения. Может быть полезен инженерно-техническим работникам строительных организаций.

**УДК 69(075.8)**  
**ББК 38.6я73**

**ISBN 978-985-418-610-8 (Ч. 2)**

© Бозылев В.В., Сафончик Д.И., составление, 2008  
© Оформление. УО «Полоцкий государственный университет», 2008

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
Методические указания к проведению практических занятий .....	6
Тема 1. Определение объемов земляных работ при разработке котлованов и траншей .....	6
1. Определение объемов земляных работ при разработке котлованов .....	6
1.1. Последовательность определения объемов земляных работ при разработке котлованов .....	7
1.2. Определение объемов земляных работ при разработке котлованов в зданиях с подвалом .....	11
1.3. Определение объемов земляных работ при устройстве въездной траншеи ..	12
2. Подсчет объемов работ при возведении линейно-протяженных земляных сооружений .....	13
3. Подсчет объемов грунта обратной засыпки .....	16
Тема 2. Выбор комплектов машин для выполнения работ по отрывке котлованов и траншей .....	18
1. Выбор комплектов машин для выполнения работ по отрывке котлованов и траншей .....	18
1.1. Выбор одноковшовых экскаваторов для выполнения работ по отрывке котлованов и траншей .....	19
1.2. Разработка грунта экскаватором с прямой лопатой .....	24
1.3. Разработка грунта экскаватором с обратной лопатой .....	29
1.4. Разработка грунта экскаватором-драглайном .....	31
2. Расчет оптимального количества автосамосвалов для отвозки грунта .....	34
Тема 3. Определение объемов земляных работ с разработкой схем движения землеройно-транспортных машин при вертикальной планировке строительной площадки .....	37
1. Подсчет объёмов земляных работ при вертикальной планировке площадок .....	37
2. Определение средней дальности перемещения грунта на площадке .....	48
3. Расчет среднего расстояния перемещения грунта и распределения земляных масс с использованием метода линейного программирования .....	54
4. Проектирование производства земляных работ по планировке площадки с применением ЭВМ .....	69
Тема 4. Выбор оптимального комплекта машин для выполнения работ по вертикальной планировке строительной площадки .....	74
1. Подбор комплекта машин для выполнения работ при вертикальной планировке площадки .....	74
2. Технологические особенности разработки грунта бульдозерами .....	77
3. Технологические особенности разработки грунта скреперами .....	80
4. Технологические особенности разработки грунта экскаваторами .....	83
5. Технологические особенности разравнивания, уплотнения грунта и окончательной планировки площадки .....	84
6. Расчетные объемы земляных работ при вертикальной планировке площадки ....	84
7. Подбор и сравнение вариантов комплектов машин для выполнения работ по планировке площадки .....	86

Тема 5. Водоотвод, водоотлив и понижение уровня грунтовых вод при производстве земляных работ .....	100
1. Отвод поверхностных вод .....	100
2. Открытый водоотлив .....	102
3. Понижение уровня грунтовых вод .....	106
3.1. Водопонижение с использованием легких иглофильтровых установок .....	106
3.2. Водопонижение с использованием эжекторной водопонижительной установки .....	110
3.3. Электроосмотическое водопонижение .....	112
3.4. Использование водопонижающих скважин .....	113
3.5. Вакуумный способ водопонижения .....	113
3.6. Расчет параметров легкой иглофильтровой установки .....	114
3.7. Приближенный метод определения параметров легкой иглофильтровой установки .....	121
3.8. Примеры расчёта параметров легкой иглофильтровой установки для защиты котлована от грунтовых вод .....	122
Тема 6. Разработка технологии и выбор оборудования для устройства свайных фундаментов .....	129
1. Определение номенклатуры и объемов работ по устройству свайного фундамента .....	129
2. Машины и механизмы для погружения свай, срубки голов свай .....	131
3. Выбор оборудования для погружения свай забивкой .....	141
4. Технологическая последовательность выполнения свайных работ .....	150
5. Технологические особенности устройства набивных свай .....	151
6. Разработка документации на производство свайных работ на строительной площадке .....	154
Тема 7. Определение трудоемкости работ, составление калькуляции. Построение линейных графиков выполнения работ .....	160
1. Определение трудоемкости и продолжительности работ .....	160
2. Составление калькуляции затрат труда на производство работ .....	161
3. Построение линейных графиков выполнения работ .....	162
Тема 8. Документация на скрытые работы. Контроль качества работ .....	167
1. Составление документации на скрытые работы .....	167
2. Контроль качества работ .....	170
Методические указания к выполнению курсовой работы «Производство земляных работ и устройство монолитных фундаментов» .....	203
1. Технологические карты, их назначение и состав .....	203
2. Состав курсовой работы .....	209
3. Варианты заданий на курсовую работу «производство земляных работ и устройство монолитных фундаментов» .....	218
Литература .....	231
Приложение .....	232

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Технология строительного производства» разработан для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство».

Дисциплина «Технология строительного производства» является одной из основных специальных дисциплин, формирующих инженера-строителя, и базируется на знаниях, полученных при изучении студентами инженерной геодезии, инженерной геологии, строительных материалов, архитектуры, основ строительного производства, механизации и автоматизации в строительстве.

Значение дисциплины в профессиональной подготовке дипломированного специалиста заключается в создании теоретической и практической базы, приобретении знаний, позволяющих решать технологические задачи при строительстве зданий и сооружений.

Для успешного изучения и приобретения необходимых знаний по технологии строительного производства учебно-методический комплекс (УМК) содержит изложение теоретической части курса в соответствии с рабочей программой, в которой предусматривается изучение лекционного материала в 6 – 8 семестрах. Соответствующий материал представлен в 1, 3 и 5 частях УМК. Тематический материал для проведения практических занятий содержится во 2, 4 и 5 частях УМК, по курсовому проектированию – во 2 и 4 частях.

Изложение материала построено в соответствии с утвержденной Рабочей программой, которая составлена на основании образовательного стандарта РД РБ 021005.26-98 для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» высших учебных заведений (Регистрационный номер СФ-67/2 тип.).

### Рекомендации к обучению с использованием УМК

В соответствии с программой курса «Технология строительного производства» изучение дисциплины основывается на усвоении теоретического материала, с последующим закреплением полученных знаний на практических занятиях и при курсовом проектировании.

Последовательность практических занятий и количество часов по темам содержатся в рабочей программе по дисциплине. Практические занятия проходят под руководством преподавателя с использованием УМК для изложения материала по теме, рассмотрения примеров выполнения технологических расчетов, выдачи индивидуальных заданий. В данном УМК содержатся **методические** и **справочные** материалы, необходимые для успешного выполнения студентами индивидуальных заданий по темам практических занятий и выполнения курсовой работы «**Производство земляных работ и устройство монолитных фундаментов**».

Рейтинговая система контроля успешности изучения дисциплины «Технология строительного производства» представлена в 1 части УМК.

Учебно-методический комплекс рекомендуется использовать также студентам при выполнении технологического раздела дипломного проекта.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

## ТЕМА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОТЛОВАНОВ И ТРАНШЕЙ

1. Определение объемов земляных работ при разработке котлованов.
  - 1.1. Последовательность определения объемов земляных работ при разработке котлованов.
  - 1.2. Определение объемов земляных работ при разработке котлованов в зданиях с подвалом.
  - 1.3. Определение объемов земляных работ при устройстве въездной траншеи.
2. Подсчет объемов работ при возведении линейно-протяженных земляных сооружений.
3. Подсчет объемов грунта обратной засыпки.

### 1. Определение объемов земляных работ при разработке котлованов

Перед началом работ по подсчёту объёмов земляных масс необходимо установить примерный **перечень процессов**, входящих в полный технологический комплекс, – это срезка растительного слоя, разработка котлована, а также въездной траншеи. Возможно, требуется разработка небольших котлованов (траншей) под отдельно стоящие или ленточные фундаменты. Необходимо учесть зачистку дна котлована или траншеи, погрузку и транспортирование грунта, разравнивание, планировку, уплотнение грунта, разработку мерзлого грунта, водоотлив или понижение уровня грунтовых вод и т.д.

**Подсчёт объёмов земляных масс**, подлежащих разработке, сводится к определению объёмов различных геометрических фигур, определяющих форму того или иного земляного сооружения. При этом делается допущение, что объём земли ограничен плоскостями и отдельные неровности действительной поверхности грунта не влияют значительно на объём.

Если чертёж земляного сооружения имеет **сложную геометрическую форму**, то он разбивается на ряд простых геометрических фигур. Подсчет объёмов ведётся по ним раздельно, после чего полученные объёмы суммируются.

В практике промышленного и гражданского строительства приходится главным образом определять **объёмы земляных работ для линейно-протяженных сооружений (траншей, насыпей), котлованов и вертикальной планировки площадок.**

Для определения объёмов каждого из этих видов земляных работ существует несколько различных методов и, соответственно, расчётных формул. Выбор наиболее целесообразного метода в каждом конкретном случае должен производиться с учётом рельефа местности, размеров, конфигурации и других особенностей сооружения, а также требуемой степени точности подсчёта.

Объёмы земляных работ подсчитываются в плотном теле (природной плотности) грунта в единицах измерения, предусмотренных ЕНиР, РСН.

### **1.1. Последовательность определения объемов земляных работ при разработке котлованов**

Объем земляных работ вычисляют по **проекту котлована**, составленному в соответствии с размерами фундаментов. Учитываются отметки заложения фундаментов и дна котлована, план участка в горизонталях и принятая крутизна откосов.

**Ширина по дну** траншей для ленточных фундаментов, заглубленных ниже основных отметок дна котлована подземной части здания, должна приниматься:

- при рытье с откосами – равной ширине фундаментов без добавления на уширение;
- при рытье с креплениями – равной ширине фундаментов с уширением с каждой стороны на 0,15 м;
- при рытье со шпунтовым ограждением – равной ширине фундаментов с уширением с каждой стороны по 0,20 м.

При рытье с откосами **для изолируемых фундаментов** – равной ширине фундаментов с уширением для прохода с каждой стороны не менее 0,6 м, а при наличии креплений – не менее 0,8 м.

После этого необходимо определить **допустимую крутизну откосов**, обеспечивающую безопасное производство работ при минимальных объемах.

Крутизна откосов котлованов и траншей **зависит от их глубины и вида грунта.**

Рытье котлованов и траншей **с вертикальными стенками** без креплений разрешается только в грунтах естественной влажности и при отсутствии грунтовых вод. При этом глубина выемки не должна превышать:

- в насыпях песчаных и гравелистых грунтах – 1,0 м;

- в супесях – 1,25 м;
- в суглинках и глинах – 1,50 м.

Наибольшая допустимая крутизна откосов временных котлованов и траншей, выполняемых без креплений, при наличии благоприятных гидрологических условий, однородности строения грунта и отсутствия грунтовых вод принимается по СНиП III-4-80\* (приложение, табл. П.1). Значение крутизны откосов обозначается буквой  $m$ , которое можно найти по табл. П.1, где дано соотношение  $1:m$  (коэффициент откоса).

**Определение объемов котлованов** небольших размеров, простого очертания и с горизонтальной (примерно) поверхностью. Расчет осуществляется с помощью простых формул геометрии.

**Объем грунта в яме** для отдельно стоящего фундамента:

$$V_1 = \frac{h}{3}(F_n + F_e + \sqrt{F_n \cdot F_e}), \quad (1.1)$$

где  $F_n$  – площадь котлована понизу (на уровне дна);

$F_e$  – площадь котлована поверху (на уровне черной отметки);

$h$  – глубина котлована.

Общий объем грунта определяют умножением  $V_1$  на количество ям для фундаментов.

Среднюю рабочую отметку заданного количества ям определяют по аналогии с определением средней рабочей отметки для котлована.

**Если в рядах пересекаются откосы смежных ям**, то в этих рядах устраивают траншеи, а при пересечении откосов смежных ям в двух взаимно перпендикулярных направлениях устраивают **общий котлован**.

Если котлован имеет вертикальные стенки, то его объем определяется по формуле

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (1.2)$$

где  $a$  и  $b$  – ширина и длина котлована, м;

$h$  – глубина котлована, м.

Объем земляных работ в котлованах с основаниями многоугольного очертания можно подсчитать по формуле Симпсона:

$$V_k = \frac{h}{3}(F_n + F_e + \sqrt{F_n \cdot F_e}). \quad (1.3)$$



Формула Симпсона может иметь и упрощенный вид

$$V_k = \frac{h}{6}(F_n + F_6 + 4F_{cp}), \quad (1.4)$$

где  $F_{cp}$  – площадь котлована, вычисленная на уровне половины его глубины.

**Объем котлована  $V_k$  с прямоугольным основанием**, у которого  $a$  и  $b$  – стороны верхнего прямоугольника,  $c$  и  $d$  – стороны нижнего прямоугольника, подсчитываются по формуле Симпсона (1.4) с подстановкой в нее значений сторон.

Данная формула носит название «формула объема обелиска». (Обелиск – геометрическое тело, боковые грани которого не пересекаются в одной точке, а верхнее и нижнее основания – прямоугольники, лежащие в параллельных плоскостях).

Ширина котлована по верху определяется по формуле

$$b = d + 2mh, \quad (1.5)$$

где  $b$  – ширина котлована поверху;  
 $d$  – ширина котлована понизу;  
 $m$  – коэффициент откоса.

Аналогично определяется длина котлована поверху:

$$a = c + 2mh, \quad (1.6)$$

где  $a$  – длина котлована поверху;  
 $c$  – длина котлована понизу.

Площади прямоугольного котлована:

$$F_n = cd, \quad (1.7)$$

$$F_6 = ab. \quad (1.8)$$

Вычисляется  $F_{cp}$ :

$$F_{cp} = \frac{(a+c) \cdot (b+d)}{4}. \quad (1.9)$$

Значения  $F_n$ ,  $F_6$ ,  $F_{cp}$  подставляются в формулу Симпсона, и тогда она примет вид:

$$V_k = \frac{h}{6}[ab + cd + (a+c) \cdot (b+d)]. \quad (1.10)$$

### Пример 1.1

Требуется определить объем котлована под сооружение с размерами 20×60 м. Высота котлована – 1,8 м. Грунт – супесь. Общий вид и размеры котлована представлены на рис. 1.1.

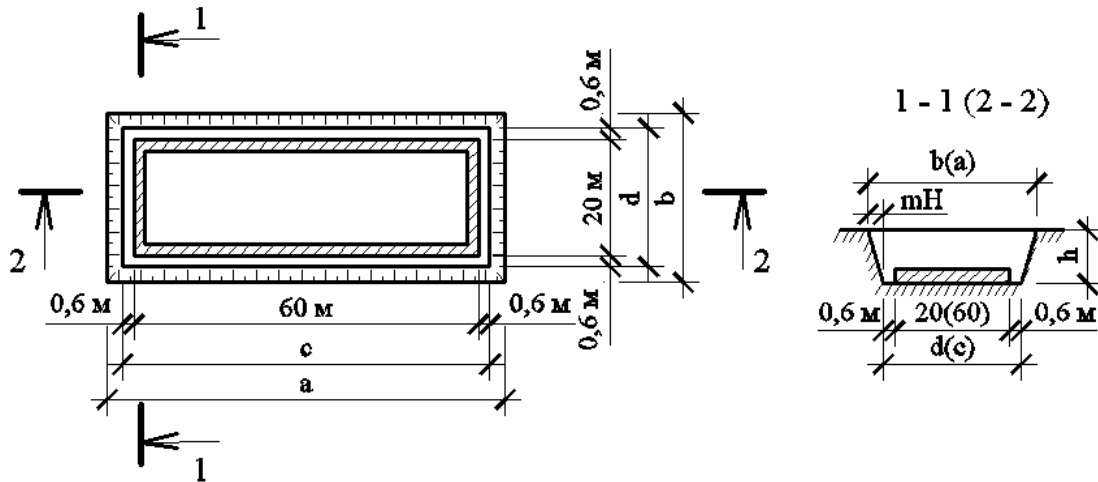


Рис. 1.1. Общий вид и размеры котлована

### Решение.

1. Определяем размеры котлована понизу с учетом уширений для прохода относительно сооружения с каждой стороны 0,6 м.

Ширина  $d = 20 + 2 \cdot 0,6 = 21,2$  м.

Длина  $c = 60 + 2 \cdot 0,6 = 71,2$  м.

2. Определяем размеры котлована поверху по формулам (1.5) и (1.6).

Значение крутизны откосов  $m = 0,67$  определено по табл. П.1.

Ширина:  $b = 21,2 + 2 \cdot 0,67 \cdot 1,8 = 23,6$  м.

Длина:  $a = 71,2 + 2 \cdot 0,67 \cdot 1,8 = 73,6$  м.

3. Определяем объем котлована по формуле (1.10)

$$V_k = \frac{1,8}{6} [73,6 \cdot 23,6 + 71,2 \cdot 21,2 + (73,6 + 71,2) \cdot (23,6 + 21,2)] = 2920 \text{ м}^3.$$

**Объем круглого в плане котлована** определяется как объем усеченного конуса:

$$V_k = \frac{\pi h}{3} (R^2 + r^2 + Rr), \quad (1.1)$$

где  $R$  – радиус котлована поверху;

$r$  – радиус котлована понизу.

## 1.2. Определение объемов земляных работ при разработке котлованов в зданиях с подвалом

При возведении зданий с подвалом часто возникает необходимость не только разрабатывать котлован, но и отрывать в нем траншеи для ленточных фундаментов стен подвала.

**Выемка грунта** экскаватором обычно производится **до отметки основания пола подвала**, а траншеи под фундаменты стен отрываются на втором этапе работ, при этом грунт складывается на свободных участках котлована.

При таком методе производства работ последующее удаление грунта из котлована представляет **большие трудности** и при высокой стесненности может потребовать применения значительных затрат ручного труда.

**Чтобы избежать** необходимости при разработке траншей удаления грунта из котлована, поступают следующим образом. Для этого **назначают глубину копания** котлована экскаватором **ниже проектной отметки** основания пола подвала настолько, чтобы объем грунта, вынутого из траншей, **компенсировал объем** дополнительно срезанного грунта (рис. 1.2).

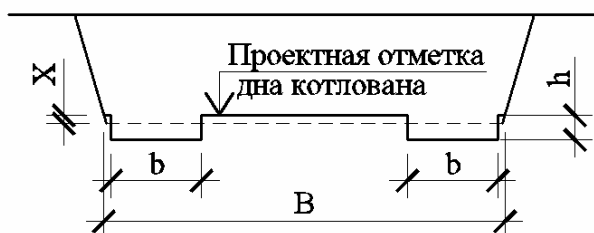


Рис. 1.2. Определение величины понижения отметки дна котлована

**Величина понижения** отметки дна котлована  $X$  определится с достаточной точностью по формуле

$$X = \frac{V_{mp}}{F} \cdot K_{op}, \quad (1.12)$$

где  $V_{mp}$  – объем траншей, подсчитанный по проектным размерам,  $m^3$ ;  
 $F$  – площадь дна котлована, включающая и площади, занимаемые траншеями,  $m^2$ ;

$K_{op}$  – коэффициент остаточного разрыхления грунта, принимаемый с учетом данных табл. П.2 (приложение).

### Пример 1.2

Требуется определить величину понижения отметки дна котлована, при условии, что под фундаментные подушки ленточного фундамента уст-

раиваются траншеи с вертикальными стенками (рис. 1.3). Грунт – супесь ( $m = 0,67$  при глубине котлована до 3 м). Размеры фундаментной подушки: ширина – 0,8 м, высота – 0,5 м. Размеры фундамента в осях 20×40 м.

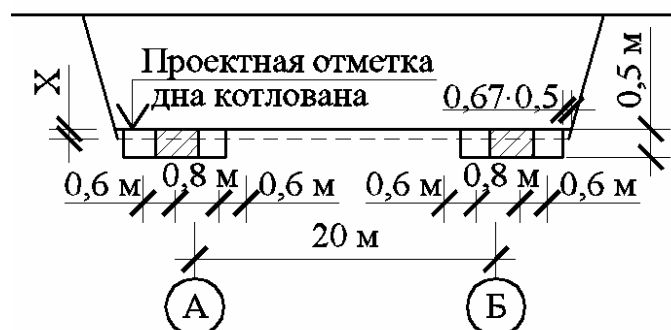


Рис. 1.3. Определение величины понижения отметки дна котлована

### Решение.

1. Определяем объем траншеи  $V_{тр}$ .

Размеры траншеи поверху и понизу равны, так как траншея проектируется с вертикальными стенками.

Ширина траншеи:  $b = 2 \cdot 0,6 + 0,8 = 2$  м.

Высота:  $h = 0,5$  м.

Длина:  $a = 2 \cdot (40 + 0,8 + 2 \cdot 0,6) + 2 \cdot (20 - 0,8 - 2 \cdot 0,6) = 120$  м.

$$V_{тр} = 2 \cdot 0,5 \cdot 120 = 120 \text{ м}^3.$$

2. Определяем площадь дна котлована:

$$F_o = (20 + 2 \cdot 0,6 + 0,8 + 0,67 \cdot 0,5) \cdot (40 + 2 \cdot 0,6 + 0,8 + 0,67 \cdot 0,5) = 945,6 \text{ м}^2.$$

Величина понижения отметки дна котлована, с учетом  $K_{op} = 1,24$  (табл. П.2)

$$X = \frac{120}{945,6} \cdot 1,03 = 0,13 \text{ м.}$$

### 1.3. Определение объемов земляных работ при устройстве въездной траншеи

При необходимости устройства въездной траншеи в котлованах ее объем  $V_m$  определяют отдельно. Длину въездной траншеи определяют в зависимости от ее уклона ( $i = 10 \dots 15$  %).

Ширину въездной траншеи принимают при одностороннем движении автомобилей-самосвалов 3,5 м, а при двустороннем – 7 м.

Объем траншей для въезда в прямоугольный котлован определяется по формуле

$$V_g = \frac{h^2}{6} (3f + 2mh \frac{m' - m}{m'}) (m' - m), \quad (1.13)$$

где  $h$  – глубина котлована;

$f$  – ширина въездной траншеи по дну;

$m'$  – коэффициент заложения дна траншеи (ориентировочно принимается от  $m=7$  до  $m=12$ );

$m$  – коэффициент заложения откосов.

### Пример 1.3

Требуется определить объем земляных работ при устройстве въездной траншеи. Коэффициент заложения дна траншеи при уклоне 8 %  $m' = 12,5$ . Коэффициент заложения откосов траншей  $m = 1$ . Движение автомобилей – одностороннее. Глубина котлована – 1,8 м.

#### Решение.

Объем въездной траншеи определим по формуле (1.13)

$$V_g = \frac{1,8^2}{6} (3 \cdot 3,5 + 2 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot \frac{12,5 - 1}{12,5}) \cdot (12,5 - 1) = 85,8 \text{ м}^3.$$

## 2. Подсчет объемов работ при возведении линейно-протяженных земляных сооружений

К таким сооружениям относятся траншеи подземных коммуникаций и насыпи (выемки) дорожного полотна.

Подсчет объемов земляных работ производится в этом случае на основании продольных профилей и поперечных сечений. Для линейно-протяженных сооружений следует построить профиль трассы. Построение профиля трассы начинают с выявления черных отметок пикетов, которые определяют интерполяцией (рис. 1.4). Черная отметка  $H_{ik}$  вершины  $K$  равна

$$H_{ik} = n \pm \frac{hl}{L}, \quad (1.14)$$

где  $n$  – отметка горизонтали;

$h$  – разность отметок соединения горизонталей;

$l$  – расстояние от горизонтали  $m$  до точки  $K$ ;

$L$  – расстояние между двумя горизонталями в плане.

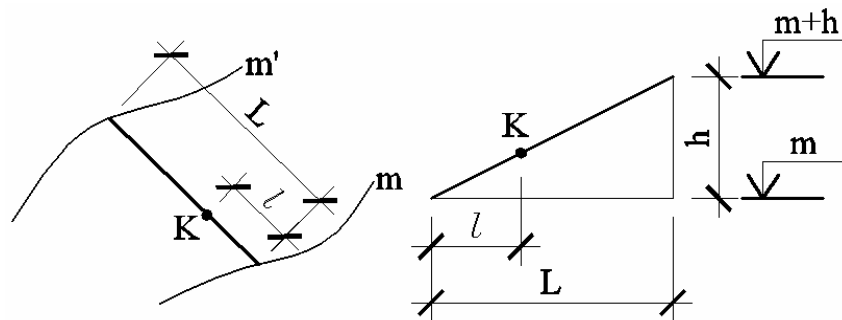


Рис. 1.4. Определение черной отметки пикета  $K$

В одном из торцов отметку дна траншеи принимают по заданию от плоскости планировки, а в другом торце – подсчитывают в соответствии с заданным уклоном дна траншеи. По длине траншею разбивают на участки длиной до 100 м и для каждого участка определяют рабочие отметки на торцах. Ширину сооружения понизу определяют путем уменьшения ширины траншеи на 0,3 м с каждой стороны. Размер на уровне плоскости планировки определяют, учитывая допустимую крутизну откосов (табл. П.1).

Общий объем сооружения (траншеи) определяют как сумму объемов отдельных участков, включенных между последовательно расположенными пунктами продольного профиля: 1, 2, 3 и т.д.

При малом уклоне дна траншеи с достаточной для практического использования точностью объем каждого участка может быть определен по приближенным формулам:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L \quad (1.15)$$

или

$$V = F_{cp} \times L, \quad (1.16)$$

где  $F_1$  – площадь поперечного сечения траншеи в начале рассматриваемого участка,  $\text{м}^2$ ;

$F_2$  – площадь поперечного сечения траншеи в конце рассматриваемого участка,  $\text{м}^2$ ;

$F_{cp}$  – площадь поперечного сечения траншеи на середине рассматриваемого участка,  $\text{м}^2$ ;

$L$  – длина участка, м.

Площади  $F_1$  и  $F_2$  определяются по формулам:

– при прямоугольном сечении

$$F_1 = b \cdot h_1, \quad (1.17)$$

$$F_2 = b \cdot h_2; \quad (1.18)$$

– при трапецидальном сечении (рис. 1.5)

$$F_1 = (b + mh_1)h_1, \quad (1.19)$$

$$F_2 = (b + mh_2)h_2, \quad (1.20)$$

где  $b$  – ширина траншеи по дну, м;

$h_1$  и  $h_2$  – рабочие отметки по оси (глубина траншеи) в начале и в конце рассматриваемого участка, м;

$m$  – коэффициент откоса (для временных котлованов и траншей определяется по табл. П.1, для постоянных сооружений задаётся проектом).

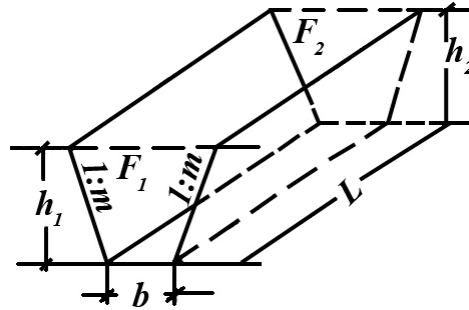


Рис. 1.5. Схема участка траншеи с откосами

Площадь поперечного сечения траншеи на середине рассматриваемого участка определяется по формуле

$$F_{cp} = bh_{cp} + mh^2, \quad (1.21)$$

где  $b$  – ширина траншеи по дну, м;

$h$  – разность отметок соединения горизонталей;

$h_{cp}$  – средняя рабочая отметка между смежными сечениями продольного профиля

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2}{2}. \quad (1.22)$$

Формула (1.15) даёт завышенный результат, формула (1.16) – заниженный. Точный результат при определении объема участка траншеи может быть получен по формуле Ф.Ф. Мурзо

$$V = \left[ F_{cp} + \frac{m(h_1 - h_2)^2}{12} \right] L. \quad (1.23)$$

Структура поправки в формуле Мурзо показывает, что значение ее при неизменной длине  $L$  резко возрастает с возрастанием разности рабочих отметок  $(h_1 - h_2)$  и величины  $m$ . Поэтому **упрощёнными формулами (1.15) и (1.16) практически пользуются при  $(h_1 - h_2) \leq 0,5$  м и  $L$  до 50 м.**

#### **Пример 1.4**

Требуется определить объем земляных работ при устройстве траншеи длиной 70 м, шириной по дну – 8 м, глубиной в начале траншеи – 1,7 м, в конце – 1,9 м. Грунт – супесь.

#### **Решение.**

1. По формуле (1.22) определяем среднюю рабочую отметку:

$$h_{cp} = \frac{1,7 + 1,9}{2} = 1,8 \text{ м.}$$

2. По формуле (1.21) определяем площадь поперечного сечения траншеи на середине

$$F_{cp} = 8 \cdot 1,8 + 0,25 \cdot 1,8^2 = 15,2 \text{ м}^2.$$

3. По формуле (1.23) определяем объем траншеи

$$V = \left[ 15,2 + \frac{0,25 \cdot (1,7 - 1,9)^2}{12} \right] \cdot 70 = 1064,1 \text{ м}^3.$$

В этих пределах формула (1.15), объём расчётов по которой минимален, даёт результаты с достаточной для практических целей точностью.

**Объёмы насыпей и выемок** в дорожном строительстве определяются также по продольному и поперечным профилям земляного полотна, при этом следует пользоваться формулой Ф.Ф. Мурзо (1.23).

### **3. Подсчет объемов грунта обратной засыпки**

**Объем сооружения** определяют как произведение его площади на высоту. Высоту принимают как разность между отметками плоскости планировки и низа котлована. Объем отдельно стоящих фундаментов, труб и коллекторов подсчитывают в соответствии с их размерами в задании.

**Объем обратной засыпки** определяют как разность объемов котлована и сооружения.



**Грунт**, необходимый для обратной засыпки котлована или траншеи, предварительно **разрабатывают в отвал**, его количество определяют по формуле

$$V_{обр.зас.} = \frac{V_{котл(тр)} - V_{фунд}}{K_{ор}} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (1.24)$$

где  $V_{фунд}$  – объем лишнего грунта, определяемый по габаритам подземной части здания или инженерного сооружения, м<sup>3</sup>;

$V_{котл(тр)}$  – общий объем котлована (траншеи), м<sup>3</sup>;

$K_{ор}$  – коэффициент остаточного разрыхления; вводится для перевода грунта из состояния остаточного разрыхления в плотное (табл. П.2).

Объемы строительных работ с большим количеством формул и эскизов **рекомендуется подсчитывать** в табличной форме. Пример оформления ведомости подсчета объемов работ представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Ведомость подсчёта объемов работ

Наименование работ	Формула подсчета и эскиз	Ед. измерения	Кол-во
<b>Вертикальная планировка</b>			
1. Предварительная планировка поверхности		м <sup>2</sup>	
2. Окончательная планировка площадки		м <sup>2</sup>	
<b>Разработка котлована</b>			
3. Искусственное понижение уровня грунтовых вод		м <sup>3</sup>	
4. Разработка котлована, в том числе: - в транспортное средство, - в отвал		м <sup>3</sup> (общ.) м <sup>3</sup> м <sup>3</sup>	
5. Вывоз лишнего грунта за пределы площадки		м <sup>3</sup>	
6. Разработка недобора грунта: - вручную (подчистка дна) - бульдозером		м <sup>3</sup> (общ.) м <sup>3</sup> м <sup>3</sup>	
7. Обратная засыпка пазух котлована, в том числе: - бульдозером, - вручную		м <sup>3</sup> (общ.) м <sup>3</sup> м <sup>3</sup>	

## **ТЕМА 2. ВЫБОР КОМПЛЕКТОВ МАШИН ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ОТРЫВКЕ КОТЛОВАНОВ И ТРАНШЕЙ**

1. Выбор комплектов машин для выполнения работ по отрывке котлованов и траншей.

1.1. Выбор одноковшовых экскаваторов для выполнения работ по отрывке котлованов и траншей.

1.2. Разработка грунта экскаватором с прямой лопатой.

1.3. Разработка грунта экскаватором с обратной лопатой.

1.4. Разработка грунта экскаватором-драглайном.

2. Расчет оптимального количества автосамосвалов для отвозки грунта.

### **1. Выбор комплектов машин для выполнения работ по отрывке котлованов и траншей**

После определения объёмов земляных работ, подлежащих разработке, выполняют выбор способа производства земляных работ и подбирают комплекты машин.

Земляные работы являются наиболее трудоёмкими в строительстве, и поэтому требуют применения комплексной механизации, при которой механизмируются не только основные, но и вспомогательные операции производственного процесса.

При комплексной механизации работы выполняются с помощью комплектов машин, взаимно дополняющих друг друга и увязанных между собой по основным параметрам и расположению в механизированной цепи. Правильно организованная комплексная механизация работ, исключая ручной непроизводительный труд, обеспечивает по сравнению с частичной механизацией достижение более высоких технико-экономических показателей по производительности труда, использованию машин и стоимости работ.

**Основные условия** правильного комплектования машин для производства земляных работ комплексно-механизированным способом следующие:

а) **количество машин**, участвующих в технологическом процессе, должно быть минимальным, а параметры их должны полностью соответствовать условиям работы, характеру и габаритам возводимого сооружения;

б) в составе каждого комплекта машин **выделяется одна или несколько ведущих**, которые в основном определяют организацию работ всего комплекта машин, его производительность и темпы производства работ;

в) состав комплекта машин должен **обеспечивать непрерывность потока грунта** от места его разработки до места отсыпки в насыпь или отвал;

г) производительность каждой входящей в комплект машины **должна обеспечивать** наиболее эффективную **работу ведущей машины** (или ведущих машин).

**Выбор** наиболее целесообразного **способа** производства земляных работ рекомендуется выполнять по следующему плану:

а) **устанавливают процессы**, входящие в полный технологический комплекс, и **объёмы работ** по каждому процессу;

б) исходя из объёмов работ и сроков их выполнения, характеристики земляного сооружения (рабочих отметок и размеров в плане), грунтовых условий, дальности перемещения грунта, рельефа местности, сезона производства работ, наличия воды и энергоресурсов **определяют** возможные в данных условиях **способы механизации** отдельных процессов (два варианта);

в) **назначают** по каждому варианту **ведущие и комплектующие машины** (комплекты машин), определяют их количество, устанавливают режим работы машин, состав и количество обслуживающего персонала;

г) **сравнивают** намеченные способы комплексной механизации производства работ по технико-экономическим показателям с выбором наиболее целесообразного способа производства земляных работ.

### **1.1. Выбор одноковшовых экскаваторов для выполнения работ по отрывке котлованов и траншей**

При выборе способов механизации отдельных процессов могут быть использованы следующие рекомендации.

**Для отрывки траншей** применяют одноковшовые экскаваторы с обратной лопатой и драглайны с емкостью ковша  $0,15 - 0,50 \text{ м}^3$ , а также многоковшовые экскаваторы-канавокопатели.

**Обратной лопатой** с ковшом ёмкостью  $0,15 \text{ м}^3$  можно разрабатывать грунты I и II группы, а с ковшом ёмкостью  $0,50 \text{ м}^3$  – до IV группы включительно.

**Преимуществом экскаваторов с обратной лопатой** по сравнению с драглайнами является способность их отрывать узкие траншеи с вертикальными стенками. Это достоинство широко используют при рытье траншей в стесненных условиях, когда надо до минимума сократить объем вынутого из траншеи грунта.

Специфическая **особенность** обратных лопат заключается в том, что они могут разрабатывать узкие траншеи значительно большей глубины, чем

при разработке широких выемок боковыми проходками. Это объясняется тем, что при разработке грунта лобовыми забоями в траншеях, ширина которых меньше расстояния между гусеницами или колёсами ходовой тележки, экскаватор может опускать стрелу под большим углом к горизонту. При разработке грунта боковыми забоями в широких траншеях или котлованах угол опускания стрелы ограничивается деталями ходового устройства.

**Драглайны** с ковшами ёмкостью до  $0,35 \text{ м}^3$  разрабатывают грунт I, II и III групп, а с ковшом ёмкостью  $0,5 \text{ м}^3$  – до IV группы включительно.

При этом небольшая ширина траншей позволяет производить выемку лобовым забоем. Такая разработка забоя позволяет отрыть траншею с крутыми боковыми откосами, имеющую глубину, равную наибольшей глубине резания.

Для рытья **траншей при укладке трубопроводов** целесообразно применять **многоковшовые экскаваторы**. При значительной протяженности траншей и мягких грунтах эти экскаваторы наиболее эффективны. Очертание траншей после прохода многоковшового экскаватора получается более правильным, чем после прохода одноковшового экскаватора,

**Одноковшовые экскаваторы с прямой лопатой** не добирают грунт в траншеях: на 10 см при ёмкости ковша  $0,25 \text{ м}^3$ ; 15 см – при  $0,35 \text{ м}^3$ ; 20 см – при  $0,5$  и  $1 \text{ м}^3$  и 30 см при ёмкости ковша более  $1 \text{ м}^3$ .

Рытьё траншей многоковшовыми экскаваторами (цепными и роторными) в связных грунтах (суглинках и глинах) может вестись без крепления для укладки трубопроводов плетями при помощи кранов, при этом допустимая глубина не более 3 м.

**В местах спуска** рабочих в траншею для стыкования плетей и выполнения других работ следует **устраивать местные откосы** или крепления. Эти работы должны быть учтены в общей технологической схеме производства земляных работ.

Для обеспечения проектного уклона дна траншеи, разрабатываемой многоковшовыми или роторным экскаватором, поверхность грунта по трассе трубопровода должна быть спланирована до начала отрывки.

Если земляные работы выполняются со значительным опережением последующих работ, то траншеи следует отрывать с откосами или ступенчатыми стенками. Для этого на рабочие органы цепных многоковшовых экскаваторов устанавливаются специальные шнековые устройства, позволяющие расширять верхнюю часть траншеи. Для рытья траншей с откосами роторными экскаваторами на их рабочий орган устанавливаются откосники.

**Разработка котлованов** осуществляется, главным образом, одноковшовыми экскаваторами. Вид рабочего оборудования (прямая или обратная лопата, драглайн) выбирается в зависимости от размеров котлована и характера грунта. Котлованы под жилые и промышленные здания роют, экскаваторами с ковшом ёмкостью от 0,25 до 1,0 м<sup>3</sup>.

**При рассредоточенных объёмах работ** в сухих грунтах следует отдавать предпочтение **пневмоколёсным экскаваторам** как более маневренным. При высоком уровне залегания **грунтовых вод** целесообразно применять **экскаваторы на гусеничном ходу**, оборудованные преимущественно **обратной лопатой или драглайном**. **Экскаваторы с прямой лопатой** рекомендуется использовать на разработке грунта, главным образом, с погрузкой в транспортные средства при **уровне грунтовых вод ниже подошвы** забоя и при **высоте забоя**, обеспечивающей **полную загрузку** ковша. При уровне грунтовых вод выше подошвы забоя для разработки экскаватором с прямой лопатой, требуется организовать водоотлив или водопонижение.

Для разработки грунта в котлованах в качестве **ведущей машины** применяют экскаваторы с оборудованием типа драглайн или прямая лопата, для широких траншей – прямая лопата или обратная лопата, для узких (шириной понизу до 3 м) траншей и ям под отдельные фундаменты одноэтажных промышленных зданий – обратная лопата.

В зависимости от объема грунта в котловане определяют **ёмкость ковша** экскаватора (табл. П.3 – П.5, см. приложения). По виду и категории грунта выбирают **тип ковша** экскаватора. Например, для песков и супесей выбирают ковши со сплошной режущей кромкой, а для глин и суглинков – с зубьями.

Ориентировочная **ёмкость ковша прямой лопаты** в зависимости от **объёма работ**, сосредоточенного в одном месте, может быть принята по табл. П.4 и в зависимости от **наименьшей высоты** забоя, обеспечивающей заполнение ковша «с шапкой» по табл. П.5.

**Котлованы под отдельные опоры** при глубине до 3,5 м успешно отрывают экскаватором с **обратной лопатой**.

При небольшой глубине котлованов, значительной их протяжённости, близком расположении мест отвалов и особенно при использовании грунта в полезных насыпях рытьё котлованов успешно выполняется тракторными **скреперами**.

Котлованы для подвальных этажей протяженных зданий с перемещением грунта на небольшие расстояния (до 50 м) роют **бульдозерами**, начиная от поперечной оси котлована слоями на глубину 0,6 – 0,8 м.

Разработка недобора грунта в котлованах и траншеях может быть выполнена **вручную**, но при этом затрачивается большое количество ручного труда. Поэтому в технологической карте следует разработать мероприятия, способствующие разработке грунта по заданному контуру с минимальными затратами ручного труда.

Для **зачистки дна** котлована и траншей целесообразно применять **струг**, смонтированный на ковше обратной лопаты и управляемый машинистом из кабины экскаватора. Для этих работ можно использовать и **микробульдозеры**.

Для зачистки дна котлована могут быть также применены **бульдозеры** с оптическим прибором управления лучом (ПУЛ), экскаваторы, оборудованные **обратной лопатой с глубиномером** ГОГ-2 и другие машины со специальными контрольными устройствами и приспособлениями.

**Вертикальную планировку** территории кварталов или отдельно стоящих зданий целесообразно выполнять при глубине срезки грунта до 0,5 м и дальности его перемещения не более 100 м **бульдозерами или скреперами**. Схемы их работы будут рассмотрены на следующих практических занятиях. При глубине срезки грунта более 0,5 м или дальности его перемещения более 100 м целесообразно для планировки применять одноковшовые **экскаваторы** (с прямой или обратной лопатой). Зачистка планируемой территории после срезки грунта экскаваторами должна осуществляться **бульдозерами**.

При вертикальной планировке площадок больших размеров может оказаться целесообразным применение различных способов разработки и перемещения грунта: экскаваторов с автосамосвалами, скреперов и бульдозеров. В этом случае на плане проектируемой площадки **указываются зоны**, отводимые для разработки грунтов различными способами.

**Определение количества машин** для разработки грунта выполняется после выбора способа производства работ и назначения по каждому варианту ведущих и комплектующих машин. Необходимо определить их количество, режим работы и состав обслуживающего персонала.

**Если срок** выполнения работ **задан**, то исходной величиной для расчёта необходимого количества машин и транспортных средств служит **сменный** поток работ, получаемый путём деления общего объёма земляных работ на заданный срок их выполнения. В этом случае **количество**

**машин** определяется делением сменного потока работ на производительность механизма в смену, определённую по единым нормам и расценкам на земляные работы.

**Если срок** выполнения работ **не задан**, то срок определяется путём деления общего объёма работ на сменную производительность ведущей машины.

**Подбор комплекта** машин производится с учётом полного обеспечения предусмотренной производительности ведущей машины и максимального использования вспомогательных машин.

Если максимальная производительность одной ведущей машины **недостаточна для полной загрузки** имеющихся вспомогательных машин (автогрейдер, бульдозер, грунтоуплотняющие и др.), то в комплект вводят **несколько ведущих** машин.

В пояснительной записке должна быть приведена техническая характеристика принятого оборудования (ёмкость ковша, рабочие параметры, вес машины, грузоподъёмность и др.), состав и количество обслуживающего персонала. Механизированные земляные работы ведутся, как правило, в две-три смены.

**Разработка технологической схемы** производства земляных работ ведется путем сравнения вариантов. Выбирается вариант способа производства земляных работ, характеризующийся лучшими технико-экономическими показателями. Этот вариант принимается для детальной разработки технологии производства работ. Разработка технологии начинается с разработки технологической схемы – основного раздела технологической карты.

В схеме указывается **последовательность разработки** земляного сооружения **с разбивкой его на забои и проходки** (в плане и разрезе) с **расстановкой** землеройных, планировочных и транспортных средств. Чтобы обеспечить максимальную производительность экскаваторов, важно не только правильно подобрать типы машин и рабочее оборудование к ним, но и выбрать рациональную схему производства экскаваторных работ, произвести наиболее эффективную разбивку сечений на забои и проходки исходя из условий работы экскаватора с учетом оптимальных параметров. От ширины и формы забоя (лобовой, боковой) зависит угол поворота экскаватора на разгрузку и, следовательно, его производительность.

В зависимости от размеров выемки и параметров экскаваторов разработка ведётся в одну или несколько проходок по ширине (рис. 2.1) и в один или несколько ярусов по глубине.

## 1.2. Разработка грунта экскаватором с прямой лопатой

Разработка грунта производится **боковым и лобовым** (тупиковым) забоем. При боковом забое транспортные средства располагаются на уровне подошвы забоя или выше его и имеют сквозной проезд, расположенный параллельно пути перемещения экскаватора только на уровне подошвы забоя сзади или сбоку от экскаватора; схема транспортных путей при этом – тупиковая.

Разработка выемок способом **лобового забоя** создаёт тяжёлые условия для работы транспорта. Много времени затрачивается на развороты автомашин и подачу их под погрузку задним ходом. Средний угол поворота платформы экскаватора для погрузки грунта в транспортные средства, особенно при работе в узких забоях, может достигать  $180^\circ$ , что увеличивает время рабочего цикла и **снижает производительность** экскаватора. Поэтому **ширину лобового забоя целесообразно увеличить** до размеров, в 2,5 – 3,5 раза превышающих наибольший радиус резания грунта экскаватором, и разработку вести путём перемещения экскаватора **по зигзагу или поперёк котлована** (рис. 2.1).

**Уширенный лобовой забой** улучшает условия подачи транспорта и позволяет работать с углом поворота экскаватора в пределах  $90 - 110^\circ$  вместо  $180^\circ$ , что в итоге **повышает производительность** экскаватора и работающих с ним в комплекте автомобилей-самосвалов.

**Уширенный лобовой забой** следует применять только в **тех случаях**, когда по местным условиям **нельзя применять** боковой забой либо при устройстве съезда в котлован и отрывке пионерной траншеи. Уширенным лобовым забоем рекомендуется пользоваться также в тех случаях, когда параметры экскаватора позволяют за одну проходку отрыть котлован, в котором можно производить разворот автосамосвалов и уменьшить углы поворота экскаватора на выгрузку.

При производстве работ **боковым забоем** транспортные пути расположены **параллельно оси** перемещения экскаватора, что позволяет подавать транспортные средства под погрузку без разворотов и значительно **уменьшить угол поворота** стрелы экскаватора при погрузке. А это в свою очередь увеличивает производительность экскаватора и работающих с ним транспортных средств.

В **широких выемках** (котлованах), разрабатываемых несколькими проходками, лобовым уширенным забоем выполняется лишь пионерная траншея, а вся дальнейшая разработка грунта в выемке, как правило, производится способом бокового забоя.



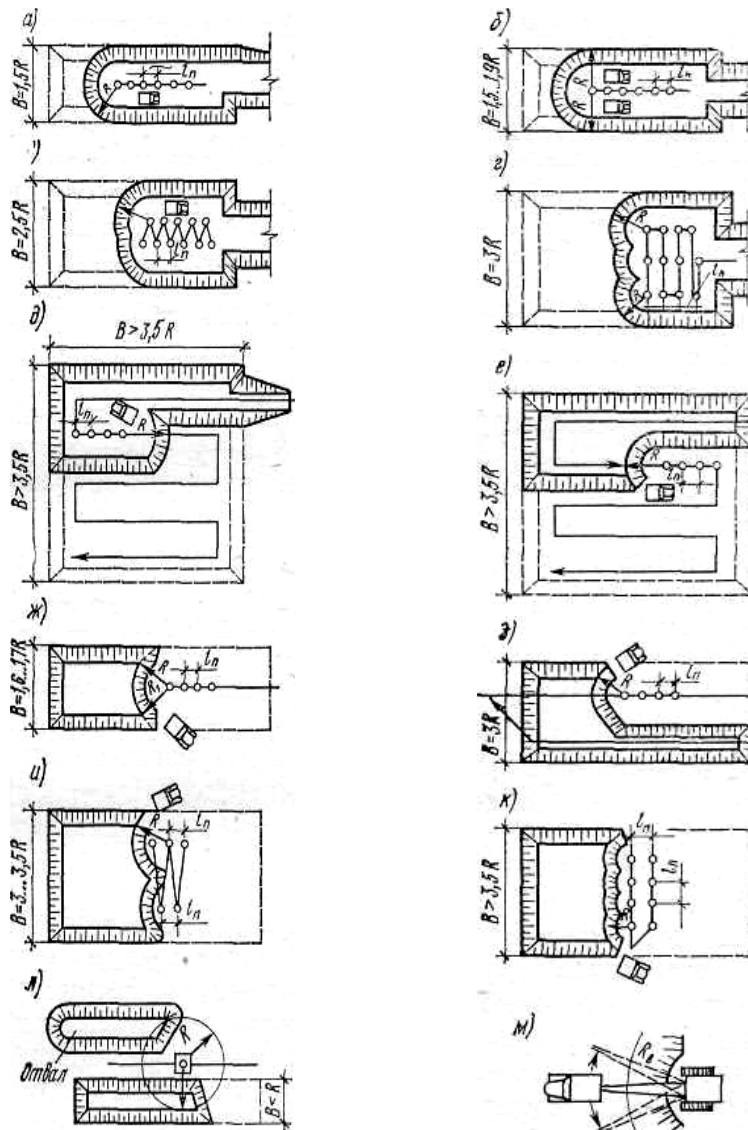


Рис. 2.1. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами при отрывке котлованов: *а* – лобовой проходкой экскаватора, оборудованного прямой лопатой с односторонней погрузкой в транспортную машину; *б* – то же, с двусторонней погрузкой; *в* – уширенной лобовой проходкой с зигзагообразным перемещением экскаватора; *г* – то же, с перемещением экскаватора поперек котлована; *д* – боковой проходкой экскаватора, оборудованного прямой лопатой; *е, ж, з* – торцевой проходкой вдоль котлована экскаватором, оборудованным обратной лопатой; *и, к* – то же, при проходках поперек котлована; *л* – боковой проходкой; *м* – поперечно-челночной проходкой экскаватором-драглайном

Наиболее распространённым типом бокового забоя является забой, в котором транспортные пути размещены на одном уровне с экскаватором параллельно оси его перемещения.

При таком взаимном расположении экскаватора и транспортных средств максимально используются все параметры рабочего оборудования

и представляется возможность применять для транспортирования грунта различные транспортные средства.

**Боковые забои** с расположением транспортных путей **выше уровня** стоянки экскаватора применяются при рытье котлованов и пионерных траншей небольшой глубины, при заглублении прямой лопаты на более низкий рабочий горизонт при разработке глубоких выемок.

Возможность разработки котлована боковым забоем с расположением транспортных путей выше уровня подошвы зависит от характеристики рабочего оборудования экскаватора, глубины котлована и высоты транспортной единицы.

В этом случае максимально возможная для данного экскаватора **глубина котлована** (проходки)  $h$  определится из выражения

$$h = H - (h_m + 0,8) \quad (2.1)$$

где  $H$  – максимальная высота выгрузки грунта экскаватором, м;

$h_m$  – высота транспортной единицы до верха борта, м;

0,8 м – запас на неровности пути и возвышение грунта над бортами транспортной единицы, м.

### **1 ВАРИАНТ расчета параметров проходки**

**Максимальное расстояние  $B_n$**  от оси перемещения экскаватора до бровки у погрузочного пути определяется из выражения

$$B_n = R_e - \left(\frac{e}{2} + 1\right), \quad (2.2)$$

где  $R_e$  – радиус выгрузки при максимальной высоте, м;

$e$  – ширина хода транспортной единицы или длина шпал рельсового пути, м;

1 – минимальная ширина бермы, м.

Ось пути экскаватора должна отстоять от нижней кромки ближайшего откоса на величину  $B$ , обеспечивающую при повороте экскаватора расстояние между хвостовой частью кабины и откосом выемки не менее 1 м.

Максимальное расстояние от оси перемещения экскаватора до бровки, противоположной погрузочному пути, определяется по формуле

$$B = \sqrt{R^2 - l_n^2}, \quad (2.3)$$

где  $R$  – максимальный радиус резания, м;

$l_n$  – длина рабочей передвигки экскаватора, м.

Максимально возможная ширина проходки определяется по формуле

$$B_n = B_n + B. \quad (2.4.)$$

Однако известно, что работа на предельно вытянутой рукояти влечёт за собой преждевременный износ креплений напорного механизма, приводит к уменьшению режущей способности ковша и требует от машиниста экскаватора повышенного внимания, вызывая тем самым излишнюю утомляемость.

В соответствии со сказанным, максимальная ширина проходки должна определяться уменьшенными радиусами резания и выгрузки, путём умножения их паспортных значений на коэффициент  $K_0$ , принимаемый 0,8 – 0,9. Исходя из этого максимальная ширина проходки, разрабатываемой боковым забоем с расположением транспортных путей выше уровня подошвы забоя, определяется по формуле

$$B_m = (0,8 - 0,9)R_g - \left(\frac{6}{2} + 1\right) + \sqrt{[(0,8 - 0,9)R]^2 - l_n^2}. \quad (2.5)$$

Ширина забоя оказывает большое влияние на эффективность работы экскаватора. При максимальной ширине бокового забоя угол поворота экскаватора достигает  $180^\circ$ , что вызывает увеличение продолжительности цикла и соответственное уменьшение производительности экскаватора. Поэтому ширину бокового забоя следует уменьшать.

Практика показала, что ширину боковых забоев следует принимать **не более**  $(0,8 - 0,9) R$ , где  $R$  максимальный радиус резания экскаватора. Сокращение ширины бокового забоя выгодно до тех пор, пока экономия времени, получаемая от уменьшения угла поворота, будет больше, чем потери времени, вызванные более частыми передвижками экскаватора в узкой забое.

**Минимальная ширина** проходки при боковом забое должна быть не менее удвоенного радиуса вращения хвостовой части поворотной платформы экскаватора. При такой ширине средний угол поворота платформы для разгрузки грунта не превысит  $60^\circ$ , вместе с тем исключается возможность задевания кабиной экскаватора стенок забоя и транспортных средств при вращении платформы в процессе экскавации и погрузки грунта.

$$K = 2r, \quad (2.6)$$

где  $K$  – наименьшая ширина проходки при боковом забое, м;

$r$  – радиус хвостовой части кабины экскаватора, м.

Автосамосвалы, подаваемые под погрузку грунта, устанавливаются по вешкам так, чтобы **угол поворота** экскаватора при погрузке не превышал  $90^\circ$ .

При определении **глубины разработки** выемки следует учитывать, что экскаватор с прямой лопатой работает наиболее эффективно, если высота забоя не более чем на 20 % превышает высоту напорного вала, установленного на рабочем оборудовании.

$$h_o = 1,2 \cdot M, \quad (2.7)$$

где  $h_o$  – оптимальная высота забоя, м;

$M$  – высота напорного вала над уровнем стоянки, м.

При большей высоте в связных грунтах образуется опасный навес забоя, который может повлечь повреждение экскаватора при обвалах грунта.

**Минимальная же высота** забоя должна быть не меньше трёхкратной высоты ковша.

## 2 ВАРИАНТ расчета параметров проходки

Вид проходки экскаватора зависит от глубины и ширины котлована и условий его разработки. Лобовыми проходками разрабатывают выемки на крутых склонах или, когда глубина выемки не позволяет загружать транспортные средства, расположенные на берме выемки.

Неширокие котлованы (шириной до  $1,5R$ ) разрабатывают лобовой проходкой с односторонней погрузкой в транспортные средства (рис. 2.1, а), при ширине котлована от  $1,5R$  до  $1,9R$  разработку ведут лобовой проходкой с двусторонней подачей транспортных средств (рис. 2.1, б).

Наибольшая ширина лобовой проходки поверху для экскаватора с прямой лопатой при движении его по прямой определяется по формуле

$$B = 2\sqrt{R_o^2 - l_n^2}, \quad (2.8)$$

где  $R_o$  – оптимальный радиус резания экскаватора;

$l_n$  – длина рабочей передвигки экскаватора.

Котлованы шириной от  $1,9R$  до  $2,5R$  разрабатывают уширенной лобовой проходкой с передвигкой экскаватора по зигзагу (рис. 2.1, в), а до  $3R$  – с передвигкой его поперек котлована (рис. 2.1, г), т. е. поперечно-торцовой проходкой.

Широкие котлованы (более  $3,5R$ ) разрабатывают вначале лобовой, затем боковыми проходками. Наибольшая ширина проходки при этом равна:

– для зигзагообразной

$$B = 2\sqrt{R_o^2 - l_n^2} + 2R_c; \quad (2.9)$$

– для поперечно-торцовой

$$B = \sqrt{R_p^2 - l_n^2} + 2nR_c; \quad (2.10)$$

– для боковой

$$B = \sqrt{R_o^2 - l_n^2} - mH + 0,7R_c, \quad (2.11)$$

где  $R_c$  – радиус резания на уровне стоянки;

$n$  – количество поперечных передвижек экскаватора;

$m$  – коэффициент откоса;

$H$  – высота забоя.

При глубине выемки (котлована), превышающей оптимальную высоту забоя, грунт разрабатывают по ярусам (уступам) в последовательности, определяемой профилем выемки.

### **3 ВАРИАНТ назначения параметров проходок**

Параметры проходок назначаются по таблицам, приведенным в справочной литературе.

#### **1.3. Разработка грунта экскаватором с обратной лопатой**

Котлован **разбивается на проходки**, как и при работе экскаватором с прямой лопатой. Ширина проходок должна обеспечивать наименьшие затраты времени на рабочий цикл ковша.

Если надо расширить проходку, чтобы освободить фронт для других строительных работ, то грунт разрабатывают **уширенными** забоями при **зигзагообразном** перемещении экскаватора.

Рытьё котлованов шириной 12 – 14 м производят **одной лобовой проходкой** с зигзагообразными движениями экскаватора, а при большей ширине – **параллельными** проходками.

При разработке грунта **навывет** (с укладкой грунта непосредственно в земляное сооружение или в отвал) величина углов поворота не должна превышать в среднем  $90^\circ$ , а при погрузке **в транспортные средства** –  $70^\circ$ .

Как в лобовом, так и в боковом забое **ось рабочего передвижения** экскаватора с целью уменьшения угла поворота **следует смещать** в сторону транспортных средств.

**Разработка грунта экскаваторами с обратной лопатой** осуществляется торцовыми или боковыми проходками с перемещением экскаватора повернувшись «на себя» с копанием грунта ниже уровня его стоянки (см. рис. 2.1, е). Последняя особенность важна в тех случаях, когда грунты увлажненные или мокрые.

Возможно также вести разработку грунта из-под воды. При этом, в зависимости от ширины котлованов, разработку грунта осуществляют с

прямолинейной, зигзагообразной лобовой (рис. 2.1, *ж, з, и*), поперечно-торцевой (рис. 2.1, *к*) и боковой проходками (рис. 2.1, *л*).

Разрабатываемый грунт обычно отсыпают в отвал на бровку и частично (излишки, ненужные для обратной засыпки) на транспорт.

### **1 ВАРИАНТ расчета параметров проходки**

**Ширину проходки** при погрузке грунта в транспортные средства принимают  $(1,2 - 1,3)R$ , а при отсыпке в отвал –  $(0,7 - 0,8)R$ , так как размер проходки ограничивает вместимость отвала.

При отрывке траншей разработку грунта рекомендуется начинать со стороны откоса к середине траншеи, что снижает сопротивление грунта резанию. Траншеи с шириной по дну до 1 м разрабатывают за одну проходку (торцевую) с перемещением экскаватора по оси траншеи.

### **2 ВАРИАНТ расчета параметров проходки**

Траншеи и другие узкие выемки разрабатываются лобовым забоем с погрузкой грунта в транспортные средства или в отвал на одну или обе стороны.

При погрузке грунта в транспортные средства или односторонний отвал максимальная ширина лобовой проходки поверху:

$$B_1 = b_2 + b_1 = \sqrt{R_{cm}^2 - L_n^2} + \left( R_{e.m} - \frac{b_k}{2} - 1 \right), \quad (2.12)$$

где  $R_{cm}$  – наибольший радиус резания на уровне стоянки, м;

$L_n$  – длина рабочей передвигки экскаватора, м;

$R_{e.m}$  – наибольший радиус выгрузки грунта в транспортные средства, м;

$b_k$  – ширина транспортных средств или отвала грунта, м.

При двусторонней выгрузке грунта ширина проходки поверху:

$$B_1 = 2b_1 = 2 \left( R_{e.m} - \frac{b_k}{2} - 1 \right), \quad (2.13)$$

ширина проходки понизу:

$$B_1 = 2b_1 = 2 \left( R_{e.m} - \frac{b_k}{2} - 1 \right). \quad (2.14)$$

где  $m$  – коэффициент откоса;

$H$  – высота забоя, м.

Разработка котлованов боковыми забоями осуществляется за несколько проходок с погрузкой грунта в транспортные средства.

Грунт крайних проходок может быть уложен в отвал и использован в дальнейшем для обратной засыпки.

Ширина первой проходки определяется по предыдущим формулам, а каждой последующей:

$$B_n = b_1 + b_2 = \left( R_{в.м} - mH - \frac{b_k}{2} - 1 \right) + \sqrt{R_n^2 - L_n^2}. \quad (2.15)$$

### 3 ВАРИАНТ назначения параметров проходок.

Параметры проходок назначаются по таблицам, приведенным в справочной литературе.

#### 1.4. Разработка грунта экскаватором-драглайном

Выемки разрабатываются экскаватором-драглайном за несколько боковых или за одну лобовую проходку. Размеры забоя для драглайна определяются так же, как и при разработке грунта экскаватором с обратной лопатой.

При работе экскаватора, оборудованного драглайном, грунт разрабатывается ниже уровня стоянки и грузится в автосамосвалы, устанавливаемые на уровне стоянки экскаватора или в забое (при работе челночным методом). Перед началом работы участки пути, по которым передвигается драглайн, выравниваются бульдозером или автогрейдером. Площадки на местах стоянок экскаватора после перемещения должны иметь горизонтальную поверхность.

В зависимости от ширины котлована и рабочих параметров экскаватора **первая проходка** выполняется **лобовым забоем** с перемещением экскаватора **по оси отрываемой траншеи** или **уширенным лобовым забоем** с перемещением экскаватора **по зигзагообразной линии**. Эти схемы применяются главным образом в тех случаях, когда такой проходкой можно отрыть котлован на полную ширину. В остальных случаях первая проходка осуществляется **узким лобовым забоем** с установкой экскаватора на оси, совмещенной с нижней бровкой котлована.

После отрывки **пионерной** траншеи, выполненной за первую проходку экскаватора, разработка грунта в котловане ведётся последовательно **боковыми** продольными забоями с погрузкой грунта в автосамосвалы, устанавливаемые на уровне стоянки экскаватора или в котловане (рис. 2.1, м). Расстояние перемещения экскаватора между стоянками принимается равным 1/5 длины стрелы.

При погрузке грунта на транспортные средства, подаваемые к экскаватору на одном с ним уровне, средний угол поворота экскаватора должен быть равен  $70^\circ$ . При разработке грунта навывет ширина проходок должна быть такой, чтобы величина угла поворота при работе не превышала  $90^\circ$ .

Широкие выемки разрабатывают за несколько лобовых проходок или применяют такие технологические приемы, как перемещение по зигзагу или поперечно-торцовую проходку, а также челночный способ работы экскаватора. При устройстве широких котлованов, а также насыпей из грунта резерва в ряде случаев применяют боковую проходку, ширина которой составляет около  $(0,7 - 0,8)R$ , а поворот стрелы экскаватора для разгрузки –  $180^\circ$ .

Преимуществом боковых забоев является возможность перемещения грунта на значительно большие расстояния, чем при работе в лобовых забоях. Однако ширина боковых забоев меньше лобовых, а глубина не превышает  $2/3$  полной глубины резания.

При разработке грунта в отвал **на расстояние, превышающее радиус разгрузки ковша**, следует применять бульдозеры для перемещения грунта от места выгрузки из ковша до места укладки в сооружение или отвалы.

Для разработки **широких котлованов**, когда состояние грунта и размеры проходки драглайна позволяют подавать автомобили-самосвалы по дну проходки, **рекомендуется применение челночных способов** погрузки грунта. При этих способах автосамосвалы подаются в забой по дну выемки или котлована.

При поперечно-челночной схеме набор грунта производится поочередно с каждой стороны автосамосвала. При этом ковш разгружается без остановки поворота стрелы (без реверсирования) в момент нахождения его над кузовом самосвала.

**Поперечно-челночная схема** обеспечивает уменьшение угла поворота стрелы экскаватора-драглайна до  $10 - 15^\circ$ .

При **продольно-челночной схеме** грунт набирают перед торцовой (задней) стенкой кузова самосвала и, подняв ковш, разгружают его над кузовом. При работе по этой схеме поворотные движения экскаватора фактически отсутствуют.

В результате применения челночных способов погрузки грунта уменьшаются высота подъема ковша и угол поворота стрелы, что значительно сокращает рабочий цикл экскаватора и повышает его производительность.

### **Пример 2.1**

Требуется определить тип экскаватора для разработки котлована, выбрать типы проходок, рассчитать размеры проходок и их количество, которое необходимо для того, чтобы разработать котлован при следующих данных:  $V_{котл} = 4500 \text{ м}^3$ , размеры котлована поверху  $40 \times 60 \text{ м}$ ,  $H_{котл} = 1,85 \text{ м}$ ,  $m_{отк} = 0,5$ .



### Решение.

Так как  $V_{котл} = 4500 \text{ м}^3$  для разработки котлована принимаем одноковшовый экскаватор, оборудованный обратной лопатой с ёмкостью ковша  $0,5 \text{ м}^3$  марки ЭО 5015А (табл. П.3). Согласно ЕНиР § Е 2-1-9 табл. 1 (см. также соответствующие таблицы приложения) экскаватор ЭО 5015А имеет следующие технические характеристики:

- ёмкость ковша –  $0,5 \text{ м}^3$ ;
- наибольшая глубина копания –  $4,5 \text{ м}$ ;
- наибольший радиус копания –  $7,3 \text{ м}$ ;
- наибольшая высота выгрузки –  $3,9 \text{ м}$ .

Ширина котлована  $B = 40 \text{ м} \geq 3,5 \cdot R = 3,5 \cdot 7,3 = 25,6$ .

Следовательно, разработка котлована будет вестись боковыми проходками.

Первая проходка – лобовая. Определим её ширину по формуле (2.12), подставив следующие значения  $R_{см} = 7,3 \text{ м}$ ,  $L_n = 2 \text{ м}$ ,  $R_{см} = 6,0 \text{ м}$ ,  $b_k = 2,64 \text{ м}$  – для МАЗ-503 (табл. П.7)

$$B_1 = \sqrt{7,3^2 - 2^2} + \left(6 - \frac{2,64}{2} - 1\right) = 10,7 \text{ м}.$$

Определим ширину боковых проходок по формуле

$$B_n = R_{см} - m \cdot H - \frac{b_k}{2} - 1 + \sqrt{R_n^2 - L_n^2},$$

где  $R_n = R_{см} - m \cdot H$  – наибольший радиус резания на уровне подошвы забоя, м

$$R_n = 7,3 - 0,5 \cdot 1,85 = 6,38 \text{ м}$$

$$B_n = 6 - 0,5 \cdot 1,85 - \frac{2,64}{2} - 1 + \sqrt{6,38^2 - 2^2} = 8,8 \text{ м}.$$

Определим количество проходок, за которое можно разработать котлован:

$$40 - 10,7 = 29,3 \text{ м}$$

$$29,3 : 8,8 = 3,3 \text{ (принимаем 4 проходки)}.$$

Котлован разработают за 5 проходок:

I – лобовая, шириной  $10,7 \text{ м}$ ;

II, III, IV – боковые полные, шириной  $8,8 \text{ м}$ ;

V – боковая неполная, шириной  $29,3 - (8,8 \times 3) = 2,9 \text{ м}$ .

Схема разработки котлована представлена на рис. 2.2.

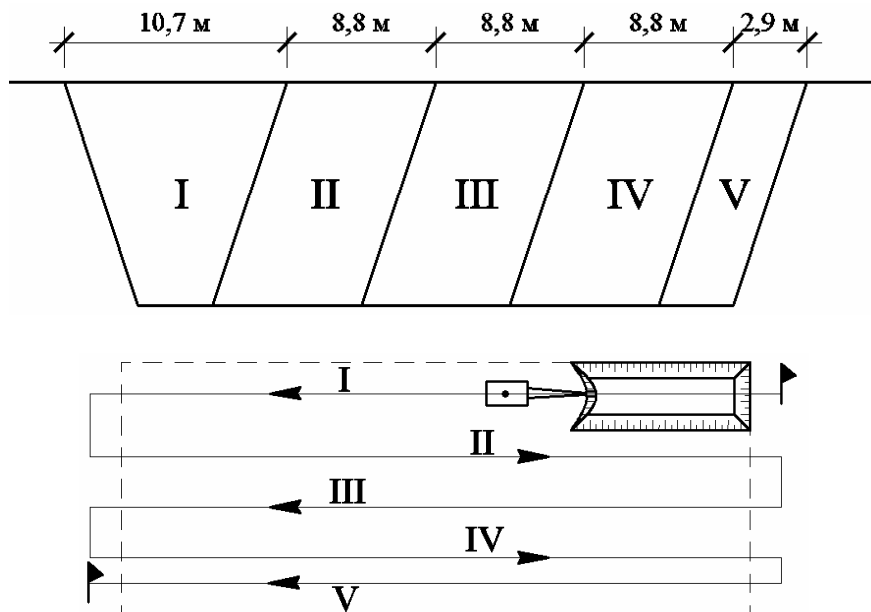


Рис. 2.2. Схема разработки котлована

## 2. Расчет оптимального количества автосамосвалов для отвозки грунта

Экскаватор при отрывке котлована грунт разрабатывает в отвал и на вывоз. В качестве комплектующих машин для вывоза лишнего грунта из котлована и обеспечения совместной работы с экскаватором выбирают автосамосвалы.

Последовательность подбора автомобилей для отвозки грунта следующая. Определяют объем грунта в плотном теле в ковше экскаватора:

$$V_{зр} = \frac{V_{ков} K_{нап}}{K_{пр}}, \quad (2.16)$$

где  $V_{ков}$  – принятый объем ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;

$K_{нап}$  – коэффициент наполнения ковша (для прямой лопаты от 1 до 1,25; обратной лопаты от 0,8 до 1; драглайна от 0,9 до 1,15);

$K_{пр}$  – коэффициент первоначального разрыхления грунта (по ЕНиР 2-1 или по табл. П.2 в приложении).

Определяют массу грунта в ковше экскаватора:

$$Q = V_{зр} \gamma, \quad (2.17)$$

где  $\gamma$  – объемная масса грунта по ЕНиР 2-1, т/м<sup>3</sup>.

По табл. П.6 приложения или ЕНиР 2-1 назначают марку автосамосвалов и их грузоподъемность.

Количество ковшей грунта, загружаемых в кузов автосамосвала:

$$n = \Pi / Q, \quad (2.18)$$

где  $\Pi$  – грузоподъемность автосамосвала (по табл. П.6), т.

Объем грунта в плотном теле, загружаемого в кузов автосамосвала:

$$V = V_r p n. \quad (2.19)$$

Продолжительность одного цикла работы автосамосвала:

$$T_{\text{ц}} = t_n + \frac{60L}{V_r} + t_p + \frac{60L}{V_n} + t_m, \quad (2.20)$$

где  $t_n$  – время погрузки грунта, мин;

$L$  – расстояние транспортировки грунта, км;

$V_r$  – средняя скорость загруженного автосамосвала, км/ч (табл. П.6);

$V_n$  – средняя скорость автосамосвала в порожнем состоянии принимается в интервале 25 – 30 км/ч;

$t_p$  – время разгрузки (ориентировочно, 1 – 2 мин);

$t_m$  – время маневрирования перед погрузкой и разгрузкой (ориентировочно, 2 – 3 мин).

Время погрузки грунта:

$$t_n = V H_{\text{сп}} / 100, \quad (2.21)$$

где  $H_{\text{сп}}$  – норма машинного времени по ЕНиР 2-1 для погрузки экскаватором 100 м<sup>3</sup> грунта в транспортные средства, мин.

Требуемое количество автосамосвалов составит

$$N = T_{\text{ц}} / t_n. \quad (2.22)$$

Число  $N$  округляют до ближайшего меньшего целого числа, учитывая перевыполнение сменного задания при работе экскаватора.

### Пример 2.2

Требуется рассчитать оптимальное количество автосамосвалов для отвозки грунта при разработке котлована. Грунт разрабатывается одноковшовым экскаватором, оборудованным обратной лопатой с ёмкостью ковша 0,5 м<sup>3</sup> марки ЭО 5015А. Грунт – суглинок. Расстояние транспортирования грунта – 1 км.

#### Решение.

Определим объём грунта в плотном теле в ковше экскаватора:

$$V_{\text{сп}} = \frac{V_{\text{ков}} \cdot V_{\text{нан}}}{K_{\text{нр}}}, \quad (2.23)$$

где  $K_{\text{нан}} = 0,8$  – коэффициент наполнения ковша (для обратной лопаты);

$K_{np} = 1,18$  (по табл. П.2 или по ЕНиР 2-1, С. 206).

$$V_{ep} = \frac{0,5 \cdot 0,8}{1,18} = 0,34 \text{ м}^3.$$

Определим массу грунта в ковше экскаватора:

$$Q = V_{ep} \cdot \gamma = 0,34 \cdot 1,7 = 0,58 \text{ т},$$

где  $\gamma = 1,7 \text{ т} / \text{м}^3$  – объёмная масса грунта (по ЕНиР 2-1, стр. 11).

Определим количество ковшей грунта, загружаемых в кузов автосамосвала:

$$n = \frac{П}{Q} = \frac{7}{0,58} = 12,$$

где  $П = 7 \text{ т}$  – грузоподъёмность автосамосвала (по табл. П.6).

Определим объём грунта в плотном теле, загружаемого в кузов автосамосвала:

$$V = V_{ep} \cdot n = 0,34 \cdot 12 = 4,08 \text{ м}^3.$$

Определим продолжительность одного цикла работы автосамосвала:

$$T_{ц} = t_n + \frac{60 \cdot L}{V_r} + t_p + \frac{60 \cdot L}{V_n} + t_m,$$

где  $t_n = \frac{V \cdot H_{ep}}{100} = \frac{4,08 \cdot 31,2}{100} = 1,27 \text{ мин};$

$H_{ep} = 0,52 \text{ маш-ч} = 31,2 \text{ маш-мин}$  (по § Е2-1-54 табл. 2);

$L = 1 \text{ км}$  (по заданию);  $t_p = 2 \text{ мин};$   $t_m = 3 \text{ мин};$

$V_r = 14 \text{ км/ч}$  (по табл. П.7);  $V_n = 30 \text{ км/ч}.$

$$T_{ц} = 1,27 + \frac{60 \cdot 1}{14} + 2 + \frac{60 \cdot 1}{30} + 3 = 12,6 \text{ мин}.$$

Определим требуемое количество автосамосвалов:

$$N = \frac{T_{ц}}{t_n} = \frac{12,6}{1,27} = 9,9.$$

Принимаем 10 самосвалов марки МА3-503, грузоподъёмностью 7 т.

### ТЕМА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ С РАЗРАБОТКОЙ СХЕМ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛЕРОЙНО- ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

1. Подсчет объёмов земляных работ при вертикальной планировке площадок.
2. Определение средней дальности перемещения грунта на площадке.
3. Расчет среднего расстояния перемещения грунта и распределения земляных масс с использованием метода линейного программирования.
4. Проектирование производства земляных работ по планировке площадки с применением ЭВМ.

#### 1. Подсчет объёмов земляных работ при вертикальной планировке площадок

Объемы земляных работ определяются различными способами в зависимости от требуемой точности, исходных условий. Так, планировка площадки может производиться **под заданную отметку** или под отметку, определяемую из **условия нулевого баланса** земляных масс.

При нулевом балансе земляных масс достигается равенство объёмов насыпей и выемок на самой площадке: без завоза недостающего грунта с других территорий и вывоза лишнего грунта за пределы площадки. При таком решении достигается наиболее экономичное производство земляных работ.

При вертикальной планировке площадок подсчёт объёмов земляных работ производится **способами квадратов или треугольных призм**. В первом случае план площадки в горизонталях разбивается на квадраты. Величину стороны квадрата принимают в зависимости от рельефа местности и точности подсчёта. При сильно пересеченном рельефе местности она принимается равной 10 – 50 м, а при спокойном рельефе – до 100 м.

При этом для упрощения расчётов желательно свести число квадратов к минимуму, соблюдая, однако, условие, чтобы в пределах одного квадрата проходили **не более двух горизонталей**.

При определении объёмов земляных работ способом треугольных призм полученные квадраты разделяют диагоналями на треугольники. Направление диагоналей **выбирается параллельным** направлению характерных горизонталей.

Способ квадратов более прост, требует меньше вычислительной работы, но и менее точен. Его рекомендуется применять для подсчёта объёмов земляных работ при спокойном и однообразном рельефе планируемой

площадки. В других случаях точность расчетов по этому способу оказывается недостаточной. Более точные результаты могут быть достигнуты при применении способа треугольных призм.

Для подсчёта объёмов земляных работ производят следующие операции:

- 1) определяют **черные отметки** вершин квадратов;
- 2) определяют для тех же точек **красные (проектные) отметки**;
- 3) вычисляют **рабочие отметки**;
- 4) определяют и наносят на план **линию нулевых работ**;
- 5) **определяют объёмы** земляных работ на одноимённых и переходных квадратах (треугольниках);
- 6) определяют **полный объём** насыпей и выемок на площадке.

**Определение черных отметок.** Чёрные отметки вершин квадратов (треугольников) вычисляют по заданным горизонталям путём интерполяции (когда вершина лежит между двумя горизонталями) или экстраполяции (когда вершина находится вне горизонталей) (рис. 3.1). Через вершины, для которых определяют черные отметки, проводят нормали к ближайшим горизонталям.

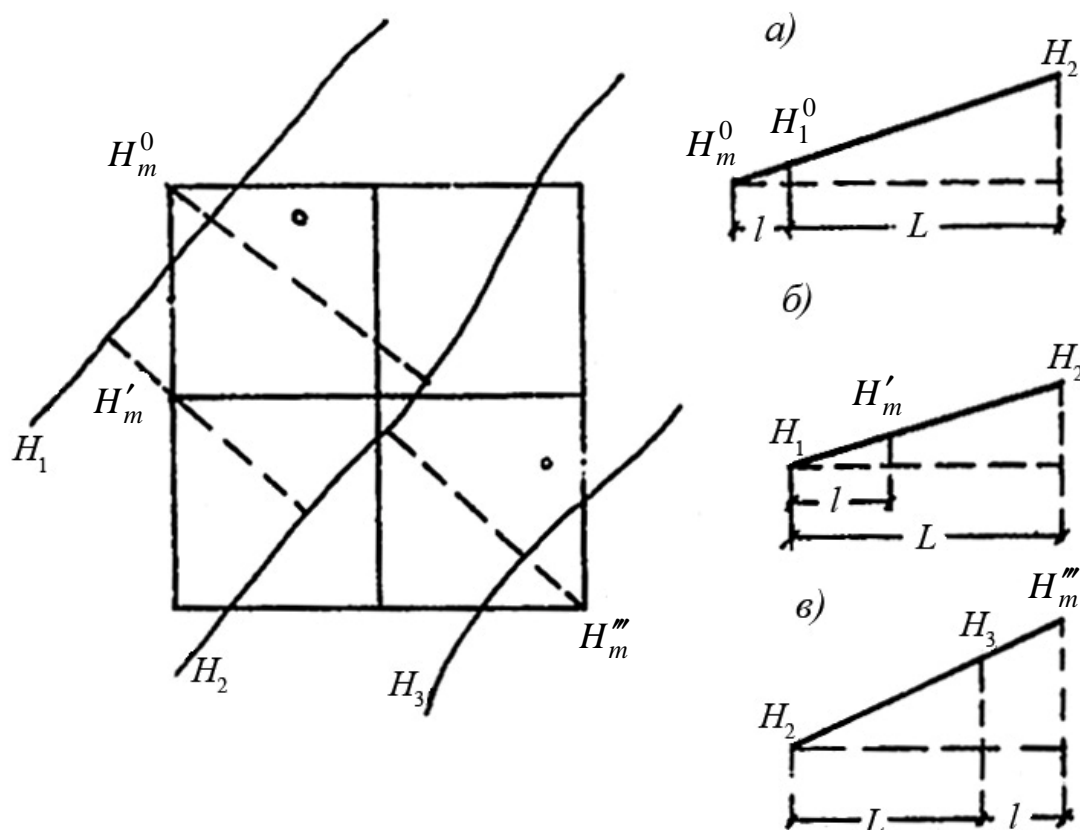


Рис. 3.1. К определению черных отметок

**Черная отметка** для вершины, лежащей между двумя горизонталями, определяется по формуле (рис. 3.1, б)

$$H'_m = H_1 + \frac{(H_2 - H_1)l}{L}. \quad (3.1)$$

**Черная отметка** для вершин, находящихся вне горизонталей, определяется по формулам (рис. 3.1, а и 3.1, в):

$$H_m^0 = H_m^1 + \frac{(H_2 - H_1)l}{L}, \quad (3.2)$$

$$H_m''' = H_3 + \frac{(H_3 - H_2)l}{L}, \quad (3.3)$$

где  $H_1, H_2, H_3$  – отметки горизонталей, м;  
 $L$  – расстояние между двумя горизонталями в плане, м;  
 $l$  – расстояние от вершины до горизонтали, м.

**Определение красных (проектных) отметок.** Проектная отметка, под которую необходимо спланировать площадку, называется красной отметкой. При нулевом балансе земляных масс находится средняя проектная отметка планировки –  $H_{cp}$ . При ориентировочных подсчётах среднюю отметку планировки  $H_{cp}$  приравнивают к средней отметке естественного рельефа местности  $H_0$ .

Если нивелировочная сетка состоит только из квадратов, то **средняя отметка**, определяется по формуле

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (3.4)$$

где  $\sum H_1$  – сумма черных отметок вершин, принадлежащих одному квадрату (на углах площадки);

$\sum H_2$  – сумма черных отметок вершин, в которых смыкаются два квадрата (по периметру площадки);

$\sum H_4$  – сумма черных отметок вершин, где смыкаются четыре квадрата (внутри площадки);

$n$  – количество квадратов на площадке.

Для площадки, разбитой на треугольники, средняя отметка определяется по формуле

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 6\sum H_6}{6n}, \quad (3.5)$$

где  $\sum H_1$  – сумма черных отметок вершин, где имеется один угол треугольника;

$\sum H_2, \sum H_3, \sum H_6$  – сумма черных отметок вершин, общих, соответственно для двух, трех и шести треугольников;

$n$  – количество квадратов на площадке.

Если площадка планируется как горизонтальная плоскость, то полученная средняя отметка принимается за красную для всей поверхности площадки. Но планировка по горизонтальной плоскости производится весьма редко, т.к. в этом случае отсутствует сток поверхностных вод. Обычно площадки планируются с уклоном, обеспечивающим сток поверхностных и атмосферных вод (не менее 0,002).

В этом случае площадь планировки должна быть наклонена на заданную величину относительно центральной оси, перпендикулярной направлению уклона и делящей площадь планируемой площадки пополам I – I (рис. 3.2).

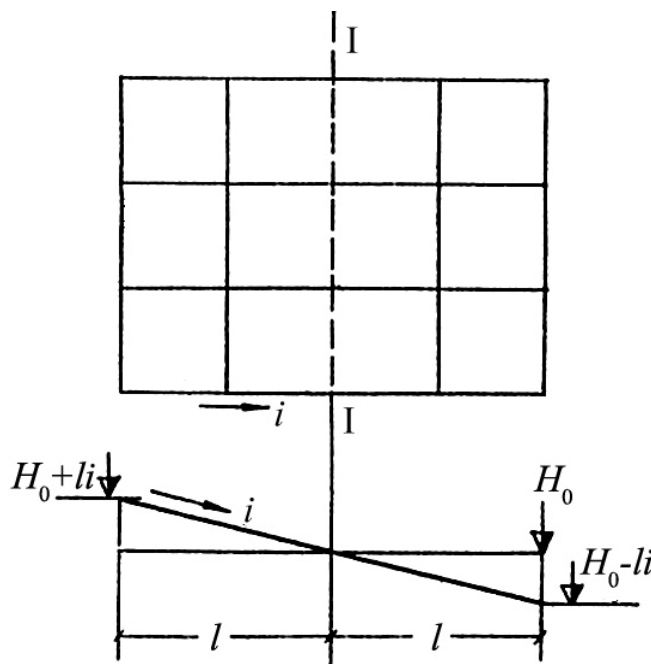


Рис. 3.2. К определению красных отметок при планировке площадки с уклоном

При этом вдоль этой оси на всём её протяжении сохранится вычисленная средняя отметка  $H_0$ . **Красные отметки** на линиях, параллельных этой оси, могут быть определены по формуле

$$H_{кр}^i = H_0 \pm il, \quad (3.6)$$

где  $l$  – расстояние от оси поворота плоскости планировки, м;  
 $i$  – заданный уклон поверхности планировки.



При проектных уклонах в двух направлениях:

$$H_{кр}^i = H_0 \pm i_1 l_1 \pm i_2 l_2, \quad (3.7)$$

где  $l_1, l_2$  – расстояние от оси поворота плоскости планировки по направлению соответствующих уклонов  $i_1$  и  $i_2$ , м.

При определении красных отметок иногда учитывают, при больших объемах насыпи и выемки, **остаточное разрыхление грунта**, создающее его избыточный объём.

В этом случае средняя отметка планировки должна определяться по формуле

$$H_{ср} = H_0 + \Delta H. \quad (3.8)$$

Величину поправки  $\Delta H$  можно определить по формуле

$$\Delta H = \frac{V_{в} (K_{ор} - 1)}{F_{н} + F_{в} \cdot K_{ор}}, \quad (3.9)$$

где  $V_{в}$  – объём грунта выемки на планируемой площадке (в плотном теле), м<sup>3</sup>;

$F_{н}$  – площадь планируемой территории, приходящаяся под насыпь, м<sup>2</sup>;

$F_{в}$  – площадь планируемой территории, приходящаяся под выемку, м<sup>2</sup>;

$K_{ор}$  – коэффициент остаточного разрыхления грунта.

Красные отметки вычисляют и записывают в каждой вершине квадрата в верхнем правом углу.

**Определение рабочих отметок.** Рабочие отметки вычисляются как разность между красными (проектными) и черными отметками:

$$h_p = H_{кр} - H_{ч}, \quad (3.10)$$

где  $h_p$  – рабочая отметка, м;

$H_{кр}$  – красная (проектная) отметка, м;

$H_{ч}$  – черная отметка, м.

Рабочие отметки **со знаком плюс** указывают на необходимость устройства **насыпи**, **со знаком минус** – на необходимость срезки грунта, то есть устройства **выемки**. Все вычисленные отметки вписываются у каждой вершины квадрата по следующей схеме:

Рабочая отметка	Красная отметка
	Чёрная отметка

**Красную** (проектную) отметку надписывают в верхнем правом углу, **черную** отметку – в правом нижнем углу, а **рабочую** – в верхнем левом. Отметки рекомендуется писать цветными карандашами: черные – черным, красные – красным, а рабочие – синим.

**Определение линии нулевых работ.** Квадраты или треугольники с рабочими отметками одинакового знака называют одноимёнными, разных знаков – переходными.

На сторонах переходных квадратов (треугольников) **графически или аналитически** определяют положение нулевых точек. Соединив нулевые точки между собой, получим **линию нулевых работ**, т.е. линию, разграничивающую участки насыпи и выемки. Эта линия будет пересекаться со сторонами квадратов (треугольников) между рабочими отметками разных знаков и на расстояниях от них, прямо пропорциональных абсолютной величине этих отметок.

При **графическом** определении нулевых точек на сторонах квадратов (треугольников) в произвольном масштабе откладывают рабочие отметки (рис. 3.3), причём отметку с плюсом откладывают в одну сторону, а отметку с минусом в том же масштабе – в другую. Соединив крайние точки отметок прямой линией, получают в месте пересечения её со стороной квадрата (треугольника) нулевую точку.

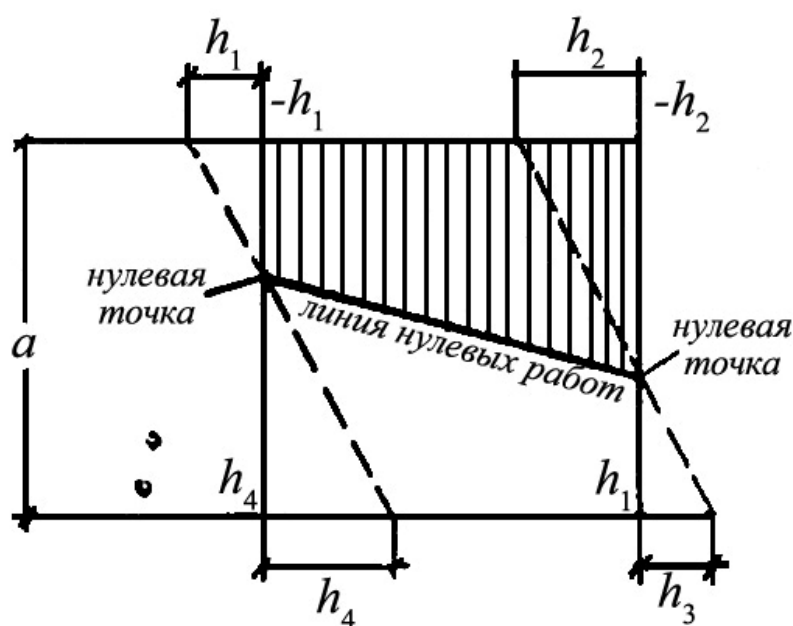


Рис. 3.3. К определению положения нулевых точек графическим способом

**Аналитически** положение нулевой точки 0 на стороне переходного квадрата (треугольника) определяется из подобия треугольников (рис. 3.4) по формуле

$$x_1 = a \frac{h_1}{h_1 + h_4}, \quad (3.11)$$

где  $x_1$  – расстояние от вершины до нулевой точки, м;  
 $a$  – сторона квадрата (треугольника), м;  
 $h_1$  и  $h_4$  – рабочие отметки (их абсолютные значения), м.

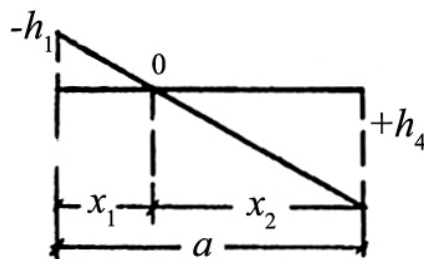


Рис. 3.4. К определению положения нулевых точек аналитическим способом

**Определение объёмов земляных работ.** При подсчёте объёмов земляных работ способом квадратов объём земляного тела насыпи или выемки определяется как сумма объёмов грунта, расположенных в пределах отдельных квадратов.

**Объём грунта в одноимённых квадратах** принимается равным объёму четырёхгранной призмы с одним основанием, соответствующим естественному рельефу, а другим – поверхности планировки. Вершинами этой призмы являются рабочие отметки. Объём вычисляется как произведение средней рабочей отметки (из четырёх) на площадь квадрата и может быть выражен следующей формулой

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4), \quad (3.12)$$

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

Эта формула применяется только для квадратов, имеющих все четыре рабочих отметки с одинаковым знаком. При рабочих отметках со знаком «плюс» получаем объём насыпи, со знаком «минус» – объём выемки.

Определение **объёмов** выемки и насыпи в **переходных квадратах** производится отдельно для выемки и насыпи по площадям оснований и

средним арифметическим рабочим отметкам, принимая рабочие отметки в точках перехода равными нулю:

$$V_n = F_n \cdot h_n, \quad (3.13)$$

$$V_v = F_v \cdot h_v, \quad (3.14)$$

где  $V_n$  – объём насыпи, м<sup>3</sup>;  
 $V_v$  – объём выемки, м<sup>3</sup>;  
 $h_n$  – средняя рабочая отметка участка насыпи, м;  
 $h_v$  – средняя рабочая отметка участка выемки, м;  
 $F_n$  – площадь участка насыпи, м<sup>2</sup>;  
 $F_v$  – площадь участка выемки, м<sup>2</sup>.

Если квадрат в плане разбит линией нулевых работ на две трапеции (рис. 3.5, а), объём насыпи и выемки определяют по формулам:

$$V_n = a \cdot P_n \cdot h_n, \quad (3.15)$$

$$V_v = a \cdot P_v \cdot h_v, \quad (3.16)$$

где  $a$  – сторона квадрата, м;  
 $P_n$  и  $P_v$  – величины средней ширины трапеций, м.

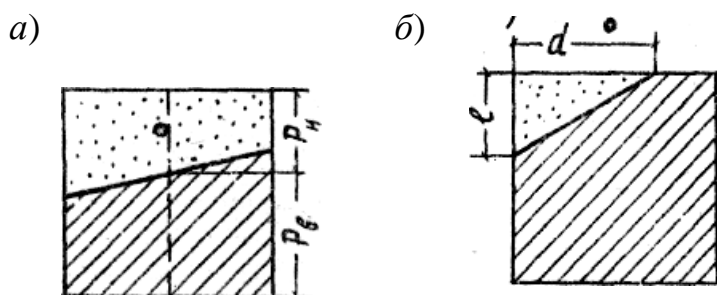


Рис. 3.5. К определению площадей участков выемки и насыпи в переходных квадратах

Если квадрат линией нулевых работ разбит на прямоугольный треугольник и пятиугольник (рис. 3.5, б), объём определяют по формулам:

– для треугольного участка

$$V_n = \frac{d \cdot l}{2} h_n; \quad (3.17)$$

– для пятиугольного участка

$$V_v = \left( a^2 - \frac{dl}{2} \right) h_v, \quad (3.18)$$

где  $d, l$  – катеты прямоугольного треугольника, м.

Для сокращения количества вычислений при определении объёмов выемки и насыпи в пределах переходных квадратов может быть использована формула Стрельчевского

$$V_{н(в)} = \frac{a^2}{4} \cdot \frac{\left[ \sum (\pm h) \right]^2}{\sum h}, \quad (3.19)$$

где  $V_n$  – объём насыпи, м<sup>3</sup>;

$V_в$  – объём выемки, м<sup>3</sup>;

$a$  – сторона квадрата, м;

$\sum (\pm h)$  – сумма положительных рабочих отметок квадрата (при определении объёма насыпи) или сумма отрицательных рабочих отметок квадрата (при определении объёма выемки), м;

$\sum h$  – сумма абсолютных значений всех рабочих отметок переходного квадрата, м.

Вычисление объёмов земляных работ сводят в таблицу. В табл. 3.1 приведен пример заполнения.

Таблица 3.1

**Подсчёт объёмов земляных работ при планировке площадки**

№ квадрата	Рабочие отметки				$\sum (+h)$	$\sum (-h)$	$[\sum (+h)]^2$	$[\sum (-h)]^2$	$\sum h$	$\frac{a^2}{4}$	Объёмы работ	
	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$							на-сыпь	вы-емка
1	-1,5	0,5	1,5	0,5	+2,5	-1,5	6,25	2,25	4,0	100	156,25	56,25
2	0,5	1,0	0,5	1,5	+3,5	-	-	-	3,5	100	350,0	-

Полный объём выемок и насыпей получается суммированием объёмов земляных работ способом треугольных призм. Объём грунта в пределах каждого одноименного треугольника принимается равным объёму трёхгранной призмы с основанием, равным площади треугольника, и вершинами, равными рабочим отметкам.

Объём трёхгранной призмы вычисляется по формуле

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3), \quad (3.20)$$

где  $a$  – сторона квадрата, м;

$h_1, h_2, h_3$  – рабочие отметки вершин треугольного основания призмы, м.

Определение объемов выемки и насыпи в переходных треугольниках производится отдельно для выемки и насыпи, Объем их можно определить по объему трехгранной пирамиды  $ABCD$  и по объему клина  $MNPLBC$  (рис. 3.6).

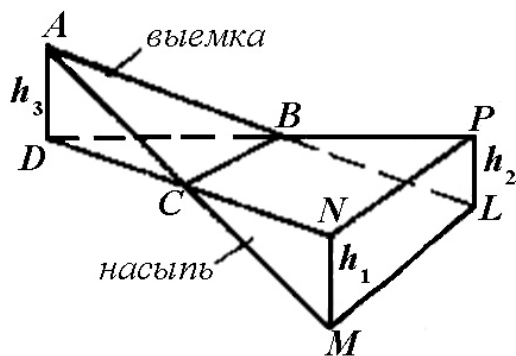


Рис. 3.6. Схема участков выемки и насыпи в пределах переходного треугольника

Объем пирамиды  $ABCD$  с одной рабочей отметкой одного знака определяется по формуле

$$V_{\text{пир}} = \frac{a^2 h_3^3}{6(h_3 + h_1)(h_3 + h_2)}, \quad (3.21)$$

где  $a$  – сторона квадрата, м;

$h_3$  – рабочая отметка, имеющая: знак, противоположный двум другим рабочим отметкам треугольника, м;

$h_1, h_2$  – рабочие отметки одинакового знака, м.

В формулу входят абсолютные значения рабочих отметок. Объем пирамиды будет выражать выемку или насыпь в зависимости от знака рабочей отметки числителя.

Объем клина  $MNPLBC$  с двумя рабочими отметками одного знака определяется по формуле

$$V_{\text{кл}} = \frac{a^2}{6} \left[ \frac{h_3^3}{(h_3 + h_1)(h_3 + h_2)} - h_1 + h_2 + h_3 \right]. \quad (3.22)$$

Объем клина может быть определен также по формуле

$$V_{\text{кл}} = V_{\text{б}} + V_{\text{пир}}, \quad (3.23)$$

где  $V_{\text{б}}$  – разность объемов выемки и насыпи,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{пир}}$  – объем пирамиды, подсчитанный по формуле (2.21),  $\text{м}^3$ .

Значение  $V_0$  (баланс) может быть определено по формуле (2.20), если рабочие отметки подставить с их знаками. По полученному знаку устанавливается, что преобладает: выемки или насыпи.

Для определения абсолютных величин выемки и насыпи в переходном треугольнике подсчитывается объём пирамиды по формуле (2.21).

Значения  $V_0$  и  $V_{нир}$  подставляются в формулу (2.23) с учётом их знака. Вычисление объёмов земляных работ также сводится в табл. 3.1.

**Определение объёма грунта в откосах.** Подсчёт объёма грунта насыпи и выемки необходимо производить с учётом устройства откосов. Для этого по контуру планируемой площадки в точках рабочих отметок определяют величину заложения откосов, равную произведению величины рабочей отметки на коэффициент откоса ( $h \cdot m$ ), и наносят её на план (рис. 3.7). Коэффициент откоса принимается как для постоянных сооружений.

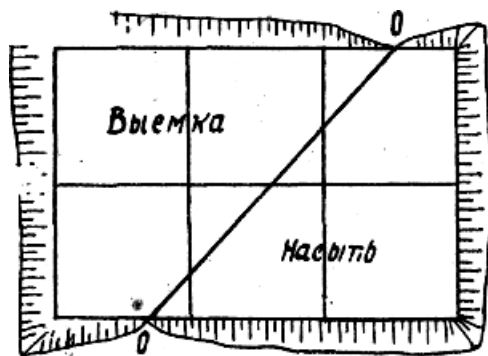


Рис. 3.7. План площадки с откосами

Соединяя точки заложений прямыми линиями, на чертеже получают очертание откосов выемки к насыпи.

**Объём грунта в откосах** подсчитывается по формулам для соответствующих геометрических фигур.

Суммарный объём грунта в откосах насыпи (или выемок), расположенных по периметру планируемой площадки, можно подсчитать по средней рабочей отметке, пользуясь приближённой формулой

$$V = \pm \left( \frac{\sum h}{n} \right) \cdot \frac{\sum l \cdot m}{2}, \quad (3.24)$$

где  $\sum h$  – сумма всех рабочих отметок, расположенных по периметру насыпи (или выемки), м;

$\sum l$  – длина основания всех откосов насыпи (или выемки), м;

$n$  – количество отметок;

$m$  – коэффициент откоса.

## 2. Определение средней дальности перемещения грунта на площадке

Данные результатов подсчета объемов планировки площадки дают возможность **распределить** земляные массы, **наметить направление** и определить **среднее расстояние** их перемещения.

При этом основной подход сводится к следующему. **При выборе** компенсирующих выемок и насыпей необходимо **стремиться к минимальным** перемещениям грунта с тем, чтобы **произведение объемов** выемок на **средние расстояния** перемещения грунта из этих выемок **было минимальным**.

На строительных площадках средним расстоянием перемещения грунта принято считать **расстояние между центрами тяжести** выемки и насыпи. Центры тяжести участков выемки и насыпи определяются **аналитическим или графическим способом**. В сложных случаях применяются методы линейного программирования.

Среднюю дальность перемещения грунта определяют для последующего выбора комплекта землеройно-транспортных машин.

### 1 ВАРИАНТ. Определение среднего расстояния перемещения аналитическим способом (методом статистических моментов)

Производится в следующей последовательности. Выбирают систему прямоугольных координат, находят центры тяжести площадей элементарных фигур выемки и насыпи расстояния от этих центров тяжести до соответствующих осей координат. За оси координат принимают стороны планируемой площадки (рис. 3.8).

Определяют статические моменты объемов элементарных фигур относительно осей координат, принимая центры тяжести площадей фигур за центры тяжести их объемов.

При этом допускается некоторая неточность в решении задачи, так как центр тяжести земляного объёма и центр тяжести площади участка совпадают только при постоянной величине рабочей отметки на всём участке, что встречается довольно редко. Если участки имеют форму треугольника, квадрата или трапеции, их центр тяжести легко находится графически по правилам геометрии.

Координаты центров тяжести объемов грунта в планировочных выемках и насыпях определяют по следующим формулам:

$$x_n = \frac{\sum M_{ny}}{\sum V_n} = \frac{V_1 x_1^H + V_2 x_2^H + V_3 x_3^H + V_4 x_4^H}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}, \quad (3.25)$$



$$y_H = \frac{\sum M_{Hx}}{\sum V_H} = \frac{V_1 y_1^H + V_2 y_2^H + V_3 y_3^H + V_4 y_4^H}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}, \quad (3.26)$$

$$x_6 = \frac{\sum M_{6y}}{\sum V_6} = \frac{V_5 x_5^6 + V_6 x_6^6 + V_7 x_7^6 + V_8 x_8^6}{V_5 + V_6 + V_7 + V_8}, \quad (3.27)$$

$$y_6 = \frac{\sum M_{6x}}{\sum V_6} = \frac{V_5 y_5^6 + V_6 y_6^6 + V_7 y_7^6 + V_8 y_8^6}{V_5 + V_6 + V_7 + V_8}. \quad (3.28)$$

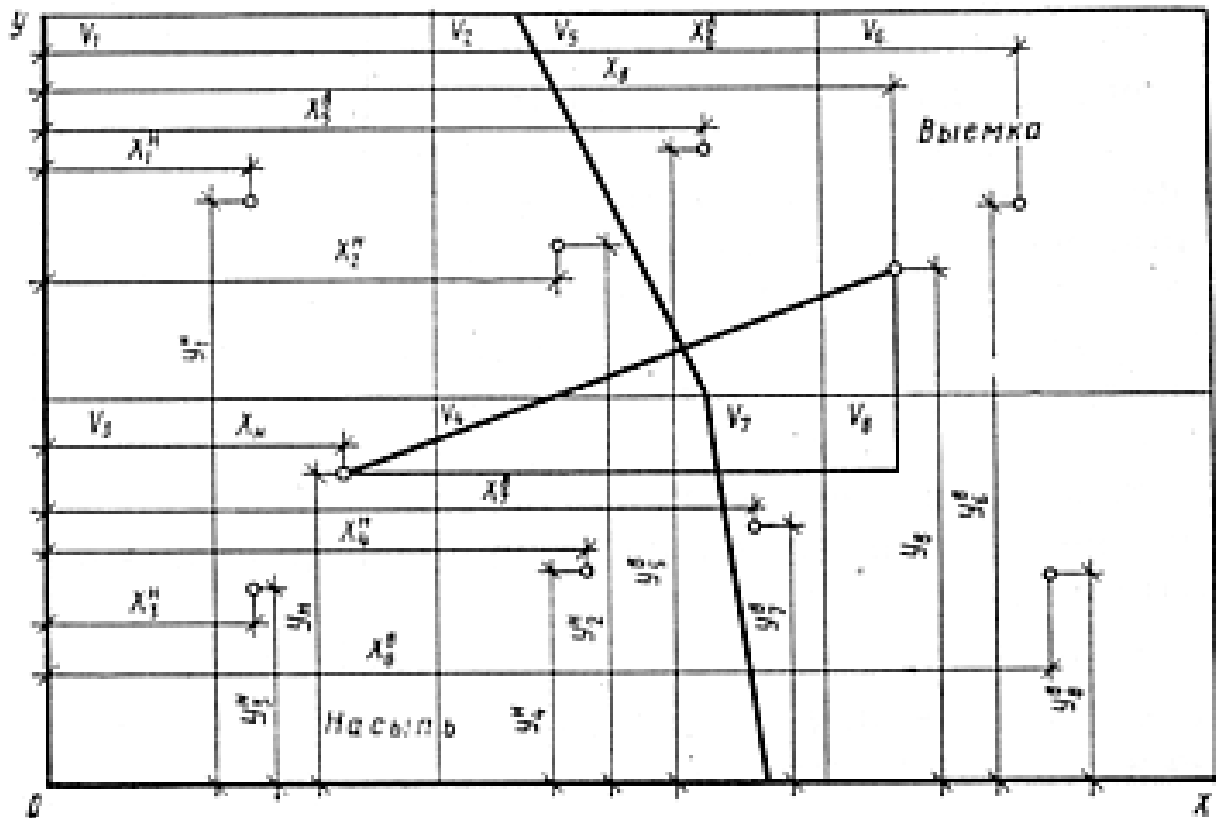


Рис. 3.8. Схема разбития площадки на фигуры

За среднюю дальность перемещения грунта принимают расстояние между центрами тяжести выемки и насыпи:

$$L_{cp} = \sqrt{(x_6 - x_H)^2 + (y_6 - y_H)^2}, \quad (3.29)$$

где  $x_5^6, \dots, x_8^6$  – расстояния от центров тяжести площадей элементарных фигур выемки до оси ординат;

$y_5^6, \dots, y_8^6$  – то же, до оси абсцисс;

$x_1^H, \dots, x_4^H$  – то же, для насыпи до оси ординат;

$y_1^H, \dots, y_4^H$  – то же, до оси абсцисс;

$\sum M_{ex}, \sum M_{ey}$  – суммы статических моментов объемов элементар-

ных фигур выемки относительно осей координат;

$\sum M_{nx}, \sum M_{ny}$  – то же, для фигур насыпи;

$\sum V_v, \sum V_n$  – суммы объемов элементарных фигур выемки и насыпи;

$x_v, y_v$  – координаты центра тяжести планировочной выемки;

$x_n, y_n$  – то же, насыпи.

Этому, относительно трудоемкому методу, предпочитается упрощенный метод – графический.

## **2 ВАРИАНТ. Определение среднего расстояния перемещения графическим методом**

Графический (или метод Ф. И. Кутьинова) в сравнении с аналитическим методом требует высокой точности исполнений (рис. 3.9).

Сущность его в том, что на сторонах площадки откладываются последовательно ординаты, равные сумме последующих объемов насыпей (выемок) в квадратах, отложенных по вертикали на ось  $x$ , по горизонтали – на ось  $y$ .

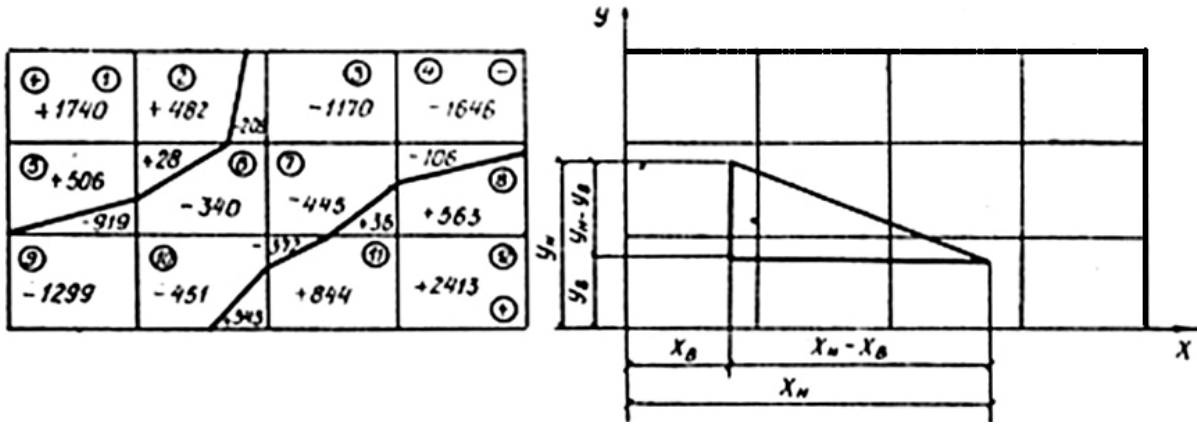
Концы ординат, соединяясь, образуют кривые объемов. Наибольшие ординаты делятся пополам, и из этих точек ординат восстанавливаются перпендикуляры до кривых объемов. Линии, проведенные под  $90^\circ$  к перпендикуляру в местах пересечения с кривыми объемов, попарно пересекаясь, создают две точки – центры тяжести выемки и насыпи. Линия, соединяющая эти точки, дает искомую величину среднего расстояния перемещения –  $L$  (предварительно умноженную на масштаб).

При сложном очертании выемок и насыпей их делят на участки с примерно равными выемками и насыпями. Для каждого участка строят кривые объемов (рис. 3.9).

## **3 ВАРИАНТ. Определение среднего расстояния перемещения графоаналитическим методом**

При графоаналитическом методе определения средней дальности строят кривые объемов насыпи и выемки (рис. 3.9) как и при использовании метода Ф.И. Кутьинова. Средние же расстояния перемещения грунта определяют аналитически.

а



б

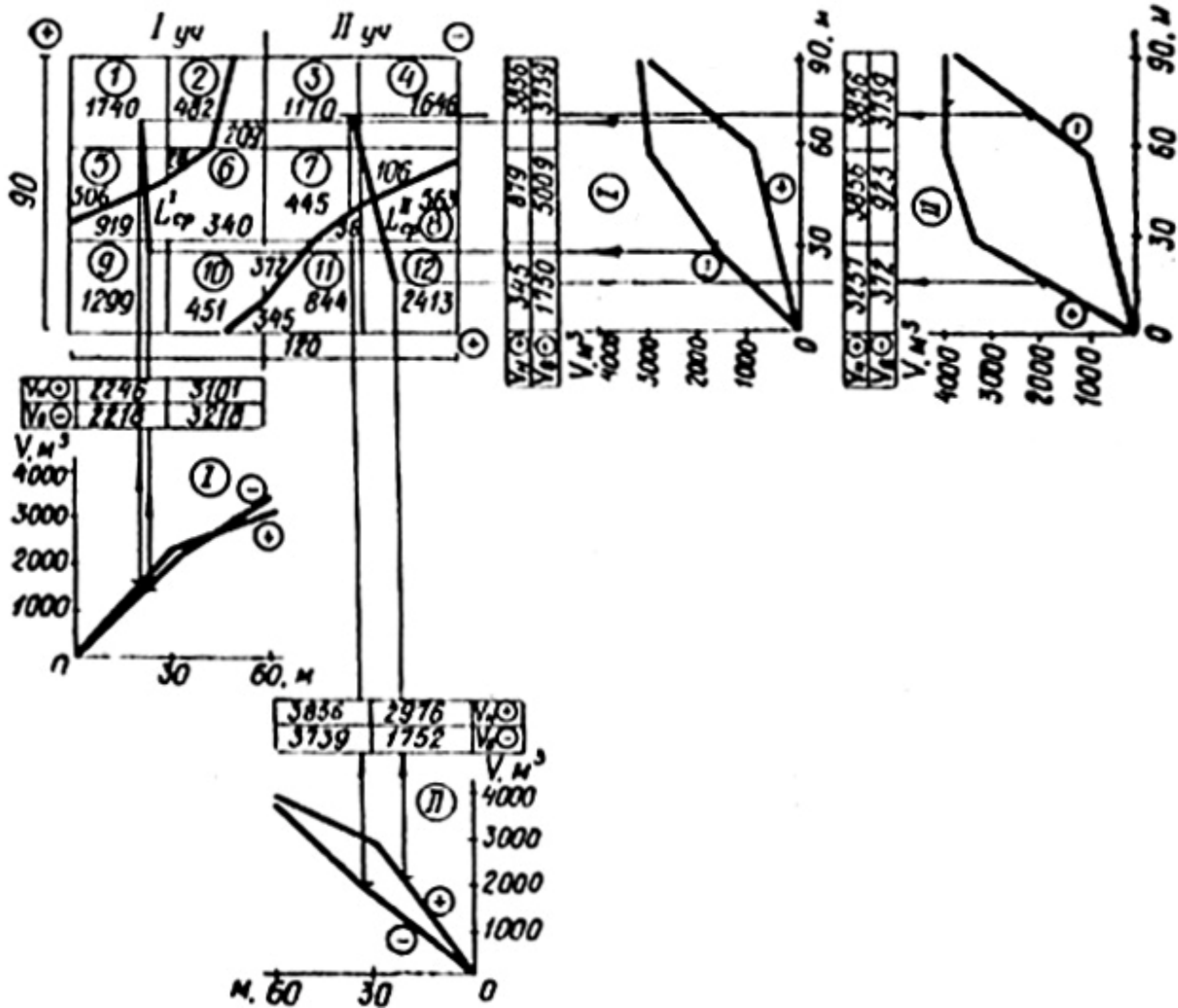


Рис. 3.9. Схемы определения средней дальности перемещения грунта аналитическим (а) и графическим (б) способами при сложном очертании выемок и насыпей

#### Вариант 4. Определение среднего расстояния перемещения методом балансовых объемов

На схеме площадки показывают в каждом квадрате объемы насыпи и выемки. Затем вычисляют суммы объемов грунта насыпи и выемки со своими знаками (+, -) по вертикальным и горизонтальным рядам, получая балансовые объемы.

Суммы вносятся в графы табл. 3.1, расположенные вдоль вертикальных и горизонтальных рядов. В табл. 3.1 во втором ряду проставляют нарастающим итогом суммы балансовых объемов, получая ординаты эпюры работ. Под таблицей строится эпюра работ, при этом ординаты с разными знаками (+, -) откладываются по разные стороны от оси эпюры. Вершины ординат соединяют ломаной линией, и вычисляют площади фигур между ломаной линией и осью эпюры:

$$W = a \sum_{i=1}^n y_i, \quad (3.30)$$

где  $a$  – сторона квадрата, м;  
 $y_i$  – ординаты кривой, м<sup>3</sup>.

При пересечении ломаной линией оси эпюры суммарная работа находится как сумма отдельных участков площадей эпюры работ:

– площади эпюры работ по оси  $Y$

$$W_1 = a \cdot \sum y_{1-7}; \quad (3.31)$$

– площади эпюры работ оси  $X$

$$W_2 = b \cdot \sum y_{8-11}, \quad (3.32)$$

где  $a$  и  $b$  – длина и ширина фигуры.

Вычисляются значения  $L_1$  и  $L_2$ :

$$L_1 = W_1 / V_{\text{планир}}, \quad (3.33)$$

$$L_2 = W_2 / V_{\text{планир}}, \quad (3.34)$$

где  $V_{\text{планир}}$  – объем перемещаемого грунта.

Средняя дальность перемещения грунта:

$$L_{\text{ср}} = \sqrt{L_1^2 + L_2^2}. \quad (3.35)$$

Ниже приведен пример определения среднего расстояния перемещения методом балансовых объемов. На рис. 3.10 приведена схема определения средней дальности перемещения грунта. Стороны квадрата  $a = b = 20$  м.

$$W_1 = 20 \cdot (6016,40 + 10810,96 + 14126,3 + 15757,53 + 15493,24 + 12766,35 + 7724,23) = 1653900,20 \text{ м}^4.$$

$$W_2 = 20 \cdot (4100,14 + 6978,93 + 7356,8 + 4740,52) = 463527,8 \text{ м}^4.$$

$$L_1 = W_1 / V_{\text{планир}} = 1653900,2 / 17337,4 = 95,4 \text{ м.}$$

$$L_2 = W_2 / V_{\text{планир}} = 463527,8 / 17337,4 = 26,7 \text{ м.}$$

$$L_{\text{ср}} = \sqrt{L_1^2 + L_2^2} = \sqrt{95,4^2 + 26,7^2} = 99,1 \text{ м.}$$

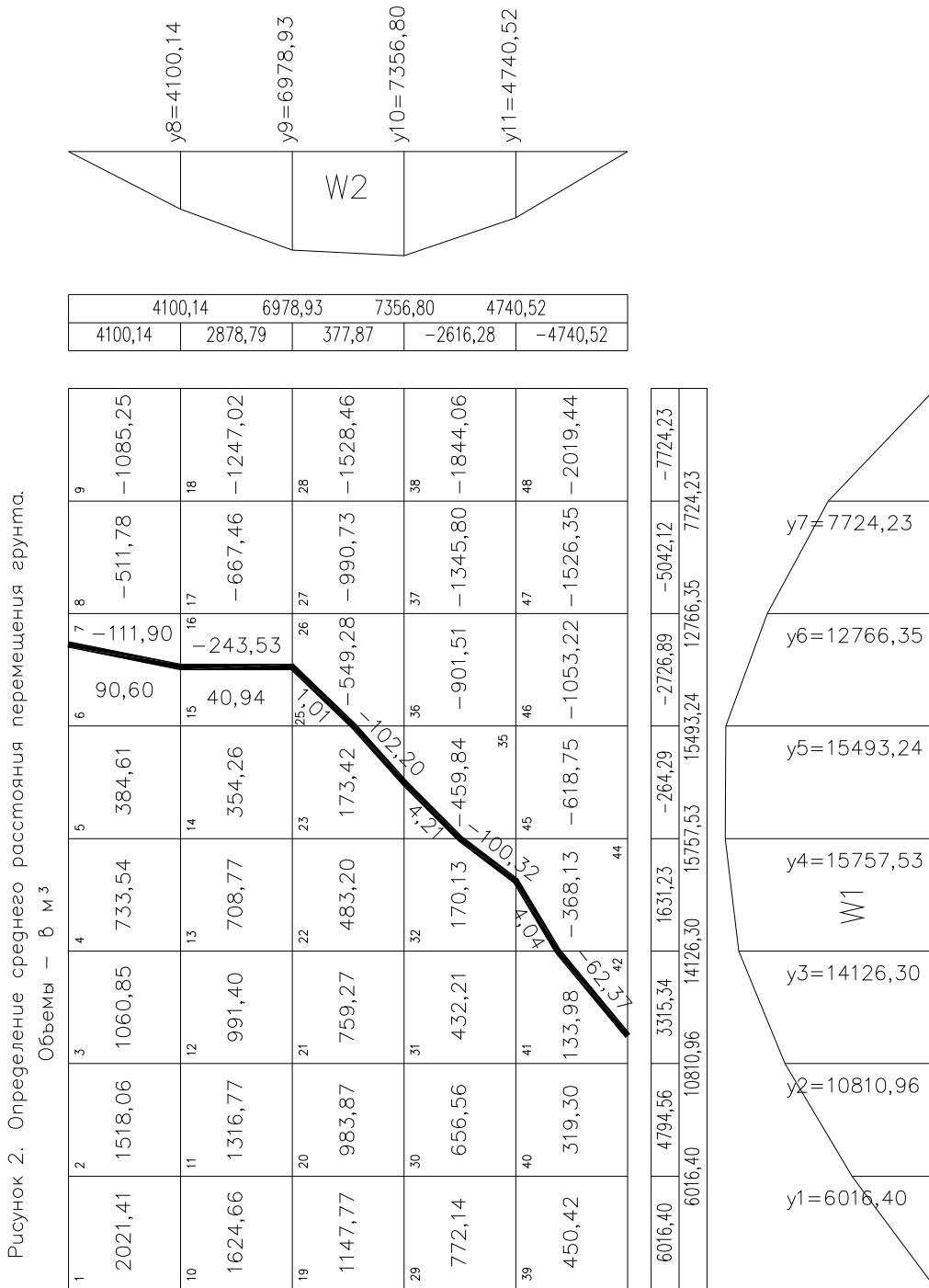


Рис. 3.10. Схема определения средней дальности перемещения грунта методом балансовых объемов

В результате выполненных вычислений составляется план распределения земляных масс, на котором приводятся все выемки и насыпи, указываются направления транспортирования и средние расстояния перемещения грунта.

Ниже приводится методика расчета средней дальности перемещения грунта и построения картограммы перемещения земляных масс с использованием метода линейного программирования.

### **3. Расчет среднего расстояния перемещения грунта и распределения земляных масс с использованием метода линейного программирования**

Методы линейного программирования часто используются при решении ряда вопросов строительного производства. В самом общем виде задача линейного программирования может быть поставлена следующим образом: необходимо спроектировать некоторую операцию так, чтобы она наилучшим образом отвечала предъявленным к ней требованиям и давала наибольший эффект, т.е. задачей оптимального программирования является выбор такого способа организации действий, при котором критерий эффективности операций достигал бы максимума или минимума.

Наиболее распространенной задачей линейного программирования применительно к строительному производству является задача о распределении и транспортировании массовых видов конструкций и материалов. Такая задача называется транспортной. Примером ее может быть задача о рациональном распределении земляных масс при вертикальной планировке. Решение ее позволяет рационально размещать грунт и довольно точно определять оптимальную среднюю дальность перемещения земляных масс из выемки в насыпь.

**Математическая модель** транспортной задачи иллюстрируется матрицей (рис. 3.11).

Основные ограничения, накладываемые на объем поставок:

1) сумма поставок по одной строке должна быть равна мощности поставщика

$$a_i = \sum_{j=1}^m X_{ij} \quad (i = 1, 2 \dots m) \quad (3.36)$$

2) сумма поставок по одному столбцу должна быть равна спросу потребителя

$$b_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} (i = 1, 2 \dots m); \quad (3.37)$$

3) сумма поставок всех поставщиков должна быть равна спросу всех потребителей

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j; \quad (3.38)$$

4) функция решения должна быть минимальной

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} = \min, \quad (3.39)$$

где  $F$  – целевая функция.

		Потребители и их спрос (насыпь)					
		$B_1$	...	$B_j$	...	$B_n$	
Поставщики и их мощность (выемка)	$A_1$	$b_1$	...	$b_j$	...	$b_n$	
	$a_1$	$c_{11}$	...	$c_{1j}$	...	$c_{1n}$	
	$x_{11}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$		
	...	...	...	...	...		
	...	...	...	...	...		
	...	...	...	...	...		
$A_i$	$c_{i1}$	...	$c_{ij}$	...	$c_{in}$		
$a_i$	$x_{i1}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$		
...	...	...	...	...			
...	...	...	...	...			
$A_m$	$c_{m1}$	...	$c_{mj}$	...	$c_{mn}$		
$a_m$	$x_{m1}$	...	$x_{mj}$	...	$x_{mn}$		

Рис. 3.11. Математическая модель задачи (матрица):

- $A_i$  – поставщик (выемка) ( $i = 1 \dots m$ );  $B_j$  – потребитель (насыпь) ( $j = 1 \dots n$ );
- $a_{ij}$  – мощность поставщика (объем грунта выемки);
- $b_{ij}$  – потребность потребителя (объем грунта насыпи);
- $c_{ij}$  – расстояние между центрами тяжести  $i$  – квадрата выемки и  $j$  – квадрата насыпи;
- $x_{ij}$  – поставки от  $A$  поставщика к  $B$  потребителю

Рассмотрим пример расчета **средней дальности перемещения грунта и построения картограммы перемещения земляных масс** методом линейного программирования.

Для составления математической модели задачи распределения земляных масс при вертикальной планировке необходимо определить расстояние между поставщиками (выемками) и потребителями (насыпями), то есть расстояния между центрами тяжести фигур насыпи и выемки.

Строительная площадка разбита на квадраты. Линией нулевых работ отдельные квадраты еще разбиты на ряд фигур – треугольники, четырехугольники, пятиугольники и т. д. В результате такого членения строительной площадки на ней образуются простые и сложные фигуры.

К **простым фигурам** относятся фигуры, центр тяжести которых можно определить геометрическим путем. Сюда относятся треугольники, прямоугольники и квадраты. (Центр тяжести треугольника находится на пересечении двух медиан, а центр тяжести прямоугольника и квадрата – на пересечении диагоналей. Определение центров тяжести простых фигур геометрическим методом показано на рис. 3.12.

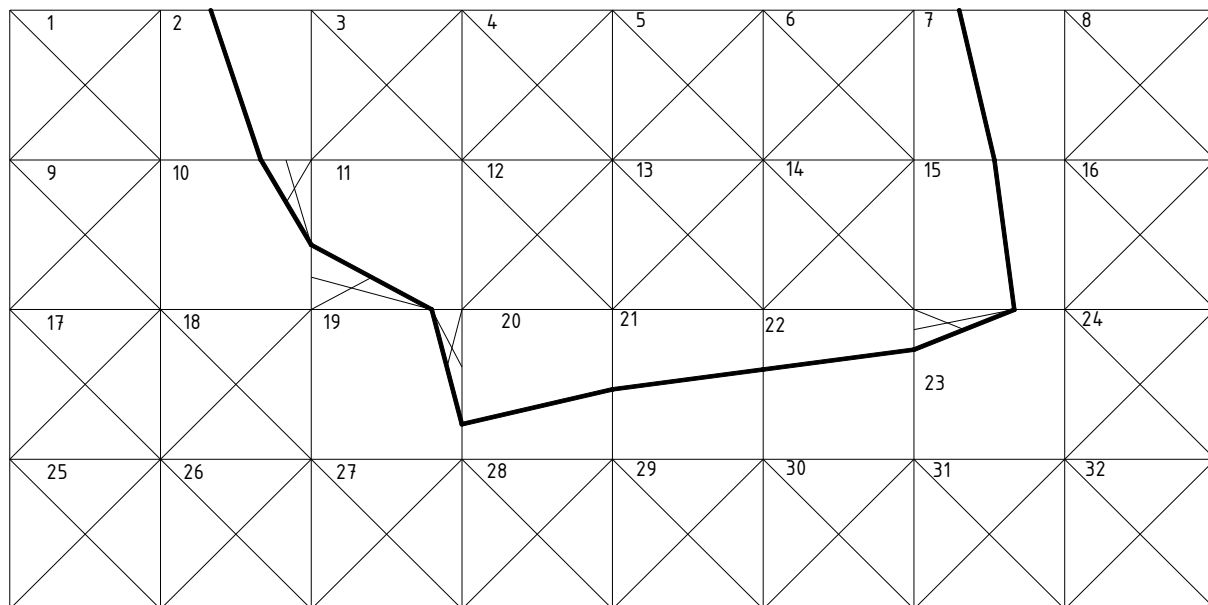


Рис. 3.12. Схема определения центров тяжести простых фигур геометрическим путем

К **сложным** относятся фигуры в виде **неправильных** четырехугольников, пятиугольников и многоугольников. Определение центров тяжести сложных фигур с применением аналитического метода показано на рис. 3.13. Определение центров тяжести всех фигур площадки показано на рис. 3.14.



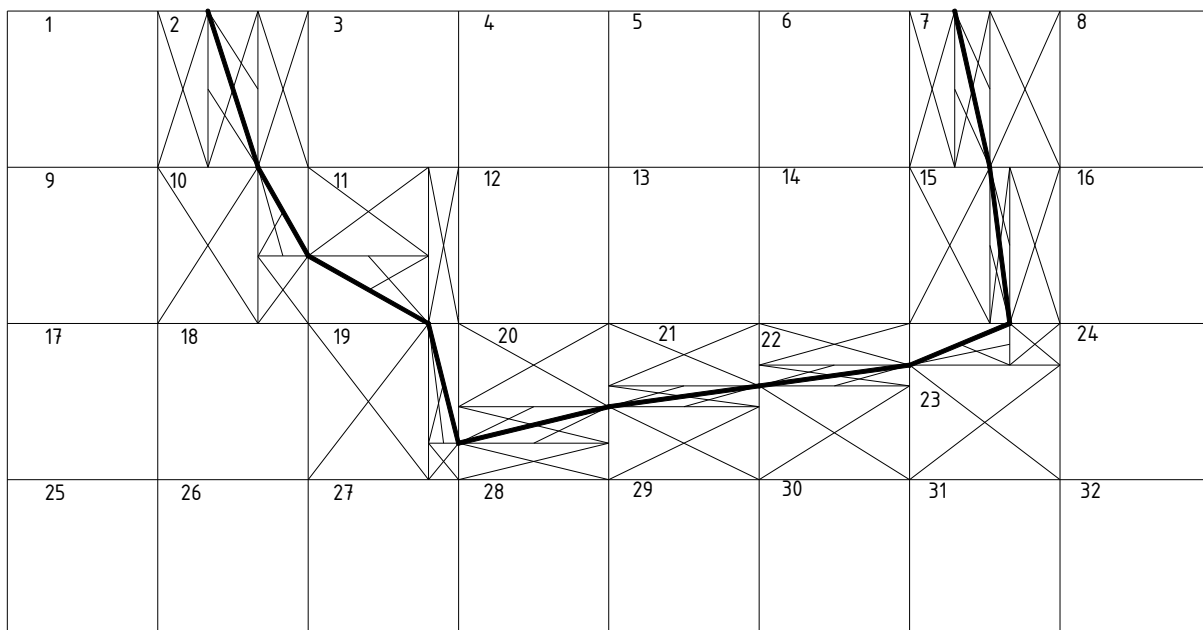


Рис. 3.13. Схема определения центров тяжести сложных фигур с применением аналитического метода

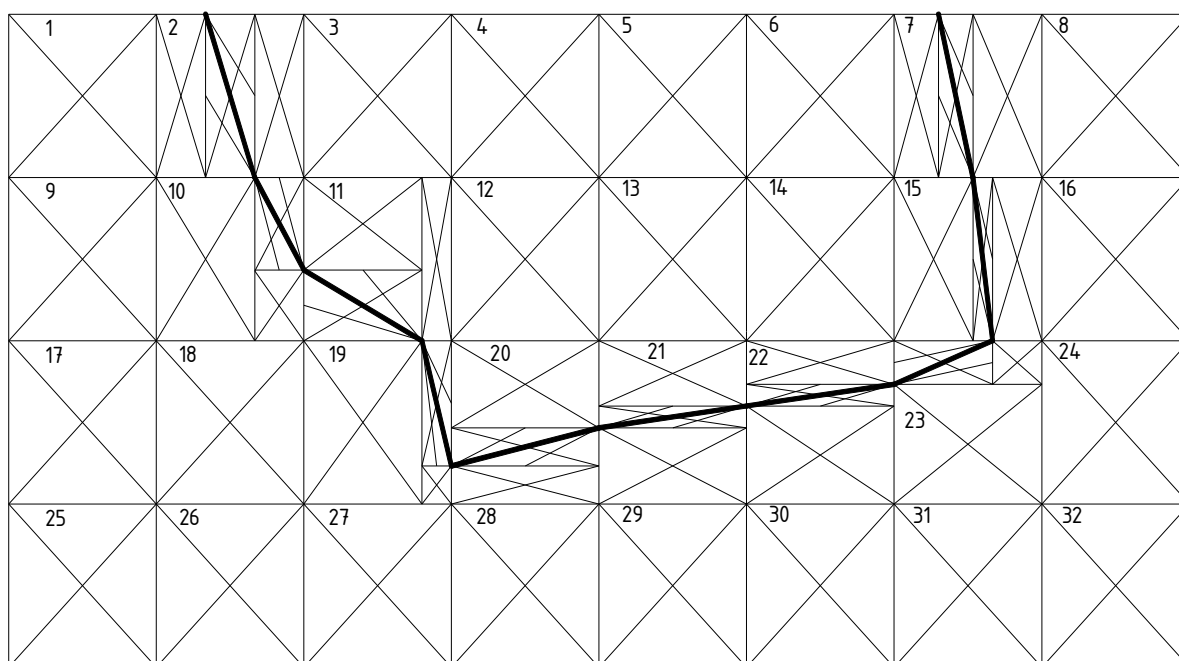


Рис.3.14. Схема определения центров тяжести всех фигур площадки

Определение координат центров тяжести сложных фигур производится аналитическим методом. Например, для нахождения координат центра тяжести пятиугольника квадрата  $b$  аналитическим методом (рис. 3.15) поступают следующим образом.

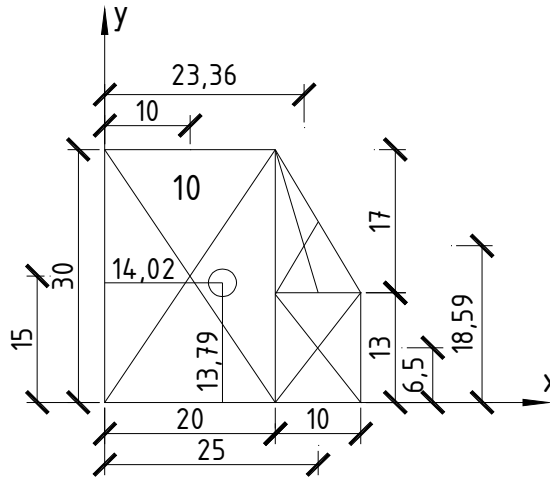


Рис. 3.15. Схема для нахождения центра тяжести пятиугольника аналитическим методом

Разбивают пятиугольник на простые геометрические фигуры, определяют площади этих фигур:

$$F_1 = 20 \cdot 30 = 600 \text{ м}^2; \quad F_2 = 10 \cdot 13 = 130 \text{ м}^2; \quad F_3 = 10 \cdot \frac{17}{2} = 85 \text{ м}^2.$$

Определяют сумму площадей:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 = 600 + 130 + 85 = 815 \text{ м}^2.$$

Вычисляют статический момент относительно оси  $X$ :

$$S_x = 600 \cdot 10 + 130 \cdot 25 + 85 \cdot 23,36 = 11235,6 \text{ м}^3.$$

Вычисляют статический момент относительно оси  $Y$ :

$$S_y = 600 \cdot 15 + 130 \cdot 6,5 + 85 \cdot 18,59 = 11425,15 \text{ м}^3.$$

Определяют расстояние центра тяжести пятиугольника от оси  $X$ :

$$Y = \frac{S_x}{F} = \frac{11235,6}{815} = 13,79 \text{ м}.$$

Определяют расстояние центра тяжести пятиугольника от оси  $Y$ :

$$X = \frac{S_y}{F} = \frac{11425,5}{815} = 14,02 \text{ м}.$$

Аналогично находим координаты центров тяжести других сложных фигур в остальных квадратах (см. рис. 3.14). Результаты расчетов сводят в табл. 3.3.

Сводная таблица координат центров тяжести сложных фигур

№ квадратов	Площадь фигур				$S_x$	$S_y$	Координаты центра тяжести	
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F=F_1+F_2+F_3$			$y = S_x/F$	$x = S_y/F$
<b>насыпь</b>								
2	300	150		450	6000	3499,5	13,33	7,78
10	600	130	85	815	11425,15	11235,6	14,02	13,79
-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	420	105		525	8400	7350	16,00	14,00
<b>выемка</b>								
2	300	150		450	6000	3499,5	13,33	7,78
-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	270	105		375	4650	1894,8	12,40	5,05

По известным координатам центров тяжести фигур находят графическим или аналитическим способами **расстояния между центрами тяжести** всех фигур насыпи и выемки. При применении графического способа вычерчивается данная строительная площадка с указанием линии нулевых работ и положения центров тяжести всех фигур. Затем расстояния между центрами тяжести замеряются в соответствующем масштабе (рис. 3.16).

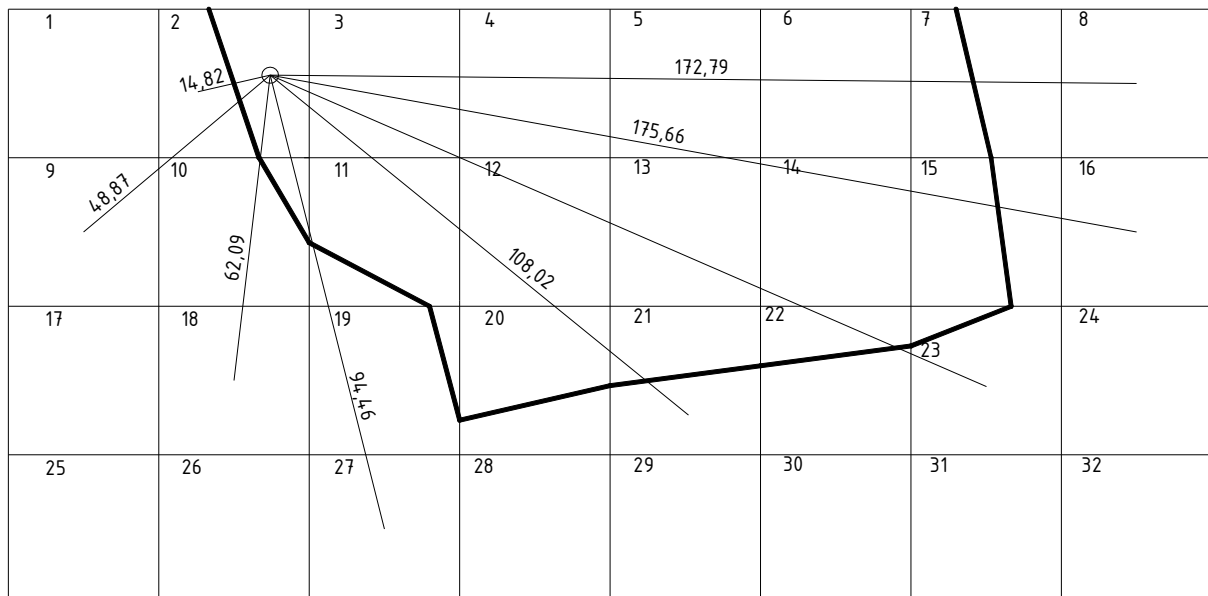


Рис. 3.16. Схема графического определения расстояний между центрами тяжести фигуры квадрата 2 выемки и остальными фигурами квадратов насыпи

При применении аналитического способа используется известная формула аналитической геометрии (3.29).

Для решения математической модели (матрицы) составляют первоначальный базисный план (рис. 3.17) на основании номеров квадратов насыпи и выемки, количества грунта в них (эти данные берутся со строительной площадки) и расстояний между центрами тяжести фигур насыпи и выемки (определяются графическим (см. рис. 3.14) или аналитическим (формула (3.29) способами).

		Квадраты насыпи и их V																															
		1	2	7	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32							
Квадраты выемки и их V	2 14.22	400.9	94.05	65.56	396.8	569.7	171.6	3.21	77.24	406.0	537.7	350.2	115.5	44.28	40.5	75.24	200.5	579.9	832.4	561.6	477.4	357.8	296.6	385.7	665.7	824.8							
	3 630.98	37,3	14,82	149	173	48,9	35,6	45,3	155	175,7	72	62,1	66,2	89,7	108	132	156,1	184	98,9	92	94,5	105,8	123,5	145,3	169,7	195,6							
	4 1758.2	60	37,3	126	150	67,1	43,9	41,3	132	153	84,9	67,1	60,8	76,4	90,3	112	134,8	162	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	174,9							
	5 1655.5	90	67,2	96,1	120	94,9	68,5	55	103	123,7	108	84,9	68,2	54,3	73,6	88,8	108,9	134	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150							
	6 988.64	120	97,2	66,1	90	124	96,3	78,4	74,9	94,9	134	108	86	75,1	67	71,8	85,8	108	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3							
	7 30.12	150	127,2	36,1	60	152	125	105	48,7	67,1	162	134	109	90,8	73,1	65	68,2	84,9	174,9	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2							
	10 0.02	170	147,3	16,5	40	172	144	123	32,6	48,4	180	151	125	103	81,2	65,4	59,5	69,9	191,2	165,1	140,5	118,5	100,7	89,7	88	96,1							
	11 302.05	46,5	26,8	146	170	42,7	16,4	23	148	168,6	57,3	41	43,7	69,9	91,5	118	144,2	173	80,8	70,3	71,7	84,5	104,6	128,6	154,7	182							
	12 913.84	67,4	46,7	128	151	61,5	32,8	15,5	128	148,6	69,4	45,1	33,1	51,6	71	96,6	123,2	152	87,5	69,8	62,3	68,5	85,5	108,2	133,9	161,1							
	13 1043.0	94,9	73	101	124	90	61,2	38,5	99	120	94,9	67,1	43,6	39,6	48	69,9	95,3	124	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	134,2							
	14 739.03	124	101,3	73	94,9	120	91,2	67,9	69	90	124	94,9	68,2	48,7	37	46,4	67,7	94,9	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2							
	15 46.07	153	130,3	47,6	67,1	150	121	97,6	39	60	153	124	95,2	70,5	47,2	35	43,3	67,1	161,6	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9							
	19 45.26	177	154	33,8	47,2	174	145	122	15	36	177	147	119	91,1	64,6	41,7	31,2	46,5	183,9	155,8	128,6	102,9	80,3	64,1	59,7	69,5							
	20 44.78	90	91,6	125	147	76,4	49,3	23,3	118	138,9	73,4	43,6	16,1	25,2	49,7	78,5	107,4	137	82	57	39,5	41	60	85,6	113,3	142							
	21 160.5	105	85,2	113	133	92,4	64,9	38,7	104	123,9	88,9	58,9	30,1	14,3	33,9	62,5	91,5	121	95,2	68,1	44,9	34,5	46,5	70,3	97,5	98,3							
	22 57.66	130	108,9	85,3	105	121	93	67,3	73,3	93,3	149	89,6	60,8	32,7	15	33,8	61,5	91,1	125,2	97	70,4	47,9	38	48,8	71,6	98,3							
	23 0.1	157	135,2	63,1	98,9	150	122	96,5	45,1	64,2	149	119	90,5	60,6	33	15	33	61,8	154,3	125,5	97,6	71,2	49,4	39,9	50,6	72,9							
		178	155,8	50,8	61,2	173	144	119	25,3	42,2	172	142	113	82,9	54,6	27,3	15,9	40,3	176,8	147,9	119,4	92	66,8	47,6	43,2	57,1							

Рис. 3.17. Первоначальный базисный план

Наиболее **распространенным решением** транспортной задачи (матрицы) в строительном производстве является **метод У. Фогеля**, в котором за критерий эффективности принимается расстояние перемещения грунта. Сущность способа заключается в **нахождении разностей** между наименьшим и следующим за ним по величине значением **расстояния между центрами тяжести** каждой строки и столбца. Затем по большей разности строки и столбца производим распределение.

Начнем с первой строки (рис. 3.18). Наименьшее по величине значение расстояния между центрами тяжести – 14,82, следующее по величине за наименьшим – 37,3. Разность между ними будет 22,5, ее и записываем в клетке этой же строки в столбце «Разность по строкам». Такую же операцию выполняем для всех строк. Далее подсчитываем «Разность по столбцам». По первому столбцу наименьшее значение расстояния между

центрами тяжести будет 37,26, следующее по величине за наименьшим – 46,5. Разность между ними будет 9,24, ее и записываем в клетку этого же столбца строки «Разность по столбцам».

Во втором столбце наименьшим элементом будет 14,82, следующим за ним по величине будет 37,3, разность между ними – 22,5. Ее записываем в клетку этого же столбца строки «Разность по столбцам». Такую же операцию выполняем для всех столбцов.

		Квадраты насыпи и их У																																разность по строкам
		1	2	7	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32								
Квадраты выемки и их У	2 14,22	400,9	94,05	65,56	396,8	569,7	171,6	3,21	77,24	406,08	537,7	350,2	115,5	44,28	40,5	75,24	200,5	579,9	832,4	561,6	477,43	357,81	296,67	385,7	665,79	824,84	1							
	3 630,98	37,3	14,82	148,9	173	48,87	35,6	45,33	155	175,7	72	62,09	66,2	89,7	108	132	156,1	183,5	98,9	92	94,5	105,8	123,5	145,3	169,7	195,6	22,5							
	4 1758,2	60	37,3	126,1	150	67,1	43,9	41,3	132	153	84,9	67,1	60,8	76,4	90,3	112	134,8	161,6	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	174,9	4							
	5 1655,5	90	67,2	96,1	120	94,9	68,5	55	103	123,7	108	84,85	68,2	54,3	73,6	88,8	108,9	134,2	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	0,69							
	6 988,64	120	97,2	66,1	90	123,7	96,3	78,4	74,9	94,9	134	108,2	86	75,1	67	71,8	85,8	108,2	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	0,9							
	7 30,12	150	127,2	36,14	60	152,3	125	105,2	48,7	67,1	162	134,2	109	90,8	73,1	65	68,2	84,85	174,9	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	12,6							
	10 0,02	170	147,3	16,5	40	172,2	144	123,1	32,6	48,4	180	151,4	125	103	81,2	65,4	59,5	69,9	191,2	165,1	140,5	118,5	100,7	89,7	88	96,1	16,1							
	11 302,05	46,5	26,8	146,1	170	42,7	16,4	23	148	168,6	57,3	41	43,7	69,9	91,5	118	144,2	172,9	80,8	70,3	71,7	84,5	104,6	128,6	154,7	182	6,6							
	12 913,84	67,4	46,7	127,9	151	61,5	32,8	15,5	128	148,6	69,4	45,1	33,1	51,6	71	96,6	123,2	152	87,5	69,8	62,3	68,5	85,5	108,2	133,9	161,1	17,3							
	13 1043,0	94,9	73	101	124	90	61,2	38,5	99	120	94,9	67,1	43,6	39,6	48	69,9	95,3	123,7	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	134,2	1,1							
	14 739,03	124	101,3	73	94,9	120	91,2	67,9	69	90	124	94,9	68,2	48,7	37	46,4	67,7	94,9	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	9,4							
	15 46,07	153	130,3	47,6	67,1	150	121	97,6	39	60	153	123,7	95,2	70,5	47,2	35	43,3	67,1	161,6	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	4							
	19 45,26	177	154	33,8	47,2	174	145	121,5	15	36	177	147	119	91,1	64,6	41,7	31,2	46,5	183,9	155,8	128,6	102,9	80,3	64,1	59,7	69,5	16,2							
	20 44,78	90	91,6	125,2	147	76,4	49,3	23,3	118	138,9	73,4	43,6	16,1	25,2	49,7	78,5	107,4	137,2	82	57	39,5	41	60	85,6	113,3	142	7,2							
	21 160,5	105	85,2	112,6	133	92,4	64,9	38,7	104	123,9	88,9	58,9	30,1	14,3	33,9	62,5	91,5	121,3	95,2	68,1	44,9	34,5	46,5	70,3	97,5	98,3	15,8							
	22 57,66	130	108,9	85,3	105	121,3	93	67,3	73,3	93,3	149	89,6	60,8	32,7	15	33,8	61,5	91,1	125,2	97	70,4	47,9	38	48,8	71,6	98,3	18							
	23 0,1	157	135,2	63,1	98,9	150,4	122	96,5	45,1	64,2	149	119,4	90,5	60,6	33	15	33	61,8	154,3	125,5	97,6	71,2	49,4	39,9	50,6	72,9	18							
	разность по столбцам	1	9,2	(22,5)	17,3	7,2	6,17	16,4	7,5	10,3	6,2	12,1	2,6	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	1,2	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	15,8							

Рис. 3.18. Распределение № 1 земляных масс

Из полученных значений разностей по строкам и столбцам выбираем наибольшее. В данном примере – 22,5. Таких разностей две. Если одинаковых разностей несколько, выбираем ту, у которой наименьшее расстояние между центрами тяжести. В данном случае они имеют, соответственно, в своих строках и столбцах одинаковые по величине элементы, с разностью 14,82. Принимаем любую из разностей. Целевая функция при этом изменяется незначительно (до 1%).

Клетка с элементом 14,82 находится на пересечении строки квадрата № 2 выемки и столбца квадрата № 2 насыпи, количество грунта, имеющееся в выемке – 14,22 м<sup>3</sup>, количество грунта, требующееся для насыпи – 94,05 м<sup>3</sup>. Значит, выемка может удовлетворить спрос насыпи только на 14,22 м<sup>3</sup>, т. е. на свою мощность. Эти 14,22 м<sup>3</sup> помещаем в клетку с элементом 14,82. Мощность выемки полностью использована и остальные

элементы строки квадрата № 2 выемки исключаются из дальнейшего расчета. Мощность насыпи удовлетворена только на 14,22 м<sup>3</sup>, остальная: 94,05 – 14,22 = 79,83 м<sup>3</sup> – осталась неудовлетворенной. Находим новые разности по строкам и столбцам без учета элементов строки квадрата № 2 выемки. Составляем новый базисный план с учетом исключения всех элементов строки квадрата № 2 выемки (рис. 3.19).

		Квадраты насыпи и их V																																разность по строкам	
		1	2	7	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	1	2							
Квадраты выемки и их V	2	400,9	94,05	65,56	396,8	569,7	171,6	3,21	77,24	406,08	537,7	350,2	115,5	44,28	40,5	75,24	200,5	579,9	832,4	561,6	477,43	357,81	296,67	385,7	665,79	824,84	22,5	-							
	3	14,22	14,22																																
	630,98	60	37,3	126,1	150	67,1	43,9	41,3	132	153	84,9	67,1	60,8	76,4	90,3	112	134,8	161,6	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	174,9	4	4							
	1758,2	90	67,2	96,1	120	94,9	68,5	55	103	123,7	108	84,85	68,2	54,3	73,6	88,8	108,9	134,2	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	0,69	0,7							
	1655,5	120	97,2	66,1	90	123,7	96,3	78,4	74,9	94,9	134	108,2	86	75,1	67	71,8	85,8	108,2	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	0,9	0,9							
	988,64	150	127,2	36,14	60	152,3	125	105,2	48,7	67,1	162	134,2	109	90,8	73,1	65	68,2	84,85	174,9	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	12,6	13							
	30,12	170	147,3	16,5	40	172,2	144	123,1	32,6	48,4	180	151,4	125	103	81,2	65,4	59,5	69,9	191,2	165,1	140,5	118,5	100,7	89,7	88	96,1	16,1	16							
	0,02	46,5	26,8	146,1	170	42,7	16,4	23	148	168,6	57,3	41	43,7	69,9	91,5	118	144,2	172,9	80,8	70,3	71,7	84,5	104,6	128,6	154,7	182	6,6	6,6							
	302,05	67,4	46,7	127,9	151	61,5	32,8	15,5	128	148,6	69,4	45,1	33,1	51,6	71	96,6	123,2	152	87,5	69,8	62,3	68,5	85,5	108,2	133,9	161,1	17,3	17							
	913,84	94,9	73	101	124	90	61,2	38,5	99	120	94,9	67,1	43,6	39,6	48	69,9	95,3	123,7	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	134,2	1,1	1,1							
	13	124	101,3	73	94,9	120	91,2	67,9	69	90	124	94,9	68,2	48,7	37	46,4	67,7	94,9	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	9,4	9,4							
	1043,0	153	130,3	47,6	67,1	150	121	97,6	39	60	153	123,7	95,2	70,5	47,2	35	43,3	67,1	161,6	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	4	4							
	739,03	177	154	33,8	47,2	174	145	121,5	15	36	177	147	119	91,1	64,6	41,7	31,2	46,5	183,9	155,8	128,6	102,9	80,3	64,1	59,7	69,5	16,2	16							
	46,07	90	91,6	125,2	147	76,4	49,3	23,3	118	138,9	73,4	43,6	16,1	25,2	49,7	78,5	107,4	137,2	82	57	39,5	41	60	85,6	113,3	142	7,2	7,2							
	45,26	105	85,2	112,6	133	92,4	64,9	38,7	104	123,9	88,9	58,9	30,1	14,3	33,9	62,5	91,5	121,3	95,2	68,1	44,9	34,5	46,5	70,3	97,5	98,3	15,8	16							
	44,78	130	108,9	85,3	105	121,3	93	67,3	73,3	93,3	149	89,6	60,8	32,7	15	33,8	61,5	91,1	125,2	97	70,4	47,9	38	48,8	71,6	98,3	18	18							
	160,5	157	135,2	63,1	98,9	150,4	122	96,5	45,1	64,2	149	119,4	90,5	60,6	33	15	33	61,8	154,3	125,5	97,6	71,2	49,4	39,9	50,6	72,9	18	18							
	57,66	178	155,8	50,8	61,2	172,6	144	118,9	25,3	42,2	172	142,2	113	82,9	54,6	27,3	15,9	40,3	176,8	147,9	119,4	92	66,8	47,6	43,2	57,1	9,4	9,4							
	0,1	9,2	22,5	17,3	7,2	6,17	16,4	7,5	10,3	6,2	12,1	2,6	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	1,2	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	15,8									
	разность по столбцам	1	9,2	22,5	17,3	7,2	6,17	16,4	7,5	10,3	6,2	12,1	2,6	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	1,2	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	15,8								
		2	13,5	10,5	17,3	7,2	(18,8)	16,4	7,5	10,3	6,2	12,1	2,6	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	1,2	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	15,8								

Рис. 3.19. Распределение № 2 земляных масс

Находим новые разности по строкам и столбцам. Наибольшая разность – 18,8. Наименьший по величине элемент этой строки – 42,7. Клетка с этим элементом находится на пересечении квадрата № 10 выемки и квадрата № 9 насыпи. Мощность квадрата № 10 выемки равна 0,02 м<sup>3</sup>. Потребность квадрата № 7 насыпи – 569,7 м<sup>3</sup>. Значит, выемка квадрата № 10 может удовлетворить потребность в грунте квадрата № 9 только на 0,02 м<sup>3</sup> остальная: 569,7 – 0,02 = 569,5 м<sup>3</sup> – осталась неудовлетворенной. Записываем в клетку с элементом 42,7 потребную мощность – 0,02 м<sup>3</sup>.

Составляем новый базисный план без учета элемента строки квадрата № 10 выемки (рис. 3.20). Находим новые разности по столбцам и строкам. Наибольшей разностью будет разность по строкам, равная 18. Таких разностей, одинаковых по величине, есть две. Выбираем ту, у которой наименьшее расстояние между центрами тяжести. Такой оказалась разность

21 строки, имеющей клетку с минимальным расстоянием между центрами тяжести, равным 15. С этой клетки начинаем распределение земляных масс. Клетка с данным элементом находится на пересечении квадрата № 21 выемки и квадрата № 21 насыпи. Мощность квадрата № 21 выемки равна 160,5 м<sup>3</sup>, потребность квадрата № 21 насыпи – 40,57 м<sup>3</sup>. Значит, выемка может полностью удовлетворить насыпь. В клетку с элементом 15 записываем 40,57 м<sup>3</sup>. Так как насыпь квадрата № 21 полностью удовлетворена, то остальные элементы квадрата № 21 насыпи исключаются из дальнейшего расчета. Составляем новый базисный план без учета элементов столбца квадрата № 21 насыпи (рис. 3.21).

		Квадраты насыпи и их V																																разность по строкам			
		1	2	7	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	1	2	3								
Квадраты выемки и их V	2 14.22			14.82																															22,5	-	-
	3 630.98	60	37,3	126,1	150	67,1	43,9	41,3	132	153	84,9	67,1	60,8	76,4	90,3	112	134,8	161,6	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	174,9	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	4 1758.2	90	67,2	96,1	120	94,9	68,5	55	103	123,7	108	84,85	68,2	54,3	73,6	88,8	108,9	134,2	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	0,69	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
	5 1655.5	120	97,2	66,1	90	123,7	96,3	78,4	74,9	94,9	134	108,2	86	75,1	67	71,8	85,8	108,2	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		
	6 989.64	150	127,2	36,14	60	152,3	125	105,2	48,7	67,1	162	134,2	109	90,8	73,1	65	68,2	84,85	174,9	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	12,6	13	13	13	13	13	13	13	13		
	7 30.12	170	147,3	16,5	40	172,2	144	123,1	32,6	48,4	180	151,4	125	103	81,2	65,4	59,5	69,9	191,2	165,1	140,5	118,5	100,7	89,7	88	96,1	16,1	16	16	16	16	16	16	16	16		
	10 0.02					42.7																						6,6	6,6	-	-	-	-	-	-	-	
	11 302.05	67,4	46,7	127,9	151	61,5	32,8	15,5	128	148,6	69,4	45,1	33,1	51,6	71	96,6	123,2	152	87,5	69,8	62,3	68,5	85,5	108,2	133,9	161,1	17,3	17	17	17	17	17	17	17	17		
	12 913.84	94,9	73	101	124	90	61,2	38,5	99	120	94,9	67,1	43,6	39,6	48	69,9	95,3	123,7	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	134,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1		
	13 1043.0	124	101,3	73	94,9	120	91,2	67,9	69	90	124	94,9	68,2	48,7	37	46,4	67,7	94,9	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4		
	14 739.03	153	130,3	47,6	67,1	150	121	97,6	39	60	153	123,7	95,2	70,5	47,2	35	43,3	67,1	161,6	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	15 46.07	177	154	33,8	47,2	174	145	121,5	15	36	177	147	119	91,1	64,6	41,7	31,2	46,5	163,9	155,8	128,6	102,9	80,3	64,1	59,7	69,5	16,2	16	16	16	16	16	16	16	16		
	19 45.26	90	91,6	125,2	147	76,4	49,3	23,3	118	138,9	73,4	43,6	16,1	25,2	49,7	78,5	107,4	137,2	82	57	39,5	41	60	65,6	113,3	142	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2		
	20 44.78	105	85,2	112,6	133	92,4	64,9	38,7	104	123,9	88,9	58,9	30,1	14,3	33,9	62,5	91,5	121,3	95,2	68,1	44,9	34,5	46,5	70,3	97,5	98,3	15,8	16	16	16	16	16	16	16	16		
	21 160.5	130	108,9	85,3	105	121,3	93	67,3	73,3	93,3	149	89,6	60,8	32,7	15	33,8	61,5	91,1	125,2	97	70,4	47,9	38	48,8	71,6	98,3	18	18	18	18	18	18	18	18	18		
	22 57.66	157	135,2	63,1	98,9	150,4	122	96,5	45,1	64,2	149	119,4	90,5	60,6	33	15	33	61,8	154,3	125,5	97,6	71,2	49,4	39,9	50,6	72,9	18	18	18	18	18	18	18	18	18		
	23 0.1	178	155,8	50,8	61,2	172,6	144	118,9	25,3	42,2	172	142,2	113	82,9	54,6	27,3	15,9	40,3	176,8	147,9	119,4	92	66,8	47,6	43,2	57,1	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4		
	разность по столбцам	1	9,2	22,5	17,3	7,2	6,17	16,4	7,5	10,3	6,2	12,1	2,6	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	1,2	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	15,8										
		2	13,5	10,5	17,3	7,2	18,8	16,4	7,5	10,3	6,2	12,1	2,6	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	1,2	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	15,8										
		3	7,4	9,4	17,3	7,2	5,6	11,1	7,5	10,3	6,2	4	1,5	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	5,5	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	12,4										

Рис. 3.20. Распределение № 3 земляных масс

Находим новые разности по строкам и столбцам. Наибольшей разностью будет 18. Наименьший по величине элемент этой строки – 15. Клетка с элементом 15 находится на пересечении квадрата № 22 выемки и квадрата № 22 насыпи. Мощность выемки – 57,66 м<sup>3</sup>, потребность насыпи – 75,24 м<sup>3</sup>. Выемка может удовлетворить потребность в грунте насыпи только на 57,66 м<sup>3</sup>. В клетку с элементом 15 столбца квадрата № 22 насыпи записываем потребное количество грунта – 57,66 м<sup>3</sup>. Элементы строки квадрата выемки № 22 исключаются из дальнейшего расчета.

Составляем новый базисный план без учета исключенных элементов и находим новые разности по столбцам и строкам. Приведено только 4 начальных базисных плана, остальные недостающие 9 базисных планов со-

ставляются аналогично. Весь расчет производится до тех пор, пока не будет исчерпана мощность выемки всех квадратов и не удовлетворена потребность насыпи всех квадратов. Выполнение расчета необходимо производить очень внимательно, потому что при последующих операциях может получиться, что часть выемки какого-нибудь квадрата уже частично использована и фактическое наличие грунта в квадрате выемки отличается от первоначального. Это же самое относится к операциям заполнения квадратов насыпи.

		Квадраты насыпи и их V																																разность по строкам					
		1	2	7	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	1	2	3	4									
Квадраты выемки и их V	2 14.22																																		22,5	-	-	-	
	3 630.98	60	37,3	126	150	67,1	43,9	41,3	132	153	84,9	67,1	60,8	76,4		112	134,8	162	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	174,9	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
	4 1758.2	90	67,2	96,1	120	94,9	68,5	55	103	123,7	108	84,9	68,2	54,3		88,8	108,9	134	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	150	0,89	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7				
	5 1655.5	120	97,2	66,1	90	124	96,3	78,4	74,9	94,9	134	108	86	75,1		71,8	85,8	108	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	127,3	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9				
	6 988.84	150	127,2	36,1	60	152	125	105	48,7	67,1	162	134	109	90,8		65	68,2	84,9	174,9	150	127,3	108,2	94,9	90	94,9	108,2	12,6	13	13	13	13	13	13	13	13				
	7 30.12	170	147,3	16,5	40	172	144	123	32,6	48,4	180	151	125	103		65,4	59,5	69,9	191,2	165,1	140,5	118,5	100,7	89,7	88	96,1	16,1	16	16	16	16	16	16	16	16				
	10 0.02																																			6,6	6,6	-	-
	11 302.05	67,4	46,7	128	151	61,5	32,8	15,5	128	148,6	69,4	45,1	33,1	51,6		96,6	123,2	152	87,5	69,8	62,3	68,5	85,5	108,2	133,9	161,1	17,3	17	17	17	17	17	17	17	17	17			
	12 913.84	94,9	73	101	124	90	61,2	38,5	99	120	94,9	67,1	43,6	39,6		69,9	95,3	124	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	134,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1			
	13 1043.0	124	101,3	73	94,9	120	91,2	67,9	69	90	124	94,9	68,2	48,7		46,4	67,7	94,9	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	108,2	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	2,3			
	14 739.03	153	130,3	47,6	67,1	150	121	97,6	39	60	153	124	95,2	70,5		35	43,3	67,1	161,6	134,2	108,2	84,9	67,1	60	67,1	84,9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
	15 46.07	177	154	33,8	47,2	174	145	122	15	36	177	147	119	91,1		41,7	31,2	46,5	183,9	155,8	128,6	102,9	80,3	64,1	59,7	69,5	16,2	16	16	16	16	16	16	16	16	16			
	19 45.26	90	91,6	125	147	76,4	49,3	23,3	118	138,9	73,4	43,6	16,1	25,2		78,5	107,4	137	82	57	39,5	41	60	85,6	113,3	142	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2			
	20 44.78	105	85,2	113	133	92,4	64,9	38,7	104	123,9	88,9	58,9	30,1	14,3		62,5	91,5	121	95,2	68,1	44,9	34,5	46,5	70,3	97,5	98,3	15,8	16	16	16	16	16	16	16	16	16			
	21 160.5	130	108,9	85,3	105	121	93	67,3	73,3	93,3	149	89,6	60,8	32,7	<sup>15</sup> 40.5	33,8	61,5	91,1	125,2	97	70,4	47,9	38	48,8	71,6	98,3	18	18	18	18	18	18	18	18	18	1,1			
	22 57.66	157	135,2	63,1	98,9	150	122	96,5	45,1	64,2	149	119	90,5	60,6		15	33	61,8	154,3	125,5	97,6	71,2	49,4	39,9	50,6	72,9	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18			
	23 0.1	178	155,8	50,8	61,2	173	144	119	25,3	42,2	172	142	113	82,9		27,3	15,9	40,3	176,8	147,9	119,4	92	66,8	47,6	43,2	57,1	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4			
	разность по столбцам	1	9,2	22,5	17,3	7,2	6,17	16,4	7,5	10,3	6,2	12,1	2,6	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	1,2	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	15,8												
		2	13,5	10,5	17,3	7,2	18,8	16,4	7,5	10,3	6,2	12,1	2,6	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	1,2	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	15,8												
		3	7,4	9,4	17,3	7,2	5,6	11,1	7,5	10,3	6,2	4	1,5	14	10,9	18	12,3	15,3	6,2	5,5	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	12,4												
		4	7,4	9,4	17,3	7,2	5,6	11,1	7,8	10,3	6,2	4	1,5	14	10,9	-	12,3	15,3	6,2	5,5	11,1	5,4	6,5	8,5	7,7	7,4	12,4												

Рис. 3.21. Распределение № 4 земляных масс

Все вышеуказанные расчеты сводятся в окончательный базисный план распределения земляных масс. Его можно рассчитывать и сразу, но эта операция требует особой внимательности и тщательности. В этом случае расстояние между центрами тяжести записываются карандашом, а все остальные записи производятся чернилами. При расчете исключенные элементы строк и столбцов вытираются резинкой. После окончания расчета все оставшиеся карандашные записи переписываются чернилами. При пользовании этим методом в пояснительной записке должен быть обязательно указан первоначальный базисный план (см. рис. 3.17). Использование карандаша и резинки значительно уменьшает вероятность ошибки при выполнении расчетов.

Для получения окончательного базисного плана распределения земляных масс понадобилось выполнить определение разностей по строкам и



столбцам 39 раз. На 40-й раз последнее распределение остатка получилось само по себе.

Заполнены 41 клетка, т. е.  $m + n - 1 = 25 + 17 - 1 = 41$ .

По окончательному базисному плану определяем целевую функцию по формуле (2.39)

$$F = 14,82 \times 14,22 + 60 \times 400,98 + 37,3 \times 79,83 + 67,1 \times 150,17 + 94,9 \times 419,53 + 68,5 \times 171,06 + 108,2 \times 537,7 + 127,3 \times 152,02 + 94,9 \times 477,43 + 150 \times 449,85 + 108,2 \times 460,05 + 127,28 \times 747,09 + 36,14 \times 35,44 + 60 \times 396,8 + 68,2 \times 200,53 + 84,85 \times 278,12 + 108,2 \times 77,75 + 16,5 \times 30,12 + 42,7 \times 0,02 + 15,5 \times 3,21 + 45,1 \times 298,84 + 67,1 \times 51,36 + 43,6 \times 70,24 + 108,2 \times 230,62 + 84,9 \times 561,62 + 46,4 \times 17,58 + 67,1 \times 257,31 + 60 \times 296,67 + 67,1 \times 265,8 + 84,9 \times 205,64 + 60 \times 406,08 + 67,1 \times 301,78 + 15 \times 46,7 + 16,1 \times 45,26 + 14,3 \times 44,28 + 34,5 \times 100,5 + 15 \times 40,57 + 48,8 \times 119,93 + 15 \times 57,66 + 43,2 \times 0,1 = 7,166 \times 10^5 \text{ м}^4.$$

Среднее расстояние перемещения земляных масс:

$$L = \frac{F}{V} = \frac{7,166 \times 10^5}{8530,95} = 84 \text{ м},$$

где  $V = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V = 8530,95 \text{ м}^3$ .

Полученное **среднее расстояние перемещения земляных масс** с использованием оптимального программирования по методу У. Фогеля, по сравнению с графическим и аналитическим методами, характеризуется **высокой степенью точности**. Преимущество этого метода заключается еще и в том, что по результатам расчета можно построить **картограмму перемещения земляных масс** на строительной площадке.

На основании окончательного базисного плана (рис. 3.22) составляют рабочий план распределения земляных масс (рис. 3.23), который используется для построения картограммы перемещения земляных масс (рис. 3.24).

В данном примере взят случай, когда объем грунта выемки точно соответствует объему грунта насыпи. В практических расчетах чаще всего встречается, что эти величины **не равны друг другу**. В таком случае при составлении базисного плана **рядом с последним квадратом выемки** добавляется квадрат с наименованием «резерв» или рядом с последним квадратом насыпи добавляется квадрат с наименованием «отвал». То есть, в первом случае, если грунт в выемке больше потребности насыпи, то естественно, излишний грунт вывозится в отвал, и если, во втором случае, мощность выемки меньше потребности грунта насыпи, то для насыпи грунт должен быть завезен из резерва.



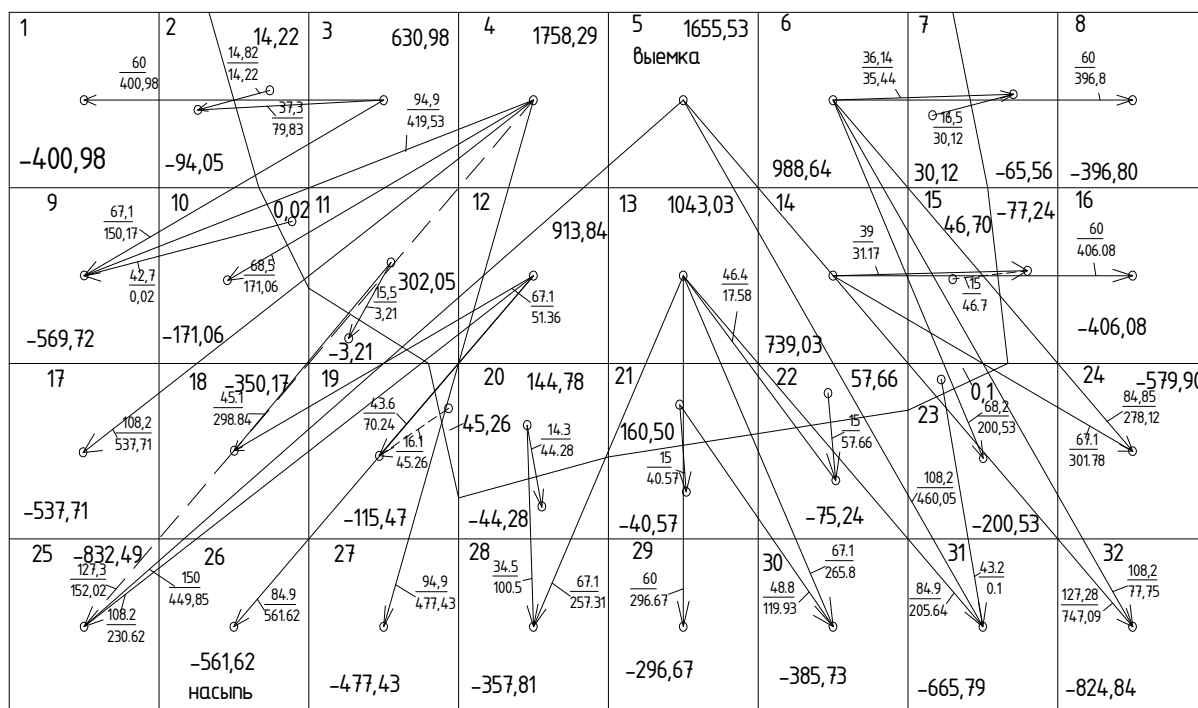


Рис. 3.24. Картограмма перемещения земляных масс

Такие типы задач называются открытыми транспортными задачами. Форма базисного плана в первом случае приведена на рис. 3.25. Решение его приведено на рис. 3.26.

Форма базисного плана во втором случае приведена на рис. 3.27, а решение – на рис. 3.28.

Данный раздел освещал применение метода У. Фогеля для случая, когда строительная площадка разбита на квадраты. Эта же методика приемлема для строительных площадок, разбитых на треугольники и другие фигуры.

		Квадраты насыпи и их $V, м^3$					Отбор
		1	2	4	5	6	213
Квадраты выемки и их $V, м^3$	1	583	13	870	506	474	
	16	21	28	32	51	85	
	2	43	24	37	45	82	
	3	81	58	91	62	49	
	4	29	58	25	34	70	
	5	51	54	46	20	45	
6	81	70	60	44	20		

Рис. 3.25. Базисный план первого типа задач

		Квадраты насыпи и их $V, м^3$					Олбоо	Разность по строкам										
		1	2	4	5	6		213	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Квадраты выемки и их $V, м^3$	1	21							7	7	7	7	11	11	-	-	-	-
	16	16																
	2		24	37					13	13	13	13	6	6	6	6	-	-
	550		13	537														
	3	81		91	62	49		213	9	9	9	4	15	10	10	10	10	0
	1796	559		333	583	328												
4	29							4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	
8	8																	
5				20				13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
123				123														
6					20			24	24	-	-	-	-	-	-	-	-	
166					166													
Разность по столбцам	1	8	4	7	14	25												
	2	8	4	7	10	29												
	3	8	4	7	11	11												
	4	8	4	7	11	-												
	5	8	-	7	11	-												
	6	8	-	7	-	-												
	7	11	-	12	-	-												
	8	38	-	41	-	-												
	9	0	-	0	-	-												
	10	-	-	0	-	-												
	11	-	-	-	-	-												

Рис. 3.26. Окончательный базисный план первого типа задач

		Квадраты насыпи и их $V, м^3$									
		1	2	3	4	5	6	7	9	10	
Квадраты выемки и их $V, м^3$	3	21	71	41	12	23	73	43	22	84	63
	4	425	91	61	33	16	91	66	45	67	06
	6	36	55	41	45	65	39	20	24	42	20
	7	454	69	39	32	45	32	35	11	68	46
	6	1184	95	67	44	40	90	62	41	94	74
	9	188	66	71	87	108	31	50	66	15	24
	10	696	67	60	67	85	43	38	44	34	18
	11	1591	85	67	61	72	68	49	41	63	43
	12	2424	108	85	69	70	95	72	56	93	73
	Резерв	126									

Рис. 3.27. Базисный план второго типа задач

		№ широты насыпи и их V, м³										Разность по строкам																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
свободны выемки и их V, м³	3			12								10	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	4			31	16							17	17	17	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	6						17	16				0	0	0	0	0	0	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	7		19						11	17		17	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	8		67	44								1	4	4	18	20	18	18	18	18	18	18	18	18	18	5	28	-	-	
	9						31				15		9	9	9	9	9	7	19	19	19	19	-	-	-	-	-	-		
	10						41				18		16	16	16	16	16	16	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-		
	11	85					48	44					2	6	6	6	6	6	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	-	
	12	123	85										13	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	13	23	23	0	
	126	126																												
	разность по столбцам	1	11	2	20	7	8	15	11	19	2																			
		2	11	2	20	7	8	15	-	19	2																			
3		11	2	1	20	8	15	-	19	2																				
4		11	2	1	-	8	15	-	19	2																				
5		11	2	12	-	8	15	-	19	2																				
6		11	2	12	-	8	15	-	-	2																				
7		11	2	12	-	8	15	-	-	-																				
8		1	20	12	-	12	3	-	-	-																				
9		1	7	17	-	12	11	-	-	-																				
10		18	7	17	-	20	11	-	-	-																				
11		10	0	17	-	20	13	-	-	-																				
12		10	0	17	-	-	13	-	-	-																				
13		10	0	-	-	-	13	-	-	-																				
14		10	0	-	-	-	-	-	-	-																				
15		20	18	-	-	-	-	-	-	-																				
16		0	0	-	-	-	-	-	-	-																				
17		0	-	-	-	-	-	-	-	-																				

Рис. 3.28. Окончательный базисный план второго типа задач

#### 4. Проектирование производства земляных работ по планировке площадки с применением ЭВМ

Для проектирования производства земляных работ по планировке площадки разработан ряд компьютерных программ. Программы предусматривают определение объемов земляных работ; распределение земляных масс; выбор методов производства работ и комплектов машин; выбор окончательного комплекта машин путем сравнения технико-экономических показателей по вариантам. В результате применения ЭВМ значительно сокращается время решения задачи, гарантируются необходимая точность и правильность результатов.

Проектирование производства земляных работ по планировке площадки начинается с постановки задачи. Например, намечено произ-

водство земляных работ по вертикальной планировке площадки. Задан план участка с размерами и нанесенными горизонталями, отметка каждой из них означает ее относительный уровень, проектные уклоны (рис. 3.29).

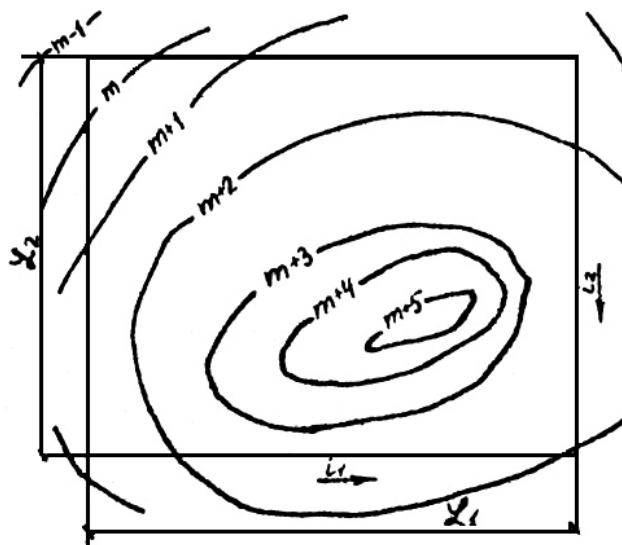


Рис. 3.29. План участка (исходные данные)

Требуется определить объемы земляных работ при вертикальной планировке площадки, распределить земляные массы, выбрать метод производства работ и комплекты машин, определить технико-экономические показатели по вариантам и выбрать окончательное решение.

В виде ограничения принимаются условия выполнения работ, например, с нулевым балансом или рассматривается вариант с ввозом или вывозом грунта с площадки.

Обычно при определении объемов земляных работ по вертикальной планировке площадки предусматривается учет двух уклонов и откосов. Если объем подсчитывается по методу квадратных призм, то необходимо **указать количество квадратов** по горизонтали и по вертикали.

Распределение земляных масс обычно рассчитывается по методу линейного программирования. При выборе метода производства работ и комплекта машин **перебирают возможные варианты** применения бульдозеров и скреперов.

**На первом этапе** разбивают площадку на квадраты, определяют черные отметки и формируют **массив исходных данных**. Дальнейшие расчеты выполняет ЭВМ. После подсчетов объемов работ ЭВМ составляет матрицу расстояний от каждого квадрата выемки в каждый квадрат насыпи и, решая транспортную задачу, распределяет земляные массы по квадратам, а также подсчитывает среднее расстояния перемещений грунта.

Проектные рабочие отметки наносятся на план участка, и строится нулевая линия (рис. 3.30). По данным распределения земляных масс, объемам работ и расстояний перемещения грунта строится картограмма земляных работ (рис. 3.31).

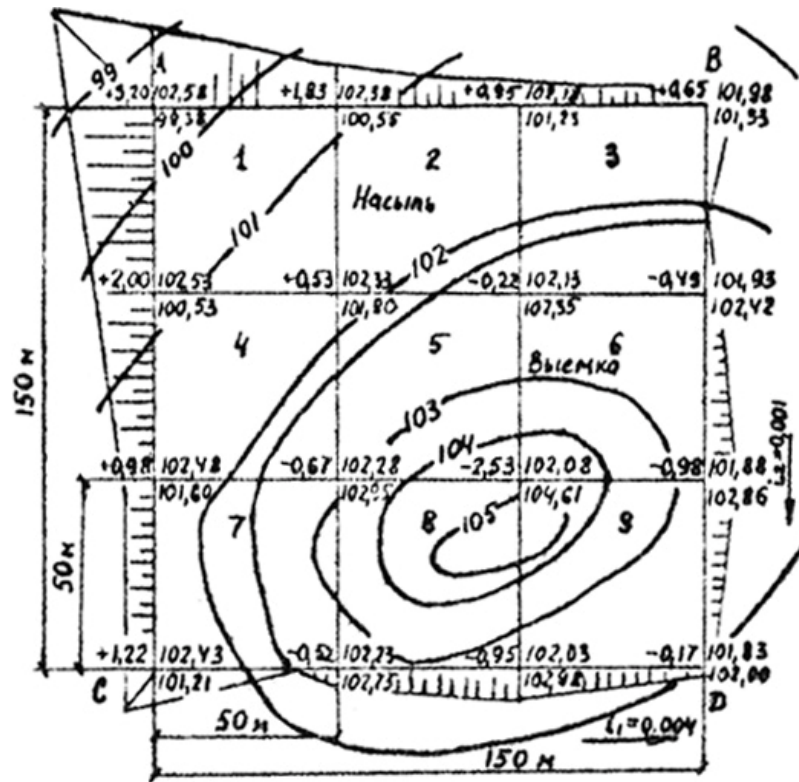


Рис. 3.30. План участка с нанесенными отметками

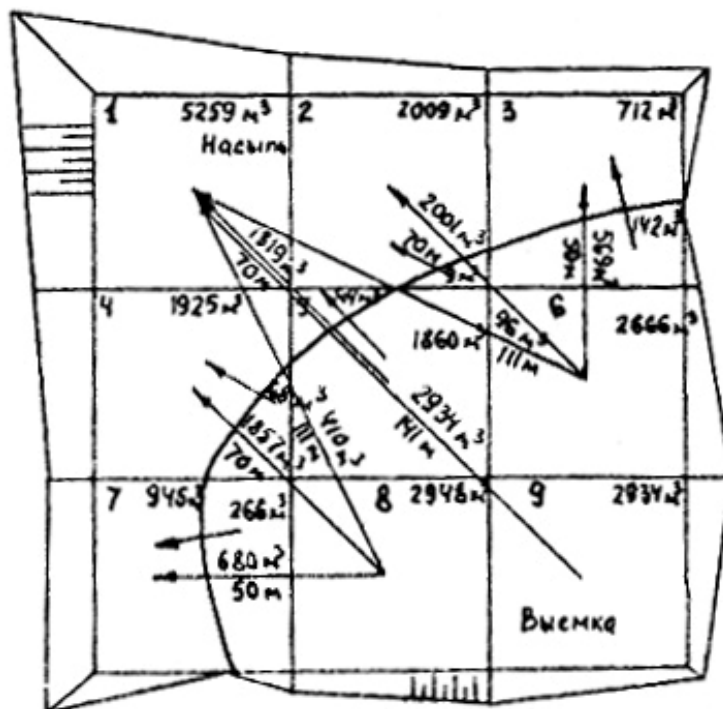


Рис. 3.31. Картограмма земляных работ

Разработаны программы для ЭВМ, использующие другие подходы. Рассмотрение различных методов подсчета объемов грунта в элементар-

ных фигурах разбиения показывает, что наиболее точным из них является метод трехгранных призм, который точнее других методов в среднем на 15%, но, тем не менее, имеющий погрешность по сравнению с фактической величиной объема земляных работ около 10%.

Решение задачи определения объемов земляных масс при планировке на ЭВМ показывает, что **наиболее точным** может быть также признан **метод предельных поперечных сечений**, в котором поверхность квадрата рассматривается, в отличие от традиционных методов, не как плоскость со средней рабочей отметкой  $h_{cp}$ , а как поверхность, приближающаяся к криволинейной, профиль которой стремится к фактическому. Для такой аппроксимации поверхности используется **метод конечных элементов**.

Составление плана распределения грунта на площадке в большинстве случаев связано с необходимостью дополнительного завоза грунта из резерва или отвоза избытка грунта в отвал. Для этого необходимо сразу определиться: из каких квадратов излишки грунта будут вывозить и в какие квадраты завозить недостающее количество грунта. **Рекомендуется** для этих целей выбирать квадраты, расположенные у границ площадки. В дальнейшем, при определении средней дальности перемещения, эти квадраты из расчета **исключаются**.

Составление плана распределения грунта на площадке в большинстве случаев связано с необходимостью дополнительного завоза грунта из резерва или отвоза избытка грунта в отвал. Для этого необходимо сразу определиться: из каких квадратов излишки грунта будут вывозить и в какие квадраты завозить недостающее количество грунта. **Рекомендуется** для этих целей выбирать квадраты, расположенные у границ площадки. В дальнейшем, при определении средней дальности перемещения, эти квадраты из расчета **исключаются**.

Составление плана распределения грунта на площадке в значительной степени зависит от характера и места положения линии нулевых работ (Л.Н.Р.) на плане площадки. Возможны следующие основные варианты расположения Л.Н.Р. (рис. 3.32):

а) Л.Н.Р. делит площадку на две части. При необходимости выделяют квадраты для завоза или вывоза грунта, определяют среднюю дальность перемещения грунта;

б) случай, аналогичный случаю а);

в) площадку необходимо разбить на три карты (если есть необходимость в вывозе или завозе грунта) или на две (при нулевом балансе). Дальность перемещения грунта определяют как среднее весовое значение средних расстояний перемещения грунта для первой и второй карт разбиения площадки;

г) поступают аналогично случаю в);



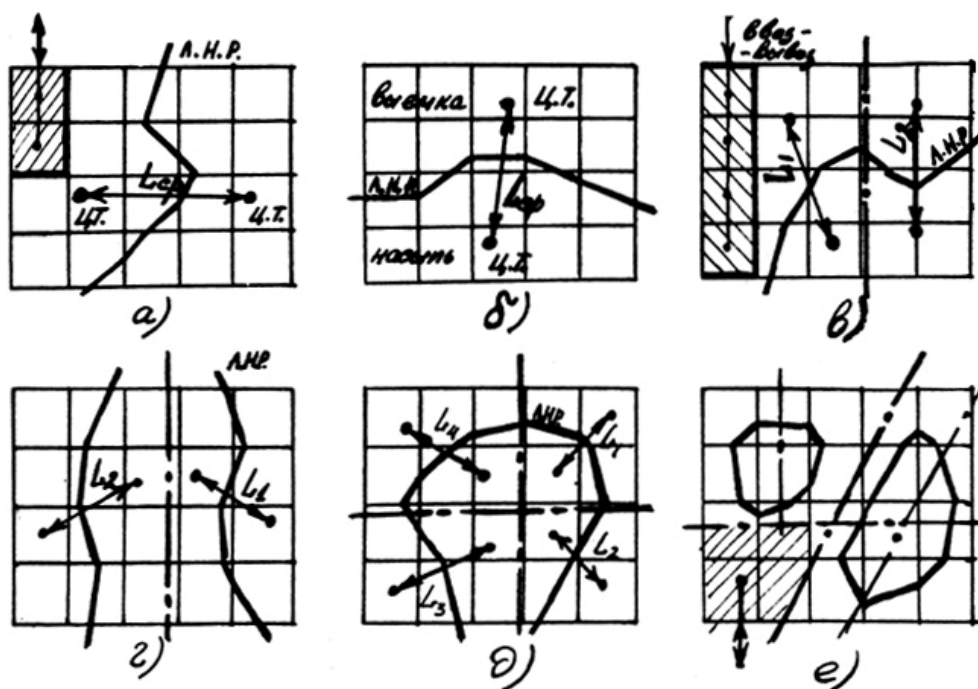


Рис. 3.32. Варианты расположения линии нулевых работ при составлении плана распределения грунта на площадке

д) площадку разбивают на четыре карты, определяются расстояния перемещения грунта при планировке внутри каждой карты и среднее значение дальности возки грунта находится как среднее весовое значение от дальностей возок по картам;

е) площадка может быть разбита на большое количество карт, для каждой из них находится дальность перемещения грунта, а затем определяется среднее весовое значение дальности перемещения по картам.

При разбиении на карты необходимо учитывать, что объемы выемки и насыпи в пределах карты должны составлять нулевой баланс. Средняя дальность перемещения грунта внутри карты – это расстояние между центрами тяжести масс выемки и насыпи. Она может быть определена аналитическим, графическим, графо-аналитическим или другими известными методами.

Имея группу грунта, среднее расстояние перемещения и объем земляных масс, программа рассчитывает варианты производства работ исходя из области применения машин. Определяется количество машин в комплекте с учетом трудоемкости работ и дальности перемещения грунтов. В скреперном варианте учитывается трактор-толкач.

При сравнении вариантов критерием оптимальности принимают приведенные удельные затраты, трудоемкость на единицу продукции и продолжительность работ. Выбирается окончательный вариант производства работ, рассчитывается экономический эффект от сопоставления вариантов.

## **ТЕМА 4. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКТА МАШИН ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ**

1. Подбор комплекта машин для выполнения работ при вертикальной планировке площадки.
2. Технологические особенности разработки грунта бульдозерами.
3. Технологические особенности разработки грунта скреперами.
4. Технологические особенности разработки грунта экскаваторами.
5. Технологические особенности разравнивания, уплотнения грунта и окончательной планировки площадки.
6. Расчетные объемы земляных работ при вертикальной планировке площадки.
7. Подбор и сравнение вариантов комплектов машин для выполнения работ по планировке площадки.

### **1. Подбор комплекта машин для выполнения работ при вертикальной планировке площадки**

При вертикальной планировке площадки выполняется комплекс работ, которые можно разделить на подготовительные, основные и заключительные.

**Подготовительные работы** включают в себя: очистку строительной площадки от деревьев, пней, кустарника; отвод поверхностных вод и осушение территории; разбивку площадки для производства планировочных работ; срезку растительного слоя грунта.

**Основные работы** предусматривают разработку грунта в планировочных выемках и перемещение его в планировочные насыпи, разравнивание и уплотнение грунта в насыпях, а при необходимости вывоз лишнего грунта или подвоз недостающего на площадку.

**Заключительной работой** считают общую планировку площадки.

Земляные работы должны быть **комплексно механизированы** и выполняться **поточным методом**. Наиболее эффективно это осуществляют землеройно-транспортные машины – бульдозеры и скреперы.

При подборе комплектов машин следует отдавать предпочтение машинам с автоматическими стабилизирующими устройствами, позволяющими работать на оптимальном режиме, а также руководствоваться областью их эффективного использования, а при проектировании процесса разработки грунта исходить из прогрессивной технологии производства работ.

Например, при бульдозерных работах используют естественный уклон местности или создают искусственный уклон, выполняют разработку траншейным способом, при разработке легких грунтов устанавливают на торцах отвала открылки (уширители), при значительных объемах (4 тыс. м<sup>3</sup> и более) разработку ведут совместно двумя-тремя бульдозерами.

В зависимости от **средней дальности перемещения грунта** назначают ведущую машину. Планировочные работы наиболее часто выполняют с использованием в качестве **ведущих машин** землеройно-транспортных машин.

При перемещении грунта **до 50 м** используют **бульдозеры** малой и средней мощности: 55 – 118 кВт (75 – 160 л.с.); при перемещении **до 100 м** – большой мощности: 132 – 228 кВт (180 – 310 л.с.).

При перемещении **от 80 м до 120 м** используют бульдозеры большой мощности или прицепные **скреперы** с ковшом емкостью до 3 м<sup>3</sup>.

Разработка грунта скреперами рекомендуется при следующих максимальных расстояниях его транспортирования:

- **для прицепных скреперов:**
  - с ковшом емкостью до 3 м<sup>3</sup> – не более 250 м,
  - с ковшом емкостью до 5 м<sup>3</sup> – не более 300 м,
  - с ковшом емкостью до 6 м<sup>3</sup> – не более 500 м,
  - с ковшом емкостью до 10 м<sup>3</sup> – не более 750 м,
  - с ковшом емкостью до 15 м<sup>3</sup> – не более 1000 м;
- **для самоходных скреперов:**
  - с ковшом емкостью 6 – 8 м<sup>3</sup> – не более 1500 м,
  - с ковшом емкостью 10 м<sup>3</sup> – не более 2000 м,
  - с ковшом емкостью 15 м<sup>3</sup> – не более 5000 м.

Землеройные машины выбирают также с **учетом глубины** планировочной выемки. При разработке выемки глубиной **около 1 м** вместо бульдозеров и скреперов более эффективным может оказаться **использование экскаваторов** с ковшом емкостью до 0,4 м<sup>3</sup> или **тракторных погрузчиков**. Выемку глубиной **более 1,5 м** целесообразно разрабатывать более **мощными экскаваторами**, работающими в комплексе с **автосамосвалами**.

После выбора **ведущей машины** подбирают **комплект машин** для механизации сопутствующих работ, увязанных по производительности с ведущей машиной – это машины для послойного рыхления грунта в выемке, разравнивания и уплотнения грунта в насыпи (тракторные рыхлители, бульдозеры с прицепными катками).

**Бульдозерный комплект** составляют из нескольких бульдозеров, прицепных тракторных рыхлителей и катков. Эти механизмы последова-

тельно выполняют послойное рыхление грунта, его разработку и перемещение, разравнивание и уплотнение грунта в насыпи (рис. 4.1).

Количество механизмов и их тип выбирают в зависимости от **средней дальности перемещения грунта и сменной производительности комплекта.**

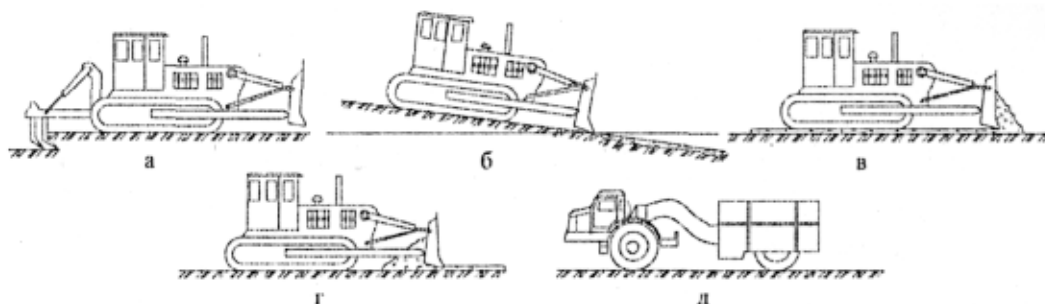


Рис. 4.1. Схема комплексной механизации земляных работ при разработке грунта бульдозером: *а* – рыхление; *б* – срезка; *в* – транспортирование; *г* – разравнивание; *д* – уплотнение полуприцепным катком

**Скреперный комплект** составляют из одного или нескольких скреперов и бульдозеров, прицепных тракторных рыхлителей и катков, трактора-толкача (рис. 4.2). Эти механизмы последовательно выполняют послойное рыхление грунта, его разработку и перемещение (скреперы), разравнивание и уплотнение грунта в насыпи.

Трактор-толкач используют на два-три скрепера для ускорения заполнения ковша на участке срезания грунта. Количество механизмов и их тип также выбирают в зависимости от **средней дальности перемещения грунта и сменной производительности комплекта.**

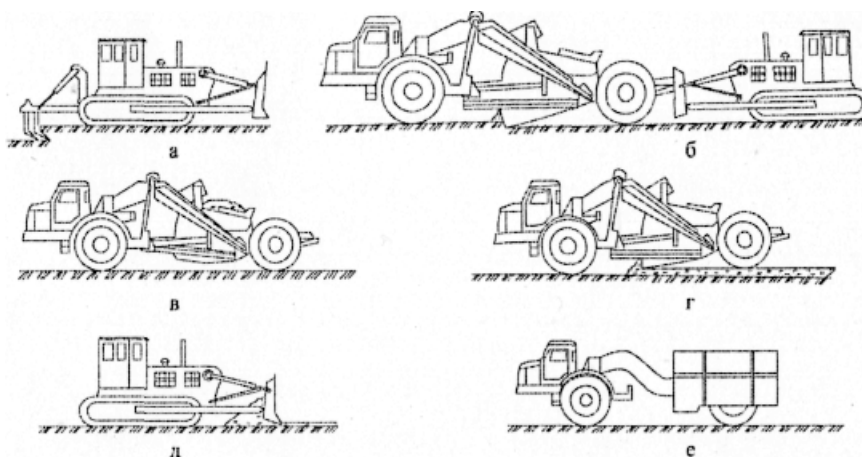


Рис. 4.2. Схема комплексной механизации земляных работ при разработке грунта скрепером: *а* – рыхление; *б* – набор грунта; *в* – транспортирование; *г* – разгрузка скрепера; *д* – разравнивание грунта в насыпи; *е* – уплотнение грунта катком

**Экскаваторный комплект** формируют из одного экскаватора, нескольких автосамосвалов, одного-двух бульдозеров, прицепных тракторных катков (рис. 4.3). Экскаватором выполняют разработку грунта в выемке при значительной ее глубине (более 1 м) с погрузкой в автосамосвалы и транспортированием грунта в планировочную насыпь.

Бульдозером перемещают и окучивают грунт в зоне действия экскаватора для удобства погрузки в автосамосвалы, разравнивают, а катком уплотняют грунт в планировочной насыпи.

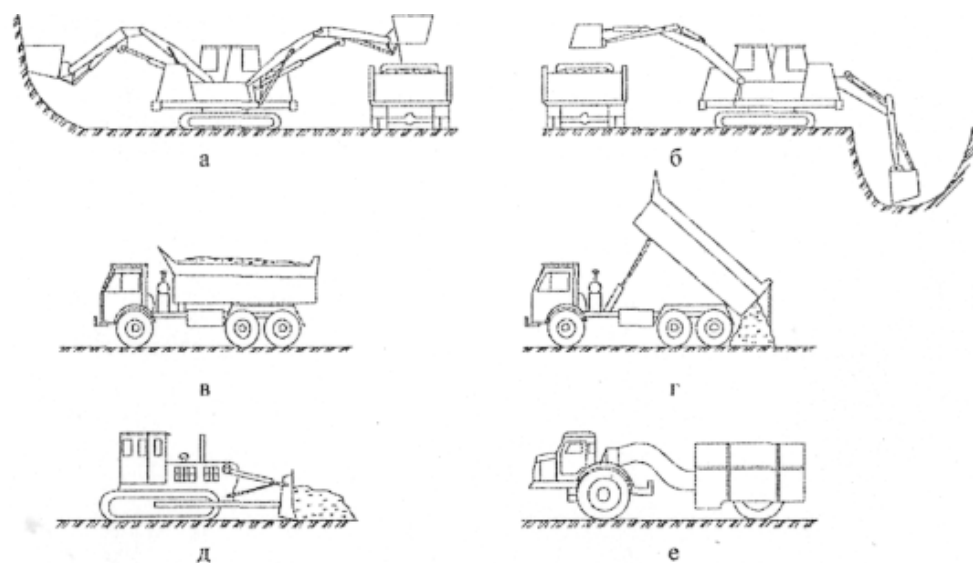


Рис. 4.3. Схема комплексной механизации земляных работ при разработке грунта экскаватором: *а* – разработка грунта экскаватором (прямая лопата) с погрузкой в транспортное средство; *б* – то же (обратная лопата); *в* – транспортирование грунта; *г* – разгрузка; *д* – разравнивание грунта бульдозером; *е* – уплотнение грунта катком

Количество механизмов и их тип выбирают в зависимости от условий разработки грунта на строительной площадке и **сменной производительности комплекта**. Обычно экскаваторный комплект **используют совместно** с бульдозерным или скреперным комплектами в качестве дополнительного при значительном объеме разрабатываемого грунта.

## 2. Технологические особенности разработки грунта бульдозерами

Бульдозеры применяют для разработки и перемещения грунта на расстояние 50 – 100 м.

**Срезку растительного слоя** грунта следует выполнять только бульдозерами, мощность которых выбирается в зависимости от максимальной

глубины срезки грунта. При глубине срезки до 15 см принимается бульдозер мощностью 80 л.с., при срезке до 20 см – 100 л.с., при срезке до 30 см – 120 и 180 л.с. и при срезке свыше 30 см – 250 л.с. Срезаемый бульдозерами **растительный грунт** можно перемещать к штабелям на расстояние не более 100 м. Грунт срезается **продольными проходками** бульдозера, двигающегося в рабочем положении под уклон.

При проектировании планировки площадки **необходимо выбрать** схему резания грунта, схему движения машин, установить последовательность разработки участков.

При необходимости грунты предварительно разрыхляют, применяя для этого прицепные тракторные рыхлители или прицепные тракторные плуги.

Бульдозер ведет разработку выемок и отсыпку насыпей **послойно**. Резание грунта рекомендуется вести **клиновидной стружкой**. Бульдозеры с открылками на отвалах, разрабатывая грунт, перекрывают полосы резания на 3 – 5 % длины отвала. При отсутствии открылков сокращение потерь грунта достигается траншейным способом разработки (рис. 4.4) либо спаренной работой бульдозеров. Разработка грунта под уклон (до 20 %) повышает производительность бульдозеров, а на подъем – снижает ее.

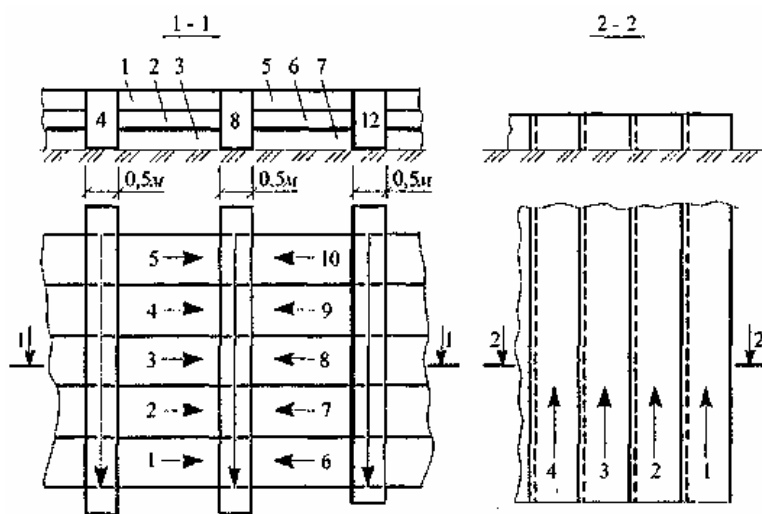


Рис. 4.4. Схема разработки грунта бульдозером траншейным и послойным способами

Движение бульдозера осуществляется обычно **челночным способом** при холостом заднем ходе. При малой скорости заднего хода и значительных расстояниях перемещения грунта бульдозер может перемещаться по эллипсу или восьмерке с двумя поворотами.

**Выемки** рекомендуется разрабатывать бульдозером по **ярусно-траншейной схеме**. Ярус делят в продольном направлении на полосы ши-

риной, равной длине отвала бульдозера, и оставляют между ними стенки шириной 40 – 100 см, благодаря чему исключаются потери грунта с отвала ножа при перемещении его по траншее. Высота яруса – 40 – 50 см. Разработку грунта **начинают** с полос, прилегающих к бровкам выемки. Стенки, оставленные между траншеями, разрабатывают после выборки грунта во всех траншеях первого яруса.

Основными схемами перемещения грунта из выемки в насыпь являются **траншейная схема** без образования или **с образованием промежуточного вала** грунта. Первая схема применяется при перемещении грунта на расстояние 25 – 50 м, вторая – на расстояния свыше 50 м.

Объем грунта (в плотном теле), срезаемого отвалом бульдозера ( $\text{м}^3$ ), будет равен

$$V_2 = \frac{a \cdot H_0^2}{2 \operatorname{tg} f k_p}, \quad (4.1)$$

где  $a$  -- длина отвала, м;

$H_0$  – высота отвала, м;

$f$  – угол естественного откоса грунта, град;

$k_p$  – коэффициент первоначального разрыхления грунта.

При резании грунта длина пути набора равна:

$$L_n = \frac{2 \cdot V_2}{a \cdot H}, \quad (4.2)$$

где  $H$  – длина стружки, срезаемой ножом бульдозера (принимается в среднем 0,2 м).

**Насыпи** возводят с помощью бульдозеров **попеременно на двух смежных захватках**: на одной из них производят **отсыпку слоя** с разравниванием грунта бульдозером, а на другой – **уплотнение грунта** машинами.

**Подчистные работы** целесообразно выполнять с помощью бульдозера в комплексе с экскаватором. В этом случае бульдозер подаёт добираемый грунт под ковш экскаватора, откуда он ковшем подаётся в автомобилю-самосвалы или на вымет.

**Засыпку** траншей или пазух фундаментов рекомендуется осуществлять поперечными проходками бульдозера с неповоротным отвалом или продольными проходками универсального бульдозера. Работа бульдозера должна сочетаться с послойным **уплотнением** грунта в пазухах и траншеях.

Если грунт перемещается на расстояние до **70 м**, бульдозер **возвращается в забой задним ходом** без разворота, **свыше 70 м – передним ходом**, т.е. с разворотом.

**Грунты III группы и выше, а также мёрзлые грунты** всех категорий до разработки их бульдозерами должны быть разрыхлены. При этом объём разрыхлённого грунта не должен превышать сменной производительности комплекта машин во избежание промерзания и пересыхания грунта в сухое время и переувлажнения его в дождливую погоду. Плотные, гравелистые и щебеночные грунты следует разрабатывать бульдозерами, снабжёнными отвалами с зубьями на ножах.

### **3. Технологические особенности разработки грунта скреперами**

В зависимости от расположения мест разработки и выгрузки грунта принимаются различные схемы движения скреперов:

- при планировочных работах, возведении насыпей высотой до 1,5 м из грунтов боковых резервов, разработке выемок в прилегающие насыпи или в кавальер принимают схему работы **по эллипсу**;

- при возведении насыпей высотой более 1,5 м и для разработки выемок глубиной более 1,5 м – **по восьмёрке**;

- при возведении насыпей высотой 2,5 – 5 м из грунтов односторонних резервов, большой протяженности – **по зигзагу**;

- при возведении насыпей из грунтов двухсторонних резервов и на разработке каналов с перемещением грунта в двухсторонние отвалы – **по продольно-челночной схеме**;

- при сооружении каналов глубиной 1 – 1,5 м с перемещением грунта в двухсторонние отвалы или при разработке выемок – **по поперечно-челночной схеме**;

- при возведении насыпи из двухсторонних резервов при укладке грунта в кавальеры, когда ширина насыпи или кавальера больше или равна длине пути разгрузки скрепера, – **по спирали**.

При выборе схем движения скрепера необходимо, чтобы путь транспортирования грунта **был самым коротким** и без крутых поворотов; длина забоя должна обеспечивать **полную загрузку** скрепера, а длина фронта разгрузки – **полную разгрузку** ковша.



При разработке растительного грунта, легких суглинков и торфа резание грунта производят **обычным способом** – срезается стружка переменной толщины: по мере наполнения ковша её толщина уменьшается.

Разработка сухих песчаных грунтов производится **гребенчатым способом**. При этом резание грунта осуществляется с переменным заглублением и емкостью ковша («клевками») и постоянным уменьшением толщины стружки. Разработку грунтов II категории осуществляют по **ребристо-шахматной схеме**.

**Вертикальная планировка** скреперами осуществляется обычно при движении машин по эллипсу. Наибольшая производительность достигается при загрузке скрепера под уклон  $3 - 7^\circ$ . Повышается производительность скрепера при резании связных грунтов клиновидной стружкой и разработке через полосу или шахматными проходками (рис. 4.5) Рекомендуется применять также шахматно-гребенчатую схему резания грунта.

Длина пути загрузки скрепера при клиновидной схеме зарезания:

$$L_3 = \frac{2gK_1(1+m)}{ah}, \quad (4.3)$$

где  $m$  – коэффициент призмы волочения, принимаемый для легких грунтов равным 0,27;

$g$  – геометрическая емкость ковша скрепера,  $\text{м}^3$ ;

$K_1$  – коэффициент наполнения ковша плотным грунтом

$$K_1 = \frac{K_n}{K_n}; \quad (4.4)$$

$K_n$  – коэффициент наполнения ковша, равный 0,8 – 1,0 (при клиновидной схеме резания и проходками «через полосу»  $K_n = 1,1$ );

$K_n$  – коэффициент первоначального разрыхления грунта;

$a$  – ширина ножа скрепера, м;

$h$  – наибольшая толщина стружки, м.

При разработке большегрузными тракторными скреперами тяжелых, а также песчаных грунтов, следует при наборе грунта скрепер **подталкивать трактором-толкачем**. Это позволяет повысить наполнение ковша, сократить продолжительность загрузки. При дальности перемещения до 100 м один трактор-толкач обслуживает два скрепера, при дальности свыше 100 м – три скрепера.

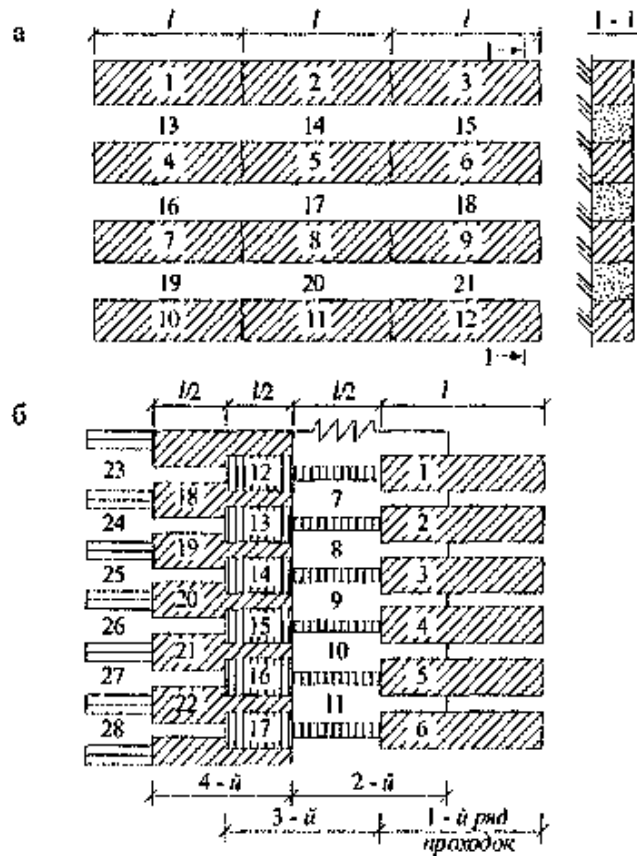


Рис. 4.5. Схема разработки грунта скреперами:  
*а* – последовательная проходка через полосу; *б* – ребристо-шахматная

**Отсыпку насыпи** производят горизонтальным или слабо наклонными слоями толщиной 150 – 350 мм. Отсыпанный слой разравнивается ножом движущегося скрепера. Передвигаясь по отсыпанному слою, скрепер частично уплотняет грунт.

Длина пути разгрузки подсчитывается по формуле

$$L_p = \frac{gk_n}{bh_c}, \quad (4.5)$$

где  $h_c$  – толщина укладываемого слоя;  
 $b$  – ширина укладываемого слоя.

Длину перемещения и длину обратного хода скрепера принимают из условия производства работ согласно схеме разработки при движении по прямой; ее можно определить так же, как и для бульдозера.

При использовании скреперов плотные грунты (II группа) следует **предварительно рыхлить** на толщину снимаемой стружки (рис. 4.6). При плотных глинистых грунтах рекомендуется применять рыхлитель с пятью стойками, суглинистых – с тремя стойками.

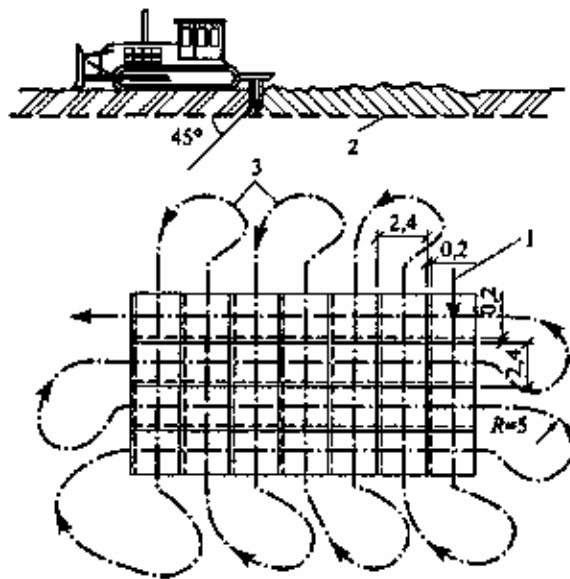


Рис. 4.6. Схема предварительного рыхления грунта: 1 – путь движения бульдозера с рыхлителем; 2 – разрыхленный грунт; 3 – путь разворота бульдозера с рыхлителем

#### 4. Технологические особенности разработки грунта экскаваторами

Экскаваторы при планировочных работах **целесообразно применять** при таком характере рельефа и дальности отвозки грунта, при которых скреперная разработка невозможна или становится неэффективной. Обычно это отмечается при рабочих отметках более 1-2 метров.

При экскаваторной разработке грунта площадки **необходимо выбирать** тип машин, определить размеры забоев, наметить пути перемещения экскаватора и схему проходов, рассчитать транспорт для отвозки грунта.

**Емкость ковша** экскаватора подбирается в зависимости от характеристик грунта, рабочих отметок и объемов работ.

**Разработка ведется** обычно боковыми проходками. Размеры забоев (ширина проходки) устанавливаются расчетом. Наибольшее расстояние от оси пути перемещения экскаватора до бровки внутреннего откоса определяется по формуле

$$B = \sqrt{R^2 - l_n^2}, \quad (4.6)$$

где  $R$  – наибольший практический радиус резания, м;  
 $l_n$  – практическая длина рабочей передвижки, м.

Величины  $R$  и  $l_n$  следует принимать по таблицам рабочих параметров экскаваторов.

## 5. Технологические особенности разравнивания, уплотнения грунта и окончательной планировки площадки

При рассмотрении этого раздела в первую очередь должен быть решен вопрос **возможного использования** ведущей землеройной или землеройно-транспортной машины для выполнения этих процессов. При отрицательном ответе на данный вопрос следует произвести **выбор специализированных** машин и наметить организацию их работы.

При производстве планировочных работ бульдозерами или скреперами **послойное разравнивание** грунта осуществляется этими же машинами в процессе отсыпки **или отдельно** бульдозером. При экскаваторной разработке грунта на вымет, а также при разгрузке грунта из автосамосвалов, тракторных прицепов и т.п., необходимо **послойно разравнивать** грунт бульдозерами, грейдерами или другими средствами.

Поверхность разравнивания ( $F$ ) составляет:

$$F = \frac{V}{h}, \quad (4.7)$$

где  $V$  – объем насыпи, м<sup>3</sup>;

$h$  – толщина разравниваемого слоя, м.

**Послойное уплотнение** грунта требуется обычно во всех насыпях, за исключением грунта в намываемых насыпях. Задача сводится к выбору средств для уплотнения грунта и решению вопросов рационального использования этих средств.

Для **уплотнения связных** грунтов применяются прицепные кулачковые катки, гладкие катки, катки на пневматических шинах и т.д. Уплотнение суглинистых грунтов достигается за 5 – 8 проходов по одному месту, глинистых – за 8-9 проходов. Катками весом до 5 т уплотняют слой грунта толщиной 20 см; катками весом 25 – 30 т – слой толщиной 55 – 80 см.

**Несвязные** песчаные грунты уплотняются вибрационными машинами, вибрационными катками (при 6 проходах вибрационных катков по одному месту уплотняются слои до 1,5 м).

**Окончательная планировка** площадки производится по мере окончания земляных работ на отдельных участках планируемой территории. Планировка может осуществляться бульдозером или грейдером.

## 6. Расчетные объемы земляных работ при вертикальной планировке площадки

Объемы земляных работ рассчитываются и сводятся в итоговую таблицу в следующем порядке:

1) рыхление грунта:

$$V_p = V_e, \quad (4.8)$$

где  $V_p$  – объем грунта, подвергающийся разрыхлению, м<sup>3</sup>;

$V_e$  – объем грунта, разрабатываемого в выемке, м<sup>3</sup>;

2) разработка грунта выемки с перемещением и укладкой в насыпь:

$$V_{об} = V_e, \quad (4.9)$$

где  $V_{об}$  – объем грунта, подвергаемого разработке при планировке площади, м<sup>3</sup>;

3) разравнивание грунта в насыпи:

$$V_{pz} = \frac{V_n}{K_o \cdot h_{сл}}, \quad (4.10)$$

где  $V_{pz}$  – объем грунта, который необходимо разровнять, м<sup>3</sup>;

$V_n$  – объем насыпи, м<sup>3</sup>;

$K_o$  – коэффициент остаточного разрыхления (принимается по табл.

П.3);

$h_{сл}$  – толщина слоя разравниваемого грунта, м;

4) уплотнение грунта в насыпи:

$$V_{yz} = \frac{V_n}{K_o \cdot h_{сл}}, \quad (4.11)$$

где  $V_{yz}$  – объем грунта, подлежащий уплотнению, м<sup>3</sup>;

5) объем окончательной планировки площадки указывается как площадь всей площадки, которая подвергается планировке, м<sup>2</sup>;

б) разработка грунта экскаватором при отрывке котлована (траншей) с погрузкой на транспорт:

$$V_{mp} = (V_k + V_m + V_{вз})K_n, \quad (4.12)$$

где  $V_{mp}$  – объем грунта, подлежащего разработке экскаватором с погрузкой на транспорт, м<sup>3</sup>;

$V_k$  – объем грунта котлована, м<sup>3</sup>;

$V_m$  – объем грунта траншей, м<sup>3</sup>;

$V_{вз}$  – объем грунта въезда в котлован, м<sup>3</sup>;

$K_n$  – коэффициент первоначального разрыхления (принимается по табл. П.3).

7) зачистка дна котлована (траншей):

$$V_3 = F_n h_3, \quad (4.13)$$

где  $V_3$  – объем грунта, полученного при зачистке дна котлована (траншеи), м<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь нижнего основания котлована (траншеи), м<sup>2</sup>;

$h_3$  – глубина зачистки дна котлована (траншеи), м, принимаются по табл. П.6.

8) транспортировка грунта автосамосвалами:

$$V_{mp} = (V_k + V_m + V_{вз}) K_n, \quad (4.14)$$

где  $V_{mp}$  – объем грунта, подлежащего вывозке, м<sup>3</sup>.

Расчетные объемы грунтов сводятся в таблицу (табл. 4.1).

При переходе от единиц измерения в м<sup>3</sup> к единицам измерения в м<sup>2</sup> (см. пункты 3, 4, 5 табл. 4.1) необходимо разделить объем данного вида работы на толщину уплотняемого слоя грунта, которая зависит от принимаемых грунтоуплотняющих средств.

Таблица 4.1

**Расчетные объемы грунтов**

Наименование работ	Единица измерения	Количество
1. Рыхление грунта	м <sup>3</sup>	
2. Разработка грунта выемки с перемещением и укладкой в насыпь	м <sup>3</sup>	
3. Разравнивание грунта в насыпи	м <sup>3</sup>	
4. Уплотнение грунта катками в насыпи	м <sup>3</sup>	
5. Окончательная планировка площадки	м <sup>2</sup>	
6. Разработка грунта котлована (траншеи) экскаватором с погрузкой на транспорт	м <sup>3</sup>	
7. Зачистка дна котлована (траншеи) механизированным способом	м <sup>3</sup>	
8. Транспортировка грунта в автосамосвалах	м <sup>3</sup>	

## **7. Подбор и сравнение вариантов комплектов машин для выполнения работ по планировке площадки**

Земляные работы должны быть запроектированы комплексно-механизированными. Основной задачей организации производства земля-

ных работ является правильный выбор машин, рациональная организация производственных циклов каждой машины и увязка работы машин в комплексе. Необходимо выбрать производительные и экономичные комплекты машин (**не менее двух комплектов** машин), соответствующие условиям разработки, объемам работ и дальности транспортирования грунта.

Подбор комплекта машин начинается с **выбора ведущей машины** для разработки грунта. Затем, исходя из производительности, длительности рабочего цикла и основных параметров ведущей машины, подбираются **вспомогательные (комплектующие) машины** для разрыхления, транспортирования, разравнивания, уплотнения грунта и других возможных видов работ.

**Окончательный выбор** комплекта осуществляется путем сравнения технико-экономических показателей. Сравнение **ведется по следующим показателям:**

- продолжительность работ в сменах,
- трудоемкость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта,
- расчетная себестоимость выполнения единицы работ в рублях,
- удельные капитальные вложения на выполнение единицы работ в рублях,
- приведенные удельные затраты.

Методика сравнения вариантов производства работ применима для сравнения и выбора машин, механизмов, выполняющих различные виды работ – земляные, бетонные, монтажные и т.д., а также для оптимизации технологических решений по возведению объектов.

В зависимости от того, для каких целей выполняется технико-экономическое сравнение вариантов производства работ, возможны следующие случаи:

- требуется установить оптимальный состав комплекта для производства работ и определить технико-экономические показатели по комплексу выполненных работ, тогда в расчете учитываются все участвующие машины;
- упрощенный случай технико-экономического сравнения вариантов производства работ – сравнение выполняется по ведущим машинам и в расчетах можно не учитывать вспомогательные машины, если их марка, количество и продолжительность работ в сравниваемых вариантах совпадают.

Методика сравнения вариантов рассматривается применительно к производству земляных работ по планировке площадки.

**Последовательность расчета** технико-экономических показателей сравниваемых комплектов для выполнения работ по планировке площадки:

1. Назначается плановый срок выполнения земляных работ. **Срок выполнения** планировочных работ на площадке обычно составляет от 25 до 50 дней. Это соответствует наибольшему сроку выполнения данных видов работ.

2. Для выполнения работ в установленные сроки подсчитывают требуемую сменную производительность комплекта машин:

$$P_{mp} = \frac{V}{T_{дн} \cdot K_{см}}, \quad (4.15)$$

где  $P_{mp}$  – требуемая сменная производительность комплекта ведущих машин, м<sup>3</sup>/см;

$V$  – общий объем работ по разработке выемки или отсыпке насыпи, м<sup>3</sup>;

$T_{дн}$  – директивный срок строительства, дн.;

$K_{см}$  – принятая сменность работы машин.

3. Определяют требуемое количество машин в комплекте. Для этого в каждом варианте, учитывая среднюю дальность перемещения грунта, выбирают одну ведущую машину. По норме машинного времени на 100 м<sup>3</sup> грунта (ЕНиР 2-1), принимая двухсменный характер работы в день (по 8 часов в смену) определяют дневную выработку одной машины:

$$V_{дн} = \frac{100 \cdot 2 \cdot 8}{H_{вр}}, \quad (4.16)$$

где  $V_{дн}$  – дневная выработка одной машины, м<sup>3</sup>/дн.;

$H_{вр}$  – норма времени в маш-ч на 100 м<sup>3</sup> разрабатываемого грунта (ЕНиР 2-1).

Учитывая объем грунта, разрабатываемого ведущей машиной, заданный срок выполнения работ и дневную выработку **ведущей машины**, определяют требуемое количество машин:

$$n = \frac{V}{V_{дн} \cdot T_{дн}}, \quad (4.17)$$

где  $n$  – число ведущих машин, шт.

Аналогично определяют тип и **количество комплектующих механизмов** в каждом комплекте. Подсчитывают количество машино-смен ра-



боты каждого из механизмов комплекта. Поскольку ведущие машины работают дольше остальных машин в пределах заданного срока, возможен учет повышения производительности комплектующих машин в пределах до 20 %.

Количество комплектующих механизмов определяется следующим образом.

#### **Подбор машины для срезки растительного слоя**

Растительный слой грунта до начала основных земляных работ должен быть снят в пределах, установленных проектом, и уложен в отвалы. Позднее его используют для укрепления откосов и рекультивации нарушенных или малопродуктивных сельскохозяйственных земель, а также для озеленения различных площадей. Снимать слой следует до наступления морозов.

После срезки растительный слой необходимо консервировать. Срезают его при помощи грейдеров, бульдозеров и скреперов. Наиболее эффективно применять бульдозеры, которые могут перемещать грунт в штабели на расстояние до 100 м или окучивать его для последующей погрузки в автосамосвалы одноковшовым экскаватором или тракторным погрузчиком.

#### **Пример 4.1.**

На площадке  $S = 10000 \text{ м}^2$  примем для снятия растительного слоя бульдозер ДЗ-19. В соответствии с ЕНиР 2-1-5 определяем производительность для грунта I группы с шириной участка расчистки до 30 м:

$$P_{см} = \frac{8 \cdot 1000}{0,69} = 11549 \text{ м}^2/\text{см}.$$

Количество бульдозеров:

$$n_б = \frac{S}{P_{см}} = \frac{10000}{11549} = 0,86 \text{ шт.}$$

Принимаем 1 бульдозер.

#### **Подбор машины для рыхления грунта**

Машины для рыхления грунта используют для повышения производительности землеройных машин. Грунт II и III групп необходимо предварительно разрыхлять рыхлителями или тракторными плугами. В последнее время широкое распространение получили бульдозерно-рыхлительные агрегаты, которые состоят из базовой машины, бульдозерного оборудования, установленного спереди, и рыхлительного оборудования, смонтированного сзади.

### Пример 4.2.

Примем для рыхления бульдозерно-рыхлительный агрегат ДП-14, имеющий бульдозерное оборудование ДЗ-19. В соответствии с ЕНиР 2-1-1 определяем проектируемую сменную производительность (норму выработки) при глубине рыхления до 0,2 м и длине разрыхляемого участка до 200 м:

$$P_{см} = \frac{8 \cdot 100}{0,18} = 4444 \text{ м}^3/\text{см}.$$

Для рыхления грунта, разрабатываемого ведущими машинами, объемом 3612 м<sup>3</sup> в смену, потребуется рыхлителей:

$$n_p = \frac{3612}{4444} = 0,8.$$

Принимаем 1 рыхлитель.

### Подбор машины для разравнивания и уплотнения насыпного грунта

Разравнивание (планировку) грунта производят бульдозерами или грейдерами. Искусственное уплотнение грунтов осуществляют для повышения устойчивости, уменьшения осадки и увеличения водонепроницаемости земляного сооружения. Грунты укладывают и уплотняют с соблюдением определенных технологических требований. Уплотнять грунт следует при оптимальной влажности, при которой достигается наибольший эффект уплотнения и затрачивается наименьшая работа. Ориентировочные значения оптимальной влажности и предельной плотности для основных категорий грунтов приведены в ЕНиР 2-1.

Отсыпку следует вести от краев насыпи к середине для лучшего уплотнения грунта, ограниченного отсыпанными краевыми участками насыпи. При возведении насыпей на переувлажненных, слабых основаниях отсыпку ведут в обратном порядке до высоты 3 м, чтобы отжать воду из основания, а выше 3 м – от краев к середине. Отсыпку насыпи следует начинать с наиболее высоких точек рельефа. Движение землевозных машин должно быть организовано так, чтобы они уплотняли предыдущий слой грунта. Вблизи от нулевой линии вместо послойного способа возведения насыпи применяют веерный. Насыпь следует **отсыпать с запасом** по высоте на естественную осадку, которую принимают при отсутствии уплотнения до 6 % для скальных фунтов и до 9 % – для нескальных. В насыпях уплотняют грунт с помощью различных типов самоходных и прицепных катков, вибротрамбовочных или трамбовочных машин (табл. П.11).

Грунт уплотняют путем последовательных проходов катка по всей площади насыпи, причем каждая проходка должна перекрывать предыдущую на 0,2 – 0,3 м. Закончив укатку всей площади за один раз, приступают ко второй проходке. Чтобы грунт не обрушился вблизи откоса насыпи, первые две проходки вдоль откоса ведут на расстоянии не менее 1,5 м от бровки. Последующие проходки смещают на 0,5 м в сторону бровки и, таким образом, прикатывают края насыпи.

### **Пример 4.3.**

Допустим, что грунт слоем 0,3 м разравнивается бульдозером ДЗ-19, а уплотняется прицепными пневмоколесными катками ДУ-39А за 8 проходов. Требуется определить количество бульдозеров и катков, обеспечивающих заданный экскаватором ритм работы.

### **Решение.**

Согласно Е2-1-8 на разработку 100 м<sup>3</sup> грунта II категории экскаватором ЭО-5122, оборудованным прямой лопатой с вместимостью ковша 1,6 м<sup>3</sup> при погрузке в транспортные средства, требуется 0,75 маш.-ч. При этом сменная (за 8 часов) нормативная производительность одного экскаватора составит:

$$P_{см.э} = \frac{8 \cdot 100}{0,75} = 1067 \text{ м}^3/\text{см.}$$

Согласно Е2-1-28 на разравнивание 100 м<sup>3</sup> грунта II категории при отсыпке насыпей толщиной слоя до 0,3 м бульдозером ДЗ-19 расходуется 0,84 маш.-ч. ( $H_{вр} = 0,84$ ).

Нормативная сменная производительность составит:

$$P_{см.б.} = \frac{8 \cdot 100}{0,84} = 952 \text{ м}^3/\text{см.}$$

При перевыполнении нормы выработки бульдозером на 15 % производительность бульдозера составит:

$$P_{см.б.} = 952 \cdot 1,15 = 1095 \text{ м}^3/\text{см.}$$

Для разравнивания 1067 м<sup>3</sup> грунта II категории потребуется бульдозеров:

$$n_b = 1067/1095 = 0,97 \text{ шт.}$$

Принимаем 1 машину.

Согласно Е2-1-29 при уплотнении 100 м<sup>3</sup> слоями 0,3 м за 8 проходов прицепными катками ДУ-39А (длина гона до 200 м с разворотом на насыпи) норма времени составит:

$$H_{вр} = 0,29 + 4 \cdot 0,05 = 0,49 \text{ маш.-ч.}$$

Сменная нормативная производительность катка при этом составит:

$$P_{см.к.} = \frac{8 \cdot 100}{0,49} = 1633 \text{ м}^3/\text{см.}$$

Для уплотнения 1067 м<sup>3</sup> грунта в смену потребуется катков:

$$n_k = 1067/1633 = 0,65 \text{ шт.}$$

Принимаем 1 каток.

4. Определяют первый технико-экономический показатель – фактическое **время работы каждого комплекта** машин при условии выполнения ими норм выработки на 100 %:

$$T_{см} = \frac{V}{V_{дн} \cdot n}. \quad (4.18)$$

5. Определяют второй технико-экономический показатель – **трудоемкость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта**. Трудоемкость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта (чел.-ч) определяют делением общих трудовых затрат  $Q$  (чел.-смен) на объем работ:

$$q = \frac{8 \cdot \sum Q_i \cdot n \cdot K_{см}}{V}, \quad (4.19)$$

где  $Q_i$  – трудоемкость разработки грунта  $i$ -той машиной;

$n$  – количество  $i$ -тых машин;

$K_{см}$  – принятая сменность работы машин.

6. Определяют третий технико-экономический показатель – **себестоимость единицы продукции**:

$$C = \frac{1,943 \cdot \sum (Z_{маш}^i + C_{маш-см}^i)}{P_{см.в.}}, \quad (4.20)$$

где  $Z_{маш}^i$  – зарплата машинистов  $i$ -той машины, руб;

$C_{маш-см}^i$  – стоимость использования  $i$ -той машины комплекта за смену, руб. (принимается по табл. П.12);

$P_{см.в.}$  – сменная выработка комплекта, м<sup>3</sup>.

Здесь величина накладных расходов назначается от суммы зарплаты машинистов и стоимости использования машин комплекта в размере 94,3 % (для промышленного и гражданского строительства в РБ).

7. Определяют четвертый технико-экономический показатель – **удельные капитальные вложения** на выполнение единицы работ. Удельные капитальные вложения представляют собой затраты на создание новых, реконструкцию и расширение действующих основных фондов на разработку 1 м<sup>3</sup> грунта для каждого комплекта машин и показывают размер капиталовложений на единицу производственной мощности. Чем ниже величина этого показателя, тем более эффективно принятое проектное решение. Расчетная формула

$$K = \frac{1,07}{P_{см.в.}} \sum \frac{C_{ип}}{t_2}, \quad (4.21)$$

где 1,07 – коэффициент, учитывающий затраты по доставке машин с завода-изготовителя на базу механизации;

$C_{ип}$  – инвентарно-расчетная оптовая стоимость машин, входящих в комплект (табл. П.12), руб.;

$t_2$  – нормативное число смен работы машин в году (табл. П.29).

8. Определяют пятый технико-экономический показатель – **приведенные удельные затраты**. Приведенные затраты представляют собой сумму текущих затрат на производство продукции (ее себестоимость) и нормативной прибыли (народно-хозяйственных издержек, связанных с капитальными вложениями, приведенных к одинаковой годовой размерности в соответствии с нормативным коэффициентом эффективности капитальных вложений  $E_n$ ):

$$P = C + K \cdot E_n, \quad (4.22)$$

где  $E_n$  – величина, обратная сроку окупаемости капитальных вложений, принимаемая равной 0,15.

9. Выполняют сравнение двух вариантов комплексной механизации планировочных работ и высчитывают **экономический эффект**, отнесенный к 1 м<sup>3</sup> грунта, при применении оптимального варианта:

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) + E_n (K_1 - K_2), \quad (4.23)$$

где  $(C_1 - C_2)$  – разница в себестоимости выполнения работ по сравниваемым вариантам, руб.;

$(K_1 - K_2)$  – разница в стоимости основных и оборотных фондов по сравниваемым вариантам, руб.

Технико-экономические показатели по вариантам сводим в итоговую таблицу. В таблице 4.2 представлен пример итоговой таблицы.

Таблица 4.2

**Технико-экономические показатели по вариантам**

Показатели	Варианты	
	1	2
1. Продолжительность работы, смен		
2. Трудоемкость разработки 1 м <sup>3</sup> , чел.-ч		
3. Себестоимость разработки 1 м <sup>3</sup> , руб.		
4. Удельные капитальные вложения разработки 1 м <sup>3</sup> , руб.		
5. Приведенные удельные затраты на разработку 1 м <sup>3</sup> грунта, руб.		

По данным таблицы выбирается оптимальный вариант производства работ.

#### **Пример 4.4.**

Требуется выбрать комплект машин для вертикальной планировки площадки по следующим исходным данным:

- объем планировки 7000 м<sup>3</sup>;
- размеры планируемой площадки 200×250 м;
- средняя дальность перемещения грунта – 110 м;
- грунт – II группы;
- срок выполнения земляных работ – 30 дней;
- длина гона при уплотнении грунта насыпи – до 200 м;
- работы выполняются в 2 смены.

#### **Решение.**

Так как средняя дальность перемещения грунта составляет 110 м, то работы по вертикальной планировке можно выполнять либо бульдозерами большой мощности, либо использовать прицепные скреперы с ковшом емкостью до 3 м<sup>3</sup>.

Оптимальный комплект машин определим в результате технико-экономического сравнения двух вариантов.

Первый вариант – бульдозерный комплект, состоящий из бульдозера Д-275А и катка ДУ-29А.

Второй вариант – скреперный комплект, состоящий из прицепного скрепера ДЗ-30, бульдозера ДЗ-8 и катка ДУ-29А.

Подсчитываем требуемую сменную производительность комплекта машин по формуле (4.15)

$$P_{mp} = \frac{7000}{30 \cdot 2} = 116,7 \text{ м}^3/\text{см.}$$

Определим требуемое количество ведущих машин в каждом комплексе по формуле (4.17). Для этого в каждом варианте, учитывая среднюю дальность перемещения грунта, выбираем одну ведущую машину. В первом варианте – бульдозер, во втором – скрепер. По формуле (4.16) определим дневную выработку одной машины.

Норма времени на разработку  $100 \text{ м}^3$  грунта бульдозером при дальности перемещения грунта  $110 \text{ м}$  согласно Е2-1-22 (табл. 2, пп. б-б, б-д) составит:

$$H_{вр} = 0,38 + 0,3 \cdot 10 = 3,38 \text{ чел.-ч.}$$

Норма времени на разработку  $100 \text{ м}^3$  грунта скрепером при дальности перемещения грунта  $110 \text{ м}$  согласно Е2-1-21 (табл. 2, пп. 1-б, 1-г) составит:

$$H_{вр} = 2,8 + 0,15 \cdot 1 = 2,95 \text{ чел.-ч.}$$

Дневная выработка одного бульдозера:

$$V_{дн} = \frac{100 \cdot 2 \cdot 8}{3,38} = 473,4 \text{ м}^3/\text{дн.}$$

Дневная выработка одного скрепера:

$$V_{дн} = \frac{100 \cdot 2 \cdot 8}{2,95} = 542,4 \text{ м}^3/\text{дн.}$$

Требуемое количество бульдозеров:

$$n = \frac{7000}{473,4 \cdot 30} = 0,49 \text{ шт.}$$

Требуемое количество скреперов:

$$n = \frac{7000}{542,4 \cdot 30} = 0,43 \text{ шт.}$$

Принимаем в первом комплексе 1 бульдозер, во втором – 1 скрепер. Работы по вертикальной планировке будем вести в 1 смену. Следователь-

но, необходимо пересчитать сменную производительность комплекта машин и дневные выработки бульдозера и скрепера:

$$P_{mp} = \frac{7000}{30 \cdot 1} = 233,3 \text{ м}^3/\text{см.}$$

Дневная выработка одного бульдозера:

$$V_{дн} = \frac{100 \cdot 1 \cdot 8}{3,38} = 436,7 \text{ м}^3/\text{дн.}$$

Дневная выработка одного скрепера:

$$V_{дн} = \frac{100 \cdot 1 \cdot 8}{2,95} = 271,2 \text{ м}^3/\text{дн.}$$

Аналогично определим тип и **количество комплектующих механизмов** в каждом комплекте.

Определим количество самоходных катков в каждом комплекте.

Норма времени на уплотнение  $100 \text{ м}^3$  грунта катком ДУ-29А при длине гона до 200 м толщине уплотняемого слоя 0,3 м согласно Е2-1-30 (табл. 4, пп. 1-б, 2-б) составит:

$$H_{ер} = 0,4 + 0,26 = 0,66 \text{ чел.-ч.}$$

Дневная выработка одного самоходных катка:

$$V_{дн} = \frac{100 \cdot 1 \cdot 8}{0,66} = 1212,1 \text{ м}^3/\text{дн.}$$

Требуемое количество самоходных катков:

$$n = \frac{7000}{1212,1 \cdot 30} = 0,2 \text{ шт.}$$

Принимаем по одному самоходному катку в каждом комплекте.

Определим количество бульдозеров ДЗ-8 в скреперном комплекте.

Норма времени на разработку  $1000 \text{ м}^2$  грунта бульдозером согласно Е2-1-36 (п. 2-б) составит:

$$H_{ер} = 0,33 \text{ чел.-ч.}$$

Дневная выработка одного бульдозера:

$$V_{дн} = \frac{100 \cdot 1 \cdot 8}{0,33} = 2424,2 \text{ м}^3/\text{дн.}$$



Требуемое количество самоходных катков:

$$n = \frac{7000}{2424,2 \cdot 30} = 0,1 \text{ шт.}$$

В результате выполненных расчетов определили, что по первому варианту (бульдозерный комплект) необходимы один бульдозер Д-275А и один самоходный каток ДУ-29А.

По второму варианту (скреперный комплект) необходимы один прицепной скрепер ДЗ-30, один бульдозер ДЗ-8 и один каток ДУ-39.

Определим фактическое **время работы каждого комплекта** машин по формуле (4.18)

$$T_{см1} = \frac{7000}{436,7 \cdot 1} = 16 \text{ дн.}, \quad T_{см2} = \frac{7000}{271,2 \cdot 1} = 26 \text{ дн.}$$

Определим **трудоемкость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта** (чел.-ч). Сначала определим трудоемкость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта для каждой машины в бульдозерном и скреперном комплекте, а затем трудоемкость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта для каждого комплекта. Для этого формулу (4.19) преобразуем следующим образом:

$$q_i = \frac{8 \cdot Q_i \cdot n \cdot K_{см}}{V} = \frac{8 \cdot \frac{H_{вр} \cdot V}{8} \cdot n \cdot K_{см}}{V} = H_{вр} \cdot n \cdot K_{см} :$$

- для бульдозера Д-275А:  $q_1 = 3,38 \cdot 1 \cdot 1 = 3,38$  чел.-ч;
- для катка ДУ-29А:  $q_2 = q_1 = 3,38$  чел.-ч;
- для скрепера ДЗ-30:  $q_3 = 2,95 \cdot 1 \cdot 1 = 2,95$  чел.-ч;
- для бульдозера ДЗ-8:  $q_4 = q_3 = 2,95$  чел.-ч;
- для катка ДУ-29А:  $q_5 = q_3 = 2,95$  чел.-ч.

Общая трудоемкость бульдозерного комплекта:

$$q_{01} = q_1 + q_2 = 3,38 + 3,38 = 6,76 \text{ чел.-ч.}$$

Общая трудоемкость скреперного комплекта:

$$q_{02} = q_3 + q_4 + q_5 = 2,95 + 2,95 + 2,95 = 8,85 \text{ чел.-ч.}$$

Определим **себестоимость единицы продукции** по формуле (4.20), предварительно определив заработную плату машинистов машин, входящих в комплект:

$$З_{маш}^i = P_i \cdot V_i,$$

где  $P_i$  – расценка  $i$ -того машиниста.

Зарплата тракториста бульдозера Д-275А (Е2-1-22, табл. 2, пп. 6-б, 6-д):

$$P_1 = 0,403 + 10 \cdot 0,318 = 3,583 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{маш}}^1 = 3,583 \cdot 70 = 250,81 \text{ руб.}$$

Зарплата тракториста катка ДУ-29А (Е2-1-30, табл. 4, пп. 1-б, 2-б):

$$P_2 = 0,424 + 1 \cdot 0,276 = 0,7 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{маш}}^2 = 0,7 \cdot 70 = 49 \text{ руб.}$$

Зарплата тракториста скрепера ДЗ-30 (Е2-1-21, табл. 2, пп. 1-б, 1-г):

$$P_3 = 2,55 + 1 \cdot 0,137 = 2,687 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{маш}}^3 = 2,687 \cdot 70 = 188,09 \text{ руб.}$$

Зарплата тракториста бульдозера ДЗ-8 (Е2-1-36, п. 2-б):

$$P_4 = 0,35 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{маш}}^4 = 0,35 \cdot 50 = 17,5 \text{ руб.}$$

Зарплата тракториста катка ДУ-29А (Е2-1-30, табл. 4, пп. 1-б, 2-б):

$$P_5 = 0,424 + 1 \cdot 0,276 = 0,7 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{маш}}^5 = 0,7 \cdot 70 = 49 \text{ руб.}$$

Стоимость использования бульдозера Д-275А за смену:

$$C_{\text{маш-см}}^1 = 36,06 \text{ руб.}$$

Стоимость использования катка ДУ-29А за смену:

$$C_{\text{маш-см}}^2 = 46,53 \text{ руб.}$$

Стоимость использования скрепера ДЗ-30 за смену:

$$C_{\text{маш-см}}^3 = 19,02 \text{ руб.}$$

Стоимость использования бульдозера ДЗ-8 за смену:

$$C_{\text{маш-см}}^5 = 25,29 \text{ руб.}$$

Стоимость использования катка ДУ-29А за смену:

$$C_{\text{маш-см}}^5 = 46,53 \text{ руб.}$$

Себестоимость единицы продукции:

$$C_1 = \frac{1,943 \cdot ((250,81 + 36,06) + (49 + 46,53))}{233,3} = 3,18 \text{ руб.}$$

$$C_2 = \frac{1,943 \cdot ((188,09 + 19,02) + (17,5 + 25,29) + (49 + 46,53))}{233,3} = 2,88 \text{ руб.}$$

Определим **удельные капитальные вложения** на выполнение единицы работ по формуле (4.21), предварительно по приложению определив

инвентарно-расчетную оптовую стоимость машин  $C_{up}$  и нормативное число смен работы машин в году  $t_2$ .

Инвентарно-расчетная оптовая стоимость и нормативное число смен работы машин в году:

- для бульдозера Д-275А:  $C_{up}^1 = 23110$  руб.  $t_2^1 = 306$  дн.;
- для катка ДУ-29А:  $C_{up}^2 = 34890$  руб.  $t_2^2 = 306$  дн.;
- для скрепера ДЗ-30:  $C_{up}^3 = 4960$  руб.  $t_2^3 = 172$  дн.;
- для бульдозера ДЗ-8:  $C_{up}^4 = 8430$  руб.  $t_2^4 = 306$  дн.;
- для катка ДУ-29А:  $C_{up}^5 = 34890$  руб.  $t_2^5 = 306$  дн.

$$K_1 = \frac{1,07}{233,3} \cdot \left( \frac{23110}{306} + \frac{34890}{306} \right) = 0,87;$$

$$K_2 = \frac{1,07}{233,3} \cdot \left( \frac{4960}{172} + \frac{8430}{306} + \frac{34890}{306} \right) = 0,78.$$

Определим приведенные затраты по формуле (4.22):

$$П_1 = 3,18 + 0,87 \cdot 0,15 = 3,3;$$

$$П_2 = 2,88 + 0,78 \cdot 0,15 = 3,0.$$

Вычислим **экономический эффект**, отнесенный к  $1 \text{ м}^3$  по формуле (4.23):

$$\mathcal{E} = (3,18 - 2,88) + 0,15 \cdot (0,87 - 0,78) = 0,31 \text{ руб.}$$

Технико-экономические показатели по вариантам сводим в табл. 4.3.

Таблица 4.3

**Технико-экономические показатели по вариантам**

Показатели	Варианты	
	1	2
Продолжительность работы, смен	16	26
Трудоемкость разработки $1 \text{ м}^3$ , чел.-ч	6,76	8,85
Себестоимость разработки $1 \text{ м}^3$ , руб.	3,18	2,88
Удельные капитальные вложения разработки $1 \text{ м}^3$ , руб.	0,87	0,78
Приведенные удельные затраты на разработку $1 \text{ м}^3$ грунта, руб.	3,3	3,0

Второй вариант (скреперный комплект) имеет меньшие приведенные затраты и принят для производства работ.

## ТЕМА 5. ВОДООТВОД, ВОДООТЛИВ И ПониЖЕНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

1. Отвод поверхностных вод.
2. Открытый водоотлив.
3. Понижение уровня грунтовых вод.
  - 3.1. Водопонижение с использованием легких иглофильтровых установок.
  - 3.2. Водопонижение с использованием эжекторной водопонижительной установки.
  - 3.3. Электроосмотическое водопонижение.
  - 3.4. Использование водопонижающих скважин.
  - 3.5. Вакуумный способ водопонижения.
  - 3.6. Расчет параметров легкой иглофильтровой установки.
  - 3.7. Приближенный метод определения параметров легкой иглофильтровой установки.
  - 3.8. Примеры расчёта параметров легкой иглофильтровой установки для защиты котлована от грунтовых вод.

### 1. Отвод поверхностных вод

Поверхностные воды образуются из атмосферных осадков (ливневые и талые воды). Различают поверхностные воды «чужие», поступающие с повышенных соседних участков, и «свои», образующиеся непосредственно на строительной площадке.

Территория площадки должна быть защищена от поступления «чужих» поверхностных вод, для чего их перехватывают и отводят за пределы площадки. Для перехвата вод делают **нагорные водоотводные каналы** или **обваловывание** вдоль границ строительной площадки в повышенной ее части (рис. 5.1).

Водоотводные каналы должны обеспечивать пропуск ливневых и талых вод определенных расходов. **Сечение канав** рассчитывается по максимальному притоку и допустимой скорости течения воды в них. **Размеры поперечного сечения** нагорной канавы могут быть ориентировочно приняты: глубина 0,5 – 0,8 м, ширина по дну 0,5 м.

Для предохранения лотка канавы от размыва скорость движения воды не должна превышать для песка 0,5 – 0,6 м/с, для суглинка – 1,2 – 1,4 м/с.

Канаву устраивают на расстоянии **не менее 5 м** от постоянной выемки и **3 м** от временной. Для предотвращения возможного заиливания продольный профиль водоотводных канав делают не менее 0,002. Стенки и дно канав укрепляют дерном, камнями, фашинами.

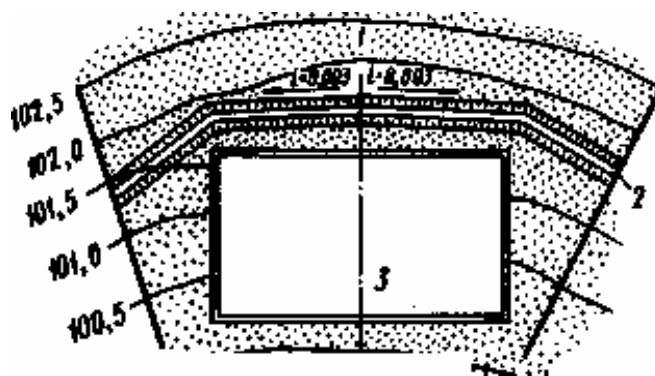


Рис. 5.1. Защита площадки от поступления поверхностных вод:  
1 – бассейн стока воды; 2 – нагорная канава; 3 – строительная площадка

«Свои» поверхностные воды отводят, создавая соответствующий **уклон при вертикальной планировке** площадки, и устройством сети **открытого или закрытого водостока**. При подготовке территории строительства под строительную площадку поверхности для обеспечения водоотвода формируется уклон не менее 3 %.

При высоком уровне горизонта грунтовых вод осушение осуществляют **дренажными системами**. Дренажные системы бывают открытого и закрытого типов.

**Открытый дренаж** применяют для грунтов с малым коэффициентом

фильтрации при необходимости понижения уровня грунтовых вод (УГВ) на небольшую глубину – 0,3 – 0,4 м. Их устраивают в виде канав глубиной 0,5 – 0,7 м, на дно которых укладывают слой крупнозернистого песка, гравия или щебня толщиной 10 – 15 см.

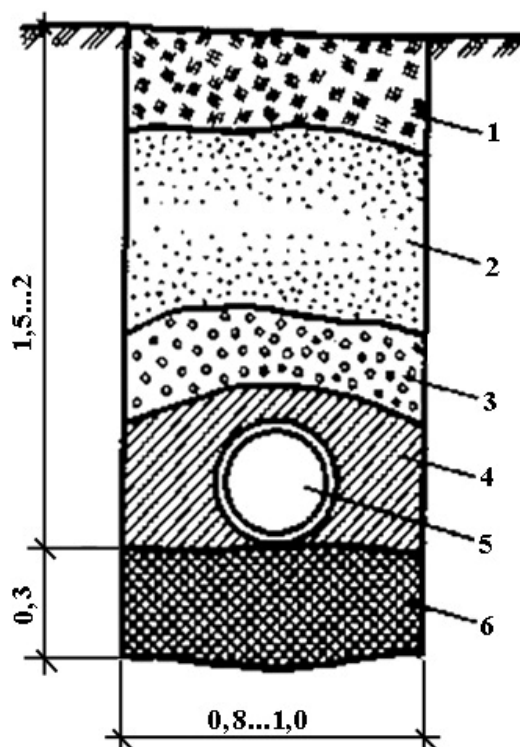


Рис. 5.2. Схема закрытого дренажа для осушения территории (размеры в м)

**Закрытый дренаж** – это обычно траншеи с уклонами в сторону сброса воды, заполняемые дренирующим материалом (щебень, гравий, крупный песок). При устройстве более эффективных дренажей на дно такой траншеи укладывают перфорированные в боковых поверхностях трубы – керамические, бетонные, асбестоцементные, деревянные (рис. 5.2). Такие дренажи собирают и отводят воду лучше, так как скорость движения воды в трубах выше, чем в

дренирующем материале. Закрытые дренажи должны быть заложены ниже уровня промерзания грунта и иметь продольный уклон не менее 0,005.

Воду из всех водоотводящих устройств, а также от резервов и кавальеров отводят в пониженные места, удаленные от возводимых и существующих сооружений.

Для предотвращения стекания поверхностных вод в открытые котлованы и траншеи следует располагать кавальеры грунта с нагорной стороны, а при отсутствии кавальеров делать обвалование.

Отрывку котлованов или траншей следует вести по мере возведения фундаментов или прокладки коммуникаций. При этом следует стремиться к тому, что бы промежуток времени между отрывкой котлована и устройством фундаментов был минимальным. После возведения фундаментов следует **сразу же производить обратную засыпку** пазух с тщательным уплотнением грунта.

## 2. Открытый водоотлив

**Водоотлив** применяется при разработке котлованов и траншей ниже УГВ **при небольших притоках** воды, **малых размерах** выемок, а также **при связных (глинистых) грунтах** и скальных породах. Этот метод наиболее простой и экономичный, **рекомендуется** для грунтов с притоком грунтовых вод **до 10 – 12 м<sup>3</sup>/ч**.

При разработке траншей для фундаментов следует обеспечить их уклон 0,001 – 0,003 в сторону, противоположную их разработке. При этом максимальное превышение начала и конца траншей должно быть не более 10 см, т.е. быть в пределах толщины выравнивающего слоя песка.

В наиболее низкой части траншеи (котлована) устраивается **приёмный колодец (зумпф)**, а на берме устанавливается два насоса – действующий и запасной (для исключения возможности возникновения аварийной ситуации в случае выхода из строя действующего насоса).

Для **расчёта количества насосов**, необходимых для откачки воды следует **знать приток** грунтовой воды с 1 м<sup>2</sup> поверхности дна котлована (траншеи) и откосов, расположенных ниже отметки УГВ.

Для откачки воды до 15 м<sup>3</sup>/ч при глубине выемок до 7 м рекомендуется применять приводные диафрагмовые насосы, а при притоке воды от 15 до 30 м<sup>3</sup>/ч – напорные центробежные насосы.

Технические характеристики некоторых насосов приведены в табл. П.43.

**При большой площади** котлована или протяжённости траншей рекомендуется выбирать несколько насосов небольшой производительности.

Это позволит равномерно расставить их по периметру котлована (длине траншеи), последовательно включая их в работу по мере отрывки выемок. Это облегчит также подвод воды к приемкам (зумпфам).

При откачке воды из **небольших котлованов** под одиночные фундаменты удобно использовать насосы, установленные на автомобиле или передвижной тележке.

При подсчете трудоёмкости работ по водоотливу следует учитывать, что откачка воды должна производиться **круглосуточно** в 3 смены. Для обслуживания насосов выделяется механик и землекоп, наблюдающий за состоянием зумпфов и уклонов дна.

Применяемые способы водоотлива должны исключать нарушение природных свойств грунтов, обеспечивать устойчивость откосов в котлованах и траншеях.

При открытом водоотливе грунтовая вода, просачиваясь через откосы и дно котлована, поступает в водосборные каналы, а по ним – в **приямки (зумпфы)**, откуда ее откачивают насосами (рис. 5.3, а). Водосборные каналы устраивают шириной по дну 0,3 – 0,6 м и глубиной 1 – 2 м с уклоном 0,01 – 0,02 в сторону приямков. Размеры приямков в плане в целях удобства их очистки принимают 1×1 или 1,5×1,5 м, а глубину – от 2 до 5 м, в зависимости от требуемой глубины погружения водоприемного рукава насоса.

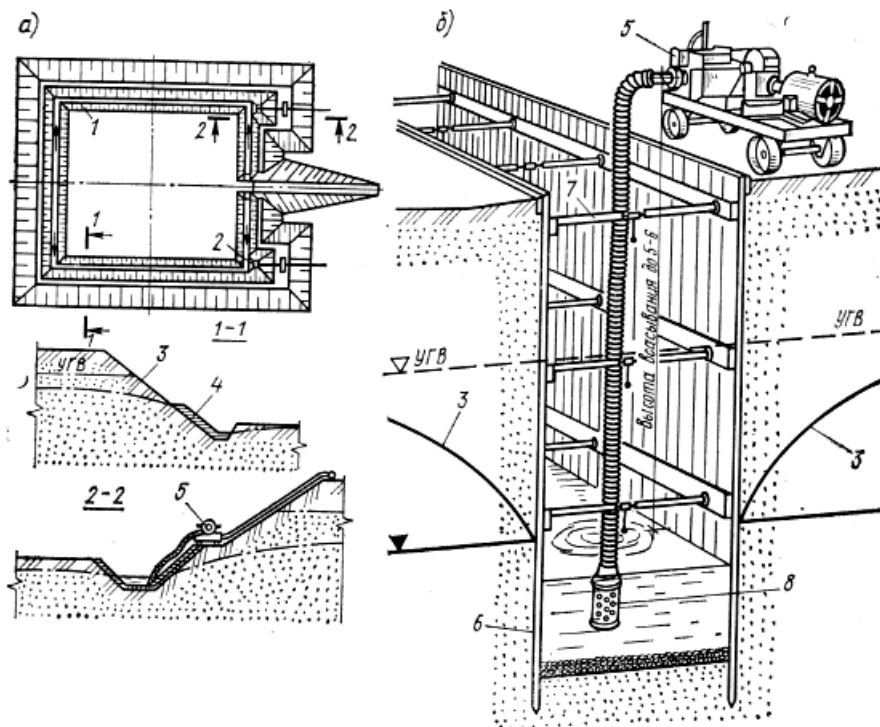


Рис. 5.3. Открытый водоотлив из котлована (а) и траншеи (б): 1 – дренажная канава; 2 – приямок (зумпф); 3 – пониженный УГВ; 4 – дренажная пригрузка; 5 – насос; 6 – шпунтовое крепление; 7 – инвентарные распорки; 8 – всасывающий рукав с сеткой (фильтром)

Минимальные размеры приемка назначают из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 10 мин. Приемки в устойчивых грунтах крепят деревянным срубом из бревен (без дна), а в оплывающих – шпунтовой стенкой и на дне его устраивают обратный фильтр. Примерно так же крепят траншеи в неустойчивых грунтах при использовании открытого водоотлива (рис. 5.3, б).

Число приемков зависит от расчетного притока воды к котловану и производительности насосного оборудования. **Приток воды** к котловану (или дебит) рассчитывают по формулам установившегося движения грунтовых вод. При расчетах для простоты считают, что котлованы имеют вертикальные откосы. В зависимости от гидравлического состояния водоносного пласта котлованы разрабатывают в условиях **безнапорных** (случай, наиболее часто встречающийся в практике) или **напорных вод**.

Для **совершенных котлованов** (когда их дно доходит до водоупора) приток воды (м<sup>3</sup>/сут) при безнапорном режиме рассчитывают по формуле Дюпюи

$$Q = 1,37kH^2 / \lg \frac{R + r_0}{r_0}, \quad (5.1)$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;

$H$  – толщина безнапорного водоносного пласта, м;

$R$  – радиус депрессии, м;

$r_0$  – приведенный радиус котлована, м.

Значение приведенного радиуса для котлованов, имеющих в плане прямоугольную форму рассчитывают по формуле

$$r_0 = \eta(L + B)/4, \quad (5.2)$$

где  $\eta$  – коэффициент, зависящий от соотношения  $B/L$  (табл. 5.1);

$L$  – длина котлована, м;

$B$  – ширина котлована, м.

Таблица 5.1

**Значения коэффициента  $\eta$  в зависимости от соотношения  $B/L$**

$B/L$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$\eta$	1	1,12	1,16	1,18	1,18	1,18

Для котлованов неправильной формы:

$$r_0 = \sqrt{F/\pi}, \quad (5.3)$$

где  $F$  – площадь реального котлована, м<sup>2</sup>.



Когда котлован не доходит до водоупора (несовершенные котлованы), приток воды в напорных условиях определяют по формуле Шестакова

$$Q = 2,73kmS / \lg \frac{R + r_0}{r_0} + 0,2 \frac{m}{r_0}, \quad (5.4)$$

где  $m$  – толщина напорного водоносного пласта, м;

$S$  – заглубление дна котлована относительно неподвижного УГВ, м.

В случае притока к несовершенному котловану безнапорных вод его величину вычисляют по вышеприведенным формулам, рассматривая приток выше дна котлована как безнапорный к совершенному котловану, а поступающий через дно – как напорный.

**Коэффициенты фильтрации** отдельных слоев грунта определяют, как правило, в процессе инженерных гидрогеологических изысканий, но для предварительных расчетов можно воспользоваться ориентировочными значениями, представленными в табл. П.47.

Определив приток воды к котловану, **уточняют тип и марку насосов**, их количество. Чаще всего для водоотлива применяют центробежные насосы типа С, а для откачки загрязнений воды – самовсасывающие центробежные насосы этого же типа. Применяют также центробежные насосы консольного типа К (горизонтальные, одноступенчатые) и центробежные секционные насосы типа МС (для откачки чистой воды) и др.

При глубине котлованов и траншей до 7 м применяют одиночные или спаренные диафрагмовые насосы, устанавливаемые на берме, которые могут откачивать загрязненные воды. При глубине выемок более 7 м применяют как напорные центробежные насосы, так и специальные напорные погружные насосы типа «Гном», способные откачивать загрязненные воды. Насосы этого типа с герметически закрытым двигателем, опущенные на дно приямков, могут работать непрерывно, практически без обслуживания и смазки.

**Количество насосов** или насосных установок для водоотлива рассчитывают по формуле

$$N_{ny} = Q\varphi/P, \quad (5.5)$$

где  $Q$  – расчетный приток воды к котловану, м<sup>3</sup>/ч;

$\varphi$  – коэффициент резерва мощности насосных установок, равный 1,5;

$P$  – производительность насосной установки.

Откачиваемую воду сбрасывают в открытые водоемы или существующие искусственные водостоки. Дно колодца должно быть на 0,7 м глубже самого низкого уровня воды в котловане.

Открытый водоотлив довольно эффективный и простой способ осушения котлованов и траншей. Однако возможны разрыхление или разжижение грунтов в основании и унос части грунта фильтрующейся водой. В тех случаях, когда приток воды **более 30 м<sup>3</sup>/ч** и интенсивная откачка открытым способом может вызвать **вынос мелких частиц** грунта и тем самым нарушить структуру его в основании, применяется водопонижение.

### **3. Понижение уровня грунтовых вод**

Водопонижение применяется при разработке котлованов и траншей ниже УГВ **при больших притоках воды** и при **несвязных грунтах** (песчаных, песчано-гравелистых и др.), характеризующихся большим коэффициентом фильтрации.

Понижение УГВ достигается откачкой из системы трубчатых колодцев, скважин, расположенных вокруг котлована или вдоль траншеи, обеспечивающей снижение УГВ ниже дна будущей выемки (котлована, траншеи). Грунтовый водоотлив может быть применен в разнообразных гидрогеологических условиях, кроме того, он **имеет ряд преимуществ** перед открытым водоотливом: отпадает необходимость устраивать пологие откосы или шпунтовые ограждения, создаются благоприятные условия для широкой механизации строительных работ, сокращается продолжительность строительства, повышается качество.

Водопонижительные работы при грунтовом водоотливе могут осуществляться различными способами, в том числе **с использованием легких и эжекторных иглофильтровых установок, открытых водопонижительных скважин**. При осушении глинистых грунтов, когда вышеперечисленные способы водопонижения недостаточно эффективны, применяют специальные способы водопонижения – **вакуумирование и электроосушение (электроосмос)**.

#### **3.1. Водопонижение с использованием легких иглофильтровых установок**

В гражданском и промышленном строительстве для искусственного водопонижения чаще всего используются **иглофильтровые установки**. Такие установки, как правило, типовые, однако, в зависимости от требуемой глубины водопонижения, величины притока воды и первоначального УГВ, необходимо **проверить возможность** применения той или иной установки в конкретных условиях и определить требуемое расстояние между

иглофильтрами. Иглофильтры располагаются в один ряд параллельно сторонам котлована на расстоянии 0,5 – 1,0 м от бровки.

**Иглофильтровый способ** предусматривает использование для откачки воды из грунта часто расположенных скважин с трубчатыми водоприемниками малого диаметра – иглофильтров, соединенных общим всасывающим коллектором с общей (для группы иглофильтром) насосной станцией. Для искусственного понижения УГВ на глубину 4-5 м в песчаных грунтах применяют **легкие иглофильтровые установки (ЛИУ)**.

При этом для осушения траншей шириной до 4,5 м используют **однорядные иглофильтровые установки** (рис. 5.4, а), а при устройстве более широких траншей (например, для прокладки коллекторов) – **двухрядные** (рис. 5.4, б).

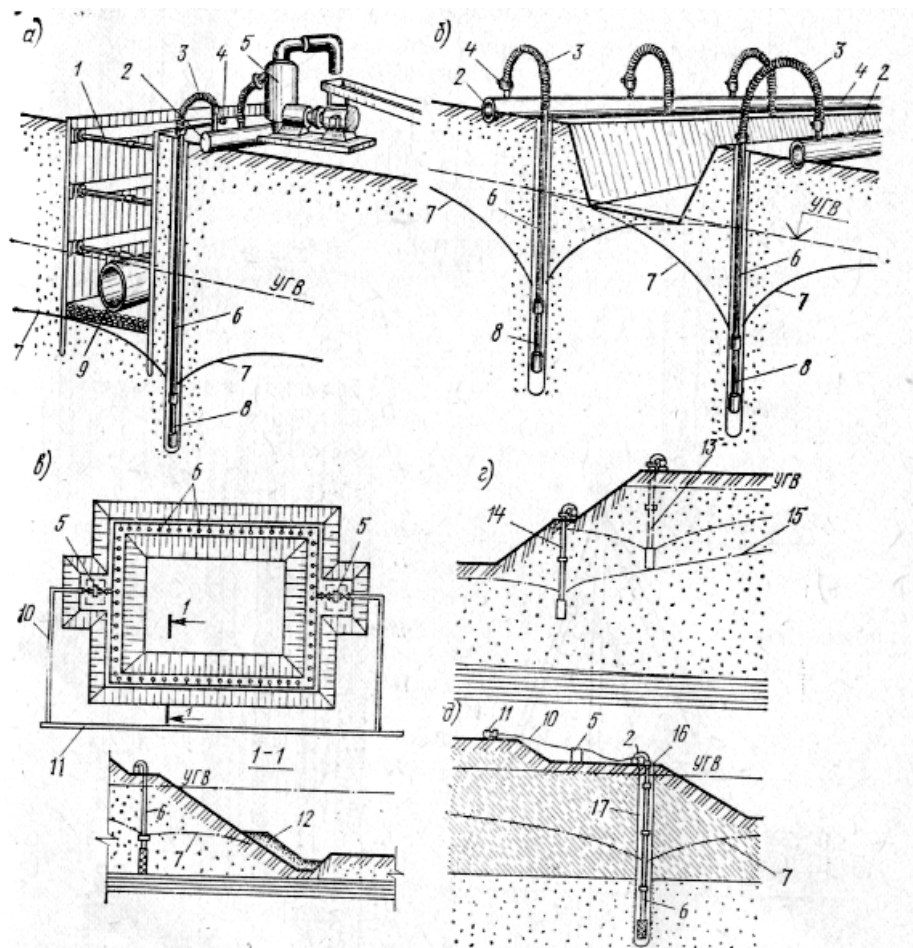


Рис. 5.4. Водопонижение ЛИУ: 1 – траншея с креплениями; 2 – всасывающий коллектор; 3 – соединительные патрубки (шланги); 4 – кран или вентиль; 5 – насосный агрегат; 6 – иглофильтры; 7 – пониженный УГВ; 8 – водоприемное фильтровое звено иглофильтра; 9 – проложенный трубопровод в траншее; 10 – напорный трубопровод; 11 – сборный трубопровод; 12 – дренажная пригрузка; 13 – иглофильтры верхнего яруса; 14 – то же, нижнего яруса; 15 – конечное положение депрессионной поверхности грунтовых вод; 16 – глиняный тампон; 17 – песчано-гравийная обсыпка

Для осушения котлованов применяют **замкнутые** по контуру установки (рис. 5.4, в). При необходимости понижения уровня воды на глубину более 5 м применяют **двух- и трехъярусные** иглофильтровые установки (рис. 5.4, з).

В этом случае вначале вводят в действие первый (верхний) ярус иглофильтров и под его защитой отрывают верхний уступ котлована, после чего монтируют второй (нижний) ярус иглофильтров и отрывают второй уступ котлована и т.д. После ввода в действие каждого последующего яруса иглофильтров предыдущие можно отключать и демонтировать.

Применение иглофильтров может оказаться эффективным и для водопонижения в слабопроницаемых грунтах, если под ними залегает более водопроницаемый слой. При этом иглофильтры заглубляют в нижний слой (рис. 5.4, д) с обязательной их обсыпкой.

**Легкие иглофильтровые установки** помимо иглофильтров включают также водосборный коллектор, объединяющий их в одну водопонижительную систему, центробежные насосные агрегаты и отводящий трубопровод (рис. 5.4, а).

**Иглофильтр** (рис. 5.5, в) состоит из фильтрового звена, через которое из грунта поступает вода, надфильтровой колонны (трубы) и наконечника с зубчатой коронкой. К надфильтровой стальной трубе диаметром 50 мм и длиной 7 – 8,5 м внизу присоединяют фильтровое звено, а вверху – гибкий рукав. Фильтровое звено длиной 1,25 м состоит из двух труб (рис. 5.5, в, з): внутренней сплошной диаметром 38 мм, и наружной диаметром 50 мм с отверстиями. Наружная труба обернута фильтрующей и защитной сеткой и выполнена внизу в виде наконечника, внутри которого размещается кольцевой и шаровой клапаны.

**Погружают** ЛИУ на глубину 7-8 м чаще всего гидравлическим способом. При этом собранный иглофильтр с присоединенным к нему шлангом от насоса поднимают краном в вертикальное положение (см. рис. 5.5, б), после чего включают насос. Вода, нагнетаемая по внутренней трубе иглофильтра (см. рис. 5.5, з), отталкивает шаровой клапан 23 (кольцевой клапан 21 при этом закрывает доступ в пространство между наружной и внутренней трубами) и поступает к наконечнику 25, выйдя из которого с большой скоростью, размывает грунт. В результате образуется скважина, в которую опускают иглофильтр.

**Расстояния между иглофильтрами** принимают в зависимости от схемы их расположения (кольцевой или линейной), глубины водопонижения, типа насосного агрегата и гидрогеологических условий, но обычно эти расстояния равны 0,75; 1,5, а иногда и 3 м.

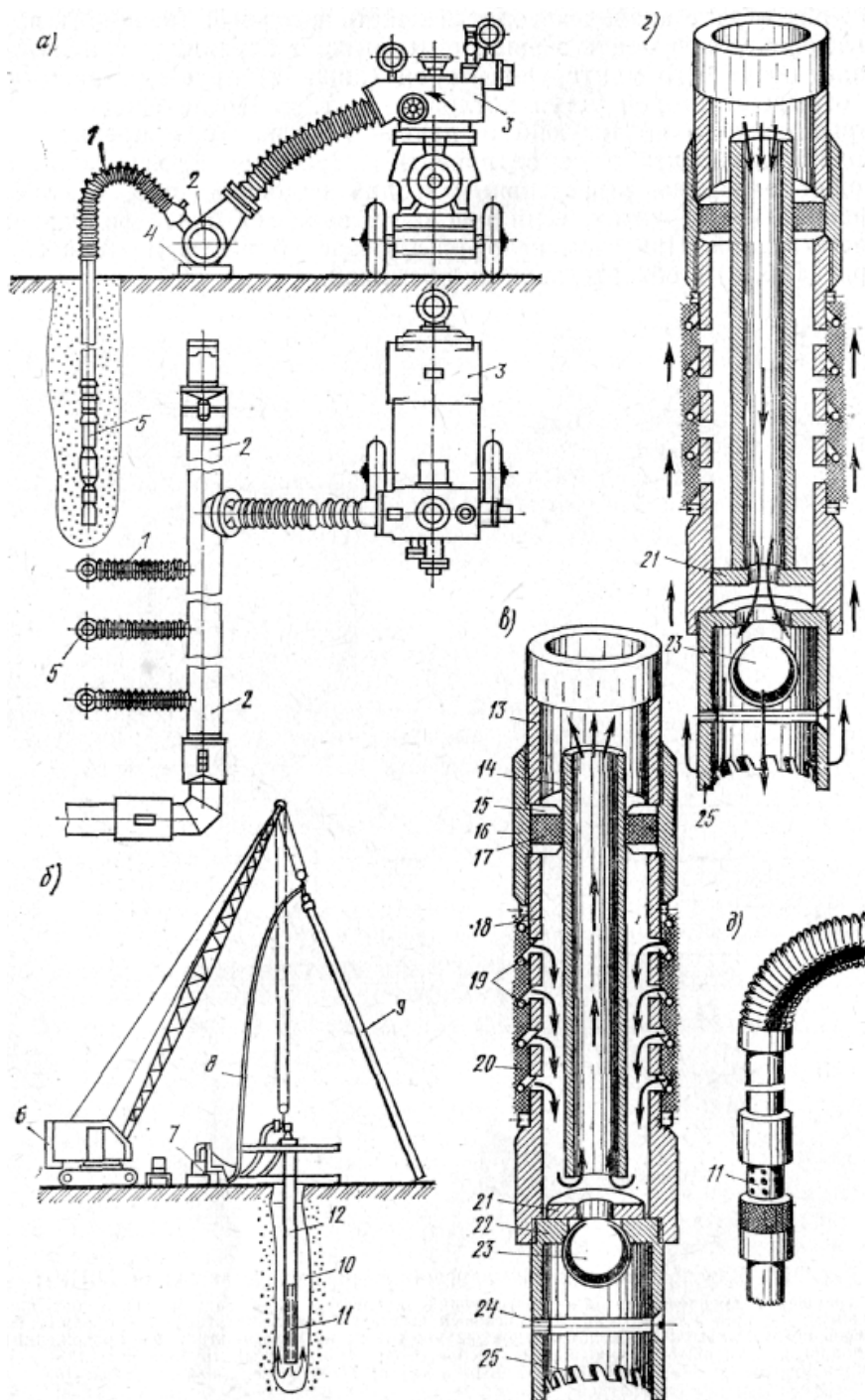


Рис. 5.5. Оборудование ЛГУ: а – общий вид иглофильтровой установки; б – погружение иглофильтров; в – водоприемное фильтровое звено иглофильтра в процессе откачки воды; г – то же, при гидравлическом погружении иглофильтра; д – иглофильтр в собранном виде; 1 – гибкое соединение иглофильтра со всасывающим коллектором; 2,3 – насосный агрегат; 4 – опора; 5 – иглофильтры; 6 – кран; 7 – коллектор; 8 – шланг; 9 – колонна для наращивания; 10 – скважина; 11 – фильтровое звено иглофильтра; 12 – надфильтровая труба; 13 – конец надфильтровой трубы; 14 – внутренняя труба; 15 – шайба; 16 – муфта; 17 – резиновое кольцо; 18 – наружная перфорированная труба; 19 – проволоочная обмотка; 20 – сетка; 21 – кольцевой клапан; 22 – седло клапана; 23 – шаровой клапан; 24 – ограничитель; 25 – наконечник с зубчатой коронкой

Откачку воды из системы с легкими иглофильтрами производят насосным агрегатом, состоящим из центробежного насоса, соединенного с вакуум-насосом или вихревым самовсасывающим насосом. При откачке воды шаровой клапан 23 иглофильтра (см. рис. 5.5, в) под влиянием вакуума поднимается, а кольцевой клапан 21 опускается, открывая грунтовой воде, поступающей во внутреннюю трубу через отверстия наружной трубы фильтра, доступ.

На практике применяют ЛИУ различных типов, но наибольшее распространение получили ЛИУ-3, ЛИУ-5 и ЛИУ-6 производительностью соответственно 60, 120 и 140 м<sup>3</sup>/ч с комплектом 60 – 100 иглофильтров.

### **3.2. Водопонижение с использованием эжекторной водопонижительной установки**

**Эжекторные иглофильтровые установки** (рис. 5.6, а) откачивают воду из скважин с помощью водоструйных насосов-эжекторов, работающих по принципу передачи энергии одним потоком воды другому. Эжекторные иглофильтровые установки используются для понижения УГВ одним ярусом на глубину от 8 до 20 м в грунтах с коэффициентом фильтрации  $K_f \geq 2-3$  м/сут.

Установки состоят из **иглофильтров с эжекторными водоподъемниками** (рис. 5.6, б), распределительного трубопровода (коллектора) и центробежных насосов. Эжекторные водоподъемники, помещенные внутри иглофильтров (рис. 5.6, в), приводятся в действие струей рабочей воды, нагнетаемой в них насосом под давлением 0,6 – 1,0 МПа через коллектор.

Рабочая вода поступает в кольцевой зазор между внутренней и наружной колоннами труб иглофильтра и далее к входному окну эжектора 12, состоящего из насадки, камеры смешения, горловины и диффузора.

Рабочая вода, выходя из насадки с большой скоростью, вследствие внезапного расширения струи создает разрежение и подсасывает из внутренней трубы грунтовую воду, смешиваясь с ней, и подает ее вверх.

Как видно из схемы эжекторной установки (см. рис. 5.6. а), вода, выбрасываемая из иглофильтров, поступает в лоток и затем сливается в циркуляционный резервуар, откуда часть воды вновь засасывается насосом, а остальная часть сбрасывается за пределы строительной площадки.

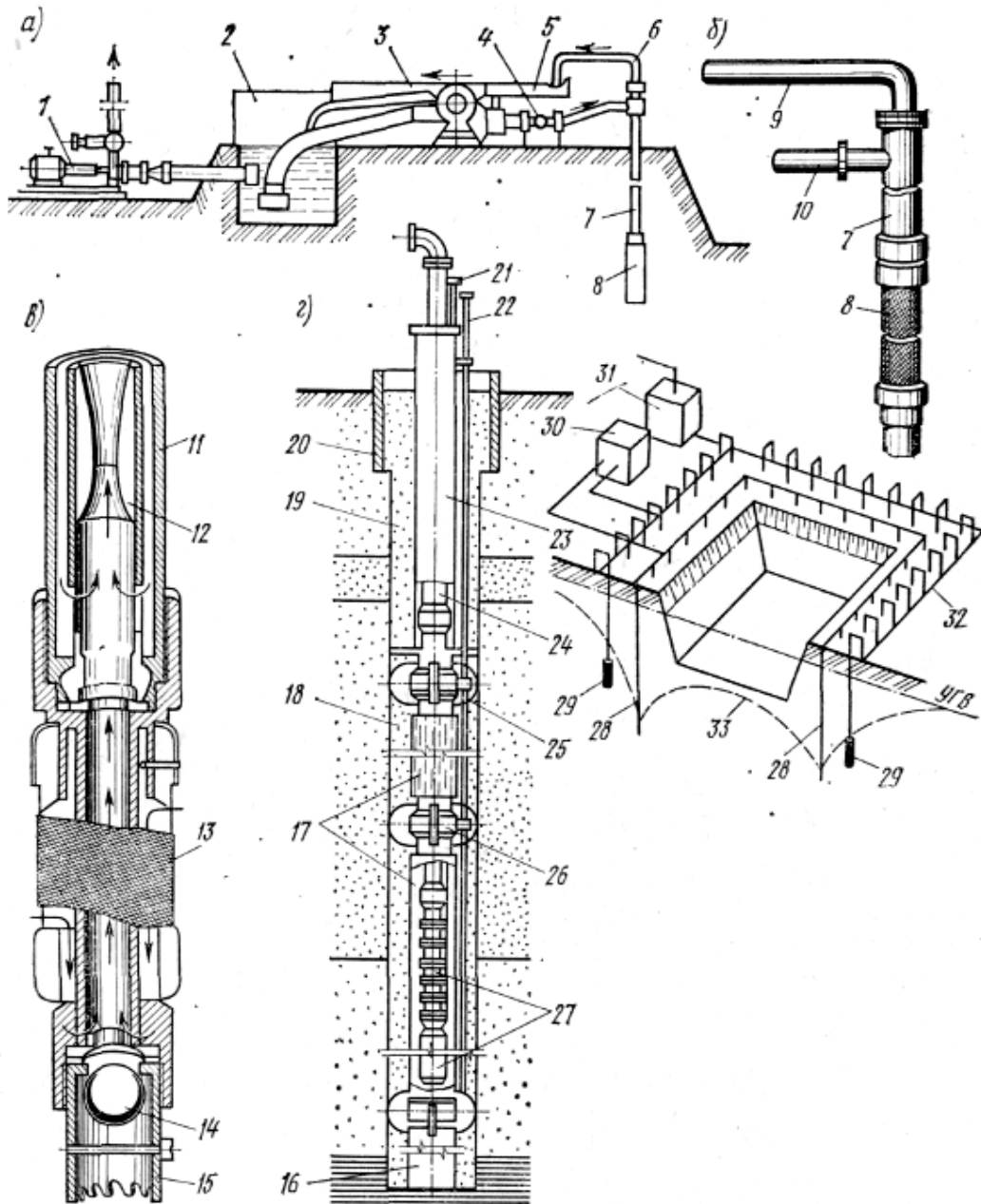


Рис. 5.6. Водопонижение эжекторными иглофильтрами, водопонижительными скважинами и электроосмотическим способом: а – эжекторная иглофильтровая установка; б – эжекторный иглофильтр; в – его фильтровое звено; г – открытая водопонижительная скважина; д – схема электроосмотического водопонижения; 1 – низконапорный насос; 2 – циркуляционный резервуар; 3 – высоконапорный насос; 4 – распределительный трубопровод; 5 – сливной лоток; 6 – трубопровод; 7 – эжекторный иглофильтр; 8 – водоприемное фильтровое звено; 9 – водоотводящая труба; 10 – труба от насоса; 11 – наружная труба; 12 – диффузор с насадкой; 13 – сетка; 14 – шаровой клапан; 15 – наконечник с зубчатой коронкой; 16 – отстойник; 17 – просеченный лист; 18 – песчано-гравийная обсыпка; 19 – местный песчаный грунт; 20 – кондуктор; 21 – пьезометр для замера уровня воды в скважине; 22 – то же, в обсыпке; 23 – надфильтровая труба; 24 – водоподъемные трубы; 25 – направляющие фонари; 26 – муфта; 27 – насосный агрегат; 28 – трубы-аноды; 29 – иглофильтры-катоды; 30 – двигатель генератор; 31 – насосный агрегат; 32 – всасывающий коллектор; 33 – пониженный УГВ

**Эжекторный иглофильтр** (см. рис. 5.6, б) состоит из надфильтровых труб диаметром 2,5 (ЭИ-2,5) или 4 дюйма (ЭИ-4), фильтрового звена (см. рис. 5.6, в), внутренних колонн водоподъемных труб, к нижнему концу которых прикреплен эжекторный водоподъемник. Производительность эжекторных иглофильтров ЭИ-2,5 и ЭИ-4 при напоре рабочей воды 0,6 – 1 МПа составляет соответственно 0,1 – 1,8 и 2,9 – 5,1 л/с.

Погружают эжекторные иглофильтры, так же как и легкие, гидравлическим способом. Расстояние между иглофильтрами определяется расчетом, но в среднем оно равно 5 – 15 м.

Выбор оборудования иглофильтровых установок, а также типа и числа насосных агрегатов производят в зависимости от величины ожидаемого притока грунтовых вод  $Q$  и требований ограничения длины коллектора, обслуживаемого одним насосом.

### 3.3. Электроосмотическое водопонижение

**Электроосмотическое водопонижение**, или электроосушение, основано на использовании в целях усиления эффекта водоотдачи явления электроосмоса, т.е. способности воды двигаться под воздействием поля постоянного тока в порах грунта от анода к катоду. Его используют в слабопроницаемых (глинистых, илистых, суглинистых) грунтах, имеющих коэффициенты фильтрации менее 1 м/сут при ширине котлована до 40 м.

При этом вначале по периметру котлована на расстоянии 1,5 м от его бровки и с шагом 0,75 – 1,5 м погружают иглофильтры-катоды соединенные с отрицательным полюсом источника постоянного тока, а затем с внутренней стороны контура этих иглофильтров на расстоянии 0,8 м от них с таким же шагом, но со смещением, т.е. в шахматном порядке, погружают стальные трубы или стержни-аноды, соединенные с положительным полюсом (рис. 5.6, д). Причем и иглофильтры, и трубы (стержни) погружают на 3 м ниже необходимого уровня водопонижения. Рабочее напряжение системы, исходя из требований техники электробезопасности, не должно превышать 40 – 60 В.

При пропускании тока вода, заключенная в порах грунта, передвигается от анода к катоду, благодаря чему коэффициент фильтрации его возрастает в 5 – 25 раз, а уровень напора в массиве грунт снижается, что в целом значительно повышает эффективность работы иглофильтровой установки.

Котлованы начинают разрабатывать обычно через трое суток после включения системы электроосушения, а в дальнейшем работы в котловане можно вести при работе этой системы.



### 3.4. Использование водопонижающих скважин

Открытые (соединяющиеся с атмосферой) **водопонизительные скважины**, оборудованные насосами, применяют в тех случаях, когда требуются большие глубины понижения УГВ, а также когда использование иглофильтров затруднительно из-за больших притоков, необходимости осушения больших площадей и стесненности территории.

Основным конструктивным элементом скважины-колодца является фильтровая колонна (рис. 5.6, з), состоящая из фильтра, отстойника, надфильтровых труб, внутри которых помещен насос. Для откачки воды из скважин применяют артезианские турбинные насосы типа АТН, а также глубинные насосы погружного типа (с погружным электродвигателем).

### 3.5. Вакуумный способ водопонижения

**Вакуумный способ** водопонижения, при котором в зоне иглофильтра создается устойчивый вакуум, применяют для осушения мелкозернистых грунтов (пылеватых и глинистых песков, супесей, легких суглинков, илов, лёссов), имеющих малые коэффициенты фильтрации (0,01 – 3 м/сут). При необходимости понижения УГВ до 7 м применяют установки вакуумного водопонижения (рис. 5.7) типа УВВ с легкими иглофильтрами, снабженными воздушными трубками, а при глубине понижения до 10 – 12 м – с эжекторными иглофильтрами с обсыпкой. Эжекторные вакуумные водопонизительные установки типа ЭВВУ с вакуумными концентрическими скважинами позволяют достигать понижения УГВ до 20 – 22 м.

В установках УВВ для создания во всасывающем коллекторе устойчивого вакуума применяют водовоздушный эжектор, а для откачки воды – водоводяной эжектор. Они питаются рабочей водой, поступающей от центробежного насоса.

Способ водопонижения и тип применяемого оборудования выбирают в зависимости от глубины разработки котлована (траншеи), инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки, сроков строительства, конструкции сооружения и технико-экономических показателей.

Выбор способа водопонижения можно выполнить с учетом данных табл. П.45. При выборе водопонизительной установки можно ориентироваться по данным табл. П.46.

При выборе водопонизительной установки исходными данными для выполнения этого этапа являются заданные отметки дна котлована (траншеи), УГВ, коэффициент фильтрации грунта  $K_f$  (табл. П.47).

### 3.6. Расчет параметров легкой иглофильтровой установки

При расчете иглофильтровой установки определяют требуемое число насосных агрегатов, шаг иглофильтров, их количество и общую длину коллектора.

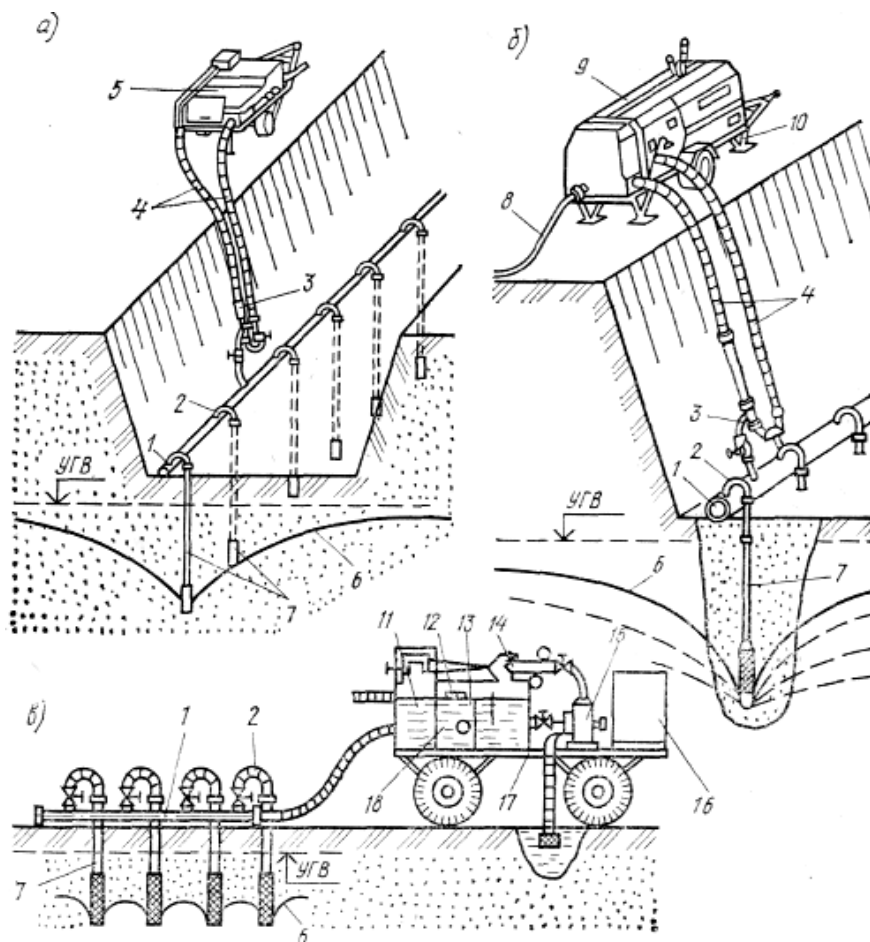


Рис. 5.7. Передвижные установки вакуумного водопонижения: а – схема водопонижения с помощью установки ПУВВ-1М; б – то же, установки ПУВВ-3Д; в – установка ПУВВ-4; 1 – водосборный коллектор; 2 – соединительный рукав; 3 – водоструйный насос; 4 – рукава; 5 – передвижной насосный агрегат; 6 – кривая депрессии; 7 – иглофильтры; 8 – сборный рукав; 9 – приводная станция; 10 – опоры; 11 – распределительная камера; 12 – датчик уровня; 13 – вакуумная камера; 14 – агрегат водоустройного насоса; 15 – центробежный насос; 16 – двигатель внутреннего сгорания; 17 – ходовая часть; 18 – клапан

Водопонижение осуществляется легкой иглофильтровой установкой (ЛИУ) в грунтах с коэффициентом фильтрации 1 – 50 м/сут на глубину 4-5 м от оси насоса. Для водопонижения на большую глубину иглофильтры устанавливают в два яруса или применяют другой способ (рис. 5.8).

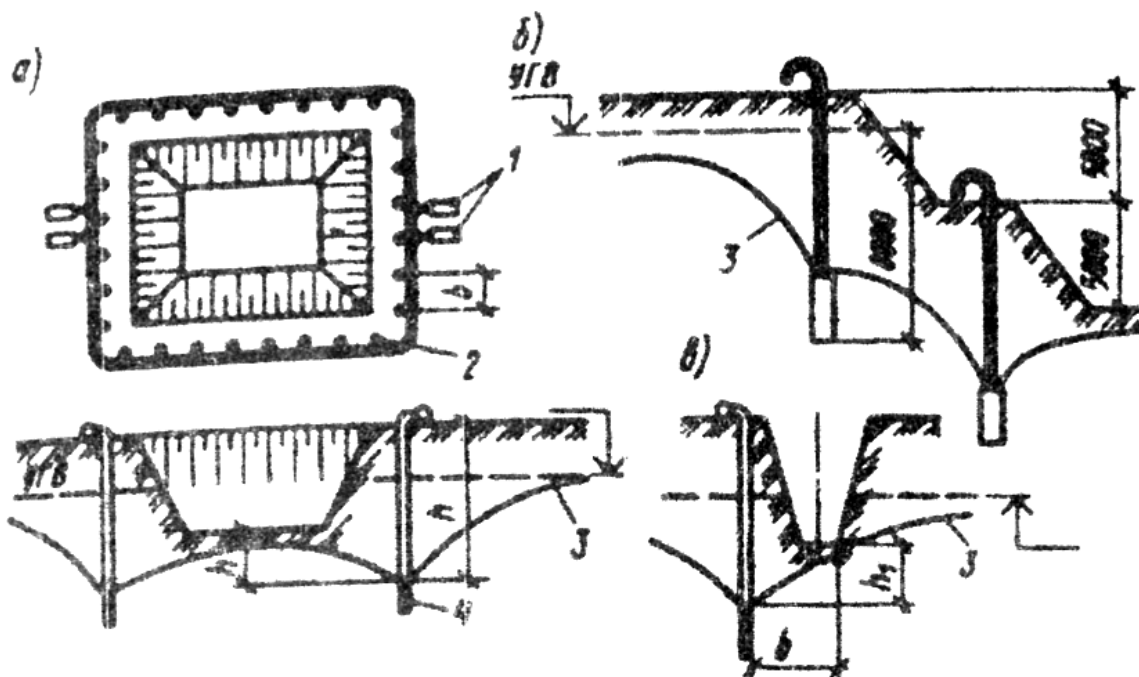


Рис. 5.8. Схема иглофильтрового способа понижения УГВ: *а* – для котлована при одноярусном расположении иглофильтров (контурная система); *б* – то же, при двухъярусном; *в* – для траншеи (линейная система)

По размерам котлована (траншеи) определяем требуемую общую длину всасывающего коллектора водопонижающей системы. Расчетные схемы установки приведены на рис. 5.9. При этом необходимо иметь в виду, что длина одного звена коллектора равна 5,25 м.

**Расчет ЛИУ** заключается в определении требуемого числа насосных установок, шага иглофильтров и глубины их погружения. Значение этих параметров зависит от величины притока грунтовых вод к водопонижающей системе, которая определяется по формулам

$$Q_c = \frac{z \cdot K_\phi (H_2 - Y) \cdot \ell}{R - x}, \quad (5.6)$$

для контурных систем

$$Q_c = \frac{2\pi \cdot z \cdot K_\phi (H_2 - Y)}{\ln \frac{R}{A}}, \quad (5.7)$$

где  $Q_c$  – суммарный приток воды к системе, м/сут;

$z$  – толщина водонасосного слоя при напорной фильтрации или средняя толщина потока, равная  $\frac{H_2 + Y}{R}$ , при безнапорной фильтрации, м;

$K_\phi$  – коэффициент фильтрации, м/сут;

$H_2$  – напор грунтовых вод, м;

$U$  – напор в расчетной точке, м;  
 $l$  – длина расчетного участка линейной системы, м;  
 $R$  – радиус депрессии (влияния), м;

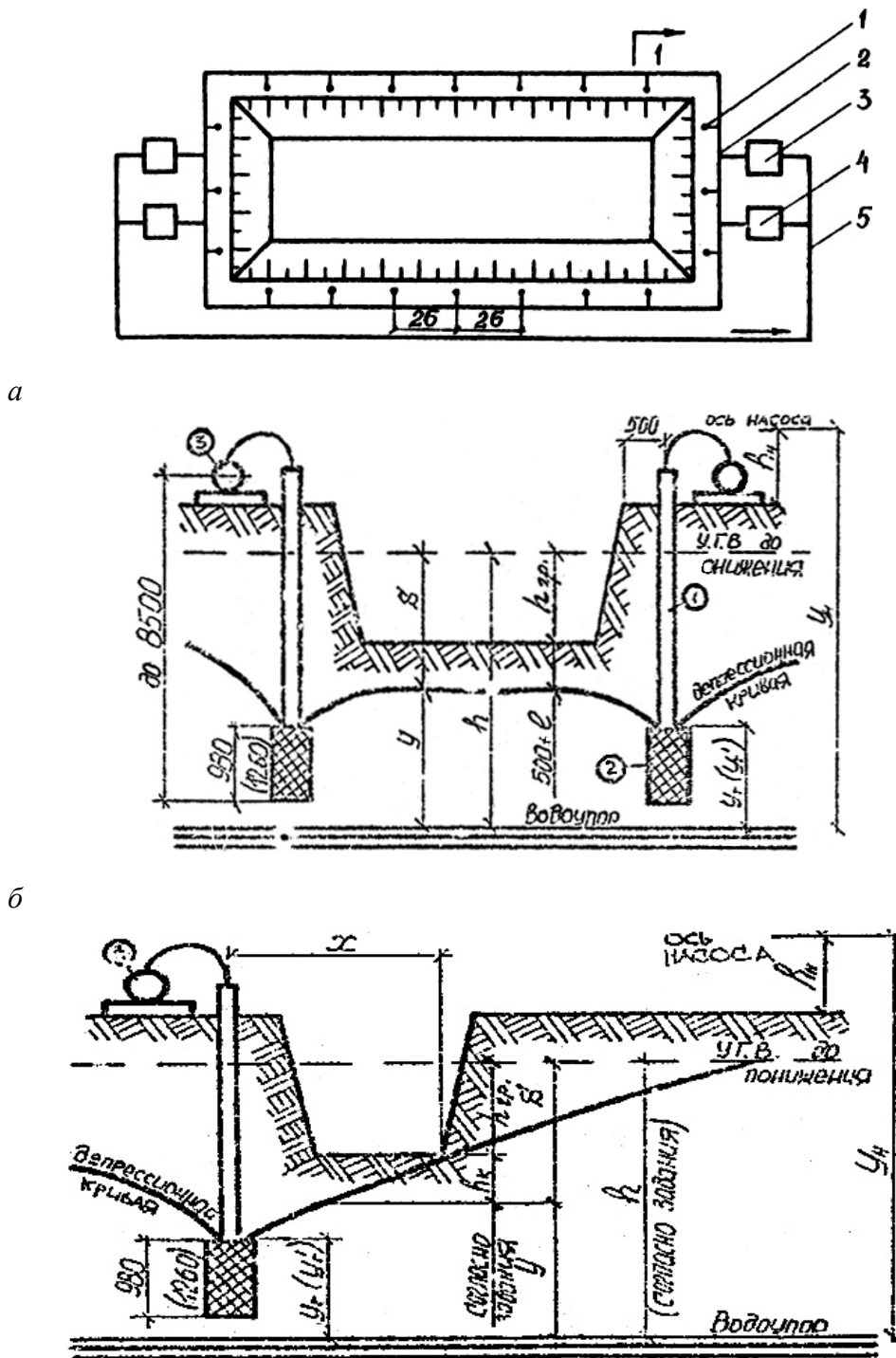


Рис. 5.9. Легкая иглофильтровая установка (расчетные схемы): а – для котлована при одностороннем расположении иглофильтров (контурная система); б – для траншеи (линейная система); 1 – иглофильтр; 2 – всасывающий коллектор; 3 – основной агрегат; 4 – резервный насосный агрегат; 5 – отводящий коллектор; б – пониженный УГВ (кривая депрессии)

– при напорной фильтрации:

$$R = A + 10 \cdot S \sqrt{K_{\phi}}, \quad (5.8)$$

– при безнапорной фильтрации:

$$R = A + 2 \cdot S \sqrt{K_{\phi} H_2}, \quad (5.9)$$

где  $S$  – требуемое понижение грунтовых вод, м;

$x$  – расстояние от оси линейной системы до расчетной точки, м;

$A$  – приведенный радиус водопонизительной системы, м.

$$A = \sqrt{\frac{F_n}{\pi}}, \quad (5.10)$$

где  $F_n$  – площадь, ограниченная иглофильтрами, м<sup>2</sup>.

Зная общую длину коллектора системы  $P_k$  (см. рис. 5.9) и суммарный приток воды к системе  $Q_c$ , по графикам (рис. 5.10) определяют предельную длину коллектора на один насосный агрегат  $L_k$ .

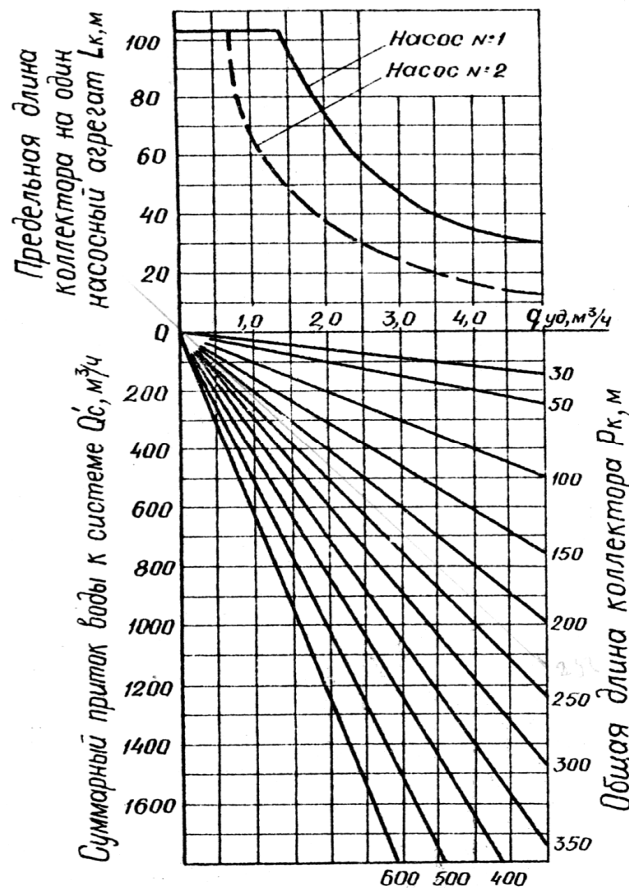


Рис. 5.10. Графики предельной длины всасывающего коллектора на один насосный агрегат установки ЛИУ-6:  $Q'_c$  – суммарный приток воды к системе;  $L_k$  – предельная длина коллектора на один насосный агрегат;  $q_{уд}$  – удельный приток воды на 1 м коллектора

Тогда число установок в системе:

$$N = \frac{P_k}{L_k}. \quad (5.11)$$

При округлении числа установок в большую сторону проектируемая длина коллектора на одну установку будет равна

$$l_k = \frac{P_k}{N}, \text{ м} \quad (5.12)$$

Приток воды к одной установке

$$Q_y = \frac{Q_c}{N}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (5.13)$$

$$Q'_y = \frac{Q_y}{24}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (5.14)$$

Далее, принимая шаг иглофильтров кратным 0,75 м, для каждого случая определяют число иглофильтров в установке и приток воды к каждому из них по формулам:

$$n = \frac{l_k}{2G}, \quad (5.15)$$

$$q = \frac{Q'_y}{n}, \quad (5.16)$$

где  $n$  – число иглофильтров в установке, шт.;

$2G$  – шаг иглофильтра;

$q$  – приток воды к одному иглофильтру, м<sup>2</sup>/ч.

Шаг увеличивают до значения, при котором приток воды не превышает предельно допустимого дебита иглофильтра, определяемого по графику (рис. 5.11).

Для каждого значения  $n$  определяют высоту от водоупора до сниженного УГВ у иглофильтров. Расчет выполняют по двум уравнениям: первое уравнение характеризует условия движения воды в иглофильтровой системе (5.17), второе – условия фильтрации воды в грунте (5.18) или (5.19).

$$y'_z = y_n - h_g + \xi \frac{Q_y}{K_o \cdot n} + 1,34 \cdot 10^7 \xi_1 Q_y^2, \quad (5.17)$$

где  $y'_z$  – высота от водоупора до сниженного уровня воды у расчетного иглофильтра, м;

$y_n$  – высота расположения оси насоса над водоупором, м;  
 $h_в$  – расчетная вакуумметрическая высота всасывания насоса, м (для ЛИУ не более 6 м);  
 $\xi$  – величина, зависящая от срока службы установки на данном объекте,  $m^{-1}$  (при 1 – 6 месяцах равна 0,4);  
 $K_о$  – коэффициент фильтрации грунта в прифильтровой зоне или обсыпке, м/сут;  
 $\xi_1$  – коэффициент потерь напора во всасывающей системе,  $сут^2/m^5$  (определяют по графику рис. 5.12).

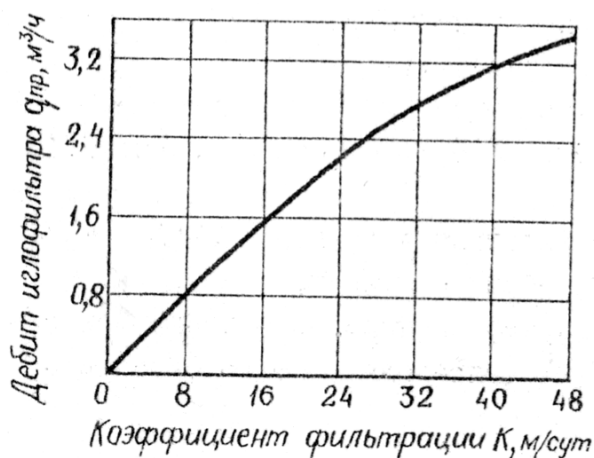


Рис. 5.11. Предельно допустимый дебит одного иглофильтра

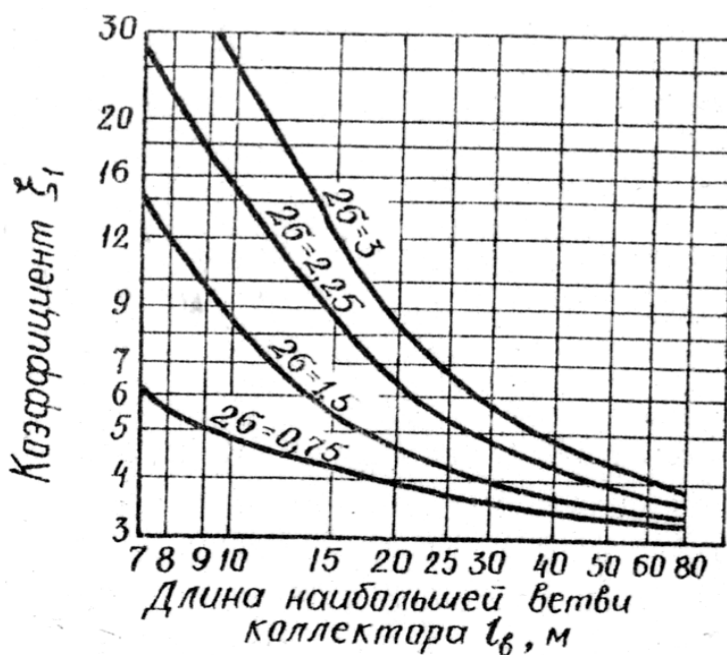


Рис. 5.12. График значений коэффициента потерь напора

$$y_2 = H_2 - S \frac{R + 2G\Phi z'}{R - x}, \quad (5.18)$$

$$y_2 = H - S \left( 1 + \frac{2\hbar\Phi z'}{Nn \ln \frac{R}{A}} \right), \quad (5.19)$$

где  $\Phi$  – коэффициент фильтрационного сопротивления м<sup>-1</sup> (равный 1; 0,8; 0,7; 0,6 м<sup>-1</sup> при шаге иглофильтров соответственно 0,75; 1,5; 2,25; 3,0 м);

$z'$  – толщина потока на линии иглофильтров, м (при напорном потоке  $z' = z$ , при безнапорном  $z' = y$ ).

Значения  $y'_2$  и  $y_2$  определяют для всех значений  $n$  ( $2G$ ) и строят кривые. Если кривые пересекутся в интервале между двумя значениями  $2G$  (рис. 5.13), то за расчетное следует принимать меньшее из значений  $2G$  и соответствующее ему  $y_2$ .

Если кривые не пересекутся в интервале построения и значения  $y'_2$  выше значений  $y_2$ , то из этого следует, что насос установлен высоко и не может обеспечить понижение уровня воды до требуемой отметки.

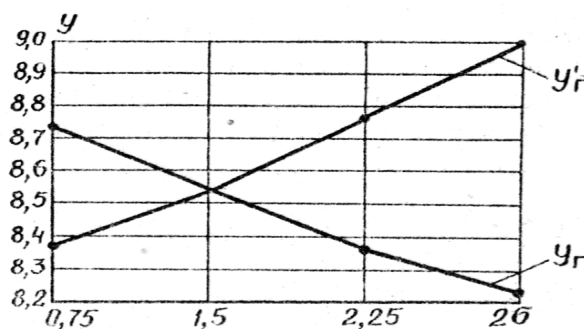


Рис. 5.13. Графическое изображение  $y_2$  и  $y'_2$

В таком случае необходимо опустить насос, установить два яруса иглофильтров или применить другой способ водопонижения.

По величине  $y_2$  определяют глубину погружения иглофильтров в грунт:

$$l_u \geq y_n - y_2 + l_{cp} + 0,5, \quad (5.20)$$

где  $l_u$  – глубина погружения иглофильтров в грунт от оси насоса, м;

$l_{cp}$  – длина фильтрового звена с наконечником (1 или 1,2 м).



Тогда оптимальная длина иглофильтров равна

$$l_u^{opt} = l_u - 0,8h_n, \quad (5.21)$$

где  $h_n$  – превышение оси насоса над уровнем земли, м.

При этом верх иглофильтров будет находиться на высоте 10 – 20 см над уровнем земли. По оптимальной длине иглофильтров подбираем их истинную длину, которая должна быть максимально близкой к оптимальной и определяться из выражения

$$l_u = l_{cp} + 1,5n + 3n_1, \quad (5.22)$$

Под величину, полученную по формуле (5.22) составляем коллектор из звеньев длиной 1,5 и 3,0 м.

Насосные установки следует устанавливать в середине коллектора. Каждая установка должна состоять из рабочего и резервного насоса с подводом к ним электроэнергии от двух независимых источников.

Для полного осушения выемки УГВ должен быть ниже ее дна на определенную глубину. При этом должно соблюдаться условие

$$1,5h_{zp} \geq S \geq h_{zp} + l + 0,5, \quad (5.23)$$

где  $h_{zp}$  – согласно задания, м;

$l$  – высота капиллярного поднятия грунтовых вод, м.

### 3.7. Приближенный метод определения параметров легкой иглофильтровой установки

Для приближенного определения производительности насосной установки в зависимости от  $Q$  притока воды к иглофильтровой установке применима формула (м<sup>3</sup>/сут)

$$Q = \frac{\pi k_\phi (2H - S)S}{\ln R_r - \ln A}, \quad (5.24)$$

где  $k_\phi$  – коэффициент фильтрации, м/сут, принимаемый по табл. П.47;

$H$  – мощность водоносного слоя, м (от УГВ до водоупора);

$S$  – требуемое понижение УГВ, м;

$R_r$  – радиус действия группы иглофильтров, м

$$R_r = R + A, \quad (5.25)$$

где  $R$  – радиус действия одного иглофильтра, определяемый по формуле проф. И.П. Кусалина:

$$R = 1,95\sqrt{Hk_{\phi}}, \text{ м}; \quad (5.26)$$

$A$  – приведенный радиус группы иглофильтров, м;

$$A = \sqrt{\frac{F_n}{\pi}}, \quad (5.27)$$

где  $F_n$  – площадь, ограниченная иглофильтрами,  $\text{м}^2$ .

Количество игл в установке должно быть не менее  $n = Q/q$ , где  $q$  – пропускная способность одного иглофильтра,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , определяемая по формуле

$$q = 0,7\pi dk_{\phi}, \quad (5.28)$$

где  $d$  – диаметр фильтрового звена, м (табл. П.47).

### 3.8. Примеры расчёта параметров легкой иглофильтровой установки для защиты котлована от грунтовых вод

#### 3.8.1. Пример расчёта параметров легкой иглофильтровой установки для защиты котлована от грунтовых вод точным методом

Задана глубина залегания грунтовых вод от поверхности земли ( $h_{\text{узв}} = 1,5$  м) выше отметки низа котлована ( $h_{\kappa} = 3,5$  м). Для защиты котлована от грунтовых вод применяем искусственное глубинное водопонижение, осуществляемое лёгкими иглофильтровыми установками ЛИУ-6 (рис. 5.14, 5.15).

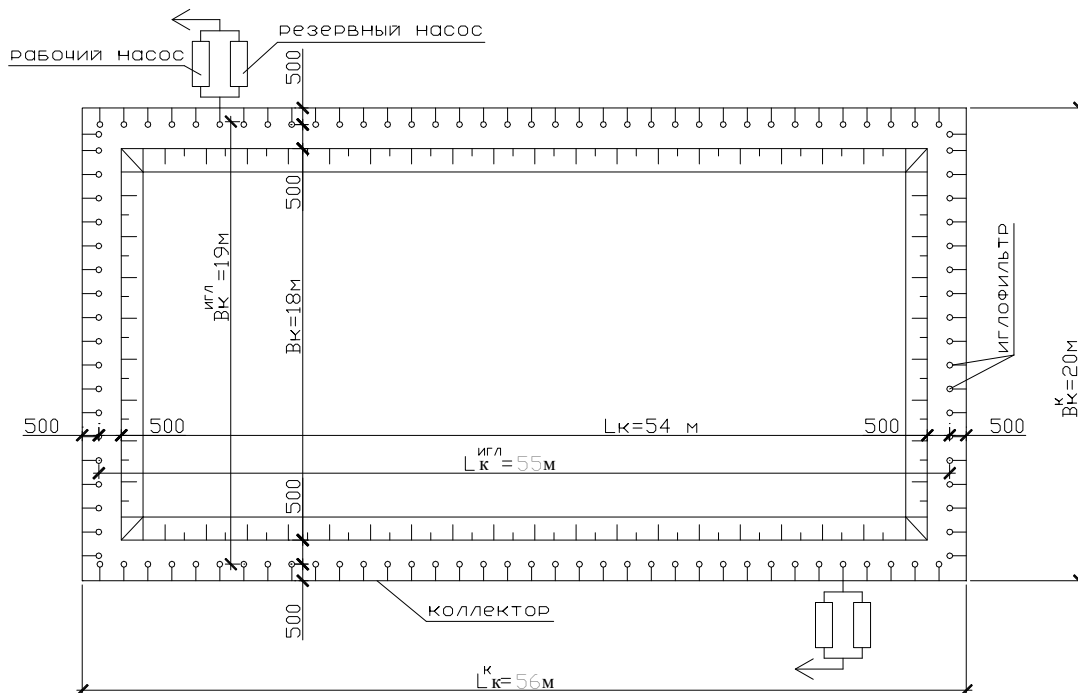


Рис. 5.14. Схема иглофильтровой водопонижительной системы

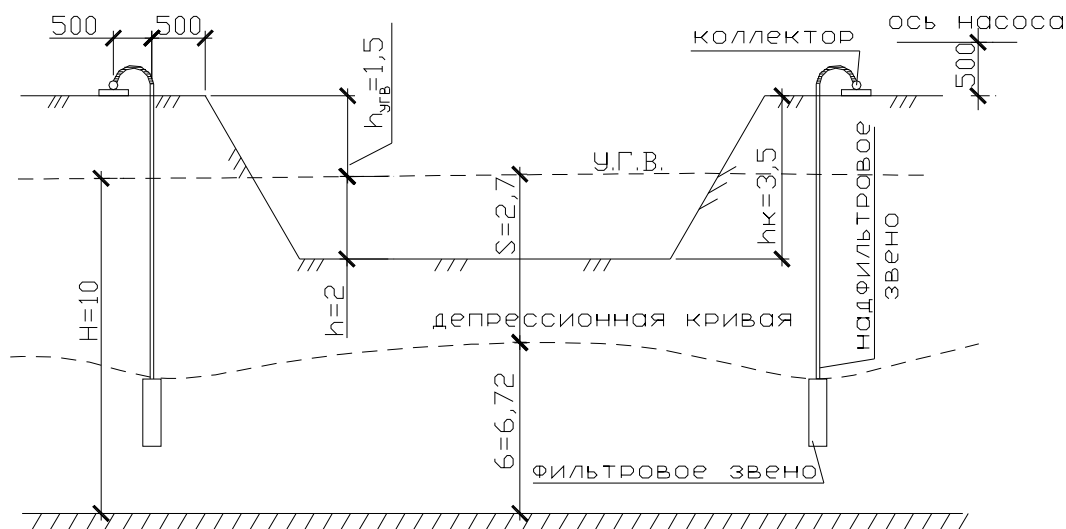


Рис. 5.15. Расчётная схема иглофильтровой установки ЛИУ-6

Определяем требуемый уровень понижения грунтовых вод из условия (5.23)

$$h + l + 0,5 \leq S \leq 1,5h,$$

где  $h = h_k - h_{yзв} = 3,5 - 1,5 = 2$  м – расстояние от УГВ до низа котлована;  
 $l$  – высота капиллярного поднятия грунтовых вод, м; определяемая по формуле

$$l = \frac{1}{\sqrt{K_\phi}} = \frac{1}{\sqrt{24}} = 0,2 \text{ м},$$

где  $K_\phi = 24$  м/сут – коэффициент фильтрации по заданию.  
 Таким образом,

$$2 + 0,204 + 0,5 = 2,704 \text{ м} \leq S \leq 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м}.$$

Принимаем  $S = 2,7$  м.

Определяем размеры котлована по контуру иглофильтров:

$$B_k^{u_{2l}} = Bk + 1 = 18 + 1 = 19 \text{ м}; \quad L_k^{u_{2l}} = Lk + 1 = 54 + 1 = 55 \text{ м},$$

где  $L_k, B_k$  – размеры котлована по верху, м;

Размеры котлована по контуру всасывающего коллектора:

$$B_k^K = B_k^{u_{2l}} + 1 = 19 + 1 = 20 \text{ м}, \quad L_k^K = L_k^{u_{2l}} + 1 = 55 + 1 = 56 \text{ м}.$$

Приведенный радиус водопонижительной системы определяем по формуле (5.10)

$$A = \sqrt{\frac{B_k^{u_{2l}} \times L_k^{u_{2l}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{19 \times 55}{3,14}} = 18,2 \text{ м}.$$

Радиус влияния (депрессии) системы вычисляем по формуле (5.9)

$$R = A + 2 \cdot S \cdot \sqrt{K_{\phi} \cdot H} = 18,2 + 2 \cdot 2,7 \cdot \sqrt{24 \cdot 10} = 101,9 \text{ м.}$$

Определяем ожидаемый приток воды к системе (5.7):

$$Q_c = \frac{2 \cdot \pi \cdot z \cdot K_{\phi} (H - Y)}{\ln R/A},$$

где  $Y = H - S = 10 - 2,7 = 7,3$  м – напор в расчётной точке;

$z = (H + Y)/2 = (10 + 7,3)/2 = 8,65$  м – толщина водоносного слоя при напорной фильтрации.

$$Q_c = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8,65 \cdot 24 \cdot (10 - 7,3)}{\ln \frac{101,9}{18,2}} = 2043,5 \text{ м}^3/\text{сут}$$

или  $Q_c' = 2043,5 / 24 = 85,1 \text{ м}^3/\text{ч.}$

При общей длине коллектора  $P_k = 2 \cdot B_{\kappa}^k + 2 \cdot L_{\kappa}^k = 2 \cdot 20 + 2 \cdot 56 = 152$  м и притоке воды  $85,1 \text{ м}^3/\text{ч}$  по графику (рис. 5.10) находим, что предельная длина коллектора на один насос составляет 105 м. Находим требуемое число установок по формуле (5.11)

$$N = \frac{P_{\kappa}}{L_{\kappa}} = 152/105 = 1,45 \text{ шт.}$$

где  $P_{\kappa}$  – общая длина коллектора системы, м;

$L_{\kappa}$  – предельная длина коллектора на одну установку, м.

Принимаем  $N = 2$  шт.

Тогда проектируемая длина коллектора, рассчитываемая по формуле (5.12), на одну установку составит

$$l_{\kappa} = \frac{P_{\kappa}}{N} = 152/2 = 76 \text{ м.}$$

Принимаем длину коллектора на одну установку кратно длине звена – 5,25 м, тогда количество звеньев составит (5.15):

$$n = \frac{l_{\kappa}}{5,25} = \frac{76}{5,25} = 14,5 \text{ шт.}$$

Принимая количество звеньев  $n = 15$  шт., окончательно получим  $l_{\kappa} = 5,25 \cdot 15 = 78,75$  м.

Определяем приток воды к установке по формуле (5.13):

$$Q_y = \frac{Q_c}{N} = 2043,5 / 2 = 1021,8 \text{ м}^3/\text{сут}$$

или

$$Q'_y = 85,1 / 2 = 42,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Так как приток воды к одной установке меньше производительности любого насосного агрегата ЛИУ-6, то каждую установку обслуживает 2 насоса (рабочий и резервный). Для всей системы требуется 4 насосных агрегатов ЛИУ-6 (2 комплекта).

Предельный дебит одного иглофильтра составляет (рис. 5.11) 2,2 м<sup>3</sup>/ч. Определяем число иглофильтров и приток воды к каждому иглофильтру при различном шаге иглофильтров по формулам (5.15), (5.16):

$$n = \frac{l_k}{2\sigma}, \quad q = \frac{Q'_y}{n},$$

где  $n$  – число иглофильтров в установке, шт.;

$2\sigma$  – шаг иглофильтров кратно 0,75 м, м;

$q$  – приток воды к иглофильтру (дебит), м<sup>3</sup>/ч.

Шаг иглофильтров увеличиваем до значения, при котором приток воды не превышает предельно допустимого дебита иглофильтра:

$$2\sigma = 0,75 \text{ м} \quad n = \frac{78,75}{0,75} = 105 \text{ шт.} \quad q = \frac{42,6}{105} = 0,41 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$2\sigma = 1,5 \text{ м} \quad n = \frac{78,75}{1,5} = 53 \text{ шт.} \quad q = \frac{42,6}{53} = 0,80 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$2\sigma = 2,25 \text{ м} \quad n = \frac{78,75}{2,25} = 35 \text{ шт.} \quad q = \frac{42,6}{35} = 1,22 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$2\sigma = 3 \text{ м} \quad n = \frac{78,75}{3} = 26 \text{ шт.} \quad q = \frac{42,6}{26} = 1,64 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяем высоту от водоупора до сниженного УГВ по формуле (5.17)

$$U'_Г = U_H - h_B + \xi \cdot \frac{Q_y}{K \cdot n} + 1,34 \cdot 10^{-7} \cdot \xi_1 \cdot Q_y^2,$$

где  $U_H$  – высота расположения оси насоса над водоупором, м (рис. 5.15);

$h_B$  – расчётная вакууметрическая высота всасывания насоса (для ЛИУ-6 принимается 6 м);

$\xi$  – величина, зависящая от срока службы установки на данном объекте (принимается 0,4 для срока службы 1 – 6 месяцев),  $\text{м}^{-1}$ ;

$K$  – коэффициент фильтрации в прифильтровой зоне, м/сут;

$\xi_1$  – коэффициент потерь напора во всасывающей системе, определяемый по рис. 5.12,  $\text{сут}^2/\text{м}^5$ ;

$$2\sigma = 0,75\text{м} \quad Y'_Г = 12 - 6 + 0,4 \cdot \frac{1021,8}{24 \cdot 105} + 1,34 \cdot 10^{-7} \cdot 3,3 \cdot 1021,8^2 = 6,52 \text{ м};$$

$$2\sigma = 1,5\text{м} \quad Y'_Г = 12 - 6 + 0,4 \cdot \frac{1021,8}{24 \cdot 53} + 1,34 \cdot 10^{-7} \cdot 3,5 \cdot 1021,8^2 = 6,72 \text{ м};$$

$$2\sigma = 2,25\text{м} \quad Y'_Г = 12 - 6 + 0,4 \cdot \frac{1021,8}{24 \cdot 35} + 1,34 \cdot 10^{-7} \cdot 3,8 \cdot 1021,8^2 = 7,02 \text{ м};$$

$$2\sigma = 3\text{м} \quad Y'_Г = 12 - 6 + 0,4 \cdot \frac{1021,8}{24 \cdot 26} + 1,34 \cdot 10^{-7} \cdot 3,9 \cdot 1021,8^2 = 7,2 \text{ м}.$$

Эту же величину определим по формуле (5.19)

$$Y'_Г = H - S \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot \pi \cdot \Phi \cdot z'}{N \cdot n \cdot \ln \frac{R}{A}} \right),$$

где  $\Phi$  – коэффициент фильтрационного сопротивления,  $\text{м}^{-1}$  (равный 1; 0,8; 0,7; 0,65  $\text{м}^{-1}$  при шаге иглофильтров соответственно 0,75; 1,5; 2,25; 3 м);

$m'$  – толщина потока на линии иглофильтров, м (при напорном потоке  $z' = z$ ).

$$2\sigma = 0,75\text{м} \quad Y'_Г = 10 - 2,7 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 8,65}{2 \cdot 105 \cdot \ln \frac{101,9}{18,2}} \right) = 6,94 \text{ м};$$

$$2\sigma = 1,5\text{м} \quad Y'_Г = 10 - 2,7 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 8,65}{2 \cdot 53 \cdot \ln \frac{101,9}{18,2}} \right) = 6,72 \text{ м};$$

$$2\sigma = 2,25\text{м} \quad Y'_Г = 10 - 2,7 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,7 \cdot 8,65}{2 \cdot 35 \cdot \ln \frac{101,9}{18,2}} \right) = 6,45 \text{ м};$$

$$2\sigma = 3\text{м} \quad Y_{\Gamma} = 10 - 2,7 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,65 \cdot 8,65}{2 \cdot 26 \cdot \ln \frac{101,9}{18,2}} \right) = 6,24 \text{ м.}$$

Строим график зависимостей  $Y_{\Gamma}$  и  $Y'_{\Gamma}$  от  $2\sigma$  (рис. 5.16).

Из построений видно, что кривые пересеклись при шаге иглофильтров 1,5 м. Принимаем шаг иглофильтров  $2\sigma = 1,5\text{м}$  и соответствующую ему высоту  $Y_{\Gamma} = 6,72\text{м}$ .

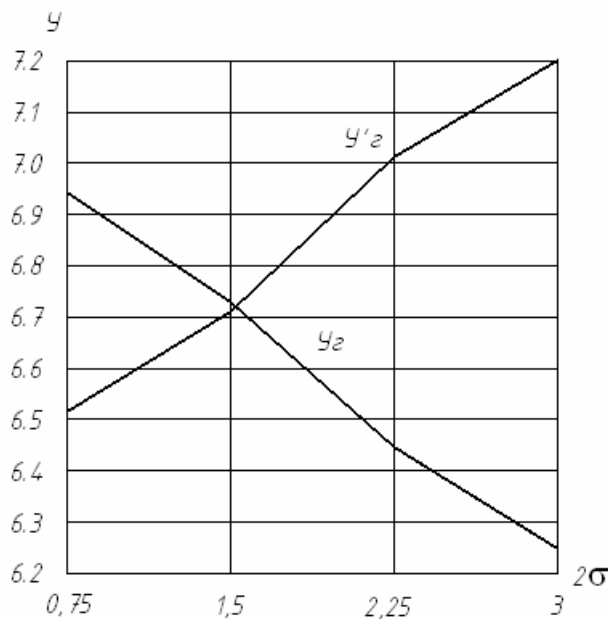


Рис. 5.16. Графическое изображение зависимостей  $Y_{\Gamma}$  и  $Y'_{\Gamma}$  от  $2\sigma$ .

Глубина погружения иглофильтров в грунт от оси насоса составляет

$$l_u = y_H - y_z + l_{\phi} + 0,5,$$

где  $l_u$  – глубина погружения иглофильтров в грунт от оси насоса, м;

$l_{\phi}$  – длина фильтрового звена с наконечником ( $l_{\phi} = 1; 1,2$  м)

$$l_u = 12 - 6,72 + 1,2 + 0,5 = 6,98\text{м},$$

тогда оптимальная длина иглофильтров

$$l_u^{opt} = l_u - 0,8 \cdot h_n,$$

где  $h_n$  – превышение оси насоса над уровнем земли, м;

$$l_u^{opt} = 6,98 - 0,8 \cdot 0,5 = 6,58\text{м}.$$

Для нашей установки из типовых звеньев можно собрать иглофильтры длиной 7,2 м из одного звена 1,2 м и двух звеньев по 3 м.

На 1 установку необходимо 53 иглофильтра. На всю систему требуется  $53 \times 2 = 106$  иглофильтров.

3.8.2. Пример расчёта параметров легкой иглофильтровой установки для защиты котлована от грунтовых вод приближенным методом

В предыдущем примере определено количество насосных установок. Количество иглофильтров на одну установку можно рассчитать приближенным методом. Шаг иглофильтров определяется путем деления длины коллектора на общее количество иглофильтров.

Приближенно производительность насосной установки будем определять по формуле (5.24), предварительно определив радиус действия одного иглофильтра  $R$  (5.26), радиус действия группы иглофильтров  $R_r$  (5.25):

$$R = 1,95\sqrt{10 \cdot 24} = 30,2 \text{ м},$$

$$R_r = 30,2 + 18,2 = 48,4 \text{ м}.$$

Требуемое понижение УГВ  $S$  и приведенный радиус группы иглофильтров  $A$  определены в предыдущем примере и равны

$$S = 2,7 \text{ м}, \quad A = 18,2 \text{ м}.$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot (2 \cdot 10 - 2,7)2,7}{\ln 48,4 - \ln 18,2} = 3599 \text{ м}^3/\text{сут или } 150 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяем пропускную способность одного иглофильтра:

$$q = 0,7 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot 24 = 2,64 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Количество иглофильтров в одной установке должно быть:

$$n = \frac{150}{2,64} = 57 \text{ шт.}$$



## ТЕМА 6. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

1. Определение номенклатуры и объемов работ по устройству свайного фундамента.
2. Машины и механизмы для погружения свай, срубки голов свай.
3. Выбор оборудования для погружения свай забивкой.
4. Технологическая последовательность выполнения свайных работ.
5. Технологические особенности устройства набивных свай.
6. Разработка документации на производство свайных работ на строительной площадке.

### 1. Определение номенклатуры и объемов работ по устройству свайного фундамента

Работы по устройству свайного фундамента начинаются с **разработки выемок** – котлована или траншей. Объем работ по разработке грунта в котловане включает объем котлована и объем въездных пандусов. Пандусы устраиваются для обеспечения въезда в котлован. Их параметры в общем случае составляют: ширина 3,5 м, уклон 10...15° и зависят от вида машин.

При устройстве свайных фундамента **ширина траншей** по дну определяется с учетом ширины проезда сваебойного агрегата:

$$b = b_{\phi} + c + b_{np}, \quad (6.1)$$

где  $b_{\phi}$  – ширина фундамента;

$c$  – расстояние от подошвы откоса до наружной грани опалубки ростверка, фундамента (применяется равным 0,2 – 0,6 м);

$b_{np}$  – ширина проезда для сваебойного агрегата (составляет 4 – 5 м).

Размеры **по верху** траншей определяются аналогично сплошному котловану. Въездные пандусы устраиваются по торцам траншей и их ширина принимается равной ширине траншеи по дну.

**Работы по забивке свай** включают ряд операций: **подготовительные** (строповка, подъем сваи, заводка в наголовник, разворот и установка на точку, перемещение агрегата); **основную** (погружение сваи) и **вспомо-**

**гательные** (срубка голов свай пневматическими молотами или гидроустановками клещевого типа). Объемы подсчитываются по каждой операции.

Объем работ по погружению свай определяется общим количеством свай на здание, шт.

$$V_{св} = K_p \cdot n_{св}, \quad (6.2)$$

где  $K_p$  – количество ростверков в здании;

$n_{св}$  – число свай в ростверке.

Объем вспомогательных работ **по срубке голов** свай равен общему количеству свай. Длину вырубленного участка можно принять в среднем 0,5 м.

**Работа по устройству ростверков**, отдельно стоящих и ленточных монолитных фундаментов состоит из нескольких операций: **основных** (установка опалубки, арматурного каркаса, укладки бетонной смеси в опалубку) и **вспомогательных** (уход за бетонной смесью, распалубливание конструкции).

Объем работ по установке **опалубки** определяется площадью опалубки, соприкасающейся с бетоном

$$V_{опал} = F_{опал} \cdot K_p, \quad (6.3)$$

где  $F_{опал}$  – площадь боковых граней ростверков, фундамента (определяется из геометрического размера ростверка, фундамента);

$K_p$  – общее количество ростверков (фундаментов).

Объем работ по установке **арматуры** определяется количеством элементов – каркасов и сеток (можно принять 0,3 т на 6 пог. м ростверка или на один отдельно стоящий фундамент).

Объем работ по **укладке бетона** равен суммарному объему всех ростверков, фундаментов

$$V_{бет} = \Sigma V_{р;ф} \cdot K_p, \quad (6.4)$$

где  $V_{р;ф}$  – объем одного ростверка или фундамента.

Объем работ по **распалубливанию** численно равен объему опалубочных работ

$$V_{распал} = V_{опал}, \quad (6.5)$$

Подсчитанные объемы работ заносятся в сводную ведомость объемов работ (табл. 6.1)

## Сводная ведомость объемов работ

Наименование работ	Ед. измерения	Объем
1. Снятие растительного слоя	100 м <sup>3</sup>	
2. Рыхление грунта	-"	
3. Разработка котлована экскаватором	-"	
4. Транспортировка грунта автомобилями в отвал	-"	
5. Зачистка дна котлована	-"	
6. Погружение железобетонных свай	шт.	
7. Срубка голов свай	шт.	
8. Устройство опалубки ростверка (фундамента)	м <sup>2</sup>	
9. Установка арматуры (сеток, каркасов, ростверков, фундаментов)	т	
10. Укладка бетонной смеси	м <sup>2</sup>	
11. Распалубливание (демонтаж опалубки)	м <sup>2</sup>	
12. Обратная засыпка пазух	100 м <sup>3</sup>	
13. Уплотнение грунта засыпки	100 м <sup>3</sup>	

## 2. Машины и механизмы для погружения свай, срубки голов свай

Приведены основные виды, особенности конструкции, работы и области применения машин, механизмов для погружения свай. Данный обзор должен облегчить выбор машин и механизмов для погружения свай с учетом особенностей конкретной строительной площадки. Агрегаты для погружения свай работают по принципу ударного действия – свайные молоты, вибрационного действия – вибропогружатели, виброударного действия – вибромолоты.

Свайные молоты по типу привода разделяются на механические, паровоздушные, дизельные и гидравлические. Механические в настоящее время практически не применяются и приведены для общего обзора видов молотов.

Свайные молоты состоят из массивной ударной части, движущейся возвратно-поступательно относительно направляющей конструкции в виде цилиндра (трубы), поршня со штоком, штанг и т.п. Направляющая часть молота снабжена устройством для закрепления и центрирования молота на

свае. Ударная часть наносит чередующиеся удары по головке сваи и погружает ее в грунт.

Рабочий цикл молотов включает два основных хода – холостой и рабочий. При холостом ходе производится подъем ударной части в крайнее верхнее положение, а при рабочем – ускоренное падение ударной части и удар по свае.

**Основными параметрами** свайных молотов являются масса ударной части, энергия одного удара, высота подъема ударной части и частота ударов в минуту.

**Паровоздушные молоты** приводятся в действие энергией пара или сжатого воздуха. Различают молоты **одионого** (одностороннего) действия, у которых энергия привода используется только для подъема ударной части, совершающей затем рабочий ход под действием собственной массы, и молоты **двустороннего** действия, энергия привода которых сообщает ударной части также дополнительное ускорение при рабочем ходе, в результате чего увеличивается энергия удара и сокращается продолжительность рабочего цикла.

Паровоздушные молоты **устанавливаются на копре** или **подвешиваются** к крюку самоходного крана. Их можно применять для забивки как вертикальных, так и наклонных свай, а также для выполнения свайных работ под водой. **Недостатком** таких молотов является необходимость применения дорогостоящих и громоздких компрессорных установок или парообразователей, дополнительный персонал и транспортные средства.

Поэтому сейчас **основным средством для погружения свай** служат энергетически автономные мобильные **дизель-молоты**, работающие по принципу двухтактного дизеля.

По типу направляющих дизель-молоты разделяются на **трубчатые** и **штанговые**. У трубчатого дизель-молота направляющей для ударной части в виде массивного подвижного поршня служит **неподвижная труба**. У штангового дизель-молота направляющими ударной части, в виде массивного подвижного цилиндра, **служат две штанги**, закрепленные в основании поршневого блока и соединенные в своей верхней части траверсой. Распыление дизельного топлива в камере сгорания у штанговых молотов форсуночное, а трубчатых – ударное.

Дизель-молоты подвешиваются к копровой стреле с помощью захватов и подъемно-сбрасывающего устройства («кошки»), предназначенного для подъема и пуска молота. «Кошка» прикреплена к канату лебедки копровой установки.

В зависимости от массы ударной части различают легкие (до 600 кг), средние (до 1800 кг) и тяжелые (свыше 2500 кг) дизель-молоты. Обладающие малой энергией удара (составляющей 25 – 35 % потенциальной энергии ударной части), штанговые дизель-молоты **применяют** только для забивки **свай небольшой массы** (не более 2000 – 3000 кг) в **слабой и средней** плотности грунты.

Промышленностью серийно выпускаются **штанговые дизель-молоты** с массой ударной части 240 и 2500 кг, развивающие энергию удара соответственно 3,2 и 65 кДж при частоте ударов 50 – 55 в минуту. Штанговые дизель-молоты применяют в основном для забивки легких железобетонных и деревянных свай, стальных труб и шпунта.

Серийно выпускаются **трубчатые дизель-молоты** с массой ударной части 500, 1250, 1800, 2500, 3500 и 5000 кг для погружения железобетонных свай всех типоразмеров массой до 13000 кг и длиной до 25 м. Трубчатые дизель-молоты развивают энергию удара 15 – 150 кДж при частоте ударов 43 – 45 в минуту.

**Массу ударной части** дизель-молота подбирают в зависимости от **массы** погружаемой сваи и **типа** применяемого молота. Так, масса ударной части штангового дизель-молота должна быть не менее 100 – 125 %, а трубчатого – 40 – 70 % массы сваи, погружаемой в грунт средней плотности.

Промышленность выпускает **пять моделей** однотипных трубчатых, различающихся между собой массой ударной части, дизель-молотов: СП-75 с ударной частью массой 1250 кг, СП-76 (1800 кг), СП-77 (2500 кг), СП-78 (3500 кг) и СП-79 (5000 кг).

Трубчатые молоты **более эффективны**, чем штанговые, так как при равной массе ударной части могут забивать более тяжелые (в **два-три раза**) сваи за один и тот же отрезок времени. Общим **недостатком** дизель-молотов является большой расход энергии на сжатие воздуха (50 – 60 %) и поэтому малая мощность, расходуемая на забивку свай.

Конструкция трубчатых дизель-молотов постоянно совершенствуется. В настоящее время созданы быстроходные трубчатые **молоты с пневматическим буфером** (пневмобуфером), частота ударов которых составляет 65 – 75 в минуту. Пневматический буфер накапливает энергию при ходе ударной части вверх и сообщает ей дополнительное ускорение при разгоне вниз. Вследствие этого мощность молотов с пневмобуфером и, следовательно, темп погружения сваи примерно **в полтора раза выше**, чем у обычных трубчатых молотов со свободным падением ударной части. Дизель-молоты с пневмобуфером аналогичны по конструкции, имеют массу ударной части 500, 1250, 1800 кг, развивают энергию удара соответственно 8, 5, 19 и 27 кДж.

Сейчас начат серийный выпуск новых прогрессивных **гидравлических молотов** простого и двустороннего действия, используемых в качестве сменного рабочего оборудования одноковшовых гидравлических экскаваторов (рис. 6.1).

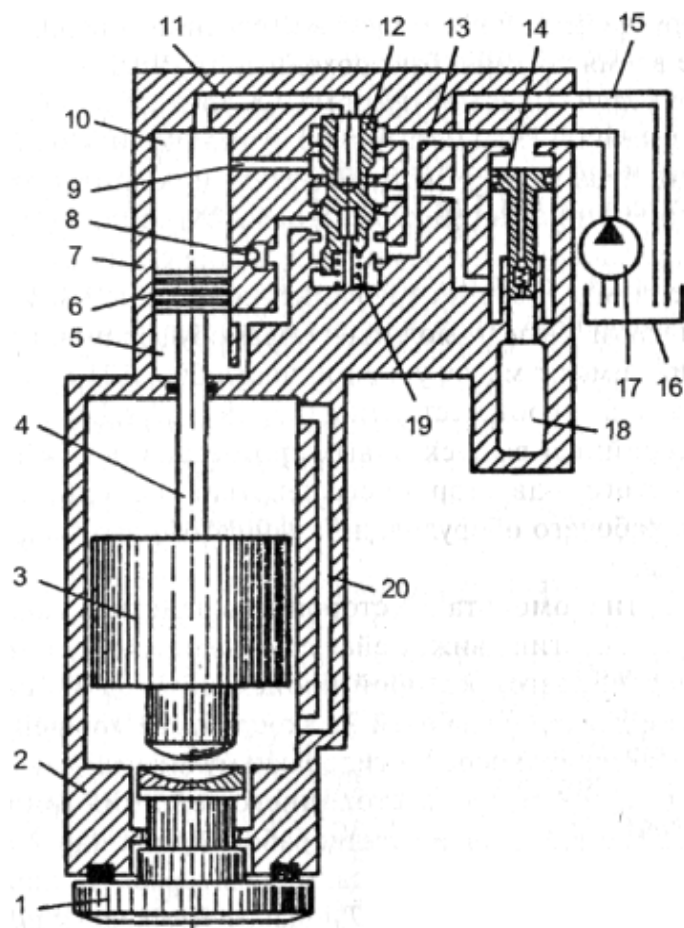


Рис. 6.1. Гидромолот двустороннего действия: 1 – шабот; 2 – корпус с направляющей трубой; 3 – ударная часть; 4 – шток; 5 – штоковая полость; 6 – поршень; 7 – рабочий цилиндр; 8 – обратный клапан; 9 – канал; 10 – поршневая полость; 11 – канал; 12 – распределительный золотник; 13 – напорная линия; 14 – поршень гидроаккумулятора; 15 – сливная магистраль; 16 – бак; 17 – насос; 18 – аккумулятор; 19 – пружина; 20 – канал

Принцип работы гидромолота двустороннего действия заключается в использовании энергии движущейся с большой скоростью массивной ударной части, разгон которой происходит под действием собственной массы и давления рабочей жидкости на ее поршень. Рабочая жидкость подается от насоса и гидроаккумулятора.

Гидравлические молоты характеризуются энергией удара 3,5 – 120 кДж, частотой ударов 50 – 170 в минуту и массой ударной части 210 – 7500 кг.

Гидромолоты **просты в управлении и обслуживании**, имеют довольно высокий КПД (0,55 – 0,65), издают при работе **слабый шум**.

**Вибропогружатели** применяют для погружения железобетонных свай в **песчаные и супесчаные водонасыщенные** грунты. Погружение сваи происходит из-за резкого снижения сопротивления грунта при сообщении последнему колебаний, направленных вдоль его продольной оси. Вибропогружатели применяют также для выдергивания погруженных свай, металлического шпунта и труб. Они комплектуются сменными наголовниками с механическими и гидравлическими зажимами для жесткого соединения машины с погружаемыми или извлекаемыми элементами.

Для работы вибропогружателей необходим копер или самоходный кран с направляющей стрелой. Вибропогружатель представляет собой **вибратор направленного действия** с четным количеством (два, четыре или шесть) параллельных валов с дебалансами, синхронно вращающимися в разных направлениях. Суммарная масса дебалансов на каждом валу одинакова. Центробежная (возмущающая) сила вибратора, возникающая при вращении дебалансов, достигает максимального значения при их вертикальном расположении (в этот момент центробежные силы всех дебалансов **складываются**) и направлена вдоль оси погружаемого элемента, жестко прикрепленного к корпусу вибратора с помощью наголовника. При горизонтальном расположении дебалансов их центробежные силы **взаимно уничтожаются**. Если **отказ** при ударном методе определяют погружением сваи за 1 мин действия молота, то при вибропогружении – за 1 мин работы вибропогружателя при заданном напряжении тока в сети.

Различают **низкочастотные** (менее 600 кол/мин) и **высокочастотные** (более 1000 кол/мин) вибропогружатели. Приводной электродвигатель низкочастотного вибропогружателя, воспринимающий значительные вибрационные нагрузки (так как система: двигатель – вибратор – свая – жесткая), выполняется виброустойчивым.

**Низкочастотные** вибропогружатели **предназначены** в основном для погружения в однородные **слабые водонасыщенные** грунты железобетонных свай длиной **до 12м**, труб и свай-оболочек массой до 10 т. Низкочастотные машины развивают возмущающую силу до 18500 кгс (185 кН) при частоте колебаний 420 в минуту и мощности электродвигателя до 60 кВт. Масса их составляет до 2500 кг, амплитуда колебаний (без свай) – до 20 мм.

У **высокочастотного** вибропогружателя приводной электродвигатель с короткозамкнутым ротором **установлен на подрессоренной пригрузочной плите**. Наличие между электродвигателем и вибратором амортизирующих пружин позволяет существенно уменьшить вредное воздействие

вибрации на электродвигатель: в процессе погружения колебания совершают только вибратор и свая. **Меняя массу пригрузочной плиты**, создающей необходимое давление на погружаемый элемент, получают режимы вибрации, способствующие наиболее эффективному погружению свай.

Высокочастотные вибропогружатели **применяют** для погружения в малосвязные грунты шпунта, труб и профильного металла длиной до 20 м. Они развивают возмущающую силу до 25000 кгс (250 кН) при частоте колебаний 1500 в минуту и мощности двигателя 40 кВт. Общая масса машины составляет до 2200 кг, масса пригрузки – до 1500 кг, амплитуда колебаний – до 14 мм.

Основными **недостатками** вибропогружателей являются **непригодность** для погружения свай (шпунта) в связные грунты и сравнительно небольшой срок службы электродвигателей.

**ВИБРОМОЛОТЫ** обеспечивают эффективное погружение в **плотные грунты** металлических свай, труб и шпунта, которые сообщают погружаемому элементу кроме вибрации еще и ударные импульсы (рис. 6.2). Вибромолоты используют также для погружения железобетонных свай в **однородные водонасыщенные** грунты и извлечения труб, свай, шпунта из грунта.

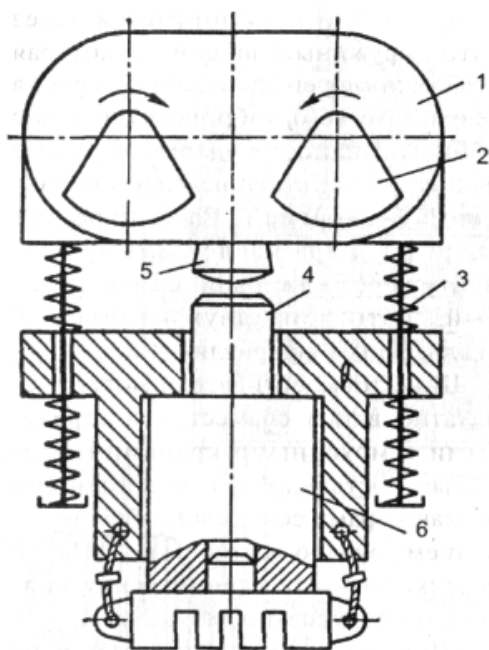


Рис. 6.2. Вибромолот: 1 – двухвальный бестрансмиссионный вибровозбудитель направленных вертикальных колебаний; 2 – дебалансы; 3 – пружины; 4 – наковальня

Выпускаемые промышленностью вибромолоты имеют массу ударной части до 2100 кг, развивают возмущающую силу до 21800 кгс (218 кН), энергию одного удара до 3,9 кДж. Они способны погружать металлический шпунт длиной до 13 м, металлические сваи и трубы длиной до 20 м. Вибромолоты работают в комплекте с копром или самоходным краном соответствующей грузоподъемности.

Выпускаемые промышленностью вибромолоты имеют массу ударной части до 2100 кг, развивают возмущающую силу до 21800 кгс (218 кН), энергию одного удара до 3,9 кДж. Они способны погружать металлический шпунт длиной до 13 м, металлические сваи и трубы длиной до 20 м. Вибромолоты работают в комплекте с копром или самоходным краном соответствующей грузоподъемности.

**Вибровдавливающие агрегаты** погружают сваи **длиной до 6 – 7 м**, воздействуя на них вибрационными усилиями высокочастотного вибропогружателя с подрессоренной пригрузкой и вертикальными силами вдавливания, создаваемыми массами свай, вибропогружателя и частично массой всей машины. Такие агрегаты базируются на гусеничных тракторах мощностью 80 – 102 кВт.



При вдавливании свай **в плотные грунты** вначале трубчатым лидером (входящим в комплект агрегата) продавливают до заданной отметки **лидирующую скважину**, площадь поперечного сечения которой не превышает 50 % поперечного сечения сваи. Лидер из скважины извлекают ледкой при работающем вибраторе. Затем в лидирующую скважину устанавливают жестко соединенную с вибропогружателем сваю и вдавливают ее так же, как лидер.

**Метод вдавливания свай** предусматривает их погружение в грунт с помощью специальных установок, воздействующих на сваю своей массой. При погружении сваи статическим вдавливанием применяют агрегаты из двух тракторов, оборудованных направляющей рамой, опорной плитой, наголовником для передачи давления на сваю, соединенным с вдавливающим полиспастом. Метод вдавливания особенно эффективен при погружении коротких свай (длиной до 6 м).

**Погружение свай с помощью гидродымыва** осуществляют посредством разрыхления грунта под острием сваи и его частичного вымывания струями воды, вытекающими под давлением из нескольких трубок, укрепленных на свае. Перед окончанием погружения свай подмывом **производят добивку** их на глубину **1,5 – 2 м** до проектной отметки, чтобы нижняя часть сваи опиралась на неразрыхленный грунт.

**Погружение свай с помощью электроосмоса**, применяемое в основном при их установке в глинистых грунтах, основано на том принципе, что при кратковременном действии постоянного тока вокруг забиваемой сваи, подключенной в сеть в качестве катода, влажность грунта возрастает и в результате уменьшаются лобовое и боковое сопротивления грунта погружению сваи.

**Комбинированный метод** погружения свай применяют в тех случаях, когда осуществить их погружение на всю длину каким-то одним методом невозможно. При этом в зависимости от условий строительной площадки применяют различные методы погружения свай, например, подмыв с забивкой или подмыв с вибропогружением и другие сочетания методов погружения свай.

**Самоходные сваебойные установки** – агрегаты, на которых закреплены устройства для погружения свай (рис. 6.3) и которые предназначены для подтаскивания, установки и удержания в заданном положении сваи при погружении ее в грунт. Они представляют собой навесное и сменное копровое оборудование, смонтированное на экскаваторах, гусеничных тракторах, кранах-трубоукладчиках и автокранах.

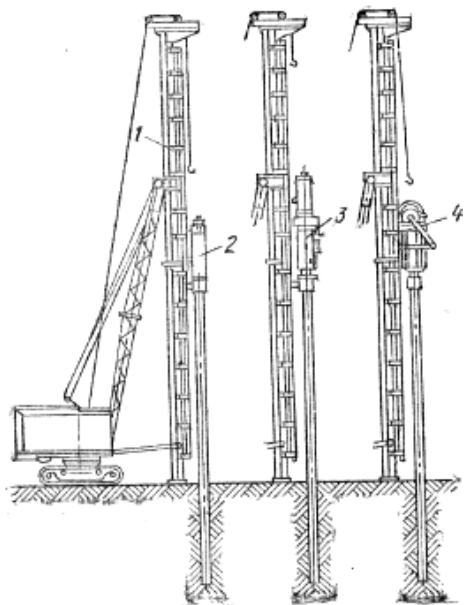


Рис. 6.3. Копер на базе крана-экскаватора с различными видами рабочего оборудования: 1 – копровая стойка; 2 – паровоздуш-

Основной частью таких копров являются самоходный металлический мост, передвигающийся по рельсам, и самоходная копровая тележка или рельсовый копер со сваепогрузателем, перемещающийся по мосту. Этим обеспечивается погружение свай в любой точке.

**Тракторная копровая установка** включает базовый трактор, дизель-молот с наголовником, несущую и подвижную рамы, устройство для подтаскивания свай. Навесное оборудование с гидравлическим приводом обеспечивает выполнение следующих операций: подтаскивание, подъем, установку на точку забивки и под молот сваи, наклоны мачты в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, выдвижение мачты, подъем и опускание молота, опускание мачты в транспортное и подъем ее в рабочее положение.

**Навесное копровое оборудование на базе экскаваторов** позволяет забивать **несколько свай с одной стоянки** экскаватора, что очень важно при погружении свай кустами и при двухрядном их расположении. **Различают** подвесные копровые мачты и сменное копровое оборудование к экскаваторам.

**Гидравлические копры** в последние годы постепенно вытесняют механические, т. е. канатные (рис. 6.4). По сравнению с рассмотренными выше навесными копрами с дизель-молотами, гидравлические копры имеют более высокие производительность, маневренность, транспортабельность и безопасность работы.

Применение таких установок, обладающих энергетической автономностью, высокой механизацией вспомогательных операций, мобильностью и маневренностью, позволяет совершенствовать технологию свайных работ, сокращать продолжительность установки сваи, повышать производительность и снижать стоимость свайных оснований. Самоходные сваебойные установки способны погружать в грунты различной плотности железобетонные сваи длиной до 12 м и массой до 5 т.

Самоходные сваебойные установки могут быть также на рельсовом ходу. **Рельсовые копры мостового типа** способны погружать с большой точностью железобетонные сваи длиной 8 – 12 м.

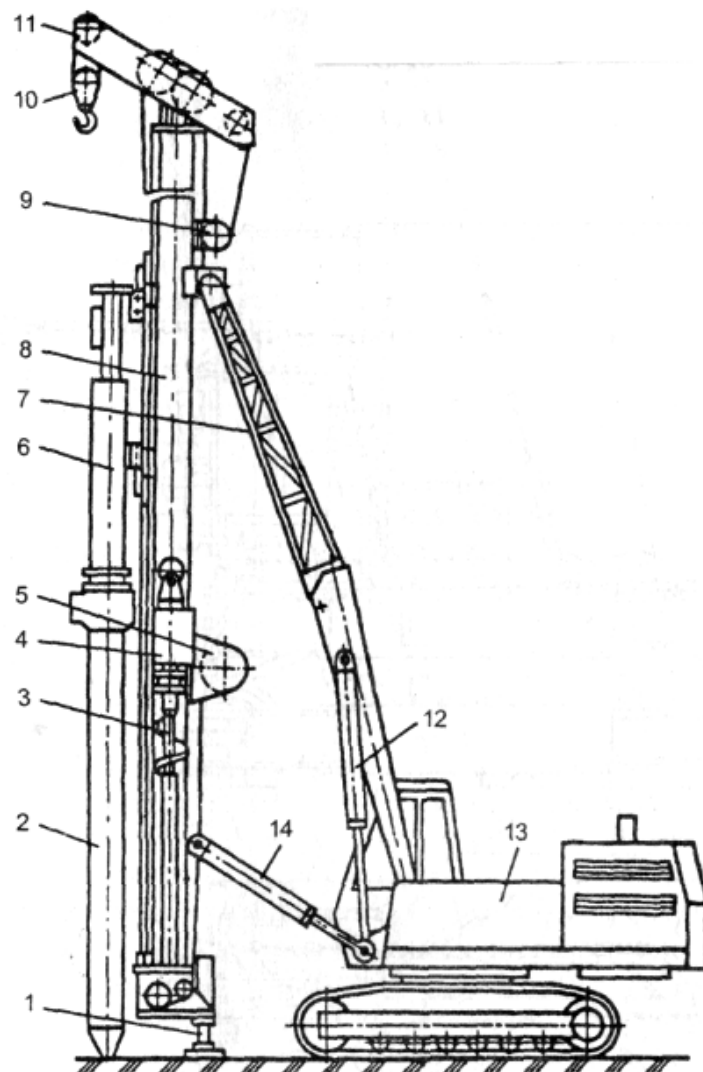


Рис. 6.4. Гидравлический копер: 1 – нижняя опора; 2 – свая; 3 – шнековый бур; 4 – привод; 5 – лебедка; 6 – гидромолот; 7 – решетчатая стрела; 8 – копровая мачта; 9 – грузовая лебедка; 10 – крюковая подвеска; 11 – оголовок; 12 – гидроцилиндры; 13 – гидравлический экскаватор; 14 – гидроцилиндр

**Срубка голов свай** выполняется после забивки для выравнивания верха всех свай под одну отметку. Для этого можно использовать пневматические отбойные молотки, которыми разрушают бетон с последующим срезанием сваркой арматуры.

По принципу разрушающего действия на сваю устройства статического действия подразделяют на **сжимающие, сламывающие и скручивающие**.

Сжимающие устройства раздавливают сваю, например, сваерез состоит из неподвижной и подвижной частей (рис. 6.5). Внутри неподвижной части размещен силовой гидроцилиндр, шток которого шарнирно связан с

подвижной частью устройства. На его консольных выступах расположены ножи рабочего органа. Устройство заводят на сваю с боковой стороны с помощью крана. При включении гидроцилиндра консольные выступы движутся навстречу друг другу и разрезают сваю на заданной отметке.

Известны устройства, принцип работы которых основан на сламывании голов свай (рис. 6.6) состоит из нижней и верхней челюстей и гидродомкрата грузоподъемностью 5 т. На сваю с боковой стороны заводят поочередно нижнюю и верхнюю челюсти и фиксаторами закрепляют их на заданной отметке. Усилением домкрата голова сваи отламывается.

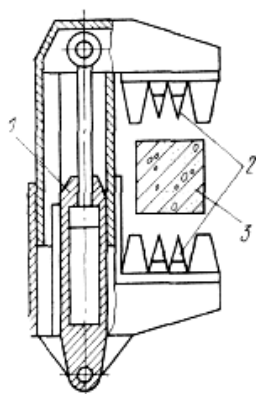


Рис. 6.5. Схема установки сваереза:  
1 – гидроцилиндр; 2 – челюсти с подвижными неподвижными ножами; 3 – свая

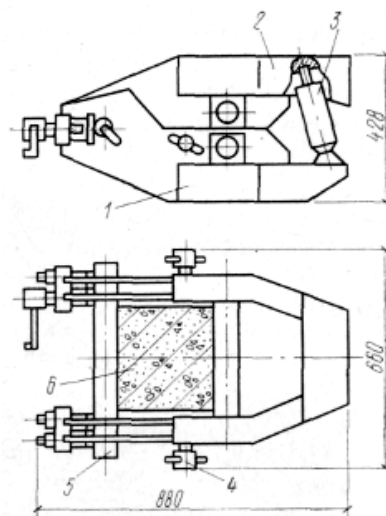


Рис. 6.6. Схема установки сваелома:  
1 – нижняя челюсть; 2 – верхняя челюсть;  
3 – домкрат; 4 – фиксатор; 5 – шкворень; 6 – свая

Применяют для срубания свай **специальные установки** (рис. 6.7), состоящие из жесткой замкнутой станины, подвижной рамы, съемных зубьев и гидродомкрата с поршнем.

Станина имеет проушины для стропов, с помощью которых ее надевают на сваю и устанавливают автокраном на проектной отметке. После включения насоса поршень начинает передвигать подвижную раму, имеющую направляющие планки, по продольным планкам станины. Зубья в это время сближаются, врезаются в бетон сваи и разрушают его. Продольную арматуру сваи срезают автогенем или оставляют для заделки, а ростверк, поперечную арматуру удаляют.

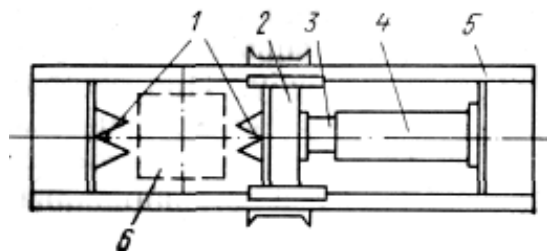


Рис. 6.7. Схема установки для срубания голов свай: 1 – зубья; 2 – рама; 3 – поршень; 4 – гидродомкрат; 5 – станина; 6 – свая

**Устройство для скручивания (срезания) голов железобетонных свай СП-61А** представляет собой сменное рабочее оборудование самоходных копровых установок и предназначено для удаления возвышающихся над проектной отметкой частей железобетонных свай (голов) или разрушения бетона их голов с одновременным оголением арматуры (рис. 6.8).

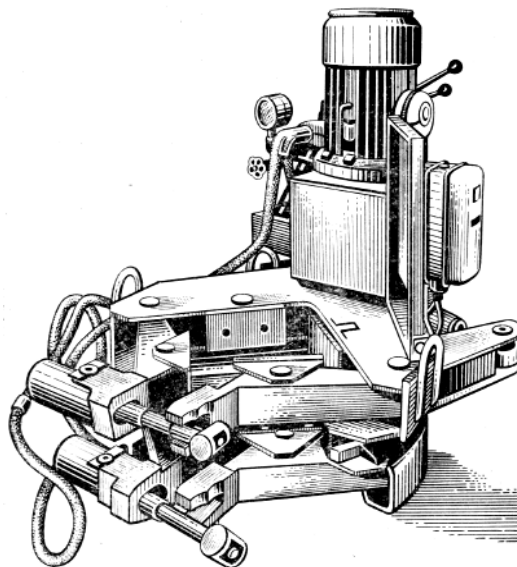


Рис. 6.8. Устройство для скручивания голов свай

На сваю одевается **два захвата**, концы обоих захватов образуют полый цилиндрический шарнир, внутри которого установлены прижимные щеки, охватывающие сваю. Захваты фиксируются на свае гидравлическими зажимами, два других конца захватов соединены между собой гидроцилиндром.

Скручивание сваи в заданной зоне осуществляется **путем вращения захватов**, действующих на сваю подобно двум гаечным ключам. Этим устройством можно скручивать или срезать сваи размером 30×30 или 35×35 см в количестве до 120 свай в смену.

### 3. Выбор оборудования для погружения свай забивкой

**Выбор молота** для забивки свай зависит от запроектированной несущей способности сваи и ее массы.

#### **Определение несущей способности свай и свайных фундаментов.**

Несущую способность свай различных видов и свайных фундаментов определяют по методикам, изложенным в нормативных документах. Так, **несущая способность  $F$  (кН) висячей забивной сваи**, работающей на сжимающую нагрузку, с учетом расчетной схемы сваи, представленной на рис. 6.9, и характера напластования грунтов, следует определять как сумму расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности по формуле

$$F = \gamma(\gamma_R RA + U\gamma_f f_i h_i), \quad (6.6)$$

где  $\gamma$  – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый  $\gamma = 1$ ;

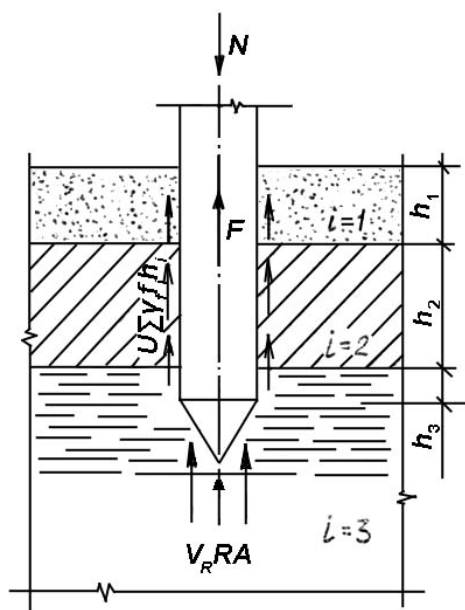


Рис. 6.9. Расчетная схема для определения несущей способности свай  $F$

$R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай, кПа, принимаемое в соответствии с указаниями нормативных документов, ориентировочные значения приведены в приложении;

$A$  – площадь опирания на грунт,  $\text{м}^2$ , принимаемая по площади поперечного сечения брутто или по площади камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру, или по площади свай – оболочки нетто;

$U$  – наружный диаметр поперечного сечения, м;

$f_i$  – расчетное сопротивление  $i$ -того слоя грунта основания на боковой поверхности свай, кПа, принимаемое в соответствии с указаниями нормативных документов, ориентировочные значения приведены в приложении;

$h_i$  – толщина  $i$ -того слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай, м;

$\gamma_R, \gamma_f$  – коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности свай, учитывающие влияние способа погружения на расчетное сопротивление грунта и принимаемые в соответствии с указаниями нормативных документов, ориентировочные значения приведены в приложении;

### Пример 6.1. Определение несущей способности свай.

Грунт песчаный средней плотности, средней крупности. Свая забивается на глубину 5 м. Грунт условно расчлняем на однородные пласты толщиной около 2 м:

1 – мелкий песчаный  $f_i = 23$  кПа,  $h_i = 2$  м;

2 – пылеватоглинистый при показателе текучести  $I_l = 0,4$ ;  $f_i = 25$  кПа;  $h_i = 2$  м;

3 – средней крупности  $f_i = 54,5$  кПа,  $h_i = 1$  м.

Несущая способность свай определяется по формуле (6.6) при следующих значениях коэффициентов:

$$\gamma_f = \gamma_r = \gamma = 1; \quad R = 3400 \text{ кПа}; \quad A = 0,09 \text{ м}^2; \quad U = 0,09 \text{ м}^2.$$

Расчет производим для каждого слоя грунта в отдельности:

$$1 \text{ слой} - F = 1 \cdot (1 \cdot 3400 \cdot 0,09 + 0,09 \cdot 1 \cdot 23 \cdot 2) = 310,14;$$

$$2 \text{ слой} - F = 1 \cdot (1 \cdot 3400 \cdot 0,09 + 0,09 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 2) = 310,5;$$

$$3 \text{ слой} - F = 1 \cdot (1 \cdot 3400 \cdot 0,09 + 0,09 \cdot 1 \cdot 54,5) = 315,81.$$

Несущая способность сваи будет равна

$$F = 310,14 + 310,5 + 315,81 = 936,45 \text{ кН.}$$

### **Выбор сваебойного оборудования.**

**Эффективность забивки сваи** зависит от правильного выбора свайного молота. Молоты для забивки свай выбирают исходя из установленной расчётной нагрузки (несущей способности), допускаемой на сваю, и массы сваи.

Должно быть выдержано **правильное соотношение** массы молота и массы сваи при забивке в грунтах различной плотности. Так, например, масса ударной части свободно падающего молота при забивке сваи длиной 12 м в плотных грунтах должна составлять не менее 1,5 массы сваи с наголовником, а при забивке в грунты средней плотности – 1,25 этой массы. Масса ударной части также зависит от типа дизель-молота. Так, для штангового она должна составлять 1 – 1,25, а трубчатого – 0,4 – 0,7 массы сваи.

**На эффективность** погружения сваи в грунт кроме соотношения масс сваи  $M_C$  и ударной части молота  $M_M$  влияют также частота ударов молота  $n_m$  и скорости соударения  $V_C$  ударной части молота с шаботом. Практически установлена необходимость соблюдения следующих условий:

1)  $0,5 < M_C / M_M < 2,5$  (при  $M_C / M_M > 2,5$  эффективность погружения сваи **резко снижается**);

2)  $V_C < 6$  м/с (при  $V_C > 6$  м/с **большая часть энергии** удара затрачивается на разрушение наголовника и головки сваи);

3)  $n_m > 30$  уд/мин (при  $n_m < 30$  уд/мин свая успевает **полностью остановиться** и молоту приходится дополнительно преодолевать инерцию неподвижной сваи).

Выбор молота выполняется в следующей последовательности. Определяют необходимую минимальную энергию ударов молота  $\mathcal{E}$  (кДж) из формулы

$$\mathcal{E} = 1,75aF, \quad (6.7)$$

где  $a$  – коэффициент, равный 0,25 кДж/т;

$F$  – несущая способность сваи, т.

По полученному значению величины необходимой минимальной энергии ударов подбирают молот, а затем его проверяют по коэффициенту применимости молота  $K$ , который должен быть больше отношения весов молота и сваи к энергии удара:

$$(M_O + M_H + M_C)/\mathcal{E}_P \geq K, \quad (6.8)$$

где  $M_O$  – общий вес молота, Н;

$M_H$  – вес наголовника, может приниматься в предварительных расчетах равным 500 Н;

$M_C$  – вес сваи, (ориентировочные значения приведены в табл. приложения), Н.

$\mathcal{E}_P$  – расчётная энергия удара выбранного молота, Дж, принимаемая – для трубчатых дизель-молотов

$$\mathcal{E}_P = 0,9 M_M H, \quad (6.9)$$

– штанговых дизель-молотов

$$\mathcal{E}_P = 0,4 M_M H, \quad (6.10)$$

– паровоздушных молотов одиночного действия

$$\mathcal{E}_P = 0,9 M_M H C, \quad (6.11)$$

– паровоздушных молотов двойного действия

$$\mathcal{E}_P = (0,9 M_M + pF)h, \quad (6.12)$$

– механических молотов

$$\mathcal{E}_P = 0,9 M_M H, \quad (6.13)$$

где  $M_M$  – масса ударной части молота, Н;

$H$  – фактическая высота падения ударной части, принимаемая на стадии окончания забивки свай для трубчатых дизель-молотов –  $H = 2,8$  м, для штанговых при массе ударных частей 1260, 1800 и 2500 кг – соответственно 1,7; 2 и 2,2 м;

$C$  – КПД молота;

$p$  – давление сжатого воздуха или пара в цилиндре молота, МПа;

$F$  – площадь поршня, см<sup>2</sup>;

$h$  – ход поршня, см.

$K$  – максимальное значение коэффициента применимости молота, принимаемое по табл. 6.3.

Если величина коэффициента  $K$  не превышает значений, указанных в табл. 6.3, то **молот пригоден** для забивки свай.



Значения коэффициента применимости молота  $K$ 

Тип молота	Материал свай		
	дерево	сталь	железобетон
Трубчатый дизель-молот и паровоздушный молот двойного действия	5	5,5	6
Паровоздушный молот одиночного действия и штанговый дизель-молот	3,5	4	5
Подвесной молот, механический	2	2,5	3

Примечание. При забивке стального шпунта и при забивке свай с подмывом коэффициент увеличивается в 1,5 раза.

Если величина коэффициента  $K$  не превышает значений, указанных в табл. 6.3, то **молот пригоден** для забивки свай.

**Пример 6.2.** Подбор свайного молота.

Расчетная нагрузка на сваю  $F = 340$  кДж. Сваи из железобетона квадратного сечения  $0,3 \times 0,3$  м.

Определяем минимальную энергию удара молота  $\mathcal{E}$  (кДж):

$$\mathcal{E} = 0,045 \cdot F = 0,045 \cdot 340 = 15,3 \text{ кДж.}$$

Выбираем молот с расчетной энергией удара  $\mathcal{E}_p > \mathcal{E}$ .

Принимаем трубчатый дизель-молот С-995А с энергией удара

$$\mathcal{E}_p = 0,9QH,$$

где  $Q = 1250$  кг;  $H = 2,8$  м,

$$\mathcal{E}_p = 0,9 \cdot 1250 \text{ кг} \cdot 2,8 \text{ м} = 31,5 \text{ кДж.}$$

Принятая конструкция молота должна удовлетворять условию (6.8):

$$\mathcal{E}_n = m_m \cdot g,$$

где  $m_m$  – масса молота,

$g$  – ускорение свободного падения,  $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ .

$q_c = 1,5$  кН,  $K_n$  принимаем для железобетона  $K_n = 6$ ;  $q_n = 0,5$  кН.

$$\frac{27 + 1,5 + 0,5}{31,5} = 0,92 < 6.$$

Следовательно, молот подобран правильно.

**Окончательную проверку** выбранного молота выполняют при забивке пробных свай. При **недостаточном весе** ударной части молота будут иметь место недобив свай до заданной отметки или разрушения головы свай. В этих случаях необходимо сменить молот на более тяжелый. Для

**плотных грунтов** рекомендуется применять молоты, обладающие большей энергией удара, чем указано в расчетных формулах или забивать сваи с использованием лидерных скважин.

### **Выбор вибропогружателя для погружения свай.**

Определим значение необходимой вынуждающей силы вибропогружателя  $F_0$ , кН:

$$F_0 = \frac{\eta_g \cdot N - 2,8 \cdot G_n}{K_s}, \quad (6.14)$$

где  $\eta_g = 1,4$  – коэффициент надежности по грунту;

$N$  – расчетная нагрузка на сваю по проекту, кН;

$G_n$  – суммарный вес вибросистемы, включая вибропогружатель, свайный элемент и наголовник, кН;

$K_s$  – коэффициент снижения бокового сопротивления грунта во время вибропогружения, принимается по нормативным документам.

Затем подбирается вибропогружатель с условием, чтобы максимальная вынуждающая сила вибропогружателя превышала величину расчетного значения  $F_0$ .

Выполняется проверка по величине статического момента массы дебалансов. Определяется требуемый статический момент массы дебалансов:

$$K_m \geq M_c \cdot A_0 / 100, \quad (6.15)$$

где  $M_c$  – суммарная масса вибросистемы, включая вибропогружатель, свайный элемент и наголовник, кг;

$A_0$  – необходимая амплитуда колебаний при отсутствии сопротивления грунта, см – принимается по справочным данным.

Соблюдение данного условия свидетельствует о правильности подбора марки вибропогружателя.

### **Пример 6.3.** Подбор вибропогружателя для погружения свай.

Сваи квадратного сечения –  $0,4 \times 0,4$  м, длиной 6 м, масса сваи 2,4 т, нагрузка на сваю 470 кН. Грунт – водонасыщенный песчаный.

Следовательно, необходимо применить вибрационный метод погружения свай, т. к. он наиболее эффективен при несвязанных водонасыщенных грунтах.

Марку вибропогружателя принимаем в зависимости от размеров сваи согласно данным, приведенным в приложении. Принимаем вибропогружатель типа ВП-1, имеющий следующие характеристики – вынуждающая сила 250 кН, габаритные размеры  $1321 \times 1290 \times 2778$  мм, масса вибропогружателя (без наголовника и пульта) 4,56 т.

Определим значение необходимой вынуждающей силы  $F_0$  вибропогружателя по формуле (6.14)

$$G_n = 4,56 + 2,4 + 0,5 = 7,46 \text{ т} = 74,6 \text{ кН},$$

где  $\eta_g = 1,4$  коэффициент надежности по грунту;

$N$  – расчетная нагрузка на сваю – 470 кН.

Для песков пылеватых, рыхлых, влажных:

$$K_s = 1,1 \cdot 5,6 = 6,16;$$

$$F_0 = \frac{1,4 \cdot 470 - 2,8 \cdot 74,6}{6,16} = 72,91 \text{ кН};$$

Поскольку максимальная вынуждающая сила вибропогружателя ВП-1 250 кН > 72,91 кН, то марка вибропогружателя выбрана, верно.

Выполняем проверку по величине статического момента массы дебалансов по формуле (6.15) с учетом следующих данных:

$M_c$  – суммарная масса вибросистемы, включая вибропогружатель, свайный элемент и наголовник, кг;  $M_c = 7460$  кг;

$A_0$  – необходимая амплитуда колебаний при отсутствии сопротивления грунта, см;  $A_0 = 0,7 \text{ м} = 70 \text{ см};$

$$K_m = 7460 \cdot 70 / 100 = 52,22 \text{ кг}\cdot\text{м}.$$

По данным табл. П.53 – табл. П.59

$$K_m = 9,3 \text{ т}\cdot\text{м} = 93 \text{ кг}\cdot\text{см},$$

что превышает 52,22 кг·м, т. е. марка вибропогружателя выбрана верно.

**Выбор копров и копрового оборудования.** Выбранными конструкциями молотов для забивки свай должны оборудоваться копры и сваебойные агрегаты. С этой целью в каждом варианте производства работ копер подбирается по требуемой высоте подъема  $H_k$  (м) (рис. 6.10):

$$H_k = l_c + h_3 + l_n + l_{cx} + l \pm h, \quad (6.16)$$

где  $l_c$  – полная длина свай, м;

$h_3$  – запас по высоте, м, принимаемый от 0 до 0,5 м;

$l_n$  – длина молота (вибропогружающего оборудования), м;

$l_{cx}$  – длина свободного хода подвижных частей молота за пределами его габаритов;

$l$  – запас длины для размещения грузоподъемных устройств копра, м;

$h$  – разница между уровнем забивки свай и уровнем стоянки копра, принимается равной нулю (кроме копров на рельсовом ходу и ряда моделей копров на базе экскаваторов), м.

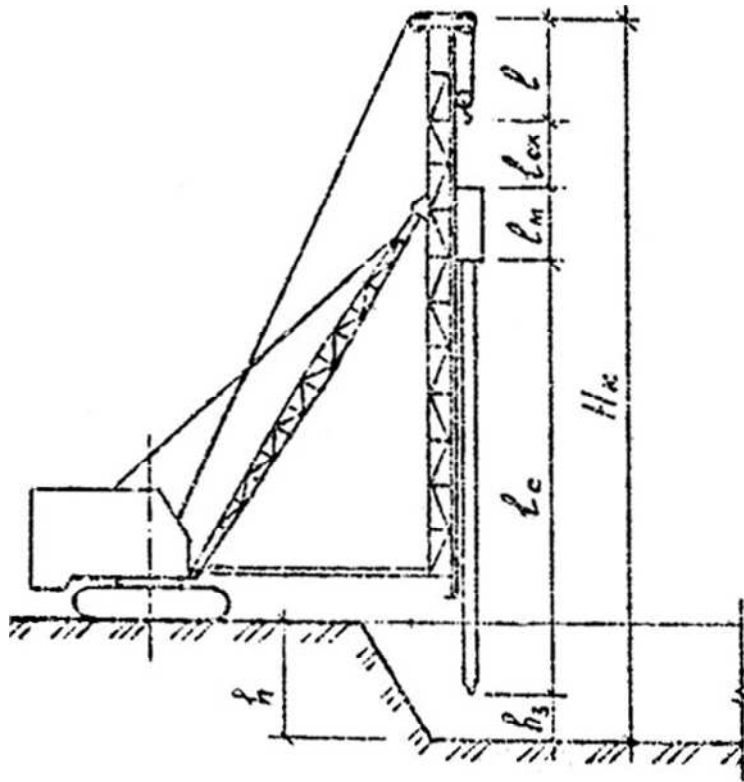


Рис. 6.10. Расчетная схема к определению  $H_k$

По требуемой высоте копра с учетом грузоподъемности, мобильности и маневренности по табл. П.53 – табл. П.59 принимают соответствующие типы и марки копров и базовые машины. **Грузоподъемность копра** должна соответствовать массе сваи и сваепогружающего оборудования.

#### Определение отказа свай.

Забивку свай производят до тех пор, пока она не даст заданного проектом отказа. При изменении в процессе производства работ указанных в проекте параметров молота или свай контрольный остаточный **отказ свай** (см) для свай длиной до 25 м включительно (при  $l > 0,2$  см) при забивке и добивке может быть определен по формуле

$$l = \frac{n \cdot A \cdot \mathcal{E}_p}{KF(KF + n \cdot A)} \cdot \frac{Q_n + E^2 \cdot (q_n + q_c)}{q_n + q_c + Q_n}, \quad (6.17)$$

где  $n$  – коэффициент, кН /м<sup>2</sup>, принимаемый для железобетонных свай с наголовником – 150, деревянных без подбабка – 100, деревянных с подбабком – 80, стальных с наголовником – 500;

$A$  – площадь, ограниченная наружным контуром сплошного или полого поперечного сечения ствола сваи (независимо от наличия или отсутствия у сваи острия), м<sup>2</sup>;

$\mathcal{E}_p$  – расчетная энергия удара, Дж, вычисляемая по формулам (6.9) – (6.13);

$Q$  – вес ударной части молота, кН;

$H$  – фактическая высота падения ударной части, см;

$K$  – коэффициент безопасности по грунту, принимаемый  $K = 1,4$ , а при числе свай в опоре более 20 –  $K = 1$ , при числе свай в опоре 11 – 20, 6 – 10, 1 – 5 – соответственно  $K = 1,6; 1,65; 1,76$ ;

$F$  – несущая способность свай, кН;

$E$  – коэффициент восстановления удара, принимаемый  $E^2 = 0,2$  при забивке железобетонных и стальных свай молотами ударного действия с деревянным вкладышем и  $E^2 = 0$  – при использовании вибропогружателей;

$q_c$  – вес свай, кН;

$q_n$  – вес наголовника, кН;

$Q_n$  – полный вес молота, кН.

**Пример 6.4.** Определение отказа свай.

Определение отказа свай производится по формуле (6.15).

В примере рассматривается свая из железобетона, для которой принимаем значение показателя  $n = 1500$ ,  $A$  – площадь свай  $0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$

$$\mathcal{E}_p = GH = 12500H = 12,05 \text{ кН},$$

$KF = 340 \cdot 1,4 = 476 \text{ кН}$ ,  $E^2 = 0,2$ ,  $q_c = 1,85$ ,  $Q_n = 2,7 \text{ кН}$ , тогда отказ будет

$$\frac{1500 \cdot 0,09 \cdot 12,5}{476(476 + 1500 \cdot 0,09)} \cdot \frac{2,7 + 0,2 \cdot 1,85}{2,7 + 1,85} = 0,004 \text{ м} = 0,4 \text{ см}.$$

Если при забивке свай **не достигают** контрольного отказа, то свай подвергают добивке после «отдыха» в грунте. Если при забивке и при контрольной добивке отказ свай превышает расчётную величину, проектная организация должна определить необходимость контрольных испытаний статической нагрузкой и необходимость корректировки проекта свайного фундамента или его части.

Окончательный выбор типа и марки молота следует делать по результатам **технико-экономического сравнения вариантов** (не менее двух вариантов) производства работ по забивке свай различными видами оборудования с включением в состав комплектов помимо сваебойного оборудования машин и механизмов для выполнения вспомогательных и подготовительных работ. Методика расчета основных нормативов, необходимых для определения технико-экономических показателей по вариантам, приведена в материалах к практическому занятию № 4.

#### 4. Технологическая последовательность выполнения свайных работ

##### **Подготовительные работы.**

К подготовительным работам **относятся** ограждение территории строительства, геодезическая разбивка основных осей сооружения, устройство временных дорог, разработка котлована (если таковой имеется в проекте) и планировка площадки, подсыпка дна котлована песком, устройство площадок для хранения свай, доставка и складирование свай, доставка на объект свайного и вспомогательного оборудования, монтаж копров и другого оборудования.

**При складировании** свай они должны укладываться в штабеля по маркам в горизонтальное положение правильными рядами, не более четырех рядов по высоте, головами к копру, причем высота штабеля не должна превышать  $\frac{2}{3}$  его ширины и быть не более 2 м. Сваи в штабеле должны опираться на подкладки. Высота прокладки должна быть не менее чем на 2 см больше высоты петли, а ширина не менее 7 – 10 см.

##### **Забивка свай молотами.**

Перед началом забивки все механизмы копра, а также молот должны быть проверены и при необходимости испытаны. **Порядок рабочих операций** при забивке – передвижение копра на место забивки очередной сваи, подтягивание сваи к копру (сваю разрешается подтягивать с расстояния не более 5 м и только перпендикулярно оси движения копра), подъем и установка сваи в стрелах копра, затем молот вместе с наголовником опускают на сваю.

После установки молота на сваю по команде закоперщика начинается собственно забивка. Первые удары по свае производятся при небольшой высоте подъема ударной части молота. После того как свая заглубится в грунт на 1 – 1,5 м, переходят на максимальную для данного молота высоту подъема ударной части.

Для контроля глубины погружения сваи ее размечают, причем вначале через 1, затем 0,5, а в верхней части – через 0,1 м с указанием возле риска длины сваи от нижнего конца. От каждого удара свая погружается на определенную величину, которая, однако, по мере ее заглубления уменьшается и наступает такой момент, когда после ударов она погружается практически на одну и ту же величину, которую называют **отказом**.

Отказ свидетельствует о достижении сваей необходимой несущей способности. Его определяют как среднюю величину замера погружения

свай после десяти ударов. Серию из десяти ударов, производимых для определения средней величины отказа, называют **залогом**. При забивке свай быстроходным молотом двойного действия или дизель-молотом, когда считать удары практически невозможно, за отказ принимают величину погружения свай за 1 мин. Свай забивают до достижения расчетного отказа. Если средний отказ в трех последовательных залогах не превышает расчетного, забивку свай считают законченной.

При забивке свай ведут журнал забивки свай по установленным формам.

### **Погружение свай вибропогружателями.**

При возведении свайных фундаментов в водонасыщенных песках малой плотности (плывунах) целесообразно вместо молотов ударного действия для забивки свай применять вибропогружатели. Погружение стального шпунта, балок, стальных труб и т.п. вибропогружателями почти во всех грунтах более эффективно, чем забивка молотами.

Обязательное условие вибропогружения свай – жесткое крепление вибропогружателя к свае, для чего применяются специально приспособленные для этого наголовники. Контроль за погружением свай ведется измерением скорости погружения и амплитуды колебаний погружаемой сваи. При резком снижении скорости или значительном увеличении амплитуды колебаний дальнейшее погружение должно быть прекращено до выяснения причин.

При погружении свай ведется журнал вибропогружения.

## **5. Технологические особенности устройства набивных свай**

Набивные сваи изготавливают непосредственно в грунте путем бурения скважин и заполнения их бетонной смесью. В зависимости от способов изготовления различают виды набивных свай: набивные бетонные (свай Страуса), пневмонабивные, частотрамбованные, вибронабивные, буронабивные, набивные с уширением (пятой), набивные песчаные, грунтобетонные.

При устройстве набивных трамбованных **свай Страуса** полость в грунте образуют методом ударно-вращательного бурения с креплением скважины обсадной трубой, заглубляемой в опорный пласт на 0,2 – 0,5 м. Затем скважину заполняют жесткой бетонной смесью (осадка конуса 3-4 см) на высоту 0,8 – 1 м, после чего ее уплотняют тяжелой трамбовкой с одновременным подъемом обсадной трубы, следя, чтобы ее конец был за-

глублен в смесь не менее чем на 0,3 – 0,4 м. Далее укладывают и уплотняют очередной слой, повторяя операцию до полного заполнения скважины.

**Литые сваи** устраивают в тех случаях, когда грунтовые воды расслаивают трамбуемую бетонную смесь. В этих условиях скважины заполняют литым бетоном (осадка конуса 12 – 16 см). Бетонная смесь, вытесняя воду, заполняет освобождаемую при подъеме обсадной трубы скважину.

**Пневмонабивные сваи** применяют **при большом притоке** грунтовых вод. Их устраивают с помощью специальной обсадной трубы, оборудованной шлюзовым аппаратом, верхним и нижним клапанами. Подавая в освобожденную от грунта обсадную трубу сжатый воздух давлением до 0,4 МПа, из нее удаляют воду, а затем через шлюзовой аппарат скважину заполняют бетонной смесью. Далее операции повторяют при одновременном извлечении обсадной трубы и снижении давления.

**Частотрамбованные сваи** устраивают с помощью копра с блоком на укосине (для подъема арматурных каркасов и бадей с бетоном), а также молота двойного действия и инвентарной обсадной трубы, которую перед забивкой оснащают чугунным башмаком, оставляемым в скважине. Ударами молота трубу погружают до заданной отметки, после чего молот поднимают и закрепляют в крайнем верхнем положении, а в трубу опускают арматурный каркас (если сваи армируются). Далее трубу заполняют бетонной смесью, причем вначале только до половины высоты, а затем трамбуют смесь молотом двойного действия, который крепят к обсадной трубе через подбабок. Молот обеспечивает одновременное уплотнение бетона и извлечение трубы.

**Буронабивные сваи** устраивают путем заполнения бетоном (осадка конуса 18 см) методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) скважин, **пробуренных** без обсадной трубы. Буронабивные сваи изготавливают диаметром 600 – 1200 мм, глубиной до 30 м и применяют их при больших сосредоточенных нагрузках.

Для увеличения несущей способности сваи в нижней части пробуренной скважины **устраивают уширение** с помощью специального уширителя или взрыва. Общим для устройства набивных свай всех типов является основное технологическое требование о **необходимости их бетонирования без перерыва**.

При устройстве буронабивных свай применяют установки вращательного, ударно-канатного и грейферного бурения, а также шнековые бурильные установки. Распространена шнековая бурильная **установка СО-2**. На мачте копрового типа установки размещен электропривод вместе со



шнековой буровой колонной. В процессе бурения скважины привод и колонна передвигаются вдоль направляющих мачты.

Аналогичную конструкцию имеет **бурильнокрановая** установка БУК-600, предназначенная для устройства буронабивных свай диаметром 400 – 600 мм и глубиной до 25 м в связных грунтах. Она представляет собой навесное оборудование на базе крана-экскаватора.

Для устройства буронабивных свай находят применение также **оборудование зарубежных фирм** «Казахгранде» (Италия), «Беното» (Франция), «Като» (Япония). Это оборудование обеспечивает проходку скважин и бетонирование свай с использованием обсадных труб, извлекаемых из скважины в процессе бетонирования.

При возведении фундаментов из набивных свай **наиболее продолжительными и трудоемкими** являются операции, связанные с бетонированием. К таким операциям относятся армирование, подача, укладка, уплотнение бетонной смеси в скважинах, формование оголовков свай, установка арматуры, опалубки и бетонирование ростверка.

**Затраты времени** на выполнение указанных операций при различной технологии составляют 60 – 70 % общей продолжительности возведения фундаментов. Трудовые затраты на бетонирование свай и ростверков достигают в некоторых случаях 35 % общих трудовых затрат на устройство фундаментов. Приведенные данные свидетельствуют о том, что совершенствование процессов бетонирования является существенным резервом роста производительности труда.

В практике отечественного и зарубежного строительства фундаментов из набивных свай известно применение разнообразных методов бетонирования с использованием различного оборудования для тех или иных грунтовых условий строительных площадок. Отличие методов бетонирования друг от друга заключается в различных **способах подачи и укладки** бетонной смеси в пробуренные скважины, а также в способах и применяемых средствах для уплотнения бетонной смеси.

Наиболее распространенным в отечественной практике фундаментостроения является способ бетонирования набивных свай, устраиваемых в связных грунтах, включающий следующие после бурения скважин технологические операции (рис. 6.11):

- установку кондукторов в устье скважин;
- установку и фиксацию арматурных каркасов;
- установку опалубок для формования голов свай;
- доставку бетонной смеси на строительную площадку;

- установку воронок для бетонирования;
- подачу и укладку бетонной смеси в скважины;
- уплотнение бетонной смеси;
- формирование голов свай;
- уплотнение бетонной смеси голов свай;
- уход за бетоном;
- распалубку голов свай.

Для предотвращения осыпания грунта в скважины после бурения в их устья устанавливают кондукторы. Роль кондукторов может выполнять инвентарная опалубка для формирования голов свай.

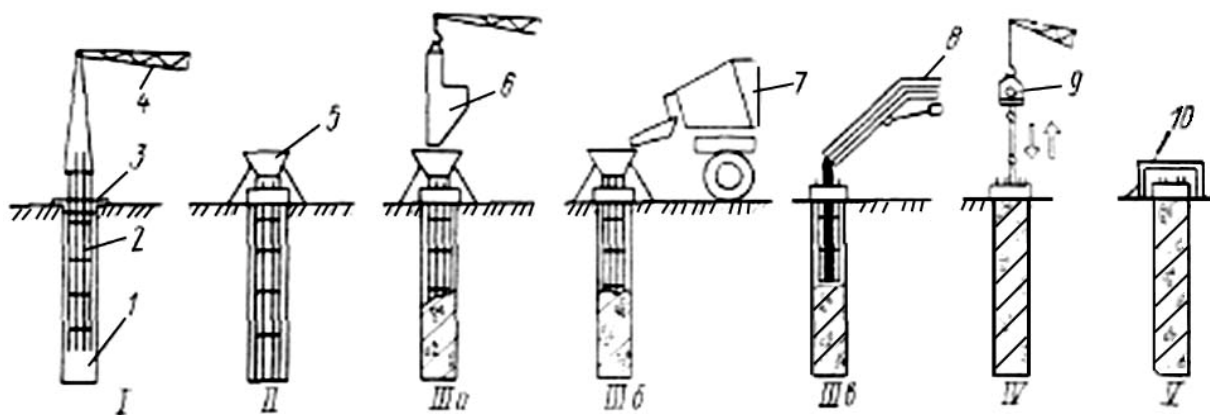


Рис. 6.11. Технологическая схема бетонирования набивных свай: I – установка кондуктора и арматурного каркаса; II – установка опалубки и воронки; III а – бетонирование краном и бадьей; III б – бетонирование с использованием автобетоносмесителя; III в – бетонирование бетононасосами; IV – виброуплотнение бетонной смеси; V – утепление головы сваи; 1 – скважина; 2 – арматурный каркас; 3 – кондуктор; 4 – кран; 5 – воронка; 6 – бадья; 7 – автобетоносмеситель; 8 – распределительная стрела бетононасоса; 9 – виброуплотнитель; 10 – утеплитель

## 6. Разработка документации на производство свайных работ на строительной площадке

Основной документ, определяющий организацию и технологию свайных работ на объекте, – проект производства работ (ППР), в составе которого разрабатывается календарный план производства работ, стройгенплан объекта с нанесением на нем границ и отметок дна котлована, осей свайный рядов, путей движения копров, постоянных и временных автодорог, мест складирования свай и др., технологические карты на сложные для выполнения работы, а также ряд других документов и краткую по-

яснительную записку, содержащую расчет потребности в свайных агрегатах, оборудовании, а также указания по производству работ и технико-экономические обоснования принятых решений.

При разработке технологии необходимо предусматривать мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда и снижение себестоимости забивки свай:

- места складирования свай должны располагаться возможно ближе к путям движения копров с тем, чтобы захват и подъем сваи могли осуществляться самим копром без помощи крана с расстояния до 5м;
- перемещение копров должно быть по возможности прямолинейным с минимальным количеством поворотов;
- транспортные средства внутри стройплощадки должны двигаться по кольцевой схеме, желательно с отдельными въездом и выездом.

Для обеспечения возможности совмещения работ, непрерывного и равномерного их выполнения, с целью организации потока, строящийся объект расчленяется на отдельные участки (захватки).

В зданиях, состоящих из нескольких температурных блоков (размер температурных блоков не превышает 72 м), за захватку, как правило, принимают один температурный блок (рис. 6.12). Если здание состоит из одного блока, за захватку можно принимать один или несколько пролетов температурного блока. В случае если здание в виде одного температурного блока имеет всего один пролет, за захватку принимается часть пролета по длине здания или часть фундаментов вдоль одной из продольных осей здания.

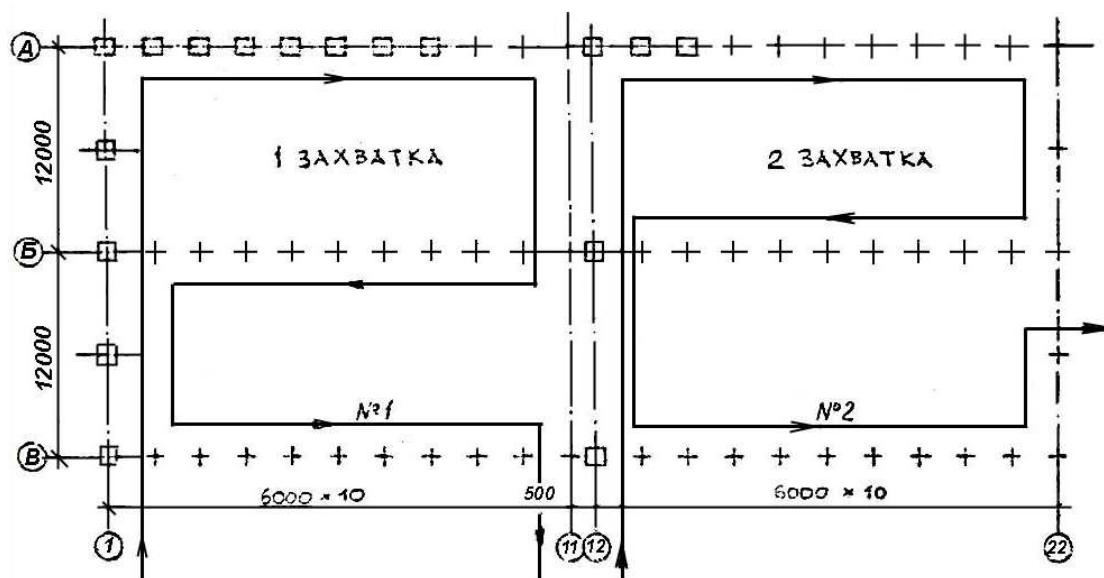


Рис. 6.12. Схема разбивки здания на захватки: + – места погружения свай; □ – погруженные сваи; → – направление движения копровых агрегатов

При забивке свай **одним копровым агрегатом** за хватку принимается один температурный блок, если же здание состоит из одного температурного блока, то в этом случае его разбивают на хватки вдоль или поперек пролетов с выделением участков на всю длину или ширину здания (рис. 6.13). **Число хваток**, с точки зрения безопасности ведения работ, зависит от количества копровых агрегатов для забивки свай. При устройстве фундаментов здания двумя агрегатами, оно разбивается, **как минимум**, на две хватки. **Ведущим процессом** при этом является погружение свай в грунт.

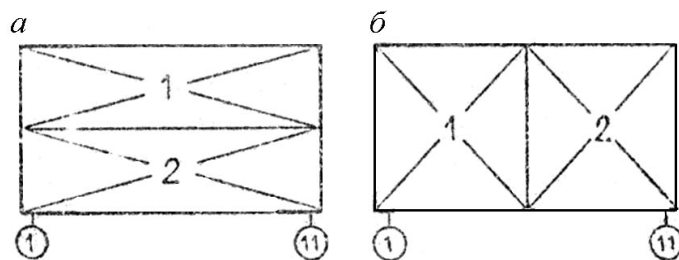


Рис. 6.13. Схемы разбивки здания на хватки вдоль (а) и поперек (б) пролетов

Для обеспечения безопасности производства работ **двумя копровыми агрегатами** каждый блок здания целесообразно разбить на две хватки по две на каждый агрегат (рис. 6.14). При этом если агрегат № 1 работает на 1 хватке, то агрегат №2 – на 3 хватке, т.е. агрегаты работают в разных блоках с перемещением их в одном направлении. В это время на 2 и 4 хватках выполняют другие подготовительные и вспомогательные работы.

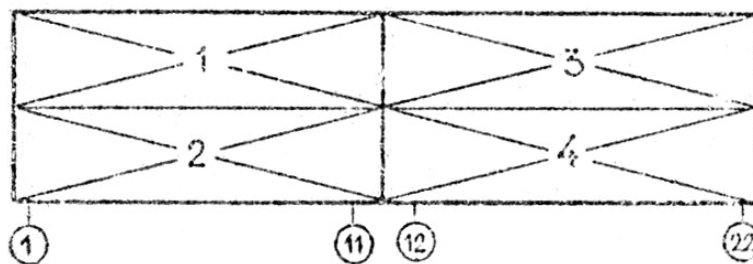


Рис. 6.14. Схема разбивки фундаментов здания из двух температурных блоков для двух копровых агрегатов на хватки

Во всех случаях при разбивке на хватки следует стремиться к тому, чтобы **объемы работ** на хватках были равны, что позволяет облегчить ритмичный поток. **Минимальное число хваток**, на которое следует разбивать здание, должно приниматься **не менее двух**, так как в противном случае приходится, с целью совмещения, организовывать работу в две и более смен, что приводит к существенным потерям.

После разбивки здания на захваты следует разработать **схему очередности** погружения свай, которая зависит от конструктивно-планировочной схемы здания (рис. 6.15).

**Последовательно-рядовая** схема забивки применяется в несвязных грунтах, в глинах и суглинках такая схема забивки может привести к **неравномерным осадкам** сооружения.

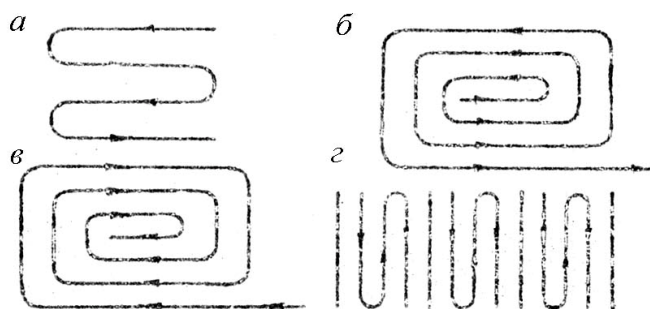


Рис. 6.15. Схемы очередности погружения свай:  
*а* – последовательно-рядовая; *б*, *в* – концентрические; *г* – секционная

**Концентрическая от краев к центру** забивка характерна сильным уплотнением центральной зоны, поэтому применять такую схему следует в слабых, водонасыщенных грунтах. Концентрическая забивка **от центра к краям** возможна в слабосжимаемых грунтах, иначе сваи в процессе забивки будут отклоняться из-за неравномерного уплотнения грунта со стороны забитых свай к свободной внешней части. При **секционной схеме забивки**, применяемой в связных грунтах, сначала членят свайное поле на секции. Забивку свай **начинают в граничных рядах**, а затем ведут **последовательно-рядовую** забивку в пределах секции.

**Последовательность погружения свай** назначается в зависимости от размеров здания, числа свай на один куст, принятого типа сваебойного агрегата, раскладки свай и других факторов.

От выбранного варианта погружения свай зависят трудоемкость и производительность труда. Так, на рис. 6.16 по схеме *а*) предусматривается прямолинейное передвижение копровой установки вдоль фронта работ. При этом способе повышается точность забивки свай, но увеличивается объем земляных работ – требуется дополнительная разработка полосы котлована для проходки копра. Схема *б*) предусматривает зигзагообразный вариант передвижения копровой установки, при этом объем земляных работ уменьшается, а длина пути установки при забивке трех рядов свай увеличивается.

**Пример** разработки схемы организации работ по устройству свайных фундаментов для трехпролетного двухсекционного здания показан на рис. 6.17.

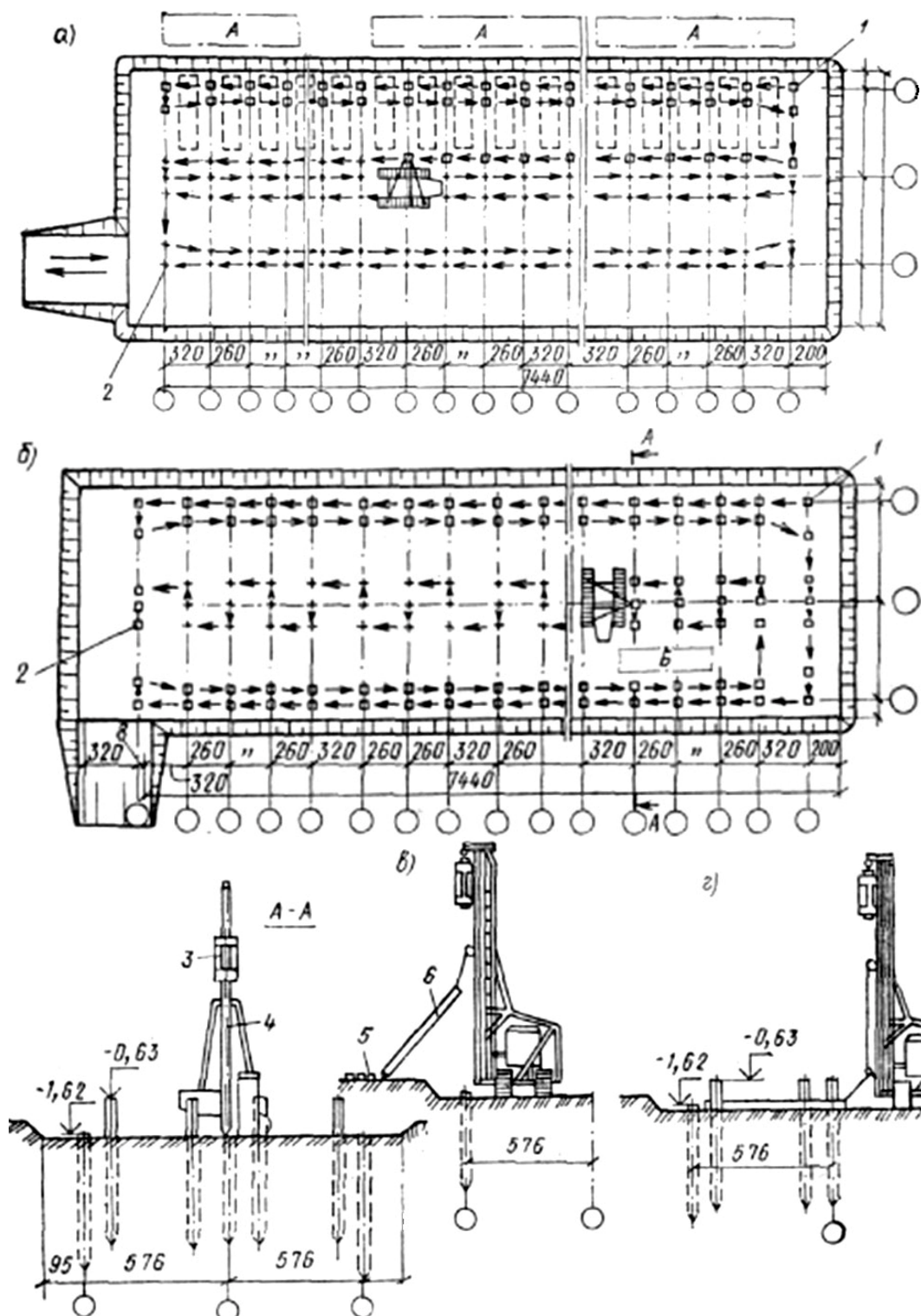


Рис. 6.16. Последовательность забивки свай: а, б – варианты забивки свай копровой установкой С-714; в – схема подтаскивания свай на штабеля А; з – то же, из штабеля Б; 1 – начало работы; 2 – окончание работы; 3 – дизель-молот; 4 – забиваемые сваи; 5 – разложение свай; 6 – подтягивание свай копровой установкой

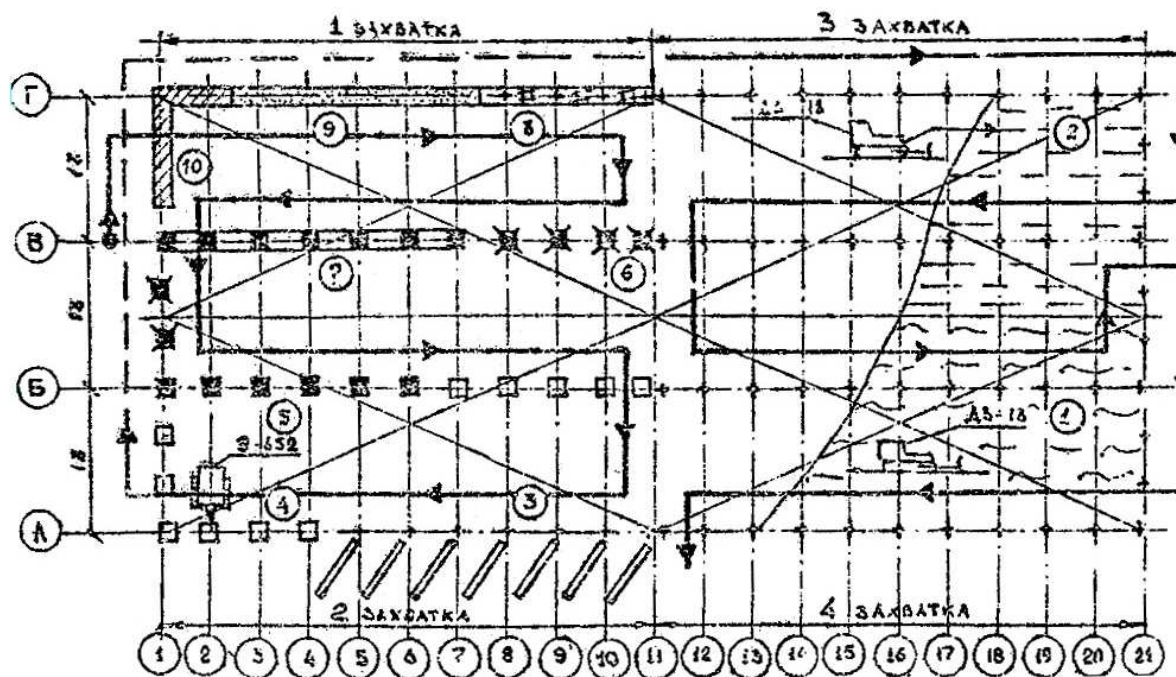


Рис. 6.17. Схема организации свайных работ на строительной площадке: 1 – 10 – порядок производства работ на площадке; → – путь движения копрового агрегата

На схеме отражены и увязаны в технологической последовательности следующие виды основных работ:

- 1 – снятие растительного слоя;
- 2 – предварительная планировка площадки;
- 3 – доставка и складирование свай у мест их погружения;
- 4 – погружение железобетонных свай;
- 5 – срубка голов свай;
- 6 – отгибание арматурных стержней каркаса свай;
- 7 – устройство опалубки ростверка;
- 8 – установка арматуры (сеток, каркасов ростверков);
- 9 – укладка бетонной смеси;
- 10 – распалубливание (демонтаж опалубки).

**ТЕМА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ,  
СОСТАВЛЕНИЕ КАЛЬКУЛЯЦИИ.  
ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ГРАФИКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ**

1. Определение трудоемкости и продолжительности работ.
2. Составление калькуляции затрат труда на производство работ.
3. Построение линейных графиков выполнения работ.

**1. Определение трудоемкости и продолжительности работ**

Трудоемкость работ рассчитывается на основе норм затрат труда – НТК (ЕНиР). В НТК (ЕНиР) приведен показатель нормы времени ( $H_{вр}$ ) – это количество рабочего времени, необходимое для изготовления единицы продукции производителем работ (рабочим, звеном, машиной и т.д.).

Норма времени позволяет определить главный показатель производительности труда – норму выработки. Норма выработки ( $H_{выр}$ ) – количество продукции, выполненной производителем работ за единицу времени.

Норма выработки  $H_{выр}$  на любой вид работ определяется по формуле

$$H_{выр} = \frac{1}{H_{вр}}, \quad (7.1)$$

где  $H_{вр}$  – норма времени (по ЕНиР или НТК).

Затраты труда и продолжительность работ определяются следующим образом. Затраты труда (трудоемкость) в чел-ч/маш-ч определяется по формуле

$$T_{чел-ч/маш-ч} = V \cdot H_{вр}, \quad (7.2)$$

где  $V$  – объем данного вида работ.

Трудоемкость работ в чел.-дн./маш.-см. определяется по формуле

$$T_{чел-дн/маш-см} = \frac{T_{чел-ч/маш-ч}}{8}, \quad (7.3)$$

где 8 – продолжительность смены, ч.

Продолжительность работ в сменах ( $t_{см}$ ) определяется по формуле

$$t_{см} = \frac{T_{чел-дн/маш-см}}{N}, \quad (7.4)$$

где  $N$  – количество работающих людей (машин).



Продолжительность работ в днях ( $t_{\text{дн}}$ ) определяется по формуле

$$t_{\text{дн}} = \frac{T_{\text{чел-дн/ маш-см}}}{N \cdot n}, \quad (7.5)$$

где  $n$  – количество смен в сутках.

## 2. Составление калькуляции затрат труда на производство работ

Форма калькуляции затрат труда приводится в РДС 1.03.02-2003. До начала заполнения калькуляции необходимо выполнить подсчет объемов работ в единицах измерения, принятых в НЗТ или ЕНиР (графа калькуляции № 5). Состав звена (профессия, разряд, количество) определяется также по НЗТ или ЕНиР (графы калькуляции № 7 – 9). При заполнении графы калькуляции № 10 затраты труда подсчитываются в соответствии с формулой (7.2).

### Пример 7.1.

Определить затраты труда и составить калькуляцию на выполнение комплекса земляных работ при устройстве котлована.

В комплекс работ включены работы по срезке растительного слоя ( $7600 \text{ м}^2$ ) и разработке котлована ( $4500 \text{ м}^3$ ). Срезка растительного слоя выполняется бульдозером ДЗ-18 (на базе трактора Т-100). Разработка котлована – одноковшовым экскаватором Э-504, оборудованным обратной лопатой (ковш экскаватора с зубьями, вместимостью  $0,5 \text{ м}^3$ ). Способ разработки грунта – с погрузкой в транспортные средства ( $4700 \text{ т}$  ( $3000 \text{ м}^3$ )), вымет –  $1500 \text{ м}^3$ . На отвозке грунта работает 2 автосамосвала МАЗ 503А. Доработка грунта выполняется бульдозером ДЗ-18 (на базе трактора Т-100), средняя дальность перемещения грунта  $25 \text{ м}$  ( $450 \text{ м}^3$ ). Группа грунта – II.

### Решение.

По каждому виду работ определяются затраты труда:

1. Срезка растительного слоя (§Е2-1-5, п. 1б):

– единица измерения –  $1000 \text{ м}^2$ ;

–  $N_{\text{вр}} = 1,5 \text{ чел.-ч}$  ( $1,5 \text{ маш.-ч}$ );

– состав звена – машинист 6 разряда;

– затраты труда –  $1,5 \text{ чел.-ч} \times 7,6 = 11,4 \text{ чел.-ч}$  ( $1,5 \text{ маш.-ч} \times 7,6 = 11,4 \text{ маш.-ч}$ ).

2. Разработка грунта при устройстве котлована с погрузкой грунта в транспортные средства (§Е2-1-11, табл. 3, п. 4б):

– единица измерения –  $100 \text{ м}^3$ ;

- $N_{вр} = 3,5$  чел.-ч (3,5 маш.-ч);
- состав звена – машинист 6 разряда;
- затраты труда –  $3,5$  чел.-ч  $\times 30 = 105$  чел.-ч ( $3,5$  маш.-ч  $\times 30 = 105$  маш.-ч).

3. Разработка грунта при устройстве котлована навывмет (§Е2-1-11, табл. 3, п. 4з):

- единица измерения –  $100 \text{ м}^3$ ;
- $N_{вр} = 2,2$  чел.-ч (2,2 маш.-ч);
- состав звена – машинист 6 разряда;
- затраты труда –  $2,2$  чел.-ч  $\times 15 = 33$  чел.-ч ( $2,2$  маш.-ч  $\times 15 = 33$  маш.-ч).

4. Транспортирование грунта автосамосвалами ( $N_{вр}$  по ТК ЦНИИ-ОНТП):

- единица измерения – 1 т;
- $N_{вр} = 0,03$  чел.-ч (0,03 маш.-ч);
- состав звена – водитель самосвала;
- затраты труда –  $0,03$  чел.-ч  $\times 4700 = 141$  чел.-ч ( $0,03$  маш.-ч  $\times 4700 = 141$  маш.-ч).

5. Разработка недобора грунта бульдозером (§Е2-1-22, п. 3б, п. 3д):

- единица измерения –  $100 \text{ м}^3$ ;
- $N_{вр} = 0,62$  чел.-ч (0,62 маш.-ч) при дальности перемещения грунта до 10 м;
- $N_{вр} = 0,49$  чел.-ч (0,49 маш.-ч) на каждые следующие 10 м;
- состав звена – машинист 6 разряда;
- затраты труда –  $(0,62 \text{ чел.-ч} + 0,49 \text{ чел.-ч} \times 1,5) \times 4,5 = 6,1$  чел.-ч (6,1 маш.-ч).

Результаты расчета сводим в табл. 7.1.

### 3. Построение линейных графиков выполнения работ

Календарный график производства работ является основным оперативным документом по выполнению всех строительных работ на объекте. Построение графика производства работ позволяет установить последовательность выполнения работ, продолжительность и взаимную увязку в работе отдельных звеньев рабочих.

При построении графика необходимо стремиться к сокращению срока работ за счет увеличения сменности и совмещения во времени отдельных видов работ, не нарушая при этом требований техники безопасности.

Таблица 7.1

## Калькуляция затрат труда при устройстве котлована

№ п/п	Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем	Норма времени на единицу, чел.-ч (маш.-ч)	Состав звена			Затраты труда на объем, чел.-ч (маш.-ч)
						Профессия	Разряд	Количество	
1	§Е2-1-5 п. 1б	Срезка растительного слоя II группы бульдозером ДЗ-18 (Т-100)	1000 м <sup>2</sup>	7600	1,5 (1,5)	машинист	6	1	11,4 (11,4)
2	§Е2-1-11 табл. 3, п. 4 б	Разработка грунта II группы в котловане одноковшовым экскаватором (обратная лопата) с погрузкой в транспортные средства; вместимость ковша с зубьями 0,5 м <sup>3</sup>	100 м <sup>3</sup>	3000	3,5 (3,5)	Машинист	6	1	105 (105)
3	§Е2-1-11 табл. 3, п. 4з	Разработка грунта II группы в котловане одноковшовым экскаватором (обратная лопата) навывмет; при вместимости ковша 0,5 м <sup>3</sup>	100 м <sup>3</sup>	1500	2,2 (2,2)	Машинист	6	1	33 (33)
4	ТК ЦНИИ-ОНТИ	Транспортирование грунта автосамосвалами	1 т	4700	0,03 (0,03)	машинист	6	1	141 (141)
5	§Е2-1-22 п. 3б, п. 3д	Разработка недобора грунта II группы бульдозером ДЗ-18 (Т-100) при дальности перемещения грунта 25 м	100 м <sup>3</sup>	450	1,355 (1,355)	Машинист	6	1	6,1 (6,1)
								Всего:	296,5 (296,5)

При заполнении графа календарного плана (графика) производства работ в графу № 1 записывается наименование работ. При этом если в калькуляции предусматривается отдельное определение трудоемкости работ, например, при работе экскаватора навывмет и с погрузкой в транспортные средства, то здесь ставится величина суммарной трудоемкости, так как экскаватор выполняет эти операции по мере необходимости в едином потоке выполнения работ по рытью котлована.

При заполнении графы № 3 проставляются из калькуляции значения объемов работ, которые, при необходимости, суммируются с учетом наименования работ в графе № 1. Аналогично из калькуляции в графу № 4 переносится сводное значение затрат труда, которое предварительно должно быть переведено в чел.-дн. по формуле (7.3).

При разработке календарных планов в качестве исходного параметра задается директивное значение срока выполнения всего комплекса работ. Заданный срок производства работ позволяет определить необходимое количество смен в сутки (графа № 8), которое принимается 1-2 смены.

Продолжительность работ каждого вида рекомендуется назначать кратным смене или 0,5 смены. Для этого допускается округлять значения затрат труда (графа № 4) с процентом выполнения норм не более значений 110 – 125 %. Окончательная величина продолжительности работ (графа № 7) назначается путем деления округленного значения на принятое количество смен и численный состав звена рабочих, занятых на данной работе. Норма времени в ЕНиР дана с учетом численного состава звена рабочих, занятых на данной работе. Если числом смен не удастся обеспечить выполнение работ в заданные сроки, тогда можно увеличить требуемое число звеньев (численность рабочих в смену (графа № 9)).

Календарный график должен отражать принятую технологическую схему рабочих процессов, увязывая во времени технологические операции и рабочие приемы. График должен предусматривать возможность совмещения операций, переход звеньев или бригад с одной работы на другую и повышение производительности труда для данного звена. При установлении очередности выполнения процессов и операций необходимо руководствоваться следующими положениями:

- а) заданным сроком производства работ;
- б) соблюдать рациональную технологическую последовательность выполнения операций;

в) стремиться к возможному совмещению выполнения отдельных операций;

г) соблюдать равнопоточность работ.

Продолжительность отдельных операций в потоке определяется на основании подсчитанных ранее потребности в механизмах и трудоемкости по отдельным процессам.

При разработке правой части календарного плана производства работ (графа № 11) необходимо соблюдать строгую последовательность в графическом изображении выполняемых процессов. Процессы графически изображаются в виде линий (в виде одной линии при работе в 1 смену; в виде двух параллельных линий при работе в 2 смены), причем длина линий должна соответствовать продолжительности данного вида работы в днях.

Если в одном потоке выполняются несколько видов земляных работ в один и тот же период времени (например, с разработкой грунта в выемке и перемещением его в насыпь выполняется одновременно, но периодически, еще три вида работ: разрыхление грунта, разравнивание грунта в насыпи и укатка грунта в насыпи), их графически объединяют, для чего линии, изображающие данный процесс по видам земляных работ, вычерчивается в виде пунктирных линий длиной, равной суммарной продолжительности в днях этих видов земляных работ (то есть сюда входят: разрыхление грунта в выемке, разравнивание и укатка грунта в насыпи). Процесс производства земляных работ по разработке грунта в выемке и перемещению его в насыпь изображается в виде сплошных линий, длина которых равна продолжительности в днях этого вида земляных работ.

В соответствии с календарным планом производства работ строят график изменения численности рабочих и график движения основных машин и механизмов, на которых изображается ежедневный выход рабочих на работу, а также работа привлекаемых машин и механизмов.

### **Пример 7.2.**

Построить календарный план производства работ при устройстве котлована.

Разработка графика производства работ выполнена по данным примера 7.1 с использованием разработанной калькуляции (табл. 7.1).

Пример построения календарного плана производства работ при устройстве котлована приведен в табл. 7.2.

Таблица 7.2

## Календарный план производства работ при устройстве котлована

Наименование работ	Объем работ		Загрaты труда, чел.-дн.	Требуемые машины		Продолжительность работы, дн.	Число смен	Численность рабочих в смену	Состав бригады	График работ											
	единица измерения	количество		наименование	число маш.-см.					дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Срезка растительного слоя	1000 м <sup>2</sup>	7600	1,4	ДЗ-18 1 шт.	1,4	1,5	1	1	Маш-бр	■											
Разработка котлована	100 м <sup>3</sup>	4500	17,25	Э-504 1 шт.	17,25	8,5	2	1	Маш-бр	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Транспортирование грунта	1 т	4600	17,63	МАЗ 503А 2 шт.	17,63	4,5	2	2	Маш-бр	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Разработка дoбoра грунта	100 м <sup>3</sup>	450	0,76	ДЗ-18 1 шт.	0,76	1	1	1	Маш-бр												■

## **ТЕМА 8. ДОКУМЕНТАЦИЯ НА СКРЫТЫЕ РАБОТЫ. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ**

1. Составление документации на скрытые работы.
2. Контроль качества работ.
  - 2.1. Вертикальная планировка.
  - 2.2. Геодезическая разбивка котлованов.
  - 2.3. Разработка котлованов экскаваторами.
  - 2.4. Разработка траншей.
  - 2.5. Обратная засыпка и уплотнение грунта.
  - 2.6. Геодезическая разбивка свайного поля.
  - 2.7. Геодезические разбивки при устройстве сборных и монолитных фундаментов.
  - 2.8. Устройство свайного поля.
  - 2.9. Устройство опалубки для монолитного ростверка
  - 2.10. Армирование ростверка
  - 2.11. Бетонирование монолитного ростверка.
  - 2.12. Монтаж сборных оголовков безростверкового фундамента.

### **1. Составление документации на скрытые работы**

Качество производства строительно-монтажных работ регламентируется строительными нормами (СНБ, СНиП), в которых устанавливается состав и порядок контроля, правила приемки работ, оформление скрытых работ и другие мероприятия, направленные на обеспечение высокого качества строительной продукции.

Скрытыми называются такие работы, после окончания которых, получена строительная продукция, которая при выполнении последующих строительных работ становится недоступной для визуальной оценки.

К числу скрытых работ относятся, например, подготовленные для устройства фундаментов основания, гидроизоляция фундаментов ниже планировочной отметки грунта, в железобетонных конструкциях – положение установленной арматуры и т.д.

На скрытые работы в соответствии с требованиями СНиП 3.01.01-85\* оформляется акт освидетельствования скрытых работ. Ниже представлена форма акта освидетельствования скрытых работ.

Акт освидетельствования скрытых работ должен составляться на завершенный процесс, выполненный самостоятельным подразделением исполнителей.

АКТ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СКРЫТЫХ РАБОТ

\_\_\_\_\_

(наименование работ)

выполненных

В

\_\_\_\_\_

(наименование и место расположения объекта)

" " \_\_\_\_\_ 19\_\_ г.

Комиссия в составе:

представителя строительно-монтажной организации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(фамилия, инициалы, должность)

представителя технического надзора заказчика \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(фамилия, инициалы, должность)

представителя проектной организации (в случаях осуществления авторского надзора проектной организации в соответствии с требованиями п.1.5 СНиП 1.06.05-85 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(фамилия, инициалы, должность)

произвела осмотр работ, выполненных \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(наименование строительно-монтажной организации)

и составила настоящий акт о нижеследующем:

1. К освидетельствованию предъявлены следующие работы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(наименование скрытых работ)

2. Работы выполнены по проектно-сметной документации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(наименование проектной организации, № чертежей и дата их составления)



3. При выполнении работ применены \_\_\_\_\_  
(наименование материалов,

\_\_\_\_\_

конструкций, изделий со ссылкой на сертификаты или другие

\_\_\_\_\_

документы, подтверждающие качество)

4. При выполнении работ отсутствуют (или допущены) отклонения от проектно-сметной документации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(при наличии отклонений указывается,

\_\_\_\_\_

кем согласованы, № чертежей и дата согласования)

5. Дата: начала работ \_\_\_\_\_

окончания работ \_\_\_\_\_

#### Решение комиссии

Работы выполнены в соответствии с проектно-сметной документацией, стандартами, строительными нормами и правилами и отвечают требованиям их приемки.

На основании изложенного разрешается производство последующих работ по устройству (монтажу) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(наименование работ и конструкций)

Представитель строительно-монтажной организации

\_\_\_\_\_

(подпись)

Представитель технического надзора заказчика

\_\_\_\_\_

(подпись)

Представитель проектной организации

\_\_\_\_\_

(подпись)

К составлению акта привлекаются исполнитель работ, а также представитель технического надзора заказчика и представитель проектной организации. Для оформления актов на сложные и ответственные скрытые работы создаются специальные комиссии.

Освидетельствование скрытых работ и составление акта в случаях, когда последующие работы должны начинаться после перерыва, следует производить непосредственно перед производством последующих работ. Во всех случаях **запрещается** выполнение последующих работ при отсутствии актов освидетельствования предшествующих скрытых работ.

## 2. Контроль качества работ

Производство строительно-монтажных работ предполагает необходимость обеспечения высокого качества строительной продукции, непрерывного повышения его уровня.

**Качеством** изделия называется совокупность свойств, определяющих степень пригодности изделия для использования по назначению. Качество формируется на всех стадиях создания продукции и определяется государственными стандартами (СТБ, ГОСТ). Сохранение качества при определенных условиях эксплуатации характеризует **надежность** изделий. Способность изделия к длительной эксплуатации при необходимом техническом обслуживании определяет понятие **долговечности**.

Для оценки качественных показателей создана система допусков и посадок. При этом под допуском следует понимать разность между наибольшим и наименьшим допустимыми размерами, в пределах которых могут колебаться действительные размеры изготовленных изделий; характер сопряжения двух элементов – величину зазоров, которую принято называть посадкой.

Основными законодательными документами, регламентирующими стадии и этапы строительства, являются строительные нормы и правила (СНБ, СНиП). В них содержатся основные правила и нормы, на основании которых разрабатываются инструкции, указания и другие ведомственные документы, разрабатываемые и утверждаемые в установленном порядке.

Возведение строительных объектов подразумевает осуществление различных видов контроля качества.

В зависимости от использования специальных средств контроля различают методы контроля:

- измерительный контроль, выполняемый с применением средств измерения;
- визуальный контроль;

- технический осмотр;
- регистрационный контроль, выполняемый путем анализа данных, зафиксированных в документах, в том числе в актах освидетельствования скрытых работ.

В зависимости от места и времени проведения контроля в технологическом процессе предусматриваются следующие его стадии (этапы):

- входной (предварительный);
- операционный (в ходе производства работ);
- приемочный (заключительный).

Входной контроль включает проверку технической документации, определяющей высотное и плановое положение возводимых земляных сооружений, данные гидрогеологических изысканий и испытаний грунтов, акты выноса в натуре основных элементов земляных сооружений и закрепления их на местности. Контроль осуществляется преимущественно регистрационным методом (по проектной и исполнительной документации, сертификатам, накладным и др.), а при необходимости – измерительным методом.

Операционный контроль выполняется в ходе производства работ или после их завершения в полном соответствии с ППР, технологическими картами и картами трудовых процессов. Осуществляется измерительным методом или техническим осмотром. Результаты контроля фиксируются в общих или специальных журналах контроля и других соответствующих документах.

Операционный контроль качества уплотнения грунтов осуществляется, как правило, грунтовыми лабораториями. Приемочный контроль выполняется по завершении строительства объекта или его этапов, скрытых работ и других объектов контроля. По его результатам принимаются документированные решения о пригодности объекта к эксплуатации или выполнении последующих работ.

При приемке выполненных работ производятся освидетельствование работ в натуре, контрольные замеры, проверка результатов лабораторных испытаний грунтов, записей в общем и специальных журналах работ.

**Заключительная сдача-приемка работ** производится на основании: проверки наличия технической документации; выборочной проверки качества выполнения работ и геометрических размеров земляных сооружений; актов приемки скрытых видов работ.

Величины допускаемых отклонений и состав контроля основных операций при выполнении земляных работ и устройстве фундаментов рас-

сматриваются студентами на примере разработанных схем операционного контроля.

Во время занятий студенты изучают представленные схемы операционного контроля, анализируют операции, подлежащие контролю при выполнении заданного вида работ, состав, способ, сроки контроля, устанавливают лиц, выполняющих и привлекающихся к выполнению проверки качества, определяют наличие работ, относящихся к скрытым.

## СХЕМЫ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

(представлены из альбома «Схемы операционного контроля качества выполнения строительно-монтажных работ», Рига. 1988 г. Ряд требований нормативных документов устарели, ссылки на них даны в учебных целях)

### 2.1. Вертикальная планировка (СНиП 3.02.01-87)

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.1. Приемка работ по планировке территории состоит в установлении правильности отметок и уклонов спланированной поверхности (рис. 8.1).

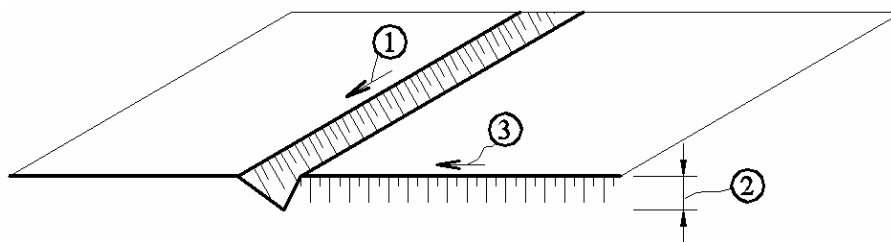


Рис. 8.1. Вертикальная планировка

Вертикальная планировка на участках выемок должна быть осуществлена до устройства на них коммуникаций и фундаментов, а на участках насыпей – после устройства тех же сооружений и ограждения от поступления поверхностных вод.

1. Предельное отклонение продольного уклона водоотводных канав  $\pm 0,0005$ .

2. Отклонение от проекта вертикальной планировки по толщине плодородного слоя 10 %.

3. Отклонение уклона спланированной территории от проектного не должно превышать  $\pm 0,001$ .

## Контроль качества производства работ

Кто контролирует	Мастер или прораб						
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы				Вертикальная планировка		
Состав контроля	Разбивка территории под вертикальную планировку и правильность расположения в плане точек закрепления	Наличие мероприятий по отводу поверхностных вод. Проверка уклона водоотводных каналов	Выполнение мероприятий по подготовке территорий под вертикальную планировку в соответствии с ППР (вырубка леса, снос сооружений)	Правильность вертикальной планировки по уклонам спланированной территории	Потолщине плодородного слоя	Величина отклонений отметок вертикальной планировки	Плотность и вид насыпного грунта
Способ контроля	Визуально, теодолитом	Визуально, нивелировкой через 50 м	Визуально	Нивелировкой через 50 м	Промерами на 1000 м <sup>2</sup>	Нивелировкой	Лабораторный
Сроки контроля	До начала работ по вертикальной планировке				В процессе планировки		
Кто привлекается к проверке	Геодезист	Геодезист		Геодезист		Геодезист	Лаборатория
Скрытые работы (составляется акт)							+

Производство работ по вертикальной планировке территории промышленных предприятий и населенных мест, а также специальных площа-

док (стадионов, станционных площадок и пр.) допускается только при наличии проекта планировки, проектов всех подземных сооружений и общего баланса земляных масс.

При производстве планировочных работ не допускается оставлять замкнутые понижения, не предусмотренные проектом.

Отсыпку грунта в насыпи следует вести слоями, толщина которых определяется в зависимости от применяемых машин и оборудования для уплотнения грунта.

Грунт на участках, подлежащих уплотнению, следует укладывать горизонтальными или слабонаклонными слоями с уклоном не выше 0,005 в сторону отвода воды.

Насыпи, возводимые без уплотнения на основаниях, не дающих осадки, следует отсыпать с запасом на последующую ее осадку:

- при отсыпке из скальных грунтов – до 6 %;
- на нескальных – до 9 %.

Величина осадки должна определяться в проекте организации строительства в зависимости от высоты насыпи и способа производства работ.

При разработке планировочных выемок в нескальных грунтах отклонение отметок планировки от проектных допускается лишь в отдельных местах и при условии, если при этом не нарушается заданное направление стока воды.

При разработке планировочных выемок в скальных грунтах допускаются недоборы до 10 см и переборы до 20 см, при этом места переборов должны засыпаться местным скальным грунтом, а в местах недоборов должен быть обеспечен сток поверхностных вод.

Планируемая поверхность при скальных грунтах должна быть выровнена скальным грунтом с соблюдением проектных уклонов.

## **2.2. Геодезическая разбивка котлованов**

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.2. Допустимые средние квадратические ошибки геодезических измерений при устройстве котлованов по СНиП 3.01.03-84 (рис. 8.2):

- линейные измерения            1/1000;
- угловые измерения            45;
- высотные измерения            10 мм.

## Контроль качества производства работ

Кто контролирует	Мастер или прораб					
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы	Разбивка котлована				
Состав контроля (что контролировать)	Правильность установки и выполнения пеленгов теодолита	Закрепление вынесенных осей на местности временными или постоянными знаками	Проверка разбивки контура котлована и закрепление знаками границы котлована	Правильность устройства обноска	Правильность вынесения главных и вспомогательных осей зданий или сооружения на обноску	
Способ контроля	Визуально	Визуально, линейными измерениями стальной рулеткой	Визуально, линейными измерениями стальной рулеткой	Визуально, нивелиром	Визуально, теодолитом, линейными измерениями стальной рулеткой	
Сроки контроля	До производства разбивочных работ	В период разбивки котлована				
Кто привлекается к проверке	Геодезист					
Скрытые работы (составляется акт)						+

До начала производства работ по устройству котлованов на строительной площадке выполняют следующие геодезические работы: построение и закрепление в натуре плановой и высотной разбивочной основы. Плановую разбивочную основу создают в виде:

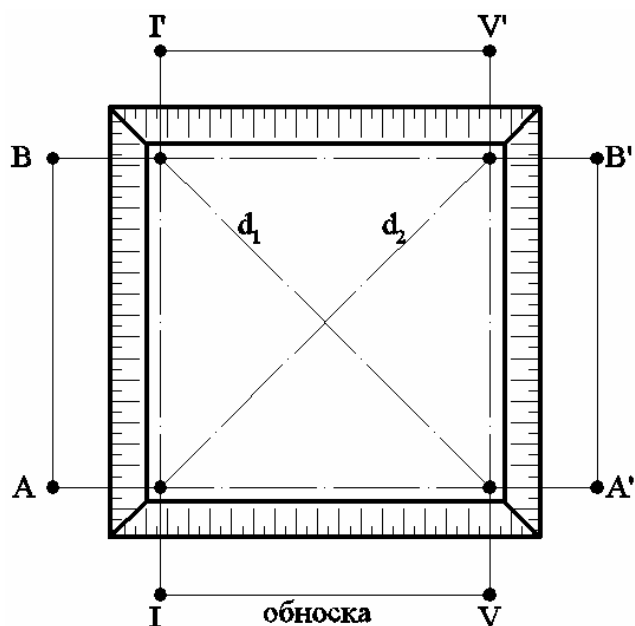


Рис. 8.2. Геодезическая разбивка котлованов

– строительной сетки (с размерами сторон от 50 до 400 м в зависимости от плотности застройки территории), продольных и поперечных осей, определяющих положение на местности основных зданий и сооружений и их габариты;

– красных линий (или других линий регулирования застройки);

– триангуляции;

– полигонометрии или теодолитных ходов.

Точность построения геодезической разбивочной основы должна соответствовать требованиям СНиП 3.01.03-85.

Реперы закрепляются вне зоны земляных работ или на существующих строениях.

При устройстве котлованов выполняется следующий комплекс геодезических работ:

- 1) проверка геодезических данных на рабочих чертежах проекта;
- 2) разбивка и закрепление в натуре контуров котлована;
- 3) нивелирование дневной поверхности в пределах контура котлована;
- 4) передача разбивочных осей и отметок на дно котлована;
- 5) плановая и высотная исполнительные съемки открытого котлована.

До начала разбивки котлована по проектному чертежу составляется подробная схема с данными привязки котлована к разбивочной основе.

Рабочие чертежи определяют контур котлована по габариту нижнего обреза фундамента, то есть дают привязку в плане низа откосов котлована.

Разбивка на местности контура котлованов ведется от осей здания, нанесенных на обноске способом промеров. Обноска устанавливается на высоте 0,4 – 0,6 м от земли параллельно основным осям, образующим внешний контур здания, на расстоянии, обеспечивающим неизменность ее положения в процессе строительства. На обноску при помощи теодолита с



закрепленных на местности осевых знаков переносят оси здания или сооружения.

Разбитый контур котлована закрепляют кольями, между которыми натягивают шнур для указания границы вскрытия котлована.

Все колья и штыри, закрепляющие контурные углы, должны быть отnivelированы. На исполнительном чертеже, передаваемом строителям, дается схема закрепления осей с расстояниями в натуре между ними и абсолютными отметками знаков.

По мере углубления котлована проверяется глубина его визирками от нулевого горизонта. Визирка устанавливается на обноске. Если выемка грунта производится экскаватором, то геодезический контроль осуществляется нивелиром, обеспечивая недобор грунта на 10 – 20 см. Остающийся слой выбирается планировочными машинами или вручную.

После зачистки откосов и дна котлована производится исполнительная съемка как в плане, так и по высоте.

### 2.3. Разработка котлованов экскаваторами (СНиП 3.02.01-87)

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.3.

Приемка котлованов должна состоять в проверке соответствия проекту их расположения, размеров, отметок, качества грунтов основания (рис. 8.3):

1. Отклонение отметок дна котлована от проектных допускается после доработки не более чем  $\pm 5$  см.

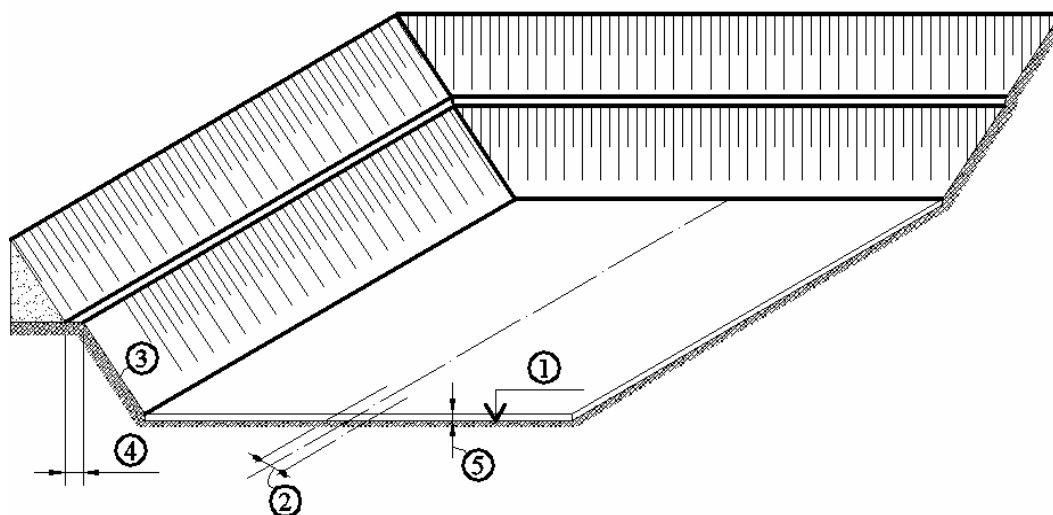


Рис. 8.3. Разработка котлованов экскаваторами

Таблица 8.3

## Контроль качества производства работ

Кто контролирует:		Мастер или прораб	
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы	Механизированная разработка грунта	Зачистка дна котлована
Состав контроля	Мастер или прораб	Механизированная разработка грунта	Зачистка дна котлована
Сроки контроля	До механической разработки грунта	После механической разработки грунта	В процессе зачистки дна котлована
Способ контроля	Нивелиром	Геодезические приборы, стальной метр	Нивелир
Кто привлекается к проверке	Геодезист	Геодезист	Геодезист

2. Отклонение отметок бровки или оси земляного сооружения допускается  $\pm 0,05$  м.

3. Наибольшая крутизна откосов котлованов, устраиваемых без крепления определяется по таблице СНиПа (прил. 3).

4. Временные отвалы грунта, вынутаго из котлована и предназначенного для обратной засыпки и других нужд, не должны создавать затруднений при выполнении строительно-монтажных работ.

5. Допускаемые недоборы грунта в основании в см при работе одноковшовыми экскаваторами приведены в таблице:

Рабочее оборудование экскаватора	Емкость ковша в м <sup>3</sup>				
	0,25 – 0,4	0,5 – 0,05	0,8 – 1,25	1,5 – 2,5	3 – 5
Лопата:					
прямая	3	10	10	15	20
обратная	10	15	20	-	-
Драглайн	15	20	25	30	30

Земляные работы должны производиться после разбивки осей сооружений, определения границ разработки котлована и уточнение трасс на данном участке подаваемых коммуникаций.

Ширина котлована по дну ленточных и отдельно стоящих фундаментов должна назначаться с учетом ширины конструкций, гидроизоляции, опалубки и крепления с добавлением 0,2 м с каждой стороны.

При необходимости спуска людей в котлован наименьшая ширина между боковой поверхностью конструкций и креплением должна составлять не менее 0,6 м. Для котлованов с откосами расстояние между подошвой откоса и сооружением сокращается до 0,3 м.

В нескальных грунтах, расположенных выше уровня грунтовых вод, рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без крепления может выполняться: в песчаных и крупнообломочных грунтах на глубину 1 м; в супесях – 1,25 м; в суглинках и глинах кроме очень прочных – 1,5 м; в очень прочных суглинках и глинах – 2 м.

Необходимость крепления вертикальных стенок котлованов или разработка их с откосами обосновывается проектом.

При сильном притоке грунтовых вод необходимо предусматривать искусственное водопонижение или открытый водоотлив, а при илистых плавучих грунтах или при возможном выносе частиц грунта следует применять грунтовое крепление.

Наибольшую крутизну откосов котлованов, устраиваемых без крепления в однородных материковых сплошных грунтах естественной влажности следует принимать в соответствии с таблицей:

Грунты	Глубина выемки, м		
	1,5	3,0	5,0
	Отношение высоты откоса к его заложению		
Насыпной	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные и гравелистые (влажные)	1:0,5	1:1	1:1
Глинистые: супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинистые	1:1	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,26	1:0,5
Лесовый сухой	1:1	1:0,5	1:0,5
Моренные: песчаные и супесчаные	1:0,25	1:0,57	1:0,75
Суглинистые	1:0,2	1:0,5	1:0,65

Основания котлованов, подлежащих уплотнению, должны разрабатываться с набором, величина которого устанавливается в проекте и при необходимости уточняется по результатам опытного уплотнения. Разработку недоборов грунта, как правило, необходимо проводить механизированным способом. При зачистке недоборов дна котлованов экскаваторами со специальными зачистными ковшами, оставшийся недобор до проектной отметки не должен превышать 5 – 7 см, который в местах установки фундаментов дорабатывается вручную.

В котлованах под особо ответственные сооружения места переборов должны заполняться бетоном.

При разработке котлована и обнаружении на дне его грунта, несоответствующего проекту, необходимо вызвать представителей проектной организации.

Работы в зимних условиях выполнять по специальному ППР с обоснованием технико-экономического режима. Грунт оснований котлованов и траншей, разработанных в зимних условиях, предохранять от промерзания путем недобора или укрытия утеплителем. Зачистку оснований следует производить непосредственно перед возведением фундаментов или укладкой трубопроводов.

## 2.4. Разработка траншей (СНиП 3.02.01-87)

1. Разработка траншей должна производиться механизированным способом в соответствии с ППР.

2. Размер траншеи по дну в натуре должен быть не менее установленного проектом и должен обеспечивать производство работ по монтажу конструкций, труб, водопонижения, а также возможность перемещения людей в пазухе, размер которой в свету должен быть не менее 0,8 м (рис. 8.4).

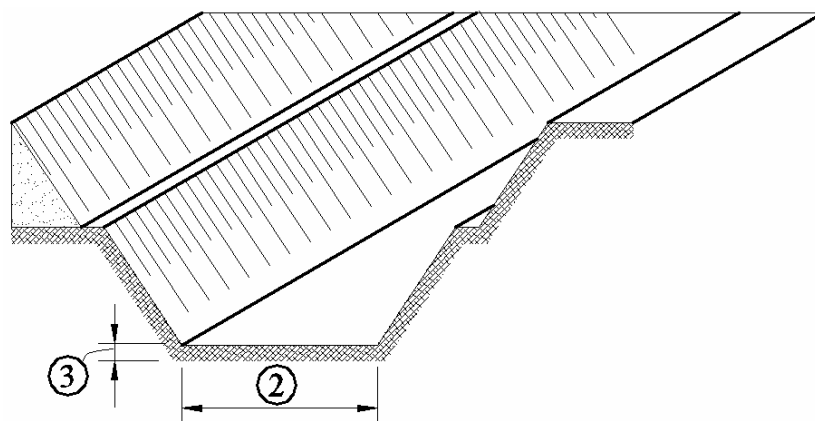


Рис. 8.4. Разработка траншей

3. Отклонение отметок траншеи от проектных до доработки не должно превышать  $\pm 5$  см (см. рис. 8.4).

4. До начала работ по разработке траншей должны быть выполнены мероприятия по отводу поверхностных и грунтовых вод и определены временные отвалы грунта.

5. К производству работ по разработке траншей приступают после геодезической разбивки оси траншеи, определения границ ширины траншеи на поверхности, уточнения расположения и вскрытия всех подземных коммуникаций по трассе траншеи.

6. В нескальных грунтах, расположенных выше уровня грунтовых вод, разработка траншей с вертикальными стенками без крепления может выполняться:

- в песчаных и крупнообломочных грунтах на глубину 1,0 м;
- в супесях 1,25 м;
- в суглинках и глинах, кроме очень плотных 1,5 м;
- в очень плотных суглинках и глинах 2,0 м.

7. Необходимость крепления вертикальных стенок траншей или разработка их с откосами, способ и необходимость водопонижения устанавливается проектом.

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.4.

## Контроль качества производства работ

Кто контролирует: Мастер или прораб									
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы				Разработка траншеи			Подготовка траншеи для монтажа конструкций	
Состав контроля	Правильность разбивки осей траншеи	Уточнение и вскрытие всех подземных коммуникаций по трассе траншеи	Выполнение мероприятий по отводу поверхностных и грунтовых вод	Определение временных отвалов грунта	Контроль отметок дна траншеи и его уклона	Размер траншеи понизу и поверху	Соответствие оси траншеи разбивочной оси	Окончательная подчистка дна траншеи перед монтажом конструкции до проектной отметки	Проверка состояния основания и соответствие грунта в основании проекту
Способ контроля	Измерительный, визуальный		Визуальный		Измерительный, визуальный				
Сроки контроля	До начала разработки				В процессе разработки			После разработки до начала монтажных работ	
Кто привлекается к проверке	Геодезист	Заказчик			Геодезист			Геодезист	Заказчик
Скрытые работы (составляется акт)									+

При устройстве отвалов грунта, необходимого для обратной засыпки траншеи, рядом с ней необходимо обеспечить свободный проход строительных механизмов для выполнения монтажных работ в траншее.

Приемка траншеи включает в себя:

- проверка соответствия оси траншеи разбивочной оси по проекту;
- проверка соответствия отметок траншеи проектным отметкам;
- проверка соответствия отметок траншеи «понижу» и «поверху».

Наибольшую крутизну откосов траншей, разрабатываемых без креплений в однородных материковых вязких грунтах естественной влажности, следует принимать в соответствии с таблицей:

Грунты	Глубина траншеи в м		
	1,5	3,0	5,0
	отношение высоты откоса к его заложению		
Насыпные	1: 0,67	1:1	1: 1,25
Песчаные и гравелистые (влажные)	1: 0,5	1:1	1:1
Глинистые: супесь, суглинок, глина, суглинистые	1: 0,25	1: 0,67	1: 0,85
	1:0	1: 0,5	1: 0,75
	1:0	1:0,25	1:0,50
	1: 0,2	1: 0,5	1: 0,65

При разработке траншей в зимних условиях должны выполняться мероприятия, предусмотренные в рабочих чертежах и в ППР.

## 2.5. Обратная засыпка и уплотнение грунта (СНиП 3.02.01-87)

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.5.

Таблица 8.5

### Контроль качества производства работ

Кто контролирует	Мастер или прораб		
	Подготовительные работы	Производство работ	Приемка работ
Операции, подлежащие контролю			
Состав контроля	1. Контроль очистки засыпаемых пазух от мусора, снега и льда. 2. Контроль физико-механических характеристик засыпаемого грунта. 3. Контроль выполнения изолированных поверхностей конструкций	1. Контроль послойного уплотнения (п. 2 схемы). 2. Контроль однородности засыпаемого грунта. 3. Распределение крупных твердых включений (п. 8 схемы)	Плотность засыпанного грунта
Сроки контроля	До обратной засыпки	В процессе производства работ	После производства работ
Способ контроля	Визуальный, лабораторный	Визуальный	Лабораторный
Кто привлекается к проверке	Лаборант		Технадзор, лаборатория

1. Грунт засыпки пазух котлованов, служащий для фундаментов под оборудование, полы и отстожки, должен уплотняться. Плотность грунта устанавливается проектом (рис. 8.5).

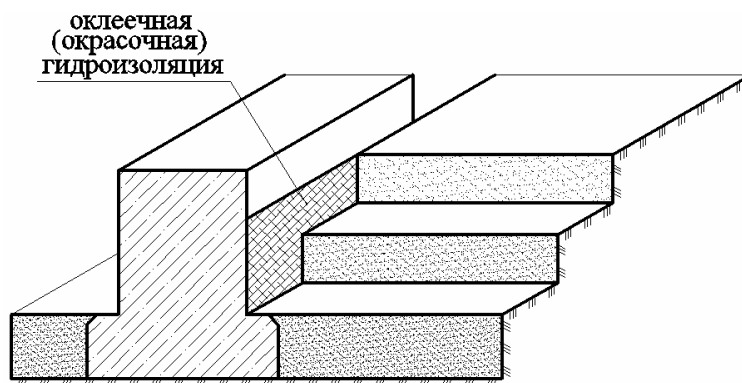


Рис. 8.5. Обратная засыпка и уплотнение грунта

2. Уплотнение грунтов обратных засыпок должно выполняться послойно. Толщина уплотняемых слоев назначается проектом.

3. Уплотнение связных грунтов насыпей и обратных засыпок следует выполнять катками на пневматических шинах, кулачковыми и решетчатыми, трамбуемыми и вибротрамбуемыми машинами; несвязных грунтов – вибрационными и вибротрамбуемыми машинами и катками на пневматических шинах. При этом каждый уплотняющий проход должен перекрывать след предыдущего на 0,1 – 0,2 м

4. В местах, труднодоступных для качественного механического уплотнения, обратную засыпку следует производить малосжимаемыми грунтами (пп. 4; 5).

5. Обратную засыпку траншей, на которые не передаются дополнительные нагрузки, кроме веса грунта, можно выполнять без уплотнения, но с отсыпкой земляного валика, по объему равного последующей естественной усадке грунта.

6. Обратная засыпка траншей и котлованов на участках пересечения с существующими дорогами, проездами, площадями и др. должна выполняться на всю глубину малосжимаемыми грунтами (песок, галечник, гравий, отсева щебня и пр.), послойным тщательным уплотнением.

7. Содержание мерзлых комьев в насыпях (кроме гидротехнических) и обратных засыпках от общего объема отсыпаемого грунта не должно превышать:

- |  |       |
|--|-------|
| а) для наружных пазух зданий и верхних зон траншей с уложенными коммуникациями | 20 %; |
| б) для насыпей, уплотняемых катками  | 20 %; |
| в) для насыпей, уплотняемых трамбованием                                       | 30 %; |



- |   |                 |
|---|-----------------|
| г) для насыпей, возводимых без уплотнения | 50 %;           |
| д) для насыпей и подсыпок внутри здания   | не допускается; |
| е) для грунтовых подушек                  | 15 %.           |

8. размер твердых включений, в т.ч. мерзлых комьев, в насыпях и обратных засыпках на должен превышать  $2/3$  толщины уплотняемого слоя, но не свыше 15 см грунтовых подушек и 30 см для прочих насыпей и обратных засыпок, последние должны быть равномерно распределены в отсыпаемом грунте и расположены не ближе 0,2 м от изолированных конструкций, а мерзлые комья – не ближе 1 м от откола насыпи.

9. Наличие снега и льда в насыпях, обратных засыпках и их основаниях не допускается.

10. Траншеи, разработанные в зимнее время, засыпать немедленно после укладки труб, не допуская повреждения их изоляции.

11. Для уплотнения грунта в зимних условиях применять преимущественно машины или плиты тяжелого типа, позволяющие производить работы на коротком фронте работ и при значительной толщине уплотняемых слоев.

12. В проекте должны быть указаны типы и физико-механические характеристики грунтов, предназначенных для возведения насыпей и устройстве обратных засыпок и специальные требования к ним, требуемая степень уплотнения, границы частой насыпи, возводимых из грунтов с разными физико-механическими характеристиками.

## 2.6. Геодезическая разбивка свайного поля (СНиП 3.02.01-87)

Разбивка осей свайных рядов должна производиться от главных осей здания или сооружения (рис. 8.6).

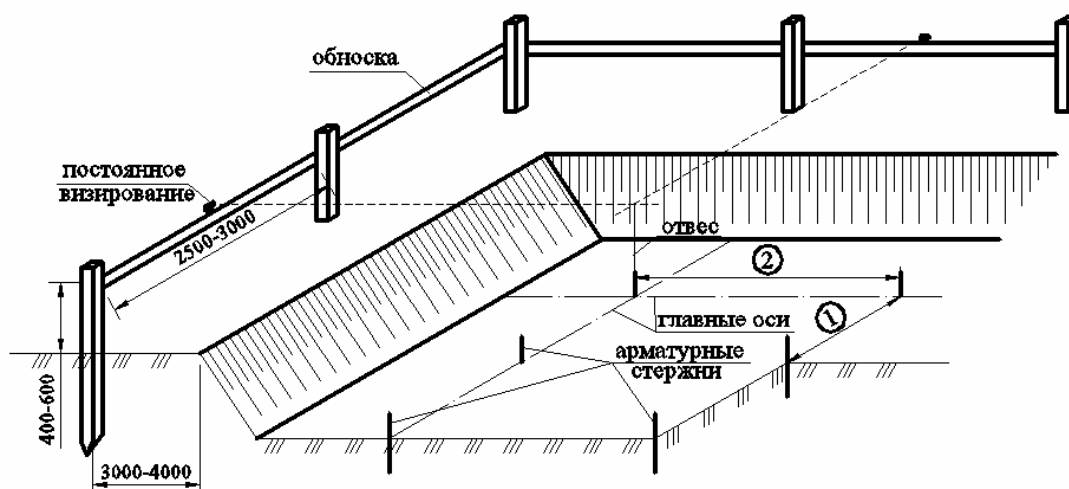


Рис. 8.6. Геодезическая разбивка свайного поля

1. Допустимая величина отклонения разбивочных осей свайных рядов от проектного расположения  $\pm 5$  мм.

2. На каждые 10 м ряда отклонения разбивочных осей свайных рядов от проектных не должны превышать 1 см.

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.6.

Таблица 8.6

**Контроль качества производства работ**

Кто контролирует	Мастер или прораб			
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы	Разбивка свайного поля		
Состав контроля (что контролировать)	Перенесение на дно котлована главных осей здания или сооружения	Разбивка от главных осей здания или сооружения на дне котлована осей рядов свай	Закрепление на поверхности земли (дна котлована) центров свай забивкой проволочных штырей (арматурных стержней)	Правильность разбивки свайных рядов здания или сооружения от проектного положения
Способ контроля	Визуальный, линейными измерениями стальной рулеткой	Визуальный, линейными измерениями стальной рулеткой	Визуальный, линейными измерениями стальной рулеткой	Визуальный, линейными измерениями стальной рулеткой
Сроки контроля	До разбивки свайного поля		В период разбивки свайного поля	
Кто привлекается к проверке	Геодезист			

Главные оси здания или сооружения и оси рядов свай переносят на местность по разбивочному чертежу свайного поля, включающему план и разрезы подземной части здания или сооружения. На разрезах должны быть показаны проектные отметки голов свай, низ и верх ростверка.

До начала работ по разбивке свайного поля строительная площадка должна быть спланирована в соответствии с проектом, устроена строительная обноска. Строительная обноска служит для детальной разбивки осей здания или сооружения и их закрепления. Обноска устанавливается на высоте 0,4 – 0,6 м от земли параллельно основным осям, образующим внешний контур здания, на расстоянии, обеспечивающем неизменность ее положения в процессе строительства. На обноску при помощи теодолита

переносят с разбивочной основы оси здания или сооружения. Расстояния измеряют стальными рулетками длиной 30 или 50 м.

При разбивке мест погружения свай рулетку натягивают между двумя точками оси. Нарастающим итогом от одной из основных осей промеряют расстояние до мест погружения свай, и эти места закрепляют кольями или металлическими штырями, погруженными на глубину 0,2 – 0,3 м.

Для контроля правильности отложения расстояния делают повторные контрольные замеры в обратном направлении между точками, соответствующими поперечными продольным осям рядов свай.

## 2.7. Геодезические разбивки при устройстве сборных и монолитных фундаментов

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.7.

Таблица 8.7

**Контроль качества производства работ**

Кто контролирует	Мастер или прораб			
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы		Разбивка осей фундаментов (сборных и монолитных)	
Состав контроля (что контролировать)	Положение строительных реперов и осевых знаков, а также осевых знаков на обноске	Отметка дна котлована	Закрепление на дне котлована осей сборных фундаментов, положение углов здания, соответствие расстояния между осями проекту	Закрепление на дне котлована осей монолитных фундаментов, соответствие проекту установочных осей опалубки монолитных фундаментов
Способ контроля	Визуально, линейными измерениями стальной рулеткой	Нивелир	Теодолит, стальная рулетка	Стальная рулетка. Метр, нивелир
Сроки контроля	До разбивки осей фундаментов		В период разбивки	
Кто привлекается к проверке	Геодезист			
Скрытые работы (составление акта)			Исполнительная схема после устройства фундаментов	

При производстве разбивочных работ по устройству фундаментов должны соблюдаться нормы точности согласно СНиП 3.01.03.04.

Линейные измерения	1/5000.
Угловые измерения,	20.
Высотные измерения	3 мм.

Для детального построения разбивочных осей при возведении фундаментов необходимы: план построения основных пролетных и межсекционных осей здания или сооружения, план фундаментов здания или сооружения, план фундаментов под технологическое оборудование.

Перед началом детальной разбивки осей при возведении фундаментов должен выполняться контроль положения строительных реперов и осевых разбивочных знаков путем повторных измерений, а также осевых разбивочных знаков путем повторных измерений, а также осевых знаков на обноске.

Детальная разбивка мест положения фундаментов на дне котлована при небольшой глубине его производится с помощью нитяных отвесов, подвешенных на стальной проволоке и фиксирующих положение осей в пространстве (рис. 8.7).

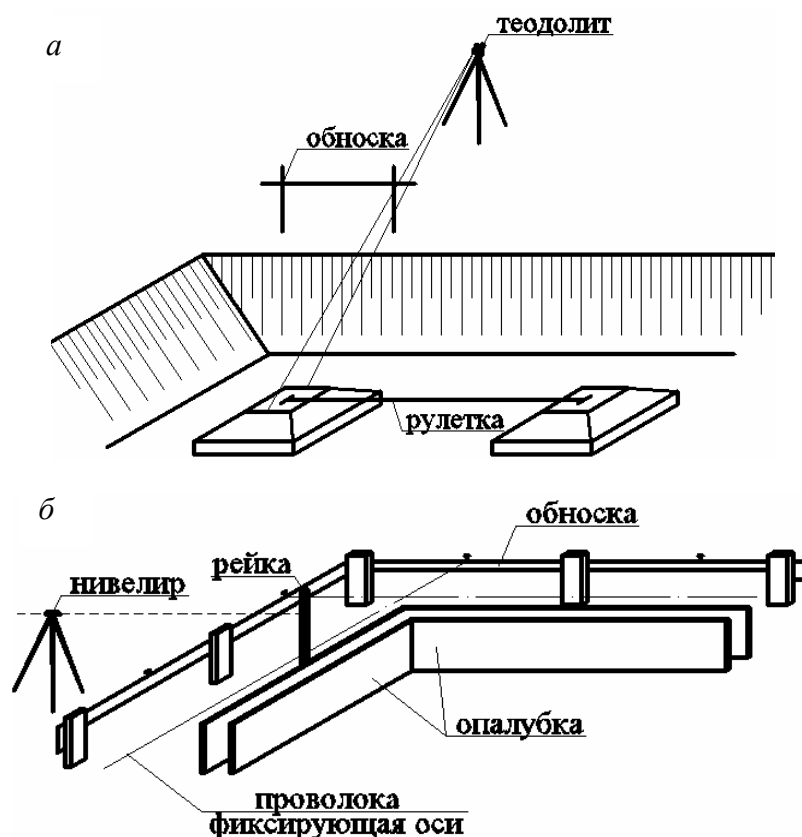


Рис. 8.7. Фундаменты: *а* – сборные; *б* – монолитные

При небольшой длине здания или сооружения (более 50 м) детальная разбивка осей под фундаменты производится от осевых знаков или с обноски методом непосредственного створа с помощью теодолита и металлической рулетки.

Для возведения монолитных бетонных и железобетонных фундаментов устраивается опалубка, которая должна быть точно установлена как в плане, так и по высоте, на которую выносятся разбивочные оси. На стенки опалубки выносят проектные отметки верхней опорной плоскости фундамента с помощью нивелира от строительных реперов.

После завершения строительного-монтажных работ по устройству фундаментов разбивочные оси переносят на опорную поверхность и закрепляют путем керна на закладных пластинах или отметкой по бетону.

Составляется исполнительная схема фундаментов как в плане, так и по высоте.

## 2.8. Устройство свайного поля (СНиП 3.02.01-87)

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.8.

Применяемые сваи должны соответствовать требованиям ГОСТ 19804.0-70 и рабочим чертежам по следующим параметрам:

1. Требования к точности изготовления свай.
2. Отклонения от проектных размеров свай (рис. 8.8) не должны превышать следующих величин, в мм:

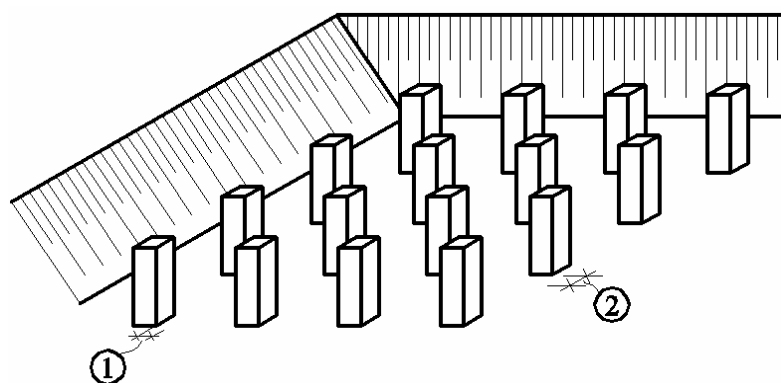


Рис. 8.8. Устройство свайного поля

а) по длине призматической части свай:

- до 10 м  $\pm 40$ ,
- более 10 м  $\pm 50$ ;

Таблица 8.8

### Контроль качества производства работ

Мастер или прораб															
Кто контролирует	Подготовительные работы							Погружение свай							
	Операции, подлежащие контролю	Наличие паспортов свай, проверка качества свай в соответствии с требованиями стандартов	Проверка разбивки мест погружения свай	Проверка правильности загрузки и складирования свай на площадке	Контроль вертикальности при ее установке на точку погружения и при забивке	Контроль за погружением свай	Контроль за получением отказов и их замером. Ведение тех. документации	Нанесение высотных отметок срубки свай	Проверка отметок верха свай после срубки	Проверка качества и длины выпусков арматуры	Проверка отклонений свай от проектного положения в плане	Примечка свайного поля			
Состав контроля (что контролировать)	Визуально, стальным метром	Визуально, стальным метром	Визуально	Визуально, отвесы	Стальным метром	Стальным метром	Нивелиром	Визуально, стальным метром	Стальным метром	Стальным метром					
Сроки контроля	До погружения свай		В процессе погружения свай		После срубки свай		После срубки свай		После срубки свай						
Кто привлекается к проверке															
Скрытые работы															+

- б) по размерам поперечного сечения  $\pm 5$ ;
- в) по толщине защитного слоя бетона  $\pm 5$ ;
- г) по длине острия сваи  $\pm 30$ ;
- д) по смещению острия от центра поперечного сечения сваи 15;
- е) отклонение от прямой линии не должно превышать, мм:
  - при длине свай от 3 до 8 м – 8,
  - при длине свай от 9 до 16 м – 13,
  - при длине свай более 16 м – 20.

3. Проверка отклонений от проектного положения свай в плане производится после срубки «голов» свай по СНиП 3.02.01-87, табл. II.1.

4. Отклонение от проектного положения сваи при ее установке на место погружения с размером по диагонали показано в таблице:

	без кондуктора	с кондуктором
до 0,5 м	$\pm 10$	$\pm 5$
0,6 – 1 м	$\pm 20$	$\pm 10$

5. Величина отказа забиваемых свай не должна превышать расчетной величины.

6. Отклонение от проектного положения свай в плане после погружения в свайном поле не должно превышать при стороне сваи ( $d$ ) до 0,5 м:

- 1) крайние сваи  $\pm 0,2 d$ ;
- 2) средние сваи  $\pm 0,4 d$ .

В начале производства работ по забивке свай следует забить 5 – 20 пробных свай (количество устанавливается проектом), расположенных в разных точках строительной площадки, регистрируя при этом количество ударов на каждый метр погружения. Подсчет общего количества ударов на погружение остальных свай не производится.

Результаты измерений должны фиксироваться в журнале работ.

В конце погружения, когда фактическое значение отказа близко к расчетному, производят его измерение. Отказ свай в конце забивки или при добивке следует измерять с точностью до 0,1 см.

При забивке свай дизель-молотом определяется, как средняя арифметическая величина при последних 10 ударах молота.

Сваи длиной до 10 м, недопогруженные более чем на 15 % проектной глубины, и сваи большей длины, недопогруженные более чем на 10 % проектной глубины, но давшие отказ, меньше либо равны расчетному,

должны быть подвергнуты обследованию для выяснения причин, затрудняющих погружение.

Принимается решение о возможности использования имеющихся свай или погружение дополнительных.

Сваи с отказом больше расчетного должны подвергаться контрольной добивке после «отдыха» их в грунте в соответствии с ГОСТ 5686-76 на испытание свай. В том случае, если отказ при контрольной добивке превышает расчетный, проектная организация должна установить необходимость контрольных испытаний свай статической нагрузкой и корректировки проекта свайного фундамента или его части.

Забивка свай молотом должна производиться с применением наголовников, оснащенных деревянными прокладками, соответствующими поперечному сечению сваи; зазоры между боковой гранью сваи и стенкой наголовника не должны превышать 1 см с каждой стороны.

Секции свайных элементов, используемые для наращивания погружаемых свай, подлежат контрольному стыкованию на строительной площадке для проверки их соосности и соответствия проекту закладных деталей стыков, должны быть замаркированы и размечены несмываемой краской для правильного их присоединения (стыкования) на месте погружения.

Не допускается погружение свай сечением до 40×40 см на расстоянии менее 5 м подземных стальных трубопроводов с внутренним давлением не более 2 МПа.

Погружение свай около подземных трубопроводов с внутренним давлением более 2 МПа или на меньших расстояниях можно производить только с учетом данных обследования и при соответствующем обосновании в проекте.

Приемка работ по устройству свайных фундаментов должна производиться на основании:

- а) проектов свайных фундаментов;
- б) паспортов заводов-изготовителей на сваи;
- в) актов на антикоррозионную защиту свай (если предусмотрено проектом);
- г) актов геодезической разбивки осей фундаментов;
- д) исполнительных схем расположения свай с указанием их отклонений в плане и по высоте;
- е) сводных ведомостей и журналов забивки;



- ж) результатов динамических испытаний свай (если они предусмотрены проектом);
- з) результатов статических испытаний свай (если они предусмотрены проектом).

Предельные отклонения отметок голов свай не должны превышать:

- с монолитным ростверком  $\pm 3$  см;
- со сборным ростверком  $\pm 1$  см;
- безростверковый фундамент со сборным оголовком  $\pm 5$  см.

## 2.9. Устройство опалубки для монолитного ростверка (СНиП 3.03.01-87)

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.9.

1. Смещение нижней грани опалубки от продольной оси  $\pm 15$  мм (рис. 8.9).

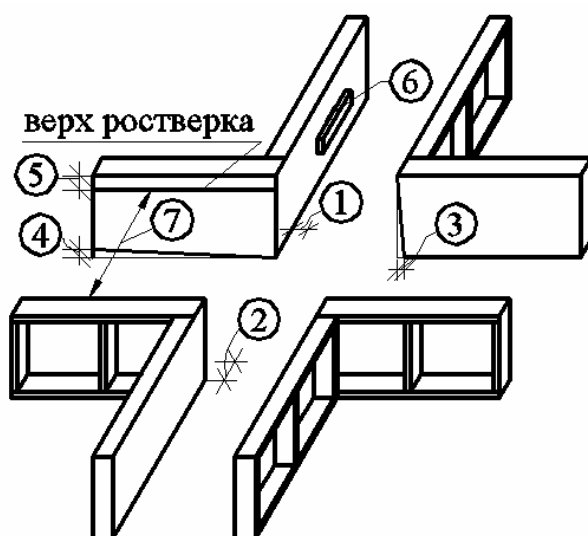


Рис. 8.9. Устройство опалубки для монолитного ростверка

- 2. Смещение нижней грани опалубки от поперечной оси  $\pm 15$  мм.
- 3. Отклонение от вертикали или от проектного наклона плоскостей опалубки и линий их пересечения  $\pm 5$  мм.
- 4. Отклонение от горизонтали  $\pm 5$  мм.
- 5. Отметка верха опалубки должна быть на 50 – 70 мм выше отметки верха ростверка.

Таблица 8.9

### Контроль качества производства работ

		Кто контролирует: мастер или прораб									
		Установка опалубки									
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы										
Состав контроля	Правильность хранения элементов опалубки	Соответствие проекту и качество элементов опалубки и креплений	Состояние оснований	Установка опалубки по разбивочным осям, соблюдение верхней отметки, горизонтальность и вертикальность опалубки	Качество крепления опалубки	Качество поверхностей сопряжения с бетоном, очистки от мусора, грязи, ровность поверхностей	Соответствие положения опалубки разбивочным осям	Точность установки детали кладных деталей и их закрепление			
	Соответствие проекту и качество элементов опалубки и креплений										
Способ контроля	Визуальный		Измерительный			Визуальный			Измерительный		
Время контроля	До установки опалубки		В ходе установки опалубки			После установки опалубки					
Кто привлекается к проверке:		геодезист									

6. Местные неровности плоскостей соприкосновения опалубки с бетоном (при проверки 2-х метровой рейкой)  $\pm 3$  мм.

7. Отклонение во внутренних размерах поперечных сечений коробок опалубки и в расстояниях между внутренними поверхностями опалубки от проектных размеров  $\pm 5$  мм.

Формующие металлические поверхности опалубки должны быть смазаны антиадгезийной смазкой.

Смонтированная и подготовленная к бетонированию опалубка должна быть принята по акту.

Для устройства опалубки должны применяться блоки инвентарной опалубки заводского изготовления.

Типы опалубок должны применяться в соответствии с ГОСТ 23478-79.

Нагрузки на опалубку должны быть в соответствии с требованиями СНиП 3.03.01-87 (прил. 11).

Древесные, металлические, пластмассовые и другие материалы для опалубки должны отвечать требованиям ГОСТ 23478-79.

Деревянные клееные конструкции по ГОСТ 20850-84 или ТУ 18-649-82.

Схема фрагмента определяется заказчиком по согласованию с заводом-изготовителем.

Прочностные и деформативные испытания элементов опалубки и собранных фрагментов проводятся при изготовлении первых комплектов опалубки, а также при замене материалов и профилей. Программу испытаний разрабатывает организация разработчик опалубки, завод-изготовитель и заказчик.

Установка и приемка опалубки, распалубливание монолитных конструкций, очистка и смазка производятся по проекту производства работ.

Снятие опалубки должно производиться после предварительного отрыва от бетона, при достижении бетоном минимальной прочности  $2-3 \text{ кгс/см}^2$  с учетом отсутствия дополнительных нагрузок.

## **2.10. Армирование ростверка (СНиП 3.03.01-87)**

1. Арматурная сталь и закладные элементы должны соответствовать проекту и требованиям соответствующих стандартов.

2. Замена предусмотренной проектом арматурной стали должна быть согласована с заказчиком и проектной организацией.

3. Транспортирование и хранение арматурной стали по ГОСТ 7566-81.

4. Изготовление арматурных изделий следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 3.09.01-85.

5. Отклонение в расстоянии между рядами арматуры от проектного не должно превышать  $\pm 20$  мм (табл. 8) (рис. 8.10).

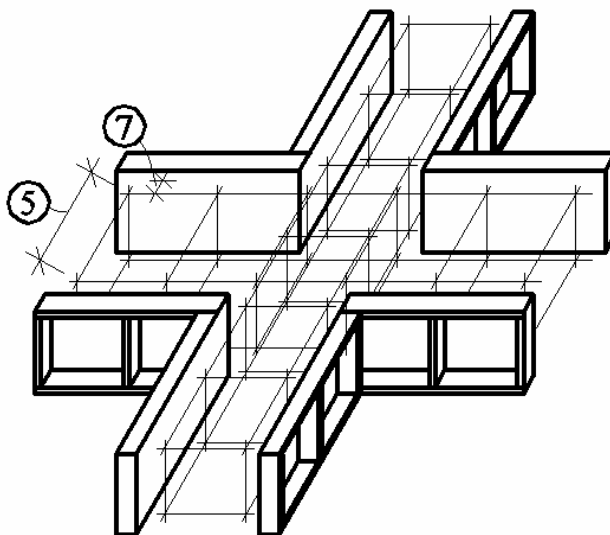


Рис. 8.10. Армирование ростверка

6. Стыковые и крестообразные сварные соединения должны выполняться по проекту в соответствии с ГОСТ14098-85.

7. При монтаже сеток и каркасов арматуры должна быть обеспечена фиксация защитного слоя бетона согласно проекту.

8. Отклонение от проектной толщины слоя бетона не должно превышать  $+15$  мм,  $-5$  мм (табл.8).

9. Бессварочные соединения стержней следует производить:

– стыковые – внахлестку или обжимными гильзами и винтовыми муфтами с обеспечением равнопрочности стыка;

– крестообразные – дуговыми прихватками или вязкой отоженной проволокой.

10. Установка арматуры допускается только в случае проверки и приемки опалубки. При длительном перерыве между приемкой опалубки и установкой арматуры (более месяца), опалубка должна быть принята повторно и обнаруженные дефекты исправлены.

11. Установленная арматура должна быть предохранена от повреждений и смещений в процессе производства работ.

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.10.

Таблица 8.10

### Контроль качества производства работ

Способ контроля	Кто контролирует:				мастер или прораб		
	Приемка арматуры		Качество выполнения работ		Монтаж арматуры		Приемка
Состав контроля	Соответствие арматурных каркасов и сеток проекту	Выборочно; диаметр и расстояние между рабочими стержнями и хомутами в сетках и каркасах	Качество выполнения работ к каркасу и сетке	Правильность установки и каркасов	Обеспечение защитного слоя	Правильность закрепления стыков каркасов, сеток (сварка, пайка)	Приемка смонтированной арматуры
Способ контроля	Измерительный, визуальный						
Время контроля	До установки арматуры					Во время монтажа арматуры	
Кто привлекается к проверке	Заказчик						
Какие работы относятся к скрытым (акт на скрытые работы)							+

## 2.11. Бетонирование монолитного ростверка (СНиП 3.03.01-87)

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.11.

Таблица 8.11

### Контроль качества производства работ

Кто контролирует	Мастер или прораб							
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы			Укладка бетонной смеси				
Состав контроля	Качество выполнения опалубки	Состояние арматуры и закладных частей	Качество основания (очистка от мусора, грязи, наледи, снега)	Качество бетонной смеси (подвижность, кубиковая прочность)	Правильность укладки бетонной смеси, в том числе отметка верха ростверка	Качество уплотнения (вибрирования)	Температура бетонной смеси и наружного воздуха (зимой)	Соблюдение влажностного и температурного режима
Способ контроля	Визуальный			Визуальный, измерительный	Визуальный		Визуальный, измерительный	
Время контроля	До бетонирования			В процессе укладки бетонной смеси				В процессе твердения бетона
Кто привлекается к проверке	Лаборант							
Скрытые работы (составляется акт)		+						

### **Входной контроль**

Класс (марка) бетона по прочности на сжатие должна соответствовать указанной в рабочих чертежах.

Бетон должен соответствовать требованиям ГОСТ 28633-85.

Транспортирование и подача бетонных смесей должны осуществляться специализированными средствами. Обеспечивающими сохранение заданных свойств бетонной смеси. Запрещается добавлять воду на месте укладки бетонной смеси для компенсации ее подвижности.

Состав бетонной смеси, приготовление, правила приемки, методы контроля и транспортирование по ГОСТ 7478-85.

### **Производство работ**

Бетонные смеси должны укладываться горизонтальными слоями одинаковой толщины без разрывов с последовательным направлением укладки в одну сторону во всех слоях (рис. 8.11).

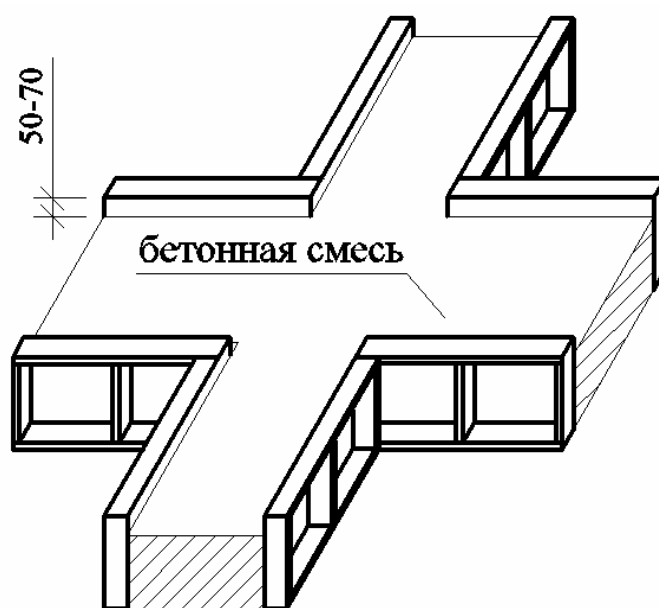


Рис. 8.11. Бетонирование монолитного ростверка

Укладка следующего слоя бетонной смеси допускается до начала схватывания бетона предыдущего слоя.

Продолжительность перерыва между укладкой смежных слоев бетонной смеси без образования рабочего шва устанавливается строительной лабораторией.

Верхний уровень уложенной бетонной смеси должен быть на 50 – 70 мм ниже верха щитов опалубки.

При уплотнении бетонной смеси не допускается опирание вибраторов на арматуру и элементы крепления опалубки.

Глубина погружения глубинного вибратора в бетонную смесь должна обеспечивать углубление его в ранее уложенный слой на 5 – 10 см.

Толщина укладываемых слоев бетона не должна быть более 1,25 длины рабочей части глубинного вибратора.

Высота свободного сбрасывания бетонной смеси в опалубку – не более 3,0 м.

Продолжительность вибрирования должна обеспечить достаточное уплотнение бетонной смеси. Бетонирование сопровождается записями в «Журнале бетонных работ».

В начальный период твердения, бетон необходимо защищать от попадания атмосферных осадков или высушивания и в последующем поддерживать температурно-влажностный режим с созданием условий, обеспечивающих нарастание его прочности.

Оптимальный режим выдерживания бетона: температура + 18°, влажность 96 %.

Мероприятия по уходу за бетоном, порядок и сроки их проведения, контроль за выполнением этих мероприятий и сроки распалубки ростверка должны устанавливаться проектом производства работ.

При производстве работ при отрицательных температурах должны выполняться требования раздела 2.10 СНиП 3.03.01-87.

Приемку ростверка следует оформить актом на приемку ответственных конструкций (СНиП 3.03.01-87, п. 2.112).

## 2.12. Монтаж сборных оголовков безростверкового фундамента

1. Смещение разбивочных осей свай от проектных осей здания не более  $\pm 10$  мм на 100 м ряда свай (рис. 8.12).

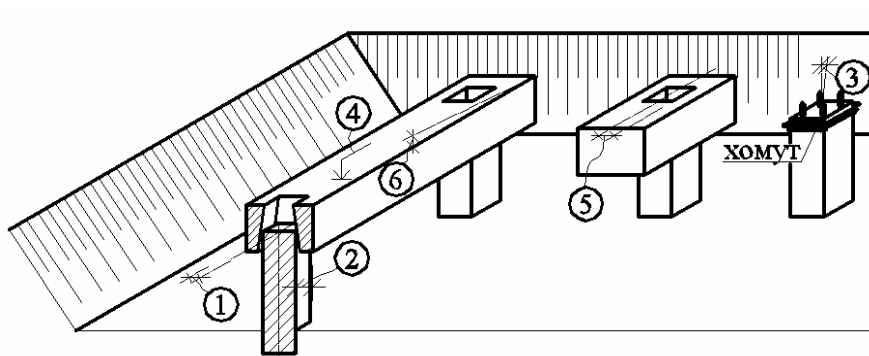


Рис. 8.12. Монтаж сборных оголовков безростверкового фундамента

2. При отклонении свай от проектного положения, расстояние в свету от сваи до края ростверка должно быть  $0,15 d$ , но не менее 50 мм.



3. Тангенс угла отклонения продольной оси от проектного положения не должен превышать 1/100.

4. Отклонение в отметках верхних опорных поверхностей оголовков от проектных  $\pm 5$  мм.

5. Смещение относительно разбивочных осей оголовков  $\pm 10$  мм.

6. Отклонение горизонтальных плоскостей оголовков от горизонтали на 1 м плоскости в любом направлении 5 мм.

Предельные отклонения от размеров оголовков не должны превышать по длине, ширине и высоте  $\pm 4$  мм.

### **Монтажные работы**

При срубке голов свай, сваи обрубаются таким образом, чтобы верх срубленной сваи был выше проектной отметки низа оголовка на величину заделки сваи, предусмотренную проектом.

В целях предохранения сваи от излишних повреждений при срубке рекомендуется применять инвентарный металлический хомут, который надевают на сваю по линии намечаемой срубке.

Концы продольных арматурных стержней сваи после срубке головы остаются оголенными.

После очистки выпусков продольной арматуры и верха сваи на нее надевают монтажное приспособление (хомут) для установки оголовка. Хомуты устанавливаются по рискам, соответствующим проектному положению низа оголовка. Окончательное положение хомута на свае выверяется уровнем.

При монтаже оголовка, его устанавливают на хомут таким образом, чтобы обрубленный конец и выпуски продольной арматуры сваи (или необрубленный его конец) оказались внутри полости оголовка. При этом следует иметь в виду, что допускается некоторое смещение центра оголовка по отношению к продольной оси в целях исправления ее отклонения, полученного при забивке. После установки оголовка, его внутреннюю полость смачивают и заполняют бетоном. После уплотнения производится заглаживание открытой поверхности бетона и выравнивание ее с поверхностью оголовка. По достижении бетоном проектной прочности, хомут снимают.

Операции, подлежащие контролю качества при производстве работ, представлены в табл. 8.12.

**Контроль качества производства работ**

Кто контролирует	Мастер или прораб						
Операции, подлежащие контролю	Подготовительные работы		Монтаж оголовков				
Состав контроля	Наличие паспортов на оголовки, проверка качества оголовков	Приемка свайного поля (наличие акта)	Установка хомутов согласно проектным отметкам	Установка оголовков на проектную отметку	Проверка установки оголовков относительно разбивочных осей	Замоноличивание оголовков бетоном с тщательным уплотнением	Приемка фундамента
Способ контроля	Визуальный, стальным метром		Визуальный, нивелиром		Визуальный		
Кто привлекается к проверке	Геодезист					Лаборатория	Технадзор
Скрытые работы (составляется акт)							+

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ И УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНЫХ Ф»**

## **1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ**

В течение 6 семестра выполняется курсовая работа «**Производство земляных работ и устройство монолитных фундаментов**». При курсовом проектировании предусматривается выполнение технологических расчетов, необходимых при разработке технологических карт на земляные работы, устройство фундаментов.

**Технологические карты** являются составной частью организационно-технологической документации (ППР), регламентирующей правила выполнения технологических процессов, выбор средств технологического обеспечения (технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений), машин, механизмов и оборудования, необходимых материально-технических ресурсов, требования к качеству и приемке работ, а также мероприятия по технике безопасности, охране труда и окружающей среды.

Технологическая карта разрабатывается с целью обеспечения строительства **рациональными решениями** по организации и технологии производства строительного-монтажных работ, способствующих **повышению производительности труда** в строительстве и **качества** строительного-монтажных работ, **снижению себестоимости** строительства при соблюдении в процессе производства работ требований безопасности, охраны окружающей среды.

Технологическая карта разрабатывается **на технологический процесс одного вида** строительного-монтажных работ, в результате выполнения которого создаются законченные конструктивные элементы зданий и сооружений, технологическое оборудование, системы инженерного обеспечения.

Организационно-технологические решения **должны обеспечивать конкретные технико-экономические показатели**, качество и безопасность выполнения работ, соответствие требованиям нормативно-технической и проектной документации.

Нормативной базой для разработки карт являются действующие нормативно-технические документы, ЕНиР, ведомственные и местные прогрессивные нормы и расценки.

Требования к содержанию технологических карт приведены в нормативном документе РДС – 1.03.02-2003 «**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ**

## РАБОТ. СОСТАВ, ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ, СОГЛАСОВАНИЯ И УТВЕРЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ».

В составе курсовой работы студенты разрабатывают технологические решения для выполнения работ по планировке площадки, разработке котлована (траншей) под здание, устройству фундаментов.

Данные работы выполняются разными комплектами машин, механизмов, разными звеньями рабочих, на разных этапах работ. Следовательно, студенты в составе курсовой работы разрабатывают разделы технологических карт на 2 – 4 вида работ. Это позволит при дипломном проектировании применить полученные знания при разработке технологических карт на различные виды работ нулевого цикла.

В соответствии с РДС-1.03.02-2003 п. 5.1 технологические карты **должны содержать** следующие разделы:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- характеристики применяемых материалов и изделий;
- организация и технология производства работ;
- потребность в материально-технических ресурсах;
- контроль качества и приемка работ;
- техника безопасности, охрана труда и окружающей среды;
- калькуляция и нормирование затрат труда.

Допускается объединять разделы и подразделы и вводить в технологические карты новые.

Раздел **«Область применения»** должен содержать: наименование технологического процесса, конструктивного элемента или части здания, сооружения; условия и особенности производства работ, в том числе температурные, влажностные и другие, состав работ, режим труда, рекомендации по применению технологической карты.

Раздел **«Нормативные ссылки»** должен содержать обозначение и наименование нормативно-технической документации, на которую сделаны ссылки в технологической карте.

Раздел **«Характеристики применяемых материалов и изделий»** должен содержать наименование и характеристики применяемых материалов, изделий, наименование и обозначение нормативно-технических документов, по которым они производятся, требования к транспортированию, складированию и хранению.

Характеристики вспомогательных материалов (тары, упаковки, поддонов и др.), используемых на предприятиях-изготовителях, а также материалов, предназначенных для обеспечения техники безопасности, в разделе не приводятся.

В технологических картах должна быть сделана следующая запись:

– материалы и изделия, подлежащие обязательной сертификации, должны иметь сертификат соответствия;

– импортируемые строительные материалы и изделия, на которые отсутствует опыт применения и действующие на территории Республики Беларусь нормативно-технические документы, должны иметь Техническое свидетельство Минстройархитектуры;

– материалы и изделия, подлежащие гигиенической регистрации, должны иметь удостоверение о гигиенической регистрации.

В разделе должны быть указаны регистрационные номера и сроки действия сертификата соответствия, технического свидетельства, удостоверения о гигиенической регистрации.

Раздел «**Организация и технология производства работ**» должен включать требования к организации и технологии производства работ в последовательности их выполнения при подготовительных, основных, вспомогательных, заключительных работах.

Раздел должен содержать:

– требования к качеству и законченности ранее выполненных (предшествующих) работ;

– требования к качеству и законченности подготовительных работ, порядок их проведения;

– схемы организации рабочих мест;

– схемы выполнения технологических операций;

– требования к транспортированию, складированию, хранению изделий и материалов в рабочей зоне с указанием схем складирования и строповки, способов транспортирования материалов и изделий к рабочим местам, требования к организации площадки складирования, температурно-влажностному режиму хранения;

– указания по продолжительности хранения и запасу материалов и изделий в рабочей зоне;

– наименование технологических операций, их описание и последовательность выполнения с указанием применяемых средств технологического обеспечения (технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений), машин, механизмов, оборудования и исполнителей (специальность, разряд, состав звена);

– указания по производству и особенности работ в зимний период времени (способы утепления конструкций, схемы разводок пара, режим выдерживания конструкций, места замера температуры и т. д.).

Наименование технологических операций, их описание и последовательность выполнения оформляют в виде операционной карты в следующем виде:

## Операционная карта

(форма)

на \_\_\_\_\_  
наименование работ

Наименование операции	Средства технологического обеспечения (технологическая оснастка, инструмент, инвентарь, приспособления), машины, механизмы, оборудование	Исполнители	Описание операции
-----------------------	--	-------------	-------------------

Раздел «**Потребность в материально-технических ресурсах**» должен нести информацию о потребности в ресурсах, необходимых для выполнения технологического процесса.

Раздел должен содержать:

– ведомость потребности в материалах и изделиях, используемых при производстве работ;

– перечень средств технологического обеспечения (технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений), машин, механизмов и оборудования.

Количество и номенклатура материалов, изделий и оборудования определяются по рабочим чертежам, спецификациям или по физическим объемам работ и нормам расхода ресурсов.

Количество и типы средств технологического обеспечения (технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений), машин, механизмов и оборудования определяются по принятой в карте-схеме организации работ в соответствии с объемами работ, сроками их выполнения и количеством смен.

Ведомость потребности в материалах и изделиях оформляют в следующем виде:

### Ведомость потребности в материалах и изделиях

(форма)

№ п/п	Наименование материала, изделия	Наименование и обозначение нормативно-технического документа	Единица измерения	Количество
-------	---------------------------------	--	-------------------	------------

Перечень средств технологического обеспечения (технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений), машин, механизмов и оборудования оформляют в следующем виде:

**Перечень машин, механизмов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений**  
(форма)

№ п/п	Наименование	Тип, марка, завод-изготовитель	Назначение	Основные технические характеристики	Количество на звено (бригаду), шт
-------	--------------	--------------------------------	------------	-------------------------------------	-----------------------------------

Раздел «**Контроль качества и приемка работ**» должен содержать описание последовательности, методов и средств контроля при производстве и приемке строительного-монтажных работ.

Раздел должен содержать следующие подразделы:

- входной контроль поступающей продукции;
- операционный контроль на стадиях выполнения технологических операций;

- приемочный контроль выполненных работ.

Для всех видов контроля должны быть указаны:

- контролируемый показатель;
- место контроля;
- объем контроля;
- периодичность контроля;
- метод контроля и обозначение нормативно-технического документа;
- средства измерений и испытательное оборудование, марка (тип), технические характеристики (диапазон измерения, цена деления, класс точности и т. д.);

- исполнитель контроля (отдел, служба, специалист);

- документ, в котором регистрируется результат контроля (журналы работ, акты скрытых работ, протоколы испытаний и т. д.).

Раздел «Контроль качества и приемка работ» оформляют в следующем виде:

**Контроль качества производства работ**  
(форма)

Контролируемый параметр			Объем контроля	Периодичность контроля	Метод контроля (обозначение НТД)	Средства контроля, испытательное оборудование (тип, марка, технические характеристики – диапазон измерения, цена деления, класс точности, погрешность и т. д.)	Исполнитель	Оформление результатов контроля
Наименование	Номинальное значение	Предельное отклонение						

Раздел «Техника безопасности, охрана труда и окружающей среды» должен содержать описание безопасных методов выполнения технологических операций для всех рабочих мест, в том числе:

- решения по охране труда и технике безопасности;
- схемы безопасной организации рабочих мест с указанием ограждений опасных зон, предупреждающих надписей и знаков, способов освещения рабочих мест;
- правила безопасной эксплуатации средств технологического обеспечения, машин, механизмов и оборудования;
- применяемые средства индивидуальной защиты работающих и указания по их использованию;
- правила безопасного выполнения сварочных работ и работ, связанных с использованием открытого пламени;
- экологические требования к производству работ (условия сбора и удаления отходов, сохранения окружающей среды, ограничение уровня шума, пыли, вредных выбросов и др.).

Требования по охране труда, окружающей среды и технике безопасности излагаются в соответствии с действующими правилами и нормами.

Состав и содержание решений по технике безопасности должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации (СНиП III-4, стандарты системы стандартов безопасности труда в строительстве и др.).

Раздел «Калькуляция и нормирование затрат труда» оформляется в следующем виде:

### Калькуляция затрат труда (форма)

№ п/п	Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем	Норма времени на единицу, чел.-ч (маш.-ч)	Состав звена			Затраты труда на объем, чел.-ч (маш.-ч)
						Профессия	Разряд	Количество	

Основные рабочие процессы приводятся в технологической последовательности и нормируются в соответствии с действующими ЕНиР, ведомственными нормами и по результатам нормирования труда на объектах-представителях при применении новых материалов и конструктивных решений.

В калькуляцию включаются также рабочие процессы, выполняемые при подготовительных, вспомогательных и заключительных работах (разгрузка и погрузка инвентаря, разгрузка и складирование материалов и изделий в рабочей зоне, установка средств подмащивания, подготовка и приготовление вспомогательных материалов – мастик, растворов и т. д.).



При нормировании затрат труда должен быть указан примененный в технологической карте метод нормирования, приведены расчетные формулы.

Ниже приведены обязательные формы приложений к РДС-1.03.02-2003, которые необходимо использовать при разработке технологических карт.

## **2. СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовая работа выполняется в составе пояснительной записки объемом 30 – 50 страниц и графической части в объеме 1 лист формата А1 или 3-4 листов формата А3.

### **2.1. Содержание пояснительной записки курсовой работы**

(состав разделов может быть изменен по указанию преподавателя)

1. Область применения.
2. Технология и организация работ:
  - 2.1. Определение объемов работ:
    - 2.1.1. Определение объемов работ при вертикальной планировке площадки;
    - 2.1.2. Определение объемов работ при разработке котлована;
    - 2.1.3. Определение объемов работ при устройстве фундаментов;
  - 2.2. Определение среднего расстояния перемещения грунта из выемки в насыпь;
  - 2.3. Выбор комплектов машин и механизмов для производства работ:
    - 2.3.1. Выбор комплектов машин и механизмов для вертикальной планировки площадки;
    - 2.3.2. Выбор комплектов машин и механизмов для разработки котлована;
    - 2.3.3. Выбор комплектов машин и механизмов для устройства фундаментов;
  - 2.4. Указания по производству работ:
    - 2.4.1. Вертикальная планировка площадки;
    - 2.4.2. Разработка котлована;
    - 2.4.3. Устройство фундаментов.
3. Требования к качеству и приемке работ.
4. Калькуляция затрат труда, машинного времени и заработной платы.
5. Календарный график производства работ.
6. Материально-технические ресурсы:
  - 6.1. Ведомость потребности в материалах, полуфабрикатах, изделиях;
  - 6.2. Ведомость потребности в машинах, механизмах, инструменте, приспособлениях.

7. Техника безопасности и охрана труда при производстве работ.
8. Техничко-экономические показатели:
  - 8.1. Продолжительность работ в днях;
  - 8.2. Общая трудоемкость работ, чел.-дни;
  - 8.3. Трудоемкость на единицу продукции:
    - при вертикальной планировке площадки,
    - при разработке котлована,
    - при устройстве фундамента;
  - 8.4. Выработка на 1 чел.-день:
    - при вертикальной планировке площадки,
    - при разработке котлована,
    - при устройстве фундамента.
9. Список литературы.

## **2.2. Содержание графической части курсовой работы**

(состав разделов может быть изменен по указанию преподавателя)

В графической части работы должны быть представлены следующие материалы:

1. Вертикальная планировка площадки:
  - 1.1. План площадки (с указанием размеров, объемов земляных масс по фигурам, нулевой линии, откосов, места расположения котлована, эпюр работ по перемещению грунта из выемки в насыпь);
  - 1.2. Схемы и разрезы по вертикальной планировке площадки скреперами или бульдозерами (схемы движения, способ резания, например, через полосу или другой профиль стружки);
  - 1.3. Схема предварительного рыхления немерзлого грунта в выемке (при необходимости);
  - 1.4. Схемы и разрезы по уплотнению немерзлого грунта в насыпи.
2. Разработка котлована:
  - 2.1. Схема производства работ по разработке котлована (с указанием осей, размеров, вида и схемы проходок, размеров проходок, обноска, стоянок экскаватора, рабочей и опасной зоны);
  - 2.2. План экскаваторного забоя (с указанием всех размеров, стоянки транспорта, расположения отвала);
  - 2.3. Схема разработки недобора или устройства песчаной подушки;
  - 2.4. Схема предварительного рыхления мерзлого грунта для разработки котлована;
  - 2.5. Схема обратной засыпки пазух и уплотнения в них грунта;
  - 2.6. Разрезы по котловану для пояснения схем;

2.7. График движения автосамосвалов (для бесперебойной работы экскаватора).

3. Устройство фундаментов:

3.1. Сборные фундаменты (вариант задания):

3.1.1. Схема монтажа фундаментов (план и разрез), с указанием пути движения крана, стоянок, рабочей и опасной зоны, складирования ФБ или пути движения транспортного средства при монтаже «с колес»;

3.1.2. Грузовые характеристики крана (графики);

3.2. Монолитные фундаменты (вариант задания):

3.2.1. Схемы производства работ по устройству монолитных фундаментов (планы и разрезы): схемы по установке опалубки, укладке арматуры, бетонированию с указанием всех размеров, стоянок основной машины (крана, бетононасоса и т.д.), рабочей и опасной зон, складирования материалов, пути движения и стоянок транспорта;

3.2.2. Схема уплотнения бетонной смеси вибраторами (план, разрез);

3.2.3. Грузовые характеристики крана (технические характеристики других машин);

3.3. Устройство свайного фундамента (вариант задания):

3.3.1. Схемы производства работ (планы и разрезы): по разбивке свайного поля, по забивке свай, по срубке голов свай, по установке опалубки подготовки и ростверка, по установке арматуры, по бетонированию ростверка, уплотнению бетонной смеси вибраторами, с указанием всех размеров, путей движения строительных машин и механизмов, стоянок, рабочей и опасной зон, складирования материалов;

3.3.2. Грузовые характеристики крана (графики).

### **2.3. Пояснения по выполнению разделов курсовой работы**

Раздел **1. Область применения** оформляется в соответствии с требованиями РДС-1.03.02-2003.

Подраздел **2.1. Определение объемов работ** содержит расчеты и сводные таблицы, которые являются **исходными данными** для выполнения технологических расчетов. В реальных условиях строительства эти данные берутся из проектной документации, нормативной и справочной литературы.

При оформлении **п.2.1.1. Определение объемов работ при вертикальной планировке площадки** студент использует готовые объемы грунта по квадратам из вариантов площадок № 1 – № 4. Для этого преподаватель указывает размеры площадки из расчета, например, 40 квадратов:

**площадка** – вариант № 1, квадраты В-Ж × 1-8;

сторона квадрата  $a = 40\text{м}$ .

## Варианты площадки №1

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М		
1	1	2	3 4	5	6	7	8	9	10 11	12	13	14		
2	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
3	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
4	43	44	45	46	47	48	50	51	52	53	54	55	56	57
5	58	59	60	61	62	63	64	66	68	70	71	72	73	74
6	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
7	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98		
8	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110		

1	41,26		56	37,56	29	21,11		84	96,69
2	37,87		57	42,11	30	15,46		85	85,42
3	-30,25		58	54,16	31	46,09		86	43,26
4	15,26		59	55,32	32	13,41		87	36,52
5	-142,23		60	77,33	33	-1,67		88	26,41
6	-213,26		61	40,67	34	-87,66		89	21,32
7	-220,14		62	10,92	35	-192,40		90	26,47
8	-190,85		63	-3,50	36	-204,21		91	25,86
9	-120,62		64	-16,82	37	-106,14		92	39,82
10	-45,23		65	5,14	38	-5,26		93	36,53
11	3,56		66	-18,64	39	7,61		94	46,52
12	15,24		67	4,72	40	46,57		95	23,53
13	27,53		68	-6,70	41	35,46		96	27,86
14	12,32		69	8,74	42	20,12		97	28,91
15	10,23		70	-0,01	43	34,54		98	24,13
16	11,54		71	23,29	44	41,23		99	37,73
17	12,68		72	65,23	45	66,17		100	32,96
18	-15,46		73	48,75	46	19,87		101	27,45
19	1,25		74	37,52	47	-0,001		102	28,63
20	-68,95		75	65,42	48	0,37		103	24,63
21	-99,63		76	77,78	49	-35,08		104	39,46
22	-125,52		77	95,80	50	-114,82		105	41,12
23	-150,42		78	67,35	51	-121,14		106	28,22
24	-60,21		79	47,16	52	-73,28		107	21,16
25	10,25		80	42,21	53	-5,42		108	24,56
26	15,45		81	41,55	54	8,97		109	34,85
27	15,32		82	44,80	55	49,64		110	39,84
28	20,11		83	62,45					

## Варианты площадки №2

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М		
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
2	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
3	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
4	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
5	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
6	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
7	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
8	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	
9	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	

1	150,14	31	88,40	61	0,08	91	-127,20
2	139,47	32	61,13	62	-45,77	92	-168,29
3	143,23	33	32,05	63	-82,56	93	-164,01
4	99,69	34	7,55	64	-127,37	94	-156,72
5	86,40	35	-9,33	65	-116,87	95	49,56
6	67,45	36	-42,65	66	-115,96	96	51,36
7	34,87	37	-90,44	67	81,47	97	39,45
8	19,56	38	-85,45	68	75,87	98	15,48
9	3,25	39	-94,51	69	64,35	99	-15,23
10	-11,26	40	151,25	70	54,71	100	-21,45
11	-24,16	41	140,54	71	36,02	101	-38,74
12	-25,69	42	135,39	72	14,18	102	-56,78
13	-39,87	43	109,73	73	-8,36	103	-106,58
14	164,67	44	82,62	74	0,35	104	-146,83
15	175,23	45	59,06	75	-38,32	105	-156,89
16	147,36	46	29,52	76	-75,13	106	-157,42
17	125,35	47	3,41	77	-112,15	107	-134,63
18	113,89	48	-20,29	78	-153,67	108	45,65
19	77,65	49	-55,62	79	-124,26	109	26,45
20	47,07	50	-103,92	80	-133,36	110	7,54
21	10,65	51	-95,46	81	54,26	111	-10,42
22	-5,63	52	-90,24	82	55,87	112	-15,62
23	-15,69	53	112,54	83	37,54	113	-28,95
24	-26,45	54	120,23	84	26,61	114	-45,62
25	-42,12	55	95,65	85	11,17	115	-51,48
26	-45,32	56	81,99	86	-5,20	116	-85,42
27	154,29	57	63,27	87	0,34	117	-95,26
28	179,86	58	40,27	88	-30,68	118	-137,15
29	168,45	59	14,45	89	-51,56	119	-122,21
30	126,51	60	-8,52	90	-87,77	120	-127,89

### Варианты площадки №3

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М		
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
2	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
3	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
4	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
5	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
6	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
7	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
8	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
9	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
10	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135				

1	-90,52	71	-30,99	31	29,46	101	-7,42	61	8,54	131	17,22
2	-85,42	72	26,00	32	74,24	102	27,17	62	-66,68	132	12,26
3	-74,42	73	23,08	33	58,19	103	32,75	63	35,14	133	-45,41
4	-12,32	74	37,23	34	48,67	104	34,28	64	38,42	134	-66,45
5	33,96	75	40,12	35	-7,95	105	43,27	65	27,73	135	-111,49
6	45,28	76	-35,42	36	38,67	106	33,62	66	24,82		
7	55,46	77	-55,74	37	-57,79	107	6,72	67	-62,74		
8	25,42	78	21,15	38	47,02	108	-71,12	68	-118,21		
9	39,85	79	28,46	39	-55,82	109	-100,01	69	-129,45		
10	47,84	80	30,84	40	49,53	110	20,16	70	-117,21		
11	49,56	81	23,12	41	-4,00	111	21,03				
12	44,51	82	-6,40	42	50,27	112	31,09				
13	58,74	83	-58,28	43	91,12	113	35,46				
14	-112,52	84	1,08	44	30,02	114	29,14				
15	-74,46	85	-97,85	45	18,74	115	42,58				
16	15,42	86	-75,21	46	-75,89	116	49,63				
17	-30,12	87	2,73	47	33,62	117	15,65				
18	25,56	88	-7,97	48	39,85	118	17,85				
19	48,89	89	21,92	49	40,48	119	12,62				
20	36,85	90	31,15	50	27,71	120	-35,33				
21	31,26	91	41,15	51	-7,32	121	-70,13				
22	48,52	92	17,42	52	0,06	122	-99,58				
23	29,65	93	-35,52	53	-95,32	123	25,89				
24	37,14	94	-85,75	54	-101,65	124	27,43				
25	36,89	95	26,95	55	-110,34	125	26,96				
26	40,03	96	31,42	56	-58,17	126	18,86				
27	27,42	97	55,38	57	15,02	127	29,32				
28	-25,47	98	32,58	58	24,65	128	17,11				
29	-64,15	99	29,64	59	36,20	129	13,26				
30	16,28	100	-6,68	60	25,41	130	14,28				

### Варианты площадки №4

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
3	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
4	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
5	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
6	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
7	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
8	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113

1	-142,28		61	7,04	31	-120,09		91	124,77
2	-135,23		62	-0,01	32	-23,04		92	145,28
3	-74,11		63	16,89	33	12,29		93	166,73
4	-43,56		64	92,27	34	68,01		94	77,65
5	-38,21		65	89,37	35	105,94		95	15,24
6	-3,28		66	57,83	36	61,38		96	-5,21
7	59,83		67	56,94	37	55,72		97	-25,29
8	121,78		68	-2,29	38	14,96		98	-110,26
9	163,46		69	-157,30	39	-4,80		99	-134,87
10	177,82		70	-236,19	40	8,54		100	-163,27
11	196,92		71	-166,49	41	-99,42		101	71,79
12	174,68		72	-154,26	42	-84,16		102	94,96
13	147,20		73	-44,13	43	-135,23		103	107,48
14	-132,21		74	37,41	44	-102,49		104	142,63
15	-134,23		75	-12,1	45	-100,39		105	177,28
16	-80,62		76	45,62	46	-25,54		106	184,29
17	-47,45		77	27,22	47	0,51		107	101,47
18	-19,58		78	63,80	48	-0,02		108	57,42
19	10,54		79	85,56	49	63,14		109	-4,12
20	76,42		80	90,65	50	117,55		110	-37,42
21	124,54		81	64,61	51	118,77		111	-117,49
22	131,39		82	18,37	52	59,31		112	-133,24
23	197,86		83	-9,18	53	11,97		113	-152,89
24	124,32		84	-48,06	54	-21,13			
25	96,52		85	-266,08	55	-145,41			
26	72,12		86	-150,54	56	-127,42			
27	-7,12		87	-145,28	57	-135,42			
28	-158,25		88	62,19	58	-109,57			
29	-154,23		89	55,62	59	-118,25			
30	-165,96		90	87,41	60	-34,61			

**Пример оформления раздела 2.1.1. Определение объемов земляных работ при вертикальной планировке площадки.**

Площадка разбита на квадраты со стороной  $a = 40$  м. Размеры площадки  $200 \times 320$  м. Земляные работы при вертикальной планировке площадки включают срезку растительного слоя грунта, разработку грунта в зоне выемки с перемещением в зону насыпи с послойной укладкой, уплотнением и окончательной планировкой площадки.

Срезка растительного слоя выполняется по всей площадке, поэтому для определения объемов данной работы необходимо подсчитать площадь площадки в  $m^2$ . Ведомость объемов грунта по квадратам в зонах насыпи и выемки приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1

**Ведомость объемов насыпей и выемок**

N фиг.	Объем грунта ( $m^3$ )	
	Насыпи(+)	Выемки(-)
1		220,14
2		99,63
3		192,40
4		114,82
5		16,82
6	5,14	
7	42,21	
8	39,82	
9	39,46	
10		213,26
11		68,95
12		87,66
13	0,37	
14		35,08
15		3,50
16	10,92	
17	47,16	
18	25,86	
19	24,63	
20		142,23
21		15,46
22	1,25	
23		1,67
24		13,41
25		0,001
26		19,87
27		40,67
28		67,35
29		26,47
30		28,63
31		30,25
32		15,26
33		12,68
34		46,09
35		66,17
36		77,33
37		95,80
38		21,32
39		27,45
40		37,87
41		11,54
42		15,46
43		41,23
44		55,32
45		77,78
46		26,41
47		32,96
Итого	1093,89	1241,87



Вертикальная планировка площадки выполняется с нулевым балансом земляных масс. Избыток грунта в объеме 150 м<sup>3</sup> должен быть разработан и вывезен за пределы строительной площадки автосамосвалами. Объемы грунта насыпи и выемки для планировочных работ приняты:

$$\sum V_H = 1094 \text{ м}^3 \qquad \sum V_B = 1094 \text{ м}^3.$$

Объем работ по уплотнению грунта в зоне насыпи равен объему грунта выемки.

При оформлении **п. 2.1.2. Определение объемов работ при разработке котлована** используются методические материалы к практическим занятиям по теме 1 с составлением ведомости подсчета объемов работ (табл. 1.1).

Студенту в задании выдаются габариты здания, сетка колонн. Фундаменты стаканного типа выполняются из монолитного бетона. Размеры нижней ступени указываются преподавателем, условно приняты все фундаменты одного размера. Указывается в задании также вид грунта. Выдача заданий возможна по нижеприведенным вариантам схем 1 – 6.

При оформлении **п. 2.1.3. Определение объемов работ при устройстве фундаментов** необходимо определить потребность в опалубке (прил., табл. П.72). Определяется объем бетона и арматуры. Объем бетона подсчитывается по размерам фундамента. Объем арматуры можно принять из расчета 100 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.

При оформлении **п. 2.2. Определение среднего расстояния перемещения грунта из выемки в насыпь** используются методические материалы к практическим занятиям по теме 3.

При оформлении **п. 2.3. Выбор комплектов машин и механизмов для производства работ** используются методические материалы к практическим занятиям по темам 2 и 4.

При оформлении **п. 2.4. Указания по производству работ** используются методические материалы к практическим занятиям по темам 2 – 6.

Разделы **3. Требования к качеству и приемке работ, 4. Калькуляция затрат труда, машинного времени и заработной платы, 6. Материально-технические ресурсы, 7. Техника безопасности и охрана труда при производстве работ** оформляются в соответствии с требованиями РДС-1.03.02-2003.

### 3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ «ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ И УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ»

#### Перечень исходных данных

1. Фрагмент площадки (задаются координаты начала и окончания участка).
2. Размер квадрата.
3. Схема здания.
4. Размер секции (температурного блока) здания –  $L$ .
5. Ширина пролета здания –  $B$ .
6. Тип фундамента.
7. Глубина котлована –  $H_k$ .
8. Ширина фундамента по низу –  $b$ .
9. Ширина фундамента по верху –  $b_1$ .
10. Размер поперечного сечения сваи –  $a$ .
11. Длина сваи –  $l$ .
12. Расстояние между сваями –  $c$ .
13. Для буронабивных свай – размер поперечного сечения сваи и размер уширения сваи –  $d/d_1$ .
14. Нагрузка на сваю.
15. Вид грунта.
16. Глубина промерзания (для отдельных вариантов).
17. Уровень грунтовых вод –  $h_{гр}$ .
18. Мощность водоносного слоя –  $H$ .
19. Коэффициент фильтрации грунта –  $K_\phi$ .

#### Пояснения по выбору исходных данных

Исходные данные выдаются студенту для разработки разделов курсовой работы. По разделу **Вертикальная планировка площадки** студент использует готовые объемы грунта по квадратам из вариантов площадок № 1 – № 4. Для этого преподаватель указывает размеры площадки из расчета, например, 40 квадратов (см. в данном разделе п. 2.3. «Пояснения по выполнению разделов курсовой работы»).

По разделам «Разработка котлована», «Устройство фундаментов» ниже приведены варианты заданий. Преподаватель указывает для студента вариант задания, например, **Вариант 27-к**. Студент по номеру «27» определяет схему, размеры здания, тип фундамента. По букве варианта «к» находит для своего фундамента размеры, вид грунта и другие необходимые для выполнения курсовой работы данные.

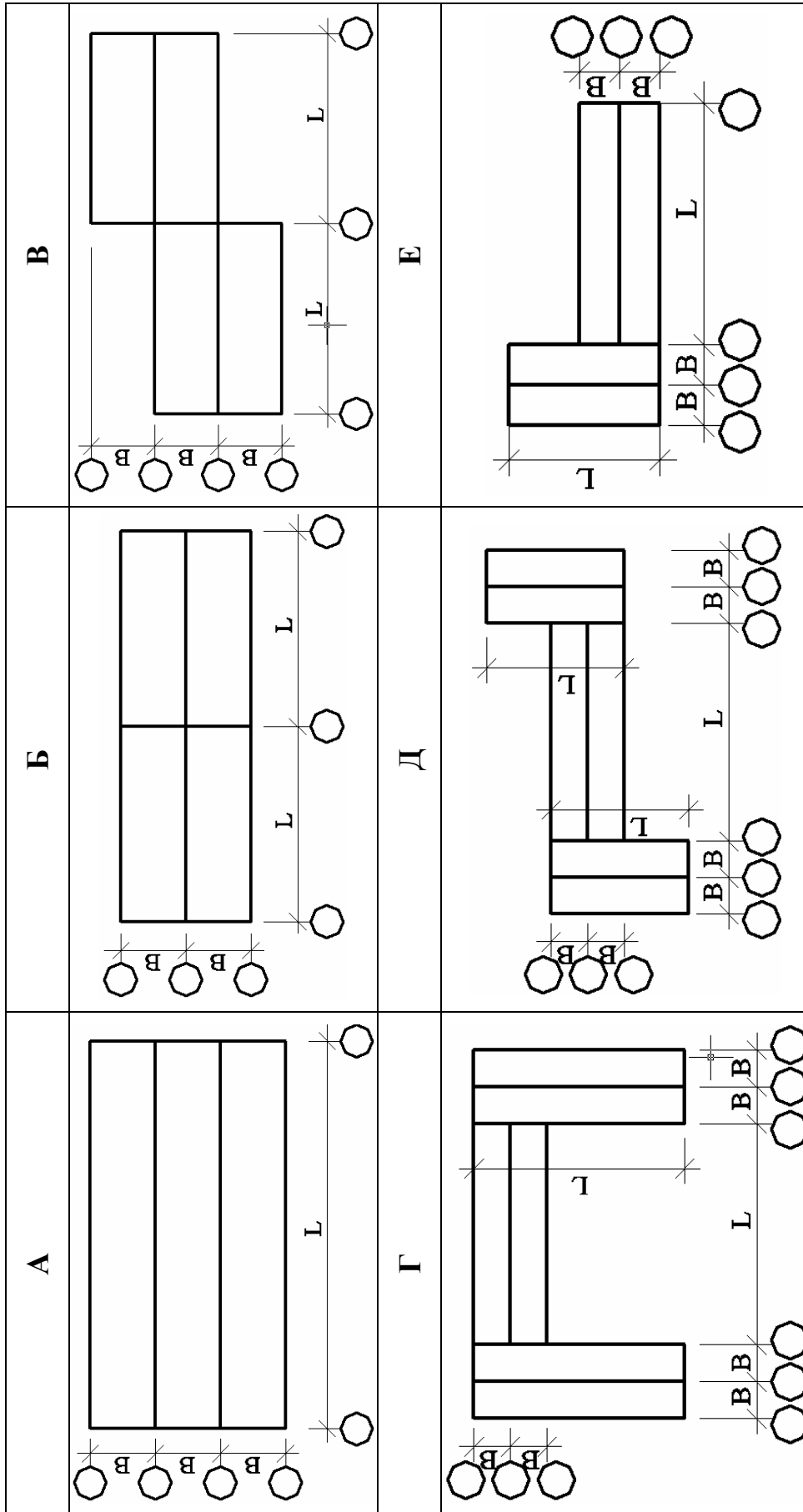
## ЗДАНИЯ С ФУНДАМЕНТАМИ СТАКАННОГО ТИПА

№ варианта	Схема здания	<i>L</i>	<i>B</i>	Тип фунда-мента	№ варианта	Схема здания	<i>L</i>	<i>B</i>	Тип фунда-мента
61	А	48	6	Ф-12	91	А	48	12	Ф-12
62	Б	54	9	Ф-13	92	Б	54	18	Ф-13
63	В	60	12	Ф-14	93	В	60	24	Ф-14
64	Г	66	18	Ф-15	94	Г	66	30	Ф-15
65	Д	72	24	Ф-16	95	Д	72	36	Ф-16
66	Е	48	30	Ф-12	96	Е	48	6	Ф-12
67	А	54	36	Ф-13	97	А	54	9	Ф-13
68	Б	60	6	Ф-14	98	Б	60	12	Ф-14
69	В	66	9	Ф-15	99	В	66	18	Ф-15
70	Г	72	12	Ф-16	100	Г	72	24	Ф-16
71	Д	48	18	Ф-12	101	Д	48	30	Ф-12
72	Е	54	24	Ф-13	102	Е	54	36	Ф-13
73	А	60	30	Ф-14	103	А	60	6	Ф-14
74	Б	66	36	Ф-15	104	Б	66	9	Ф-15
75	В	72	6	Ф-16	105	В	72	12	Ф-16
76	Г	48	9	Ф-12	106	Г	48	18	Ф-12
77	Д	54	12	Ф-13	107	Д	54	24	Ф-13
78	Е	60	18	Ф-14	108	Е	60	30	Ф-14
79	А	66	24	Ф-15	109	А	66	36	Ф-15
80	Б	72	30	Ф-16	110	Б	72	6	Ф-16
81	В	48	36	Ф-12	111	В	48	9	Ф-12
82	Г	54	6	Ф-13	112	Г	54	12	Ф-13
83	Д	60	9	Ф-14	113	Д	60	18	Ф-14
84	Е	66	12	Ф-15	114	Е	66	24	Ф-15
85	А	72	18	Ф-16	115	А	72	30	Ф-16
86	Б	48	24	Ф-12	116	Б	48	36	Ф-12
87	В	54	30	Ф-13	117	В	54	6	Ф-13
88	Г	60	36	Ф-14	118	Г	60	9	Ф-14
89	Д	66	6	Ф-15	119	Д	66	12	Ф-15
90	Е	72	9	Ф-16	120	Е	72	18	Ф-16

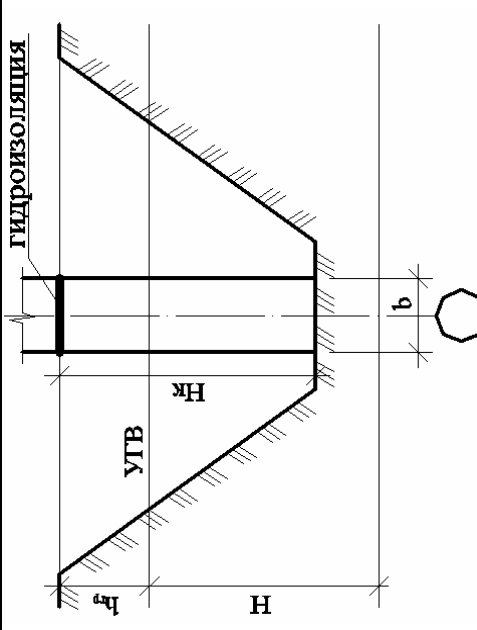
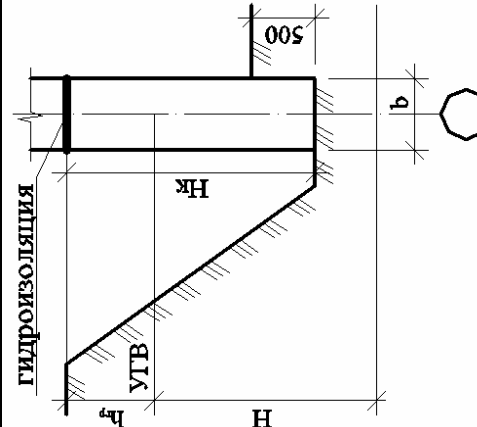
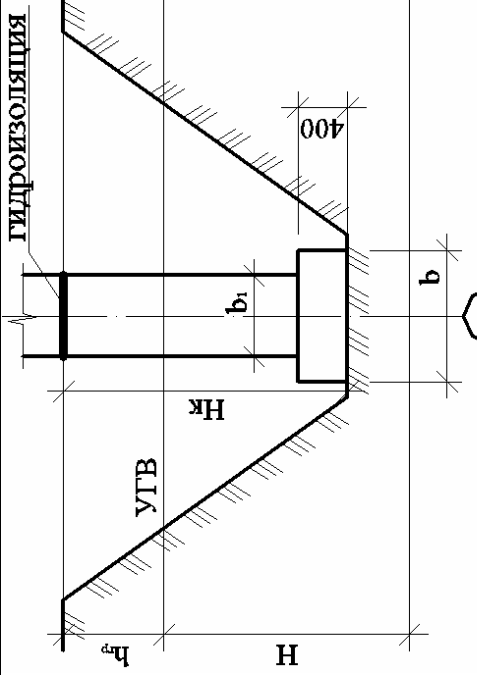
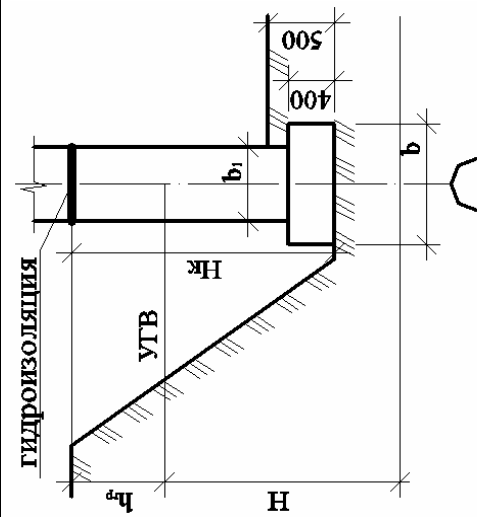
**ЗДАНИЯ С ФУНДАМЕНТАМИ ЛЕНТОЧНОГО  
(СВАЙНОГО) ТИПА**

№ варианта	Схема здания	<i>L</i>	<i>B</i>	Тип фунда-мента	№ варианта	Схема здания	<i>L</i>	<i>B</i>	Тип фунда-мента
1	А	18	4,5	Ф-1	31	А	20	4,5	Ф-9
2	Б	19	5	Ф-2	32	Б	21	5	Ф-10
3	В	20	5,5	Ф-3	33	В	22	5,5	Ф-11
4	Г	21	6	Ф-4	34	Г	23	6	Ф-1
5	Д	22	6,5	Ф-5	35	Д	24	6,5	Ф-2
6	Е	23	4,5	Ф-6	36	Е	18	4,5	Ф-3
7	А	24	5	Ф-7	37	А	19	5	Ф-4
8	Б	18	5,5	Ф-8	38	Б	20	5,5	Ф-5
9	В	19	6	Ф-9	39	В	21	6	Ф-6
10	Г	20	6,5	Ф-10	40	Г	22	6,5	Ф-7
11	Д	21	4,5	Ф-11	41	Д	23	4,5	Ф-8
12	Е	22	5	Ф-1	42	Е	24	5	Ф-9
13	А	23	5,5	Ф-2	43	А	18	5,5	Ф-10
14	Б	24	6	Ф-3	44	Б	19	6	Ф-11
15	В	18	6,5	Ф-4	45	В	20	6,5	Ф-1
16	Г	19	4,5	Ф-5	46	Г	21	4,5	Ф-2
17	Д	20	5	Ф-6	47	Д	22	5	Ф-3
18	Е	21	5,5	Ф-7	48	Е	23	5,5	Ф-4
19	А	22	6	Ф-8	49	А	24	6	Ф-5
20	Б	23	6,5	Ф-9	50	Б	18	6,5	Ф-6
21	В	24	4,5	Ф-10	51	В	19	4,5	Ф-7
22	Г	18	5	Ф-11	52	Г	20	5	Ф-8
23	Д	19	5,5	Ф-1	53	Д	21	5,5	Ф-9
24	Е	20	6	Ф-2	54	Е	22	6	Ф-10
25	А	21	6,5	Ф-3	55	А	23	6,5	Ф-11
26	Б	22	4,5	Ф-4	56	Б	24	4,5	Ф-1
27	В	23	5	Ф-5	57	В	18	5	Ф-2
28	Г	24	5,5	Ф-6	58	Г	19	5,5	Ф-3
29	Д	18	6	Ф-7	59	Д	20	6	Ф-4
30	Е	19	6,5	Ф-8	60	Е	21	6,5	Ф-5

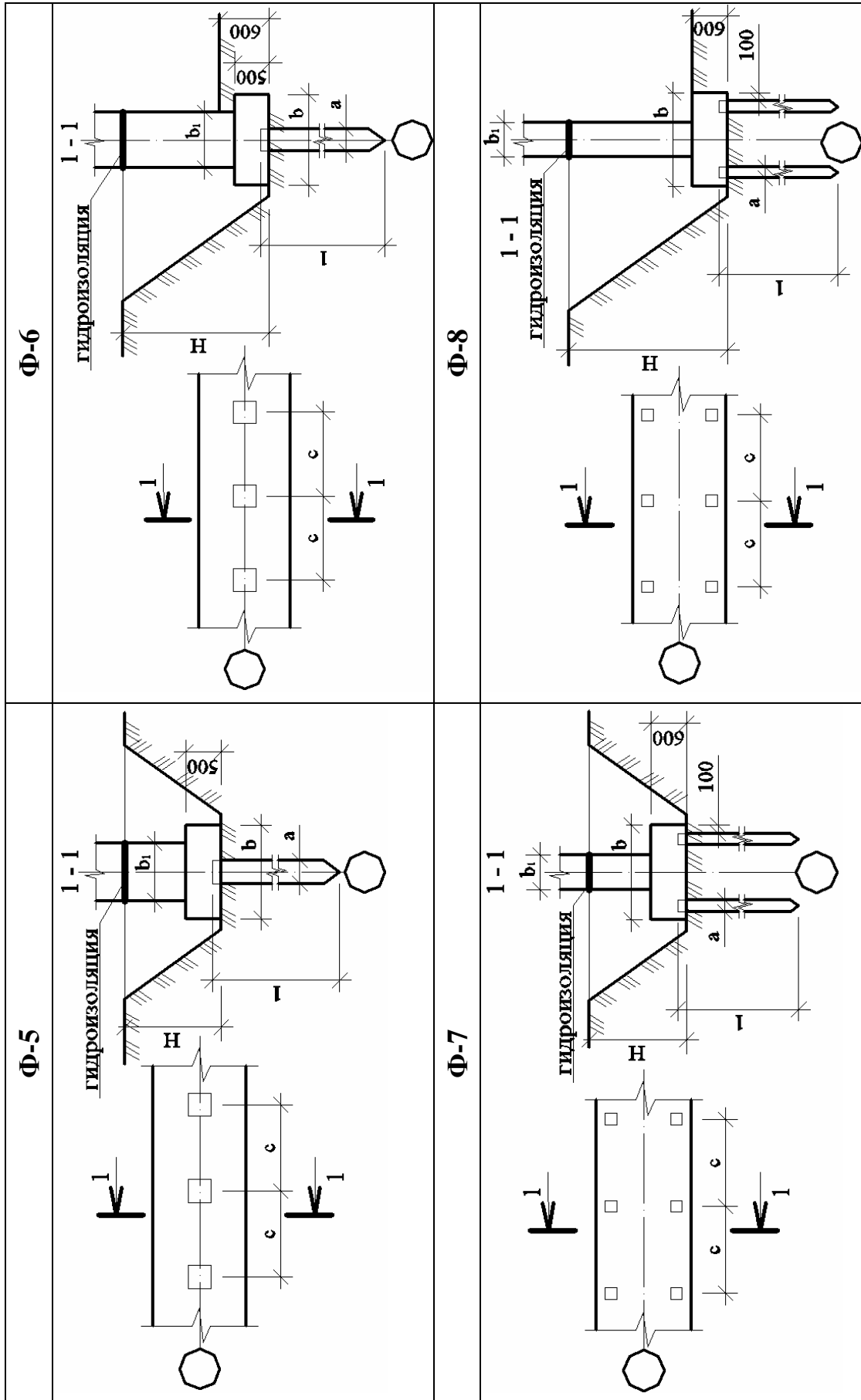
СХЕМЫ ЗДАНИЙ



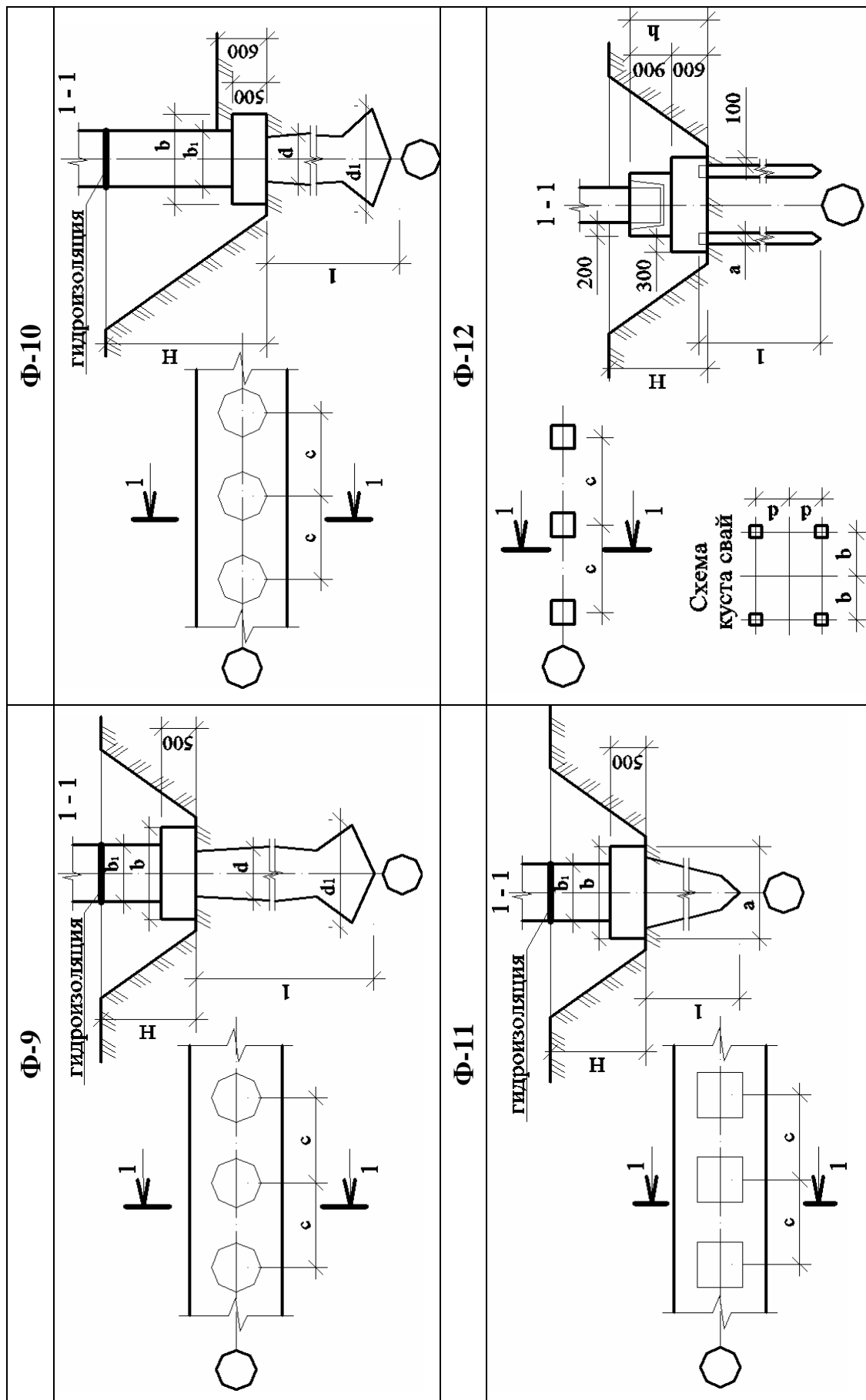
ТИПЫ ФУНДАМЕНТОВ Ф-1 – Ф-4

<p><b>Ф-1</b></p> 	<p><b>Ф-2</b></p> 
<p><b>Ф-3</b></p> 	<p><b>Ф-4</b></p> 

ТИПЫ ФУНДАМЕНТОВ Ф-5 – Ф-8

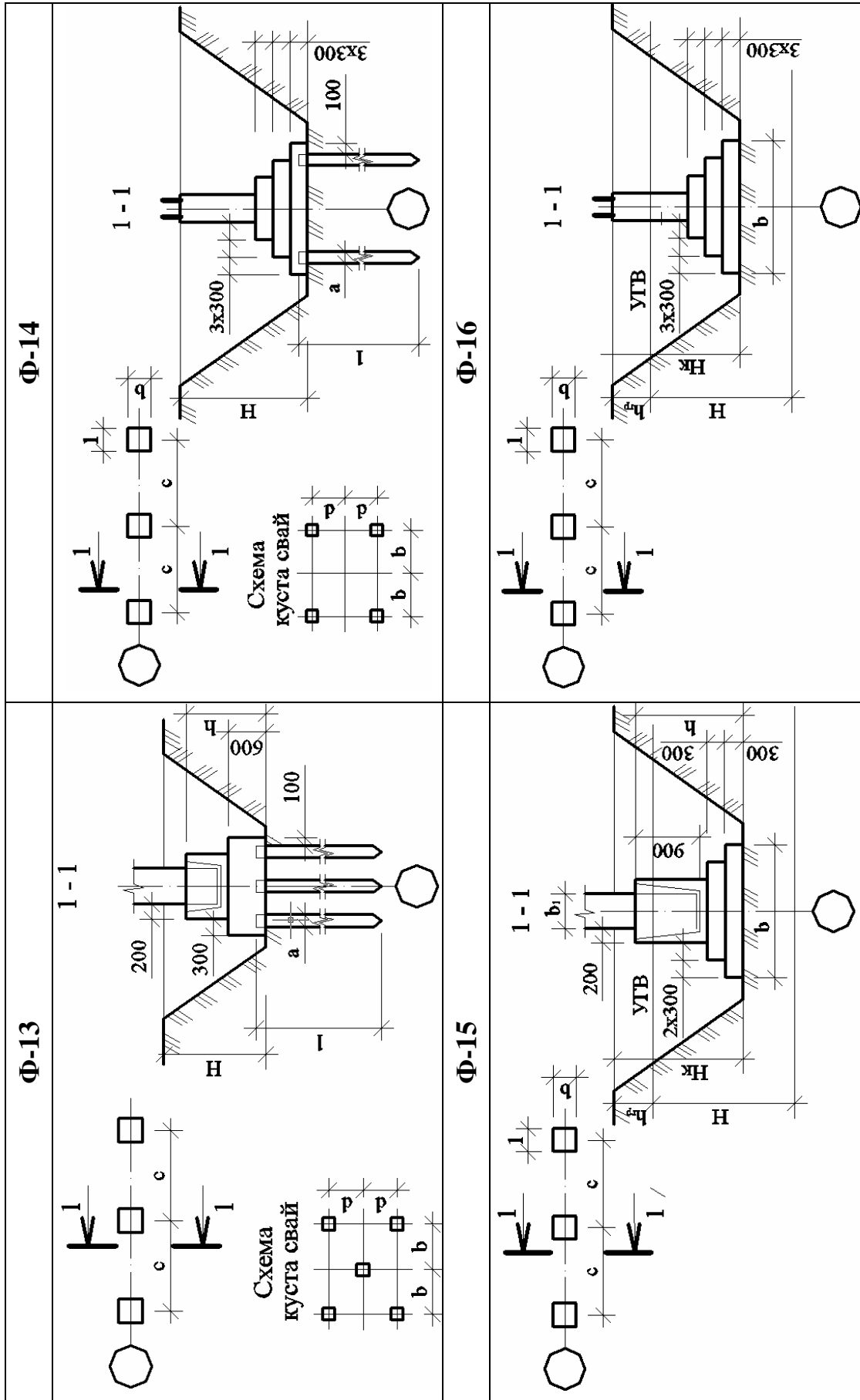


ТИПЫ ФУНДАМЕНТОВ Ф-9 – Ф-12





ТИПЫ ФУНДАМЕНТОВ Ф-13 – Ф-16



ДАННЫЕ ПО ФУНДАМЕНТАМ Ф-1 – Ф-4

Тип фундамента	№ варианта	$H_k$ , м	$b$ , м	$b_1$ , м	$H$ , м	$h_{зр}$ , м	$K_{\phi}$ , м/сут	Глубина промерзания, м	Грунт
Ф-1	<i>a</i>	1,2	0,4	-	-	-	-	0,8	глина
	<i>б</i>	1,5	0,4	-	7	0,2	50	-	песок
	<i>в</i>	1,3	0,5	-	-	-	-	0,9	суглинок
	<i>г</i>	1,6	0,5	-	8	0,1	10	-	песок
	<i>д</i>	1,4	0,6	-	-	-	-	1,0	супесь
	<i>e</i>	1,7	0,6	-	9	0,2	45	-	песок
	<i>жс</i>	1,2	0,5	-	-	-	-	1,1	суглинок
	<i>и</i>	1,8	0,4	-	10	0,3	30	-	песок
	<i>к</i>	1,3	0,6	-	-	-	-	0,5	супесь
	<i>л</i>	1,4	0,4	-	6	0,1	50	-	песок
Ф-2	<i>a</i>	2,4	0,6	-	-	-	-	1,1	глина
	<i>б</i>	1,9	0,4	-	7	0,3	44	-	песок
	<i>в</i>	2,5	0,4	-	-	-	-	0,5	суглинок
	<i>г</i>	2,0	0,5	-	8	0,7	48	-	песок
	<i>д</i>	1,9	0,5	-	-	-	-	0,6	супесь
	<i>e</i>	2,1	0,6	-	9	0,8	49	-	песок
	<i>жс</i>	2,0	0,6	-	-	-	-	0,9	суглинок
	<i>и</i>	2,2	0,4	-	10	0,9	50	-	песок
	<i>к</i>	2,1	0,4	-	-	-	-	0,8	супесь
	<i>л</i>	2,3	0,5	-	11	1,0	45	-	песок
Ф-3	<i>a</i>	1,2	0,6	0,4	-	-	-	0,8	суглинок
	<i>б</i>	1,4	1,0	0,6	8	0,1	50	-	песок
	<i>в</i>	1,3	0,8	0,5	-	-	-	0,9	супесь
	<i>г</i>	1,5	1,2	0,4	9	0,1	43	-	песок
	<i>д</i>	1,2	0,6	0,5	-	-	-	0,7	супесь
	<i>e</i>	1,6	1,4	0,5	10	0,1	45	-	песок
	<i>жс</i>	1,3	0,8	0,6	-	-	-	0,8	суглинок
	<i>и</i>	1,7	1,6	0,6	11	0,2	25	-	песок
	<i>к</i>	1,4	1,0	0,4	-	-	-	0,9	супесь
	<i>л</i>	1,8	2,0	0,4	12	0,3	30	-	песок
Ф-4	<i>a</i>	1,9	0,6	0,4	-	-	-	1,1	глина
	<i>б</i>	2,4	1,6	0,6	9	0,5	25	-	песок
	<i>в</i>	2,0	0,8	0,5	-	-	-	0,5	суглинок
	<i>г</i>	2,5	2,0	0,4	10	0,7	30	-	песок
	<i>д</i>	2,1	1,0	0,6	-	-	-	0,6	супесь
	<i>e</i>	1,9	0,6	0,5	6	0,3	35	-	песок
	<i>жс</i>	2,2	1,2	0,4	-	-	-	0,9	суглинок
	<i>и</i>	2,0	0,8	0,6	7	0,6	40	-	песок
	<i>к</i>	2,3	1,4	0,5	-	-	-	0,8	супесь
<i>л</i>	2,1	1,0	0,4	8	0,7	45	-	песок	

ДАННЫЕ ПО ФУНДАМЕНТАМ Ф-5 – Ф-8

Тип фундамента	№ варианта	$H$ , м	$b$ , м	$b_1$ , м	$a$ , см	$l$ , м	$c$ , м	Нагрузка на сваю, кН	Грунт
Ф-5	<i>a</i>	1,2	0,6	0,4	30	6,0	2,4	380	глина
	<i>б</i>	1,3	0,8	0,5	35	3,5	3,0	350	суглинок
	<i>в</i>	1,4	1,0	0,6	40	9,0	3,6	500	супесь
	<i>г</i>	1,5	1,2	0,4	30	5,5	2,4	320	песок
	<i>д</i>	1,6	1,4	0,5	35	7,0	3,0	420	глина
	<i>e</i>	1,7	1,6	0,6	40	10	3,6	280	суглинок
	<i>ж</i>	1,8	2,0	0,4	30	4,5	2,4	450	супесь
	<i>и</i>	1,2	0,6	0,5	35	4,0	3,0	390	песок
	<i>к</i>	1,3	0,8	0,6	40	11,0	3,6	600	глина
	<i>л</i>	1,4	1,0	0,4	30	8,0	2,4	480	суглинок
Ф-6	<i>a</i>	1,9	1,2	0,5	35	4,0	3,0	360	супесь
	<i>б</i>	2,0	1,4	0,6	40	3,5	3,6	290	песок
	<i>в</i>	2,1	1,6	0,4	30	4,0	2,4	280	глина
	<i>г</i>	2,2	2,0	0,5	35	5,0	3,0	420	суглинок
	<i>д</i>	2,3	0,6	0,6	40	5,5	3,6	310	супесь
	<i>e</i>	2,4	0,8	0,4	30	4,0	2,4	260	песок
	<i>ж</i>	2,5	1,0	0,5	35	6,0	3,0	520	глина
	<i>и</i>	1,9	1,2	0,6	40	5,0	3,6	290	суглинок
	<i>к</i>	2,0	1,4	0,4	30	4,0	2,4	380	супесь
		<i>л</i>	2,1	1,6	0,5	35	6,0	3,0	580
Ф-7	<i>a</i>	1,2	2,0	0,6	40	4,0	3,6	350	глина
	<i>б</i>	1,3	0,6	0,4	30	5,0	2,4	500	суглинок
	<i>в</i>	1,4	0,8	0,5	35	4,0	3,0	320	супесь
	<i>г</i>	1,5	1,0	0,6	40	4,5	3,6	420	песок
	<i>д</i>	1,6	1,2	0,4	30	3,0	2,4	280	глина
	<i>e</i>	1,7	1,4	0,5	35	7,0	3,0	450	суглинок
	<i>ж</i>	1,8	1,6	0,6	40	4,0	3,6	390	супесь
	<i>и</i>	1,2	2,0	0,4	30	9,0	2,4	600	песок
	<i>к</i>	1,3	0,6	0,5	35	6,0	3,0	480	глина
	<i>л</i>	1,4	0,8	0,6	40	3,0	3,6	360	суглинок
Ф-8	<i>a</i>	1,9	1,0	0,4	30	3,5	2,4	290	супесь
	<i>б</i>	2,0	1,2	0,5	35	3,0	3,0	280	песок
	<i>в</i>	2,1	1,4	0,6	40	4,5	3,6	420	глина
	<i>г</i>	2,2	1,6	0,4	30	4,0	2,4	310	суглинок
	<i>д</i>	2,3	2,0	0,5	35	3,0	3,0	260	супесь
	<i>e</i>	2,4	0,6	0,6	40	5,0	3,6	520	песок
	<i>ж</i>	2,5	0,8	0,4	30	4,0	2,4	290	глина
	<i>и</i>	1,9	1,0	0,5	35	3,5	3,0	260	суглинок
	<i>к</i>	2,0	1,2	0,6	40	4,5	3,6	340	супесь
		<i>л</i>	2,1	1,4	0,4	30	4,0	2,4	300

ДАННЫЕ ПО ФУНДАМЕНТАМ Ф-9 – Ф-11

Тип фундамента	№ варианта	$H$ , м	$b$ , м	$b_1$ , см	$d/d_1$ (а), см	$l$ , м	$c$ , м	Нагрузка на сваю, кН	Грунт
<b>Ф-9</b>	<i>a</i>	1,2	1,2	50	50/120	4,0	2,4	360	глина
	<i>б</i>	1,3	1,4	60	50/140	3,5	3,0	290	суглинок
	<i>в</i>	1,4	1,6	40	60/140	4,0	3,6	280	супесь
	<i>г</i>	1,5	2,0	50	80/160	5,0	2,4	420	песок
	<i>д</i>	1,6	0,6	60	50/-	5,5	3,0	310	глина
	<i>e</i>	1,7	0,8	40	50/140	4,0	3,6	260	суглинок
	<i>ж</i>	1,8	1,0	50	60/-	6,0	2,4	520	супесь
	<i>и</i>	1,2	1,2	60	80/160	5,0	3,0	290	песок
	<i>к</i>	1,3	1,4	40	50/120	4,0	3,6	380	глина
	<i>л</i>	1,4	1,6	50	50/-	6,0	2,4	580	суглинок
<b>Ф-10</b>	<i>a</i>	1,9	2,0	60	60/140	4,0	3,0	350	супесь
	<i>б</i>	2,0	0,6	40	80/160	5,0	3,6	500	песок
	<i>в</i>	2,1	0,8	50	50/120	4,0	2,4	320	глина
	<i>г</i>	2,2	1,0	60	50/140	4,5	3,0	420	суглинок
	<i>д</i>	2,3	1,2	40	60/140	3,0	3,6	280	супесь
	<i>e</i>	2,4	1,4	50	80-	7,0	2,4	450	песок
	<i>жс</i>	2,5	1,6	60	50/120	4,0	3,0	390	глина
	<i>и</i>	1,9	2,0	40	50/140	9,0	3,6	600	суглинок
	<i>к</i>	2,0	0,6	50	60/140	6,0	2,4	480	супесь
	<i>л</i>	2,1	0,8	60	80/160	3,0	3,0	360	песок
<b>Ф-11</b>	<i>a</i>	1,2	1,0	40	30	3,5	3,6	290	глина
	<i>б</i>	1,3	1,2	50	35	3,0	2,4	280	суглинок
	<i>в</i>	1,4	1,4	60	40	4,5	3,0	420	супесь
	<i>г</i>	1,5	1,6	40	30	4,0	3,6	310	песок
	<i>д</i>	1,6	2,0	50	35	3,0	2,4	260	глина
	<i>e</i>	1,7	0,6	60	40	5,0	3,0	520	суглинок
	<i>жс</i>	1,8	0,8	40	30	4,0	3,6	290	супесь
	<i>и</i>	1,2	1,0	50	35	3,5	2,4	260	песок
	<i>к</i>	1,3	1,2	60	40	4,5	3,0	340	глина
	<i>л</i>	1,4	1,4	40	30	4,0	3,6	300	суглинок

ДАННЫЕ ПО ФУНДАМЕНТАМ Ф-12 – Ф-14

Тип фундамента	№ варианта	<i>H</i> , м	<i>h</i> , м	<i>b</i> , см	<i>d</i> , см	<i>a</i> , см	<i>l</i> , м	<i>c</i> , м	Нагрузка на сваю, кН	Грунт
<b>Ф-12</b>	<i>a</i>	1,9	1,6	40	50	20	2,5	6	360	глина
	<i>б</i>	2,0	1,8	45	55	30	3,0	12	290	суглинок
	<i>в</i>	2,1	2,0	50	60	40	3,5	6	280	супесь
	<i>г</i>	2,2	1,6	40	50	20	4,0	12	420	песок
	<i>д</i>	2,3	1,8	45	55	30	2,5	6	310	глина
	<i>e</i>	2,4	2,0	50	60	40	3,0	12	260	суглинок
	<i>ж</i>	2,5	1,6	40	50	20	3,5	6	520	супесь
	<i>и</i>	1,9	1,8	45	55	30	4,0	12	290	песок
	<i>к</i>	2,0	2,0	50	60	40	2,5	6	380	глина
	<i>л</i>	2,1	1,6	40	50	20	3,0	12	580	суглинок
<b>Ф-13</b>	<i>a</i>	1,7	1,6	45	55	30	3,5	6	350	супесь
	<i>б</i>	1,8	1,8	50	60	40	4,0	12	500	песок
	<i>в</i>	1,9	2,0	40	50	20	2,5	6	320	глина
	<i>г</i>	2,0	1,6	45	55	30	3,0	12	420	суглинок
	<i>д</i>	2,1	1,8	50	60	40	3,5	6	280	супесь
	<i>e</i>	2,2	2,0	40	50	20	4,0	12	450	песок
	<i>ж</i>	1,7	1,6	45	55	30	2,5	6	390	глина
	<i>и</i>	1,8	1,8	50	60	40	3,0	12	600	суглинок
	<i>к</i>	1,9	2,0	40	50	20	3,5	6	480	супесь
	<i>л</i>	2,0	1,6	45	55	30	4,0	12	360	песок
<b>Ф-14</b>	<i>a</i>	1,9	-	50	60	40	2,5	6	290	глина
	<i>б</i>	2,0	-	40	50	20	3,0	12	280	суглинок
	<i>в</i>	2,1	-	45	55	30	3,5	6	420	супесь
	<i>г</i>	2,2	-	50	60	40	4,0	12	310	песок
	<i>д</i>	2,3	-	40	50	20	2,5	6	260	глина
	<i>e</i>	2,4	-	45	55	30	3,0	12	520	суглинок
	<i>ж</i>	2,5	-	50	60	40	3,5	6	290	супесь
	<i>и</i>	1,9	-	40	50	20	4,0	12	260	песок
	<i>к</i>	2,0	-	45	55	30	2,5	6	340	глина
	<i>л</i>	2,1	-	50	60	40	3,0	12	300	суглинок

ДАННЫЕ ПО ФУНДАМЕНТАМ Ф-15, Ф-16

Тип фундамента	№ варианта	$H_k$ , м	$h$ , м	$b$ , м	$l$ , м	$c$ , м	$H$ , м	$h_{zp}$ , м	$K_{\phi}$ , м/сут	Глубина промерзания, м	Грунт
<b>Ф-15</b>	<i>a</i>	1,9	1,6	1,2	1,4	6	7	0,2	44	-	песок
	<i>б</i>	2,4	2,0	1,4	1,6	12	-	-	-	0,4	глина
	<i>в</i>	2,0	1,8	1,4	1,6	12	8	0,6	30	-	песок
	<i>г</i>	2,5	1,6	1,6	1,8	6	-	-	-	0,6	суглинок
	<i>д</i>	2,1	2,0	1,6	1,8	6	9	0,7	25	-	песок
	<i>e</i>	1,9	1,8	1,8	2,0	12	-	-	-	0,7	супесь
	<i>ж</i>	2,2	1,6	1,8	2,0	12	10	0,8	43	-	песок
	<i>и</i>	2,0	2,0	1,2	1,4	6	-	-	-	0,8	глина
	<i>к</i>	2,3	1,8	1,2	1,4	6	11	0,9	45	-	песок
	<i>л</i>	2,1	1,6	1,4	1,6	12	-	-	-	0,9	суглинок
<b>Ф-16</b>	<i>a</i>	1,7	1,6	1,6	1,8	6	9	0,3	25	-	песок
	<i>б</i>	2,2	2,0	1,8	2,0	12	-	-	-	0,8	суглинок
	<i>в</i>	1,8	1,8	1,8	2,0	12	10	0,4	30	-	песок
	<i>г</i>	1,7	1,6	1,2	1,4	6	-	-	-	0,9	супесь
	<i>д</i>	1,9	2,0	1,2	1,4	6	11	0,5	35	-	песок
	<i>e</i>	1,8	1,8	1,4	1,6	12	-	-	-	1,0	глина
	<i>ж</i>	2,0	1,6	1,4	1,6	12	8	0,6	40	-	песок
	<i>и</i>	1,9	2,0	1,6	1,8	6	-	-	-	1,1	суглинок
	<i>к</i>	2,1	1,8	1,6	1,8	6	7	0,7	45	-	песок
	<i>л</i>	2,0	1,6	1,8	2,0	12	-	-	-	0,4	супесь

## **ЛИТЕРАТУРА**

### **учебная**

1. Технология строительного производства: учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство». В 5 ч. Ч. 1. / сост. и общ. ред. В.В. Бозылева. – Новополюцк: ПГУ, 2006. – 312 с.
2. Теличенко, В.И. Технология строительных процессов: учеб. В 2 ч. / В.И. Теличенко, А.А. Лапидус, О.М. Терентьев. – М.: Высш. шк., 2003. – 2 ч.
3. Технология строительных процессов / под ред. Н.Н. Данилова, О.М. Терентьева. – М.: Высш. шк., 2001.
4. Теличенко, В.И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений / В.И. Теличенко, Т.М. Штоль, В.И. Феклин. – М.: Стройиздат, 1990.
5. Технология строительного производства: учеб. / С.С. Атаев [и др.]. – М.: Стройиздат, 1984.
6. Хамзин, С.К. Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для строит. спец. вузов / С.К. Хамзин, А.К. Карасев. – М.: Высш. шк. – 1989. – 216 с.: ил.

### **дополнительная**

7. Белецкий, Б.Ф. Строительные машины и оборудование. Справочное пособие / Б.Ф. Белецкий. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 592 с.
8. Атаев С.С. Индустриальная технология строительства из монолитного бетона / С.С. Атаев. – М.: Стройиздат, 1989.
9. Дегтярев, А.П. Комплексная механизация земляных работ / А.П. Дегтярев, А.К. Рейш, С.И. Руденский. – М.: Стройиздат, 1987.
10. Свайные работы: справочник строителя / М.И. Смородинов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1988.
11. Строительное производство. В 3 т. / под ред. И.А. Онуфриева. – М.: Стройиздат, 1988.
12. Технология строительного производства в зимних условиях: учеб. пособие / под ред. В.А. Евдокимова. – Л.: Стройиздат, 1984.
13. Проектирование земляных работ: программированное пособие / В.К. Черненко [и др.]; под ред. В.К. Черненко, В.А. Галлимулина, Л.С. Чебанова. – Киев: Вищ. шк., 1989.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Таблица П.1

#### Наибольшая допустимая крутизна откосов котлованов и траншей в грунтах естественной влажности

Вид грунта	Глубина выемки, м		
	отношение высоты откоса к его заложению		
	до 1,5	от 1,5 до 3	от 3 до 5
Насыпной	1 : 0,67	1 : 1	1 : 1,25
Песчаный и гравийный влажный (ненасыщенный)	1 : 0,50	1 : 1	1 : 1
Супесь	1 : 0,25	1 : 0,67	1 : 0,85
Суглинок	1 : 0	1 : 0,5	1 : 0,75
Глина	1 : 0	1 : 0,25	1 : 0,5
Лессовый сухой	1 : 0	1 : 0,5	1 : 0,5
Примечания: 1. При глубине выемки свыше 5 м крутизна откоса устанавливается по расчету. 2. Крутизну откосов котлованов и траншей в глинистых грунтах, переувлажненных дождевыми, снеговыми (талыми) и другими водами, следует уменьшать против указанной в таблице до значения крутизны 1 : 1 .			

Таблица П.2

#### Распределение немерзлых грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки механизированным способом

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном зале- гании, кг/м <sup>3</sup>	Разработка грунта									Рыхление грунта буль- дозерами- рыхлителями
		экскаваторами			скреперами	бульдозерами	грейдерями	грейдерями- элеваторами	бурильно-крановыми машинами		
		одноковшовыми	траншейными цепными	траншейными роторными							
1. Грунт растительно- го слоя: - без корней и примесей; - с корнями кустарни- ка и деревьев; - с примесью щебня, гравия или строитель- ного мусора	1200	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	1200	I	II	II	I	II	-	-	I	-	-
	1400	I	II	II	I	II	-	-	-	-	-



2. Песок: - без примесей, а также с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора до 10 % по объему;	1600	I	II	II	II	II	II	II	III	I	-
	1700	I	-	II	II	II	-	-	-	-	-
	1600	II	-	-	-	III	III	-	-	-	-
3. Супесь: - без примесей, а также с примесью гравия, гальки, щебня или строительного мусора до 10 % по объему;	1650	I	II	II	II	II	II	II	II	II	-
	1850	I	-	II	II	II	-	-	-	-	-
4. Суглинок: - легкий и лессовидный без примесей;	1700	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-
	1700	I	II	II	I	I	I	-	-	I	-
	1750	II	-	II	II	II	-	-	-	-	-
	1750	II	II	III	II	II	II	II	II	I	-
	1950	III	-	IV	-	II	-	-	-	-	-
5. Глина: - жирная мягкая и мягкая без примесей;	1800	II	II	II	II	II	II	II	II	I	-
	1750	II	II	II	II	II	II	II	-	I	-
	1900	III	-	III	II	II	-	-	-	-	-
	1950	III	-	III	II	III	III	III	III	II	-
	1950-2150	IV	-	IV	-	III	-	-	-	II	-

Таблица П.3

**Показатели разрыхления грунтов**

Наименование грунтов	Коэффициент первоначального разрыхления грунта после разработки	Коэффициент остаточного разрыхления грунта
Глина ломовая	1,28 – 1,32	1,06 – 1,09
Глина мягкая жирная	1,24 – 1,30	1,04 – 1,07
Гравийно-галечные грунты	1,16 – 1,20	1,05 – 1,08
Растительный грунт	1,20 – 1,25	1,03 – 1,04
Лесс мягкий	1,18 – 1,24	1,03 – 1,06
Песок	1,10 – 1,15	1,02 – 1,05
Суглинок легкий и лессовидный	1,18 – 1,24	1,03 – 1,06
То же, тяжелый	1,24 – 1,30	1,05 – 1,08
Супесок	1,12 – 1,17	1,03 – 1,05

Таблица П.4

**Определение емкости ковша экскаватора**

Объем грунта в котловане, м <sup>3</sup>	Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>
до 500	0,15
500 ... 1500	0,24 и 0,3
1500 ... 5000	0,5
2000 ... 8000	0,65
6000 ... 11000	0,8
11000 ... 15000	1,0
13000 ... 18000	1,25
более 15000	1,5

Таблица П.5

**Ориентировочная ёмкость ковша прямой лопаты в зависимости от объёма работ, сосредоточенного в одном месте**

Ёмкость ковша, м <sup>3</sup>	Минимальный объём работы (тыс. м <sup>3</sup> )	
	в грунтах категории	
	I – III	IV – VI
0,25	5	-
5	10	5
1,0	25	15
1,5	45	25
2,0	75	45
3,0	150	75

Таблица П.6

**Наименьшая высота забоя, обеспечивающая наполнение ковша (прямая лопата) грунтом «с шапкой»**

Вид грунта	Категория грунта	Емкость ковша, м <sup>3</sup>						
		0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	5,0
Лёгкий	I – II	1,5	1,5	2,5	3,0	3,0	2,5	2,5
Средний	III	2,5	2,5	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0
Тяжёлый	IV	3,0	2,5	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0

Таблица П.7

**Рекомендуемая грузоподъемность автосамосвалов**

Расстояние транспортирования, км	Грузоподъемность автосамосвалов (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	-	27
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

Таблица П.8

**Расчетные скорости движения автосамосвалов при перевозке грунта**

Расстояние, км	Скорость (км/ч) движения автосамосвалов грузоподъемностью (т)		
	до 2,25	от 3,5 до 7	от 10 и более
Дороги усовершенствованные, булыжные, щебеночные и грунтовые накатные			
1	20	17	15
5	24	21	19
10 и более	24	21	19
Дороги грунтовые разъезженные и бездорожье			
1	17	14	12
5	22	18	16
10 и более	22	18	16

Таблица П.9

**Технические данные бульдозеров**

Марка бульдозера	Базовая машина	Размеры отвала, м		Мощность л.с.	Стоимость, маш-ч, работы, руб.
		длина	высота		
Класса до 40 кН					
ДЗ-37	ИТЗ-50	2,1	0,65	55	2,19
ДЗ-4	ДТ55А-С2	2,28	0,79	54	2,19
ДЗ-29	Т-74-С2	2,56	0,8	75	2,71
ДЗ-42	ДТ-75А	2,52	0,6	75	2,71
ДЗ-43	ДТ-75Б	3,5	0,8	75	2,71
ДЗ-101	Т-4АП1	2,6	0,95	110	4,57
Класса до 100кН					
ДЗ-17	Т-100МГТП	3,2	1,0	108	3,35
ДЗ-53	Т-100М	3,2	1,2	108	3,35
ДЗ-18	Т-100М	3,9	1,0	108	3,35
ДЗ-27С	Т-1301Г1	3,2	1,3	140	5,55
ДЗ-28	Т-1301Г1	3,94	1,0	140	5,55
ДЗ-109ХЛ	Т-1301Г1	4,12	1,17	140	5,55
ДЗ-110ХЛ	Т-1301Г1	3,22	1,3	140	5,55

Таблица П.10

**Технические данные грунтоуплотняющих катков**

Тип и марка катка	Тягач	Масса, т	Толщина уплотняемого слоя, м	Ширина уплотняемой полосы, м	Стоимость, маш-ч, работы, руб.
<b>Кулачковые</b>					
ДУ-26	Т-74С-2	4,68	0,2	1,8	0,11
ДУ-27	Т-100	9,2	0,2	4,0	0,49
ДУ-32А	Т-100	9,0	0,3	2,6	0,26
ДУ-4	Т-180	13,0	0,4	2,8	0,49
ДУ-30	Т-74С-2	12,5	0,25	2,2	0,49
ДУ-39А	Т-100М	25,0	0,35	2,6	0,49
<b>Пневмоколесные</b>					
ДУ-31А	-	6,4	0,15	1,9	5,58
ДУ-29	-	2,3	0,15	2,22	5,58
ДУ-37Б	Т-180	13,0	0,25	2,6	5,58
ДУ-16В	МоАЗ-546П	25,4	0,35	2,6	7,55
ДУ-21	БелАЗ-531	27,8	0,4	2,7	7,55

Таблица П.11

**Технические данные грунтоуплотняющих машин**

Тип	Двигатель	Мощность двигат., л.с.	Вес, кг	Частота, Гц	Ширина захвата, см	Глубина трамб., см
<b>ВИБРОТРАМБОВКИ</b>						
SRX5 0R	Робин, (б)	3,3	54	13	20	60
SRX 60R	Робин, (б)	3,3	62	13	28	60
SRX 65R	Робин, (б)	4,3	70	12	28	65
SRX 80D	Янмар, (д)	4,2	90	12	28	70
<b>ВИБРОПЛИТЫ (передний ход)</b>						
VB 35-2	Робин, (б)	3,5	60	95	37	25
VB 45-2	Робин, (б)	3,5	66	95	45	25
VB 50	Робин, (б)	3,5	73	95	48	25
VC 16	Робин, (б)	3,5	80	86	32/52	30
VC 17R	Робин, (б)	5,0	104	86	48	30
VC 17H	Хатц, (д)	4,6	115	90	48	30
VC 20H	Хатц, (д)	6,0	149	81	60	35
VC 20L	Ломбардини, (д)	6,1	133	81	60	35
VC 22S	Ломбардини, (д)	6,0	146	96	60	45

ВИБРОПЛИТЫ (передний и задний ход)						
RC 36	Робин, (б)	3,5	87	90	36	30
RC 40R	Робин, (б)	5,0	104	70	40	30
RC 40Y	Янмар, (д)	4,2	115	70	40	30
RC 48R-2	Робин, (б)	5,0	159	78	48	40
RC 48-2	Фариман, (д)	5,8	181	78	48	40
RC 60-2	Фариман, (д)	5,8	187	78	60	35
ТС 30-2	Фариман, (д)	5,8	181	67	38/58	55
ТС 50-2	Хатц, (д)	6,0	199	67	50/70	50
ТС 50-2Y	Янмар, (д)	6,0	159	67	50/70	50
ТС 60-2	Хатц, (д)	8,0	395	58	60/80	65
ТС 42S	Ломбардини, (д)	6,0	227	68	50/70	55
ТС 52S	Хатц, (д)	7,8	325	63	46/66	55
ТС 62SE	Хатц, (д)	11,0	446	63	60/80	65
ТС 70S	Фариман, (д)	11,6	545	55	65/95	85
ТС 70SE	Фариман, (д)	11,6	570	55	65/95	85
WHV6013	Фариман, (д)	11,6	610	33	65/95	90
ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВИБРОКАТКИ						
DVH550L	Ломбардини	6,1	345	60	55	-
DVH550R	Робин, (б)	7,0	332	60	54,5	-
DVH 800	Ломбардини,	6,1	390	60	65	-
DVH 603	Хатц, (д)	7,8	625	60	60	-
DVH603E	Хатц, (д)	7,8	640	60	60	-
DVH 703	Хатц, (д)	11,0	700	60	70	-
DVH703E	Хатц, (д)	11,0	715	60	70	-
КАТКИ С ВИБРОПРИВОДОМ						
LS 15-3	Хатц, (д)	18,0	1570	54	85	-
LS 20	Ломбардини, (д)	26,0	1900	50	100	-
ТРАНШЕЙНЫЕ КАТКИ						
TRC 65	Ломбардини, (д)	20,5	1380	32	65	-
TRC 65F	Ломбардини, (д)	20,5	1390	32	65	-
TRC 85	Ломбардини, (д)	20,5	1430	32	85	-
TRC 85F	Ломбардини, (д)	20,5	1440	32	85	-
ФРЕЗЫ ДОРОЖНЫЕ ДЛЯ АСФАЛЬТА И БЕТОНА						
SF 253	Фариман- дизель	30	2100	-	25	5
SF 412	Паркинс 1004-5	79	4900	-	40	150

## Технические характеристики одноковшовых экскаваторов

Показатель	Ед.из м	Характеристики для марок экскаваторов									
		20-3311	Э-652Б	Э-10011Е	Э-1252В	Э-5015А	Э-03322Б	Э-04321	Э-04112	Э0512205122	
Объем ковша	м <sup>3</sup>	0,4	0,65	1,0	1,25	0,4	0,4	0,65	0,65	0,65	1,0
Наибольший радиус копания	м	7,8	9,2	10,5	11,6	7,0	8,2	9,1	10,4	11,4	11,4
Наибольшая глубина копания	м	2,6	4,0	4,6	6,1	4,5	5,1	6,0	7,0	8,3	8,3
Наибольшая высота разгрузки	м	5,6	6,14	4,2	5,5	5,5	4,7	4,7	5,3	5,8	5,8
Радиус выгрузки: - при высоте копания 3 м; - при наибольшей высоте разгрузки	м	-	-	-	-	6,7	6,1	7,5	8,2	9,5	9,5
Тип привода		Мех.	Мех.	Мех.	Мех.	Гидр.	Гидр.	Гидр.	Гидр.	Гидр.	Гидр.
Тип ходового устройства		П	Г	Г	Г	Г	П	П	Г	Г	Г
Стоимость маш-ч работы	руб.	4,00	5,34	6,94	7,40	4,00	4,00	5,34	5,34	6,94	6,94

Таблица П.13

**Разработка грунта с обратной лопатой**

Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Параметры проходок		
	Наибольшая глубина забоя при разработке различных грунтов		Наименьшая ширина подошвы торцевого забоя, м
	несвязных	связных	
0,25	1	1,5	1
1,4	1,2	1,8	1
0,65	1,5	2,0	1,3
1 – 1,25	1,7	2,3	1,5

Таблица П.14

**Разработка грунта драглайном**

Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Длина стрелы, м	Глубина проходки, м		Максимальная ширина проходки, м
		при проходке		
		боковой	лобовой	
0,4	10,5	4,6 – 5,3	6,2 – 7,6	7,5
0,65	10	3,8 – 4,4	6,5 – 7,3	8,4
0,65	13	5,9 – 6,6	7,8 – 10	10,7
1 – 1,25	12,5	4,9 – 6	7,4 – 9,5	10,4
1 – 1,25	16	7,1 – 9,6	9,6 – 12,2	12,4
1,6 – 2,5	15	6,5 – 7,4	9,6 – 12	12,9
1,6 – 2,5	20	9,4 – 10,7	13,1 – 16,3	16
1,6 – 2,5	25	12,5 – 14	16,6 – 20,6	20,8

Таблица П.15

**Разработка грунта прямой лопатой**

Показатели	Размеры проходок при емкости ковша, м <sup>3</sup>				
	0,25	0,4	0,65	1 – 1,25	1,6 – 2,5
Ширина проходки (м) от оси пути экскаватора до стенки забоя	2,7	4	4,5	5	6,3
Расстояние до места погрузки грунта в м	1,9	2,8	3	3,6	4,5

Таблица П.16

**Радиус резания экскаватора обратная лопата**

Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Угол наклона стрелы, градусы	Наибольший радиус резания, м	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Угол наклона стрелы, градусы	Наибольший радиус резания, м
0,25	45 – 60	7,3	0,65	45	9,2
0,4	45	7,8	1 – 1,25	45	10,5

Таблица П.17

**Допустимые недоборы грунта в основании  
при работе одноковшовых экскаваторов**

Рабочее оборудование экскаватора	Емкость ковша, м <sup>3</sup>				
	0,25 – 0,4	0,5 – 0,65	0,8 – 1,25	1,5 – 2,5	3 – 5
Лопата прямая	5	10	10	15	20
Лопата обратная	10	15	20	–	–
Драглайн	16	20	25	30	30

Таблица П.18

**Величина недобора при разработке котлована (траншеи)**

Наименование экскаватора	Величина недобора ( $h_3$ ), см
1. Одноковшовые с емкостью ковша: - 0,15 – 0,25 м <sup>3</sup> ; - 0,35 м <sup>3</sup> ; - 0,5 – 1,0 м <sup>3</sup> ; - 2,0 м <sup>3</sup>	10 15 20 30
2. Многоковшовые траншейные	10

Таблица П.19

**Технические характеристики и размерные параметры машин**

Наименование и тип машины	Базовый трактор	Габариты машины, м			Масса, т	Рабочая скорость м/с (вперед)	Производительность
		длина	ширина	высота			
1	2	3	4	5	6	7	8
Кусторезы: ДП-4 ДП-24	Т-100МЗГП	7,38	3,6	3,15	14,4	0,7 – 1,2	3000 м <sup>2</sup> /ч
	Т-130.1.Г. 1	7,7	3,3	3,25	17,0	1 – 1,3	3900 м <sup>2</sup> /ч
Корчеватели пней диаметром 0,3-0,45 м: ДП-8А ДП-3 Д-695А ДП-25	ДТ-75	5,05	2,64	2,3	8,14	0,7-1,2	45 пней/ч, 2000м <sup>2</sup> кустар./ч
	Т-100ГП	5,61	3	3,05	14	0,7-1,2	40 пней/ч, 4375 м <sup>2</sup> кустар./ч
	Т-100М	6,36	3,87	2,75	17,3	0,7-1,2	59 пней/ч, 3000 м <sup>2</sup> кустар./ч
	Т-200БГП	5,83	3,25	3,08	15,8	1-1,3	40 пней/ч, 3750 м <sup>2</sup> кустар./ч



1	2	3	4	5	6	7	8
Рыхлители мерзлого грунта:							
ДП-14	Т-100МЗГП	6,38	3,97	3,04	16,1	1-3,4	75-93 м <sup>3</sup> /ч
ДП-115С	Т-100МЗГП	5,98	3,2	3,04	15,46	1-3,4	75-93 м <sup>3</sup> /ч
ДП-5С	Т-130.1.Г.1	6,2	3,2	3,09	17,7	1-3,4	75-93 м <sup>3</sup> /ч
ДП-26С	Т-130.1.Г.1	6,35	3,2	3,07	17,7	1-3,4	76,5-95 м <sup>3</sup> /ч
ДЗ-116-ХЛ	Т-130.1.Г.1	6,5	3,2	3,09	18,43	1-3,4	79-95 м <sup>3</sup> /ч
ДЗ-117-ХЛ	Т-130.1.Г.1	6,83	4,14	3,09	18,76	1-3,4	79-95 м <sup>3</sup> /ч
ДЗ-35; ДП-22С	Т-130	8,35	3,64	2,83	22,3	0,8-3,3	220-270 м <sup>3</sup> /ч
ДЗ-94С	Т-330	8,84	4,73	3,45	51,21	0-13,8	350-400 м <sup>3</sup> /ч
ДЗ-129-ХЛ	Т-330	7,3	4,86	3,6	51,2	0-13,8	350-400 м <sup>3</sup> /ч
ДЗ-34С; ДП-9С	ДЭТ-250М	8,56	4,54	3,18	38,4	0,6-5,3	274-395 м <sup>3</sup> /ч
ДЗ-117-ХЛ	ДЭТ-250М	9,22	4,31	3,24	38,78	0,6-5,3	274-395 м <sup>3</sup> /ч
Планировщик прицепной Д-719	Т-100МТС	14,0	4,59	2,48	15,8	0,61-1,25	86,4-93 м <sup>3</sup> /ч
Бульдозеры	МТЗ-50,	4,58	2,1	2,49	3,6	25,8 км/ч	
ДЗ-37 (Д-570)	МТЗ-52	4,67	2,1	2,49	3,8	25,8 км/ч	
ДЗ-42(Д-606)	ДТ-75МР-С2	4,65	2,56	2,30	7	11,49 км/ч	
ДЗ-128	ДТ-75МР-С2	4,82	2,56	2,65	7,28	11,49 км/ч	
ДЗ-53 (Д-686)	Т-100М	5,3	3,2	3,05	13,93	10,1 км/ч	
ДЗ-54С (Д-687С)	Т-100МЗ.ГП	5,3	3,2	3,05	13,71	10,1 км/ч	
ДЗ-117ХЛ	Т-130.1-Г-1	6,7	4,12	3,13	7,8	11,2 км/ч	
ДЗ-27С	Т-130.1-Г-1	5,3	3,2	3,13	15,95	11,2 км/ч	
ДЗ-25	Т-180ГП	7	4,43	2,82	19,32	11,96 км/ч	
ДЗ-35Б	Т-180ГК2	6,59	3,64	2,82	18,75	11,96 км/ч	
ДЗ-35С	Т-180Г2	6,2	3,64	2,82	19,6	11,96 км/ч	
ДЗ-118	ДЭТ-250М	7,58	4,31	3,25	34,85	19 км/ч	

Таблица П.20

**Производительность прицепных скреперов за 8-часовую смену при разработке и перемещении нескального грунта, м<sup>3</sup>**

Тип трактора	Вместимость, м <sup>3</sup>	Группа грунта и дальность перемещения, м									
		I					II				
		100	250	350	550	1000	100	250	350	550	1000
С-100	6-6,5	533	273	207	-	-	470	250	190	-	-
С-100	8	593	319	244	166	-	516	287	222	153	-
Т-140	10	696	388	299	205	-	593	343	268	187	-
ДЭТ-250	15	1013	576	447	223	182	860	506	398	279	167

Примечание. Рекомендуемая дальность возки грунта для прицепных скреперов с ковшом вместимостью 6 – 6,5 м<sup>3</sup> составляет 350 м, 8 м<sup>3</sup> – 550 м, 15 м<sup>3</sup> – 1000 м

Таблица П.21

**Производительность самоходных скреперов за 8-часовую смену  
при разработке и перемещении нескального грунта, м<sup>3</sup>**

Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Группа грунта и дальность перемещения, м							
	I				II			
	500	1500	2500	5000	500	1500	2500	5000
6	143	51	-	-	131	48	-	-
8	240	114	-	-	220	106	-	-
9	250	119	73	-	226	110	73	-
15	533	267	167	97	465	240	163	90

Примечание. Рекомендуемая дальность возки грунта для самоходных скреперов с ковшом вместимостью 6-8 м<sup>3</sup> составляет до 1 500 м, 10 м<sup>3</sup> – до 2 500 м и 15 м<sup>3</sup> – до 5 000 м.

Таблица П.22

**Производительность бульдозеров при разработке  
и перемещении нескального грунта I группы бульдозерами, м<sup>3</sup>/см**

Тип трактора	Марка бульдозера	Дальность перемещения грунта, м						
		10	20	30	40	50	60	100
ДТ-54	Д-159Б	534	300	240	-	-	-	-
Т-74	Д-535	940	480	324	245	-	-	-
С-80	Д-157	1125	600	410	310	250	210	-
С-80	Д-259	1310	700	480	360	280	245	-
С-100	Д-271	1334	710	480	365	295	246	-
С-100	Д-493	1510	810	550	420	340	280	-
Т-180	Д-575А	2220	1190	816	620	500	420	230
Т-180	Д-522	2350	1230	834	630	506	422	230
Т-180	Д-521	2760	1455	988	748	600	500	275
ДЭТ-250	Д-384 Д-385	2960	1570	1066	807	650	544	300

Примечание. Наибольшая эффективность достигается при перемещении грунта на следующие расстояния: для бульдозеров на тракторах Т-74 и ДТ-54 – 25-40 м, С-80 и С-100 40-60 м, Т-180 и ДЭТ-250 – 70-100 м.

Таблица П.23

**Количество скреперов, обслуживаемых одним толкачом**

Расстояние перемещения грунта, м	Число скреперов на один толкач				
	прицепных			самоходных	
	Емкость ковша, м <sup>3</sup>				
	2,25 – 6,0	8,0 – 10,0	15	5	8 – 15
100	2	2	–	–	–
250	4	3	2	3	2
500	5	4	3	4	3
700	–	6	4	5	4
1000 и более	–	–	6	6	6

Таблица П.24

## Технические характеристики одноковшовых экскаваторов

Тип машины	Мощность двигателя, кВт	Скорость, км/ч	База, м	Радиус, м	Масса, т	Производительность с погрузкой грунта на транспортные средства, м <sup>3</sup> /ч		
						Группа грунта		
						I	II	III
На пневмоко- лесном ходу:								
ЭО-3311Г	37	15,4	2,8	2,7	11,7	28	22	16
Э-2621А	45	19,0	2,45	2,7	5,7	22	18	13
ЭО-3322Б	55,5	19,7	2,8	2,58	14	54	44	34
ЭО-4321	59,0	19,5	2,8	2,7	18,5	80	62	51
На гусеничном ходу:								
Э-304Г	37	2,92	3,82	3,0	13,0	28	22	16
Э-652Б	60	3,0	3,42	3,28	21,2	54	44	34
Э-10011Е	80	2,0	3,98	3,88	33,0	87	71	57
Э-1251Б	90	1,5	4	3,6	41,0	110	87	74
Э-2503	160	1,28	5,17	5,0	94,0	171	142	114
Э-5015А (МТП-71)	55,5	2,0	2,57	2,2	11,65	43	35	28
(ЭО-4221)	96	2,5	4,96	3,13	22,7	87	71	57
ЭО-4121А	96	2,8	2,75	3,13	20,9	87	71	57
ЭО-5122	126	2,4	3,12	3,2	36,8	154	128	102
ЭО-6122	2	1,5	3,7	3,8	56,0	171	142	114

Таблица П.25

## Расчетная стоимость машин и себестоимость машино-смен экскаваторов

Наименование машины		Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Инвентарно-расчетная стоимость машины, Сир, тыс. руб.	Средняя стоимость машино-смены, Смсм, руб.
старое	новое			
1	2	3	4	5
Экскаваторы одноковшовые				
Э-153	ЭО-1514	0,15	5,35	16,66
-	Э-2621А	0,25	6,42	17,23
Э-255	-	0,25	13,67	17,47
Э-257	-	0,25	10,2	16,73
Э-258	-	0,25	12,62	16,81
Э-301	-	0,4	13,04	19,52
Э-302	Э-3311Г	0,4	12,3	18,31
Э-303Б	ЭО-3111Б	0,4	10,92	18,87
Э-304	Э-3211Б	0,4	12,2	18,16
Э-352	-	0,4	8,45	17,89
Э-4010	-	0,4	22,58	32,3
Э-504	-	0,5	16,64	25,34
Э-505	-	0,5	16,4	23,78

Продолжение табл. П.25

1	2	3	4	5
Э-505А	Э-3112Б	0,5	18,72	24,93
-	ЭО-3322А	0,5	20,76	26,08
-	ТЭ-3М	0,5	11,24	26,03
ОМ-201	-	0,5	18,08	25,01
ОМ-202	-	0,5	17,84	24,85
Э-5015А	-	0,5	20,34	26,20
Э-651	-	0,65	18,15	28,78
Э-652	ЭО-4111Б	0,65	17,14	28,3
Э-656	-	0,65	17,58	28,37
-	ЭО-4121А	0,65	23,47	31,08
-	ЭО-4321	0,65	28,78	33,62
Э-753	-	0,75	23,31	30,09
Э-754	-	0,75	23,1	31,49
Э-801	-	0,8	19,32	30,18
Э-10011	Э-10011Е	1,0	21,96	35,90
Э-10011А	Э-10011АС	1,0	25,14	36,39
ЭП-1А	ЭО-5112А	1,0	25,04	33,40
-	ЭО-5122	1,0	37,34	42,64
Э-1003	-	1,0	29,96	39,77
Э-1004	-	1,0	29,75	39,61
Э-1251Б	ЭО-6111Б	1,25	21,51	33,73
Э-1252Б	ЭО-6112Б	1,25	25,58	37,90
Э-1252Б	ЭО-6112Б	1,25	25,58	37,90
-	ЭО-6112БС	1,25	25,25	37,64
Э-2001	-	2,0	55,44	47,31
Э-2002	-	2,0	55,09	47,07
Э-2005	-	2,0	65,88	46,86
Э-2503	ЭО-7111	2,5	56,07	42,70
Э-2505	ЭО-7111С	2,5	68,27	45,40
Э-2505АС	-	2,5	84,85	51,33
-	ЭО-6122	2,5	74,9	57,97
СЭ-3	-	3,0	111,8	80,44
ЭКГ-4	-	4,0	117,0	82,49
Экскаваторы многоковшовые цепные				
ЭТН-123	ЭТЦ-161	-	8,13	27,30
ЭТ-121	ЭТЦ-163	-	10,7	27,80
ЭТН-121	ЭТЦ-186	-	10,66	27,35
	ЭТЦ-201			
-	ЭТЦ-202А	0,23	9,31	26,68
-	ЭТЦ-205Ц	-	20,33	40,29
ЭТН-251	ЭТЦ-252	0,035	23,44	41,16
-	ЭТЦ-354	0,035	8,1	25,51
ЭТУ-353	ЭТЦ-354А	0,035	8,03	25,47
-	БТМ-ТМГ	0,12	29,63	45,19

Окончание табл. П.25

1	2	3	4	5
Экскаваторы многоковшовые роторные				
	ЭР-5	-	23,62	44,22
	ЭР-7АМ	0,19	19,01	40,61
	ЭР-7Г	0,09	15,07	37,52
	ЭТР-122	-	46,76	69,30
	ЭТР-132Б	0,04	39,13	62,79
	ЭТР-141	-	9,29	28,52
	ЭТР-171	0,15	9,94	26,90
	ЭТР-301	0,30	42,18	79,90

Таблица П.26

**Расчетная стоимость машин и себестоимость машино-смен скреперов, бульдозеров для производства земляных работ**

Наименование машины		Марка трактора	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Инвентарно-расчетная стоимость машины С <sub>изд.</sub> , тыс. руб.	Средняя стоимость машино-смены С <sub>смен</sub> руб.
старое	новое				
1	2	3	4	5	6
Скреперы					
Д-230	-	ДТ-54	2,65	3,90	14,51
Д-461	-	ДТ-54А	2,75	4,54	17,22
Д-458	-	ДТ-54	2,75	5,03	18,86
Д-183	-	ДТ-54	2,75	5,07	19,27
Д-354	-	ДТ-54	2,75	5,38	20,58
Д-373	-	ДТ-54	2,75	9,68	27,06
Д-541	-	ДТ-54	3	4,56	15,55
Д-541А	ДЗ-30	ДТ-54	3	4,96	19,02
Д-569	ДЗ-33	ДТ-75	3	5,99	17,15
Д-468	-	МАЗ-533	5	17,6	26,65
Д-222	-	С-80	6,5	8,25	16,32
Д-374	-	С-80	6	8,5	17,14
Д-374А	ДЗ-12А	С-100	6	9,15	21,66
Д-498	ДЗ-20	С-100	7	12,62	23,44
Д-498А	-	С-100	8	11,68	24,47
Д-147	-	С-80	8	12,96	24,60
Д-357М	ДЗ-11П	МАЗ-529	8	20,5	36,68
Д-357Г	-	МАЗ-529	9	23,1	46,69
Д-523	-	Т-140	10	22,96	36,41
Д-213А	ДЗ-5	Т-140	10	27,5	40,67
Д-523А	-	Т-180	10	26,12	39,44
Д-392	ДЗ-13	БелАЗ-531	15	60,99	80,8
Д-511	-	ДЭТ-250	15	70,61	79,21
Грейдеры и автогрейдеры					
Д-20БМ	-			1,63	8,31
Д-241А	ДЗ-61			1,33	8,34

Окончание табл. П.26

1	2	3	4	5	6
Д-598А	ДЗ-40Б			7,00	18,89
Д-144А	ДЗ-2			11,07	23,14
Д-395А	ДЗ-14А			38,2	50,94
Д-598	ДЗ-40			6,61	17,58
Д710А	-			9,63	22,72
Д-557А	-			15,3	29,07
Д-557С	-			18,84	29,46
Бульдозеры					
-579	ДЗ-37	«Беларусь»		3,61	15,41
Д-159Б	ДЗ-4	ДТ-54		3,2	15,06
Д-444	ДЗ-15А	ДТ-54		3,26	15,91
Д-535А	ДЗ-39	Т-74		3,26	17,28
Д-535	ДЗ-42	Т-75		4,91	19,43
Д-606	ДЗ-42А	ДТ-75		4,26	18,45
Д-607	ДЗ-43	Т-75		5,67	20,72
Д-157	-	С-80		5,96	20,83
Д-271	-	С-80		5,82	20,75
Д-157А	ДЗ-17	С-100		8,32	24,11
Д-259	-	С-100		9,96	26,32
Д-271А	ДЗ-8	С-100		8,43	25,29
Д-492А	ДЗ-17А	Т-100		6,14	23,31
Д-493А	ДЗ-18А	С-100		7,21	24,50
Д-494	ДЗ-19	С-100		10,10	26,40
Д-686	ДЗ-54	Т-100		6,38	23,35
Д-667А	ДЗ-53	Т-100		8,83	26,11
Д-694А	ДЗ-54С	Т-100		11,17	29,05
Д-290	-	Т-140		23,90	36,57
Д-521	ДЗ-27С	Т-140		25,40	37,60
Д-522	-	Т-140		23,00	35,59
Д-275А	-	Т-180		23,11	36,06
Д-521А	ДЗ-24А	Т-180		25,45	37,73
Д-522А	ДЗ-25	Т-180		28,60	42,56
Д-575А	ДЗ-35А	Т-180		25,65	37,85
Д-384А	-	ДЭТ-250		46,79	52,68
Д-385	-	ДЭТ-250		49,58	52,96
Д-572	ДЗ-34С	ДЭТ-252		53,00	53,97
Тракторы					
		ДТ-54		2,73	12,06
		Т-75		3,47	16,35
		С-80		4,76	16,83
		С-100		7,53	19,29
		Т-140		19,75	30,57
		Т-180		21,95	32,10
		ДЭТ-250		41,63	46,08

**Расчетная стоимость машин и себестоимость  
машино-смен машин для уплотнения грунта**

Наименование машины		Марка трактора	Характеристика	Инвентарно-расчетная стоимость машины, С <sub>и.р.</sub> , тыс. руб.	Средняя стоимость маш.-смены, С <sub>мсм</sub> , руб.
старое	новое				
Машины для уплотнения грунта					
Прицепные					
Д-130А	-	С-80	кулачковый	0,95	4,33
Д-614	ДУ-26	Т-75	-//-	1,48	6,74
Д-630	ДУ-32	Т-100	-//-	3,35	8,72
Д-220	ДУ-30	Т-180	-//-	4,07	9,25
Д-727			виброкаток кулачковый	4,03	15,53
Д-126	-	ДТ-54	гладкий каток	0,77	3,51
Д-480	ДУ-14		виброкаток гладкий	2,05	7,90
Д-603			-//-	4,05	15,61
Д-219		ДТ-54	пневмомашины	1,22	3,01
Д-263	ДУ-4	С-100	-//-	3,77	9,30
ДСК-1		С-100	-//-	10,67	26,35
Д-703	ДУ-39	Т-100	-//-	4,19	10,34
Д-326		Т-140	пневмомашины	8,04	19,83
Д-552А		МоАЗ-456	-//-	2,79	51,50
Д-559		БелАЗ-531	-//-	31,06	70,19
Д-471Б	ДУ-12Б	Т-100	машина трамбовочная	9,82	30,59
ЦНИИС-РРМЗ		С-100	-//-	8,16	26,42
Самоходные					
Д-469А	ДУ-11		гладкий каток	3,02	13,66
Д-211В	ДУ-1		-//-	4,01	15,73
Д-399А	ДУ-88		-//-	3,61	14,57
Д-553	ДУ-18		-//-	6,69	19,33
Д-400А	ДУ-9А		-//-	4,28	16,31
Д-627	ДУ-31		пневмомашины	18,61	39,76
Д-624	ДУ-29		-//-	34,89	46,53
Д-684			виброкаток	1,69	8,11
Д-455А	ДУ-10А		-//-	1,98	8,46
Д-613А	ДУ-25А		-//-	2,61	10,44
Д-634			-//-	6,83	18,59
Д-639			-//-	9,45	29,43

Таблица П.28

**Расчетная стоимость машин и себестоимость машино-смен автомобилей**

Марка машины	Характеристика	Грузоподъемность, т	Инвентарно-расчетная стоимость машины $C_{и.р.}$ , тыс. руб.	Средняя стоимость маш.-смены $C_{мсм.}$ , руб.
<b>Автомобили</b>				
ГАЗ-93Б	самосвал	2,55	1,58	12,6
ГАЗ-53Б	-//-	3,5	3,96	19,2
ЗиЛ-585И	-//-	3,5	1,87	18,2
ЗиЛ-555	-//-	4,5	3,61	19,6
КамАЗ-5510	-//-	7	6,21	25,96
МАЗ-503Б	-//-	7	6,42	26,16
КрАЗ-222Б	-//-	10	9,17	34,56
Краз-256	-//-	10	8,64	32,08
КрАЗ-256Б	-//-	12	9,01	34,64
БелАЗ-540	-//-	27	26,15	64,16
ГАЗ-63	бортовая	2	1,71	15,76
ГАЗ-66	-//-		3,80	15,60
ГАЗ-52	-//-	2,5	1,61	11,6
ГАЗ-53А	-//-	4	2,85	14,56
ЗиЛ-154К	-//-	4,5	3,30	17,68
ЗиЛ-130-66	-//-	5	3,32	15,44
КрАЗ-214Б	-//-	7	10,49	28,48
МАЗ-500	-//-	7,5	6,22	19,36
КрАЗ-219Б	-//-	12	9,95	29,36
МАЗ-543	-//-	16	53,71	60,56
ГАЗ-63Д	тягач	2,5	1,62	12,16
ЗиЛ-157КВ	-//-	4,35	3,4	17,92
ЗиЛ-130В1	тягач	5	3,3	10,08
МАЗ-504	-//-	7,45	6,06	23,84
МАЗ-529	-//-	8	10,94	30,08
МАЗ-538	-//-	26	40,55	74,72
ГАЗ-51А	-//-	2,5	1,28	12,30
ЗиЛ-164А	-//-	4	1,82	15,42
МАЗ-205	-//-	6	3,53	17,64
МАЗ-525	-//-	25	18,73	59,85
МАЗ-530	-//-	40	38,52	77,99
БелАЗ-448А	-//-	40	38,73	78,94

Таблица П.29

**Число смен работы в году машин для земляных работ,  $t_r$** 

Наименование машин	Число рабочих смен
1	2
Бульдозеры	306
Скреперы прицепные с емкостью ковша до 8 м <sup>3</sup> включительно	172
То же с емкостью ковша более 8 м <sup>3</sup> и самоходные скреперы	300



Окончание табл. П.29

1	2
Экскаваторы одноковшовые с емкостью ковша 0,15 м <sup>3</sup>	256
То же с емкостью ковша 0,4 м <sup>3</sup>	300
То же с емкостью ковша от 0,5 до 2 м <sup>3</sup>	384
То же с емкостью ковша от 2 до 3 м <sup>3</sup>	425
Экскаваторы многоковшовые	201
Автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 12 т включительно	343
То же, грузоподъемностью более 12 т	425

Таблица П.30

**Оптимальная влажность и предельная плотность грунтов для уплотнения**

Грунт	Пределы колебаний	
	оптимальной влажности, %	наибольшей плотности, т/м <sup>3</sup>
Песчаный	8 – 12	1,75 – 1,95
Супесчаный	9 – 15	1,65 – 1,85
Пылеватый	14 – 23	1,60 – 1,82
Суглинистый:		
- тяжелый;	15 – 22	1,60 – 1,80
- пылеватый	17 – 23	1,58 – 1,78
Глинистый	18 – 25	1,55 – 1,75

Таблица П.31

**Технические параметры послойного уплотнения грунта  
в зависимости от применяемого оборудования**

Тип уплотняющей машины	Масса, т	Толщина уплотняемых слоев	Число проходок и ударов по одному следу для получения плотности грунтов 0,95 от максимальной			
			глина	суглинок	супесь	песок
Катки:						
- прицепной;	5	30	12	9	6	-
- кулачковый;	-	15	-	-	-	6
- гладкий;	25	25	12	10	8	6
- на пневмошинах	40	30	10	8	6	4
Виброкаток	3	50	-	6	5	4
Трамбовочная машина с падающей плитой (высота падения раб. органа 1 м)	1,5	65	6	5	4	3

Таблица П.32

**Предварительный выбор транспортных средств для перевозки грунта**

Вместимость ковша экскаватора	Грузоподъемность автосамосвала, т	Грузоподъемность транспортных прицепов, т
0,25 – 0,4	2,25	-
0,5 – 0,8	3,5 – 5	5
0,8 – 1	5 – 10	10 – 15
2	10 – 25	15 – 25
3 и более	25 – 40	25 – 40

Таблица П.33

**Скорость движения самосвалов за городом по дорогам с различными видами покрытия, км/ч**

Тип дороги	Группа дороги	Средняя допустимая скорость движения при соответствующей дальности перевозки, км		
		0,5	1,0	2,0 и более
Асфальтовое, бетонное покрытие, железобетонные плиты	I	20	25	35
Щебеночное и гравийное покрытие	II	18	22	30
Булыжная	III	16	20	27
Грунтовая	IV	15	17	25

Примечания:  
1. Для самосвалов МАЗ-525 скорость движения определяется с коэффициентом 0,9; для автосамосвалов ЗИЛ, МАЗ-555, КамАЗ и МАЗ-503Б – с коэффициентом 1,2.  
2. При движении в городских условиях средняя скорость принимается 20 км/ч.

Таблица П.34

**Расчетная продолжительность операций в течение рейса автомобиля-самосвала, мин**

Грузоподъемность самосвала, т	Тип автомобиля	Установка самосвала		Продолжительность маневра и перерывов	
		под разгрузку	под погрузку	ожидание самосвала у экскаватора	пропуск встречного транспорта, маневр
3,5	ГАЗ-53А ЗИЛ-585А	0,6	0,4	0,2	1,0
4,5-5,0	ЗИЛ-555 МАЗ-205	0,6	0,3	0,3	1,0
7-11	МАЗ-503 КрАЗ-2566 КамАЗ-5510	0,6	0,3	0,3	1,0
25-27	МАЗ-525 БелАЗ	1,0	0,5	0,4	1,0

## Технические характеристики зарубежных катков

Модель	Масса катка / масса вальца	Мощность двигателя, кВт	Ширина вальца / диаметр вальца, м	Количество кулачков на вальце, шт.	Площадь контактной поверхности кулачка, см <sup>2</sup>	Частота вибраций, Гц	Центробежная сила вibrатора, кН
1	2	3	4	5	6	7	8
Фирма-производитель ABG(IR)							
SD-122DX	12,25/-	116	2,3/1,5			20,4-33,8	281-206
SD-122F	13,05/-	116	2,3/1,7	120	125	20,4-33,8	293-206
SD-105DX	10,7/-6,48	93	2,3/1,5			20,4-33,8	258-206
SD-105F	11,46/7,25	93	2,3/1,7	120	125	20,4-33,8	270-262
SD-77DX	7,48/-	71	1,68/1,22			20,4-33,8	143-103
SD-77F	8,13/-	71	1,68/-	-	-	20,4-33,8	133-103
Фирма-производитель Bomag							
BW124DH-3	3,30/1,6	33	1,2/0,96			41/41	85/43
BW124PD-3	3,35/1,65	33	1,2/0,94	70	81	41/41	85/43
BW145D-3	4,99/2,62	54	1,43/1,06			34/34	100/50
BW145DH-3	5,05/2,68	54	1,43/1,06			34/34	100/50
BW145PDH-3	5,35/2,96	54	1,43/1,12	84	99	34/34	100/50
BW177DH-3(BVC)	7,95/4,58	73	1,69/1,23			28	189
BW211D-3	10,6/6,3	98	2,13/1,5			30/36	236/170
BW211PD-3	11,6/7,2	98	2,13/1,6	150	137	30/36	275/198
BW213DH-3(BVC)	14,68/7,6	114	2,13/1,5			28	365
BW225D-3(BVC)	25,8/17,6	143	2,13/1,7			26	402
Фирма-производитель Caterpillar							
CS-683E	18,8/13,3	134	2,13/1,52			30	161/332
CS-663E	17,1/11,6	134	2,13/1,52			30	161/332
CP-663E	16,8/11,3	134	2,13/1,52	140	89,4	30	161/332
CS-583E	15,4/9,95	112	2,13/1,52			30	161/332
CS-573E	13,18/8,47	112	2,13/1,52			31,9	133/266
CS-563E	12,1/6,85	112	2,13/1,52			31,9	133/266
CS-563E	11,88/6,16	112	2,13/1,55	140	89,4	31,9	133/266
CS-433E	6,9/3,6	75	1,68/1,22			31,9	133,5/66,8
CP-433E	7,15/3,82	75	1,68/1,23	108	89,4	31,9	133,5/66,8
CS-423E	6,9/3,6	60	1,68/1,22			31,9	133,5/66,8
Фирма-производитель Hamm (Witgen Group)							
3625HT	24,96/16,17	174	2,22/1,6			27/30	330/242
3520HT	19,8/12,48	148	2,22/1,6			27/30	330/242

Продолжение табл. П.35

1	2	3	4	5	6	7	8
3520НТП	19,9/212,58	148	2,22/1,78	150	137	27/30	330/242
3518НТ	17,82/10,77	148	2,22/1,6			27/30	330/242
3518НТП	17,92/10,87	148	2,2/1,78	150	137	27/30	330/242
3516НТ	15,75/9,3	148	2,14/1,5			30/40	256/215
3516НТП	15,82/9,4	148	2,14/1,68	140	137	30/40	256/215
3414НТ	14,23/8,21	95	2,14/1,5			30/40	256/215
3414 НТП	14,30/8,28	95	2,14/1,68	140	137	30/40	256/215
3412 НТ	12,19/6,69	95	2,14/1,5			30/40	256/215
3412НТП	12,29/6,79	95	2,14/1,68	140	137	30/40	256/215
3307НТ	7,05/3,94	61	1,68/1,22			30/42	124/97
3307НТП	7,05/3,94	61	1,68/1,36	112	113	30/42	124/97
3307Vio	6,65/3,54	61	1,68/1,2			36	122
Фирма-производитель Stavostroj							
VV2510D	25,36/16,85	149	2,24/1,7			28/34	460/340
VV2510PD	25,43/16,92	149	2,24/1,1	150	145	28/34	460/340
VV2010D	20,55/13,6	149	2,24/1,7			28/34	400/300
W2010PD	20,62/13,68	149	2,24/1,84	150	143	28/34	400/300
VV1500D	14,31/10,16	110	2,20/1,5			29/35	325/237
VV1500PD	14,22/10,01	110	2,20/1,64	140	120	29/35	325/237
VV1100D	11,08/7,02	110	2,20/1,5			32/35	277/206
W1100PD	11,52/7,45	110	2,20/1,64	140	120	32/35	277/206
VV910D	8,85/5,2	75	1,68/1,3			30/40	160/148
VV910PD	8,86/5,2	75	1,68/1,46	104	114	30/40	160/145
VV710D	7,10/3,98	75	1,68/1,3			30/40	145/130
VV710PD	7,15/4,04	75	1,68/1,46	104	114	30/40	145/130
VV50D	4,95/2,67	40	1,40/1,08			30/40	83,6/55,5
VV500PD	5,02/2,74	40	1,40/1,15	77	114	30/38	83,6/55,5
Фирма-производитель Дунарас (Metso Minerals)							
CA121D	4,02/	43	1,36/0,94			30	59
CA121PD	4,35/	43	1,36/0,9	72	53	30	59
CA141D	4,77/	59	1,52/1,07			32,5	83
CA141PD	4,91/	59	1,52/1,07	90	53	32,5	83
CA150D	7/	60	1,67/1,2			29/40	143
CA151P	7,3/	60	1,67/1,2	132	84	29/40	143
CA150PD	7,4/	60	1,67/1,2	132	84	29/40	143
CA152D	7,2/	74	1,67/1,22			29/40	143
CA152PD	7,7/	74	1,67/1,22	132	84	29/40	143
CA250D	10,6/	82	2,13/1,52			30/30	300
CA250P	12/	82	2,13/1,52	150	146	30/30	300
CA250PD	12/	82	2,13/1,52	150	146	30/30	300
CA252D	9,85/	93	2,13/1,52			30/30	300
CA252PD	11,45/	93	2,13/1,52	150	146	30/33	300
CA262D	10,5/	110	2,13/1,52			30/33	300
CA262PD	11,2/	110	2,13/1,52	150	146	30/33	300
CA302D	12,6/	93	2,13/1,52			30/33	300

Окончание табл. П.35

1	2	3	4	5	6	7	8
CA302PD	12,5/	93	2,13/1,52	150	146	30/30	300
CA362D	13,05/	110	2,13/1,52			30/30	300
CA362PD	12,95/	110	2,13/1,52	150	146	30/30	300
CA402D	13,8/	93	2,13/1,54			30/30	300
CA512D	15,6/	129	2,13/1,54			27/31	300
CA512PD	15,8/	129	2,13/1,54	130	146	27/31	300
CA602D	18,6/	142	2,13/1,54			27/31	317
CA602PD	18,6/	142	2,13/1,54	130	146	27/31	317

Таблица П.36

**Обобщенные технологические параметры виброкатков для уплотнения грунтов**

Масса катка, т	Толщина уплотняемого слоя, м			Производительность, м <sup>3</sup> /ч		
	песка	супеси	суглинка	на песке	на супеси	на суглинке
Самоходные виброкатки гладковальцовые и кулачковые						
2,5-3,0	0,2-0,25	0,15-0,2	0,07-0,1(0,1-0,15)*	150-200	100-150	50-75(75-100)*
4,0-5,0	0,3-0,4	0,25-0,3	0,1-0,15(0,15-0,2)*	200-300	150-200	75-100(100-160)*
6,0-8,0	0,4-0,5	0,3-0,4	0,15-0,2(0,2-0,25)*	300-400	200-250	100-160 (160-200)*
10,0-13,0	0,5-0,6	0,4-0,5	0,2-0,25(0,25-0,3)*	400-600	250-300	160-200 (200-300)*
14,0-17,0	0,6-0,8	0,5-0,6	0,25-0,3(0,3-0,4)*	600-800	300-500	200-300 (300-400)*
19,0-20,0	0,9-1,1	0,7-0,8	0,3-0,35(0,4-0,5)*	900-1100	600-800	350-450 (500-600)*
24,0-25,0	1,3-1,5	0,9-1,0	0,4-0,5(0,5-0,6)*	1200-1500	900-1200	500-700 (600-800)*
Прицепные виброкатки гладковальцовые						
6,0-7,0	0,5-0,6	0,4-0,5	0,2-0,25	300-500	200-250	100-160
7,5-8,5	0,6-0,7	0,5-0,6	0,25-0,3	500-600	250-400	16-200

Таблица П.37

**Обобщенные технические параметры виброкатков для уплотнения грунтов**

Масса катка, т	Нагрузка на вальц, т	Диаметр вальца, мм	Ширина вальца, мм	Частота вибрации, Гц	Линейная нагрузка, кг/см	
					статистическая	динамическая
2,5-3,0	1,3-1,4	750	1200	40-41	11,0-12,0	35-40
4,0-5,5	2,3-2,4	1000	1400	30-33	17,0-18,0	60-75
6,0-8,0	3,1-3,4	1200	1500-1700	29-30/36-42	21,0-26,0	75-85/60-70
10,0-13,0	5,0-7,0	1200-1500	1700-2100	29-30/36-42	30,0-38,0	120-130/95-110
14,0-17,0	8,0-10,0	1500	2100	26-30/30-36	40,0-48,0	160-170/110
19,0-20,0	12,0-13,0	1600	2100	26-29/30-35	60,0-	170-200/120
24,0-25,0	17,0-18,0	1700	2100	26-27/30	80,0	160-220/90-120
Прицепные виброкатки						
6,0-7,0	6,0-7,0	1500	1700	28-30	35,0-40,0	70-75
7,5-8,5	7,5-8,5	1600	2000	25-28	38,0-45,0	75-80

## Виброкатки, производящиеся в России и СНГ

Производитель	Гладковальцевый / кулачковый	Масса, т	Мощность двигателя, Вт	Ширина вальца, мм	Линейная статистическая нагрузка, кгс/см	Частота вибрации, Гц	Линейная динамическая нагрузка, кгс/см	Диаметр гладкого вальца
ЗАО «Раскат»	Самоходные ДУ-111/-ДУ-74/ДУ-74.1	7,3/-	57,4	1700	22,0	25 и 35	86,0	1200
	ДУ-85/ДУ-85.1	8,5/9,0	57,4	1700	28,0	25 и 35	86,0	1200
		13,0/13,5	110,0	2000	32,0	24	75,0	1600
ОАО «ЧТЗ-УРАЛ-ТРАКТ»	ВК-24.01.01/ВК-24.01.02	23,0-26,0	170,0	2995	43,0		120,0	1580
ОАО «Амкадор», Беларусь	Амкадор 6715/ВГ-1202	10,5/-	73,5	2100	50,0		108,0	1500
		12,0	73,5	2250	53,0		77,8	1500
ЗАО «Раскат»	Прицепные ДУ-70/-ДУ-94	5,9/-	-	2000	28,5		75,0	1600
		7,5	44	2000	37,5		75,0	1600

## Технические характеристики российских и зарубежных автогрейдеров

Модель	Мощность двигателя, кВт	Длина отвала, м	Высота отвала, м	Угол срезаемого откоса, град.	Боковой вынос, м	Скорость перемещения, км/ч	Масса, кг	Габаритные размеры, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фирма-производитель ОАО «Челябинских завод дорожных машин»								
ДЗ-98В	160	4,27	0,74	90	2,35	4,4-47	20500	11,0x3,22x4,0
А120.1	110	3,78	0,70	90	1,10	0-40	15800	10,80x2,56x3,78
Фирма производитель ЗАО «Торговый дом «Брянский арсенал»								
ДЗ-198	147	3,74	0,61	н/д	0,95	0-35	16000	8,95x2,46x3,36
ДЗ-180А	95,6	3,74	0,62	н/д	0,80	0-40	12500	9,8x2,50x3,51
ДЗ-201 на МТЗ-80/82	55	2,5	0,5	90	0,50	35,5	6300	н/д
Фирма производитель АО «Орловский завод дорожных машин»								
ДЗ-122А	99	3,74	0,63	90	0,80	7-42	14373	10,15x2,50x3,25
KOMATSU90U Ltd.								
GD825A	209	4,88	0,85	90	1,80	4-44	26400	10,0x4,88x3,55
GO521A-1	135	3,71	0,645	90	2	44,6	10800	8,16x2,4x3,1
GO530A-2	144	3,66	0,61	90	2	41,04	12600	8,4x2,4x3,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
GD650A-2	166	3,66	0,661	90	1,98	43	13700	8,4x2,4x3,3
GD650-AW-2	166	3,66	0,661	90	1,98	43	13972	8,4x2,4x3,3
GD670A-2	204	3,66	0,661	90	1,9	43	14700	8,4x2,4x3,3
GD670AW-2	204	3,66	0,661	90	1,9	43	14972	8,4x2,4x3,3
Фирма производитель CATERPILLAR S.A.R.L43.								
120H	140	3,66	0,61	32	1,84	42,6/33,7	11388	8,14x2,44x3,07
140H	185	3,66	0,61	32	1,85	41,1/32,5	13581	9,99x2,50x3,04
160H	200	3,66	0,69	32	1,85	40,7/32,2	14395	9,99x2,50x3,04
Фирма производитель DRESSTA Co. Ltd.								
830 C	144	3,66	0,61	90	2,9	4,6/39	13479	8,43x43x2,41x3,96
850 C	166	3,66	0,66	90	2,9	4,9/42	14550	8,44x43x2,44x3,96
870 C	204	3,66	0,71	90	2,9	4,9/42	15448	8,44x43x2,44x3,96

Таблица П.40

**Технические характеристики российских  
одноковшовых гидравлических экскаваторов**

Модель	Тип рабочего оборудования	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Максимальная глубина копания, м	Максимальный радиус копания, м	Максимальная высота выгрузки, м	Мощность двигателя, кВт	Транспортная скорость, км/ч	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЕК-270 (гусеничный)	обратная лопата (грейфер)	0,6; 0,8; 1,2; 1,5; (0,8)	6,2; 7,0; 7,7	10,0- 11,17	7,5; 7,9; 7,97	132	1,5; 4,0	26500
ЕК-270LC (гусеничный)	обратная лопата (грейфер)	0,6; 0,8; 1,2; 1,5; (0,8)	6,2; 7,0; 7,7	10,0- 11,17	7,5; 7,9; 7,97	132	1,5; 4,0	27800
ЕК-ЛОО (гусеничный)	обратная лопата / рыхлитель	1,8	7,3	11,3	7,4	22,0	4,0	42000
ЭО 2621 ВЗ (колесный)	прямая лопата, обратная / гидромолот	0,28	4,15	5,0	2,5	60	20,0	6100
ЭО-2626Б (колесный)	обратная лопата	0,25	4,15	5,30	3,2	78	33	6900
ЭО-4225А (гусеничный)	обратная лопата	0,60- 1,42	6,0	9,3	5,15	125	1,7; 4,2	26450
ЭО-4225А (гусеничный)	прямая лопата	2,5- 2,92	6,0	8,0	6,3	125	1,7; 4,2	26450

Окончание табл. П.40

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЭО-4225А (гусеничный)	грейфер	0,5; 0,8; 1,0	до 15	9,1	3,0	125	1,7; 4,2	26450
ЭО-4326 (колесный)	обратная лопата	0,6- 1,42	6,3	10,1	6,5	147	6,0; 20,0	н/д
ЭО-5126 (гусеничный)	обратная лопата	1,25	6,2	9,6	5,9	125	3,5	32000
ЭО-43211 (колесный)	обратная лопата	1,05	5,8	9,0	6,5	150	20	18000
Эо-61 23А-1 (гусеничный)	обратная лопата	2,0	8,5	13,1	6,5	180	1,5	62300
ЭО-51 24А (гусеничный)	обратная, прямая лопата	1,6 (2,0)	6,5	10,1	5,8	125	3,5	38700
АТЭК-711А (гусеничный)	обратная лопата	0,06	3,07	4,99	3,25	21,3	3,5	3800
АТЭК-731	обратная лопата	0,5-0,8	5,55- 4,85	8,16- 7,48	6,05- 5,60	73,6	3,2	13000
АТЭК-761 (гусеничный)	обратная лопата	0,75- 1,3	6,5- 5,0	9,45- 7,75	5,2-4,1	73,6	2,7	19400
АТЭК-781 (гусеничный)	обратная лопата	1,8-1,1	6,5- 8,4	10,2- 12,0	7,7-6,8	123,8	3,1	31500
АТЭК-782 (гусеничный)	обратная лопата	1,6	6,5- 8,4	10,2- 12,0	6,7	129	3,1	35600
АТЭК-851 (колесный)	обратная лопата	0,5-0,8	5,26- 4,56	8,28- 7,58	7,43- 6,80	67,4	20	12500
АТЭК-881 (колесный)	обратная лопата	0,63- 1,25	6,0- 4,5	9,2- 7,8	5,5-4,5	73,6	20	20000
АТЭК-999Е (колесный)	обратная лопата	0,22-0,32; 1,0-1,2	4,8- 6,05	5,63- 6,80	3,4-4,2 3,2	59,6	30	7700

Таблица П.41

**Технические характеристики зарубежных  
одноковшовых гидравлических экскаваторов**

Модель	Тип рабочего оборудования	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Максимальная глубина копания, м	Максимальный радиус копания, м	Максимальная высота выгрузки, м	Мощность двигателя, кВт (л.с.)	Транспортная скорость, км/ч	Масса, кг	Транспортные габариты, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фирма-производитель LIEBHERR-Holding									
А904 (колесный)	обратная лопата / грейфер	0,15- 1,05	5,0- 7,5	8,15- 10,55	6,45- 8,15	135	30	16700- 19600	8,90х2,50 х3,20



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A914 (колесный)	обратная лопата/ грейфер	0,3- 1,4	5,15- 7,05	8,55- 10,35	6,9- 8,05	152	20	18600- 21700	9,30x2,50 x3,20
R904 (гусе- ничный)	обратная лопата/ грейфер	0,15- 1,05	5,3- 7,8	8,4- 10,85	6,35- 7,90	115	5,2	19200- 21700	8,90x2,50 x3,10
R914 (гусе- ничный)	обратная лопата/ грейфер	0,3- 1,4	4,95- 6,15	8,0- 9,05	5,75- 6,2	135	5,3	21000- 24600	8,80x2,50 x3,10
Фирма-производитель CASE CORPORATION									
588P (колесный)	обратная лопата	0,37- 0,71	5,3	8,7	9,0	68,6 (93,3)	25	12200- 14500	7,64x2,50 x3,34
788P (колесный)	обратная лопата	0,37- 0,82	5,3	8,7	9,0	68,6 (93,3)	25	13600- 16100	7,64x2,50 x3,34
588СК (гусе- ничный)	обратная лопата	0,37- 0,71	5,8	8,7	8,6	68,6 (93,3)	2,7/4,7	11800- 14500	7,64x2,47 x2,94
788СК (гусе- ничный)	обратная лопата	0,37- 0,82	5,8	8,7	8,6	68,6 (93,3)	2,7/4,7	13200- 17300	7,64x2,47 x2,94
CX210 (гусе- ничный)	обратная лопата	0,41- 1,25	6,7	9,96	9,65	105 (143)	5,1/3,1	19600- 20600	9,47x2,99 x3,07
Фирма-производитель CATERPILLAR S.A.R.L.									
M312 (колесный)	обратная лопата	0,24- 0,86	5,82	8,9	6,2	114	34	13810	8,62x2,50 x3,07
M318 (колесный)	обратная лопата	0,4- 1,05	7,37	10,55	6,37	140	34	17910	8,97x2,50 x3,10
M320 (колесный)	обратная лопата	0,41- 1,35	7,47	11,18	6,84	140	20	20380	8,97x2,50x 3,10
M307B (гусе- ничный)	обратная лопата	0,18- 0,28	4,7	7,41	5,57	39,7 (54)	4,1	7500	6,08x2,28x 2,62
M312B (гусе- ничный)	обратная лопата	0,23- 0,75	6,05	8,64	6,32	64 (88)	5,5	13500	7,60x2,48x 2,76
M315B (гусе- ничный)	обратная лопата	0,35- 1,00	6,44	9,02	6,52	79 9107)	5,5	17000	8,50x2,48x 2,88
Фирма-производитель KOMATSU									
PW150-1 (колесный)	обратная лопата	0,45- 0,75	4,84	7,79	5,85	85	20	15500	8,75x2,50 x3,00
PC60-7 (гусе- ничный)	обратная лопата	0,09- 0,36	4,1	6,22	5,01	54	4,5	6220	6,10x2,20 x2,60
PC300-5 (гусе- ничный)	обратная лопата	0,52- 1,8	7,38	10,9	7,11	207	5,5	29630	11,0x3,20 x3,30

## Технические характеристики зарубежных гусеничных бульдозеров

Модель	Максимальное тяговое усилие, кН	Мощность двигателя, кВт (л.с.)	Ширина отвала, м	Подъем отвала, м	Заглубление отвала, м	Угол поперечного перекоса, град	Скорость перемены, км/ч	Масса, кг	Габаритные размеры, м
Фирма-производитель CASE CORPORATION									
550 G	99	50 (68)	2,3-2,5	0,99	0,47	8	9,3/10,3	6170-6350	3,90x2,44x2,55
650G	127	59,7(80)	2,5	0,91	0,46	8,5	8,9/9,7	7167	4,08x2,64x2,87
850G	145,5	66,4(89)	3,0	0,91	0,46	8,5	9,0/9,8	7847	4,25x3,15x2,49
1150G	217,9	88 (119)	2,6-3,0	0,97	0,48	0	8/10,6	11500-12270	4,93x3,0x3,02
Фирма-производитель CATERPILLAR S.A.R.L.									
D3C	148	51,5 (70)	1,26	0,75	0,4	25	10,8/11,4	7112	3,77x2,47x2,66
D4C	180	58,8 (80)	1,68	0,82	0,45	25	11,1/11,9	7326	3,90x2,42x2,72
D5C	162	66,2 (90)	1,93	0,82	0,44	25	10,0/11,9	8487	3,92x2,69x2,73
D5MX L	218	80,8 (110)	2,59	0,92	0,42	25	9,7/12,1	11700	4,65x3,08x3,00
D6MX L	290	102,9 (140)	3,18-4,28	1,14	0,51	25	11,4/14,4	15050	5,11x4,16x3,12
D6R	298	121,3 (165)	3,18-5,61	1,21	0,52	25	11,4/14,4	18000	5,26x4,16x3,12
D7R	450	171 (230)	6,86-8,34	1,15	0,53	25	11,1/14,2	24778	5,82x3,90x3,5
Фирма-производитель DRESSTA co. Ltd.									
TD 12C	30	93 (125)	2,06-3,52	0,98-1,24	0,43-0,58	25	11,1/13,2	13400	5,1x3,49x3,28
TD 15H	45	130 (175)	3,54-5,40	1,17-1,42	0,51-0,56	25	11,1/12,9	18500	5,34x3,65x3,48
TD 20H	60	168 (225)	3,88-6,19	1,18-1,51	0,44-0,66	25	11,8/14,9	23370	6,25x4,00x3,83
TD 25H	90	238 (320)	5,35-11,47	1,42-1,46	0,55-0,60	25	10,4/12,4	35500	6,85x4,24x4,08

Таблица П.43

**Технические характеристики насосов**

Наименование показателя	Марка насоса			
	С-205А	С-203	С-374	С-247
Производительность насоса, м <sup>3</sup> /ч	12	24	24	35
Наибольшая высота всасывания, м	6	9	6	6

Таблица П.44

**Насосы водоотливные**

Тип, марка	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Мощность, кВт	Масса, кг	Температура воды, °С
ГНОМ-10-10	10	1,1	22	до 35
ГНОМ-25-20	25	4	56	до 35
ГНОМ-40-18	40	5,5	86	до 95
ГНОМ-53-10	53	4	58	до 35

Таблица П.45

**Выбор способов водопонижения**

Характеристика грунта	Коэффициент фильтрации к, м/сут	Рекомендуемые способы водопонижения при глубине понижения уровня грунтовых вод, м		
		до 4-5 м	до 18-20	свыше 20
Глина	-	Электроосушение		
Суглинок	0,005-0,4	Легкие одноярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	-
Супеси	0,2-0,7			
Песок: - мелкозернистый; - мелкий; - средний; - крупный; - гравелистый	1,2-2,0 2,0-10,0 10,5-25,0 25,0-75,0 50-100	Одноярусные ЛИУ  Буровые скважины с центробежными насосами	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры  -	Буровые колодцы с артезианскими погружными насосами
Гравий: - с песком; - чистый	75-150 100-200	Поверхностный водоотлив	Буровые скважины с погружными насосами	

Таблица П.46

## Характеристики водопонижительных установок

Наименование водопонижительной установки	Коэффициент фильтрации $K_f$ , м/сут	Понижение уровня грунтового уровня от оси коллектора, м	Количество насосных агрегатов	Производительность насоса $m^3/ч$	Всасывающий коллектор			Звенья всасывающего коллектора				Длина иглофильтра, эжектора, м
					количество	длина, м	диаметр, мм	Всего, шт.	для под-ключ. насоса	для под-ключ. иглофильтра	длина звена, м	
Легкая игло-фильтровая установка ЛИУ-6Б	1-50	5-7	2 (1 резервный)	140-165	105	150	20	2	9	5,25	8,5	
Установка вакуумного водопонижения УВВ-2	0,05-2	6-7	1	130-180	54	150	12	-	12	4,5	7,5	

Таблица П.47

**Значение коэффициента фильтрации для грунта**

Грунт	Коэффициент фильтрации, м/сут
Галечник чистый	200
Гравий:	
- чистый;	200-100
- с песком	150-75
Песок:	
- крупный гравелистый;	100-50
- крупный;	75-25
- песок средний;	25-10
- мелкозернистый песок;	2-1
- супесь;	0,7-0,2
- суглинок	0,4-4 – 0,005
Глина	0,005 и меньше

Таблица П.48

**Технические характеристики ЛИУ**

Наименование показателей	ЛИУ-2	ЛИУ-3	ЛИУ-5	ЛИУ-6
Глубина погружения УГВ, м	5	5	5	5
Паспортная производительность, м <sup>3</sup> /ч	30	60	120	140
Число звеньев коллектора, шт.	12	18	18	2×18
Длина звена, м	2,5	5,25	5,25	5,25
Расстояние между штуцерами для присоединения иглофильтров, м	0,75	0,75	0,75	0,75
Диаметр фильтрового звена, м	0,05	0,05	0,05	0,05

Таблица П.49

**Характеристика свай сплошных квадратного сечения с поперечным армированием ствола с ненапрягаемой стержневой арматурой**

Марка	Класс бетона	Расход на сваю		Масса, т
		арматуры, кг	бетона, м <sup>3</sup>	
1	2	3	4	5
С3-20	С12/15	13,98	0,13	0,33
С3.5-20	С12/15	15,41	0,15	0,38
С4-20	С12/15	16,9	0,17	0,43
С4.5-20	С12/15	18,35	0,19	0,48
С5-20	С12/15	19,86	0,21	0,53
С5.5-20	С12/15	21,28	0,23	0,58
С6-20	С12/15	22,89	0,25	0,63
С4.5-25	С12/15	20,08	0,29	0,73
С5-25	С12/15	21,62	0,32	0,8
С5.5-25	С12/15	23,16	0,35	0,88

Окончание табл. П.49

1	2	3	4	5
C6-25	C12/15	31,47	0,38	0,95
C3-30	C12/15	16,84	0,28	0,7
C3.5-30	C12/15	18,47	0,33	0,83
C4-30	C12/15	20,08	0,37	0,93
C4,5-30	C12/15	21,7	0,42	1,06
C5-30	C12/15	24,14	0,46	1,15
C5,5-30	C12/15	32,01	0,51	1,28
C6-30	C12/15	33,96	0,55	1,38
C7-30	C12/15	37,76	0,64	1,60
C8-30	C16/20	42,08	0,73	1,83
C9-30	C16/20	46,4	0,82	2,06
C10-30	C16/20	64,68	0,91	2,28
C11-30	C16/20	86,96	1	2,5
C12-30	C16/20	94,04	1,09	2,73
C8-35	C16/20	45,13	1	2,5
C9-35	C16/20	49,81	1,12	2,8
C10-35	C16/20	68,59	1,24	3,1
C11-35	C16/20	91,09	1,37	3,43
C12-35	C16/20	98,33	1,49	3,73
C13-35	C20/25	106,81	1,61	4,03
C14-35	C20/25	138,05	1,73	4,33
C15-35	C20/25	146,98	1,86	4,65
C16-35	C20/25	186,48	1,98	4,95
C13-40	C20/25	121,69	2,1	5,25
C14-40	C20/25	166,36	2,26	5,62
C15-40	C20/25	221,73	2,42	6,05
C16-40	C20/25	223,3	2,58	6,45

Таблица П.50

**Характеристика свай сплошных квадратного сечения  
с поперечным армированием ствола**

Марка	Класс бетона	Расход на сваю		Масса, т
		арматуры, кг	бетона, м <sup>3</sup>	
1	2	3	4	5
С напрягаемой стержневой арматурой				
СН9-30	C20/25	35,95	0,82	2,05
СШО-30	C20/25	39,72	0,91	2,28
СНП-30	C20/25	54,86	1	2,5
СН 12-3.0	C20/25	59,05	1,09	2,73
СН13-30	C20/25	82,67	1,18	2,95
СН14-30	C20/25	89,28	1,27	3,18
СН 15-30	C20/25	117,45	1,36	3,4
СН10-35	C20/25	43,25	1,24	3,1
СН11-35	C20/25	58,53	1,37	3,43

Продолжение табл. П.50

1	2	3	4	5
СН12-35	С20/25	62,83	1,4	3,73
СН13-35	С25/30	88,42	1,61	4,03
СН14-35	С25/30	94,16	1,73	4,33
СН15-35	С25/30	122,56	1,86	4,65
СН16-35	С25/30	157,18	1,98	4,95
СН17-35	С25/30	199,97	2,12	5,3
СН18-35	С25/30	248,87	2,23	5,56
СН19-35	С25/30	328,83	2,35	5,88
СН20-35	С25/30	424,27	2,47	6,18
СН13-40	С25/30	95,56	2,1	5,25
СН14-40	С25/30	101,57	2,26	5,65
СН15-40	С25/30	141,32	2,42	6,05
СН16-40	С25/30	150,77	2,58	6,45
СН 17-40	С25/30	203,37	2,74	6,85
СН 18-40	С25/30	268,43	2,9	7,25
СН19-40	С25/30	349,57	3,06	7,65
СН20-40	С25/30	442,82	3,22	8,05
С напрягаемой проволочной арматурой				
СНпр3-20	С20/25	8,77	0,13	0,32
СНпр3,5-20	С20/25	9,27	0,15	0,38
СНпр4-20	С20/25	9,78	0,17	0,43
СНпр4,5-20	С20/25	10,19	0,19	0,48
СНпр.5-20	С20/25	1,07	0,21	0,53
СНпр.5,5-20	С20/25	11,21	0,23	0,58
СНпр.6-20	С20/25	1,18	0,25	0,63
СНпр.4,5-25	С20/25	12,07	0,29	0,73
СНпр.5-25	С20/25	12,5	0,32	0,8
СНпр.5,5-25	С20/25	13,07	0,35	0,88
СНпр.6-25	С20/25	13,64	0,38	0,95
СНпр.3-30	С20/25	11,87	0,28	0,7
СНпр.3,5-30	С20/25	12,35	0,33	0,83
СНпр.4-30	С20/25	12,97	0,37	0,93
СНпр.4,5-30	С20/25	13,6	0,42	1,05
СНпр.5-30	С20/25	14,88	0,46	1,15
СНпр.5,5-30	С20/25	15,5	0,51	1,28
СНпр.6-30	С20/25	16,13	0,55	1,38
СНпр.7-30	С20/25	16,5	0,64	1,6
СНпр.8-30	С20/25	22,65	0,73	1,83
СНпр.9-30	С20/25	24,52	0,82	2,05
СНпр.10-30	С20/25	26,99	0,91	2,29
СНпр.11-30	С20/25	35,69	1	0,25
СНпр. 12-30	С20/25	38,11	1,09	2,73
СНпр.13-30	С25/30	5,13	1,18	2,95
СНпр.14-30	С25/30	55,53	1,27	3,16
СНпр.15-30	С25/30	68,16	1,36	3,4

Окончание табл. П.50

1	2	3	4	5
СНпр.8-35	С25/30	25,65	1	2,5
СНпр.9-35	С25/30	27,62	1,12	2,8
СНпр.10-35	С25/30	36,86	1,24	3,1
СНпр.11-35	С25/30	39,27	1,37	3,43
СНпр.12-35	С25/30	41,87	1,49	3,73
СНпр. 13,35	С25/30	56,92	1,61	4,03
СНпр.14-35	С25/30	69,1	1,73	4,33
СНпр.15-35	С25/30	73,11	1,86	4,65
СНпр.16-35	С25/30	87,15	1,98	4,95
СНпр.17-35	С25/30	125,23	2,12	5,3
СНпр.18-35	С25/30	131,8	2,23	5,58
СНпр.19-35	С25/30	161,94	2,35	5,88
СНпр.20-35	С25/30	194,63	2,47	6,18
СНпр.13-40	С25/30	79	2,1	5,25
СНпр.14-40	С25/30	83,78	2,26	5,65
СНпр.15-40	С25/30	98,01	2,42	6,05
СНпр.16-40	С25/30	105,12	2,58	6,45
СНпр.17-40	С25/30	122,58	2,74	6,85
СНпр.18-40	С25/30	149,82	2,9	7,25
СНпр.19-40	С25/30	183,76	3,06	7,65
СНпр.20-40	С25/30	217,3	3,22	8,05
С напрягаемой прядевой арматурой				
СНпП-30	С20/25	32,76	1	2,5
СНп12-30	С20/25	34,98	1,09	2,73
СНп13-30	С20/25	56,91	1,18	2,95
СНп14-30	С20/25	60,49	1,27	3,18
СНп15-30	С20/25	64,07	1,36	3,4
СНп10-35	С20/25	34,19	1,24	3,1
СНп11-35	С20/25	50,17	1,37	3,43
СНп12-35	С20/25	53,73	1,49	3,73
СНп13-35	С25/30	61,55	1,61	4,03
СНп14-35	С25/30	65,27	1,73	4,33
СНп15-35	С25/30	94,11	1,86	4,65
СНп16-35	С25/30	99,49	1,98	4,95
СНп17-35	С25/30	127,62	2,12	5,3
СНп18-35	С25/30	133,26	2,23	5,58
СНп19-35	С25/30	203,01	2,35	5,88
СНп20-35	С25/30	212,82	2,47	6,18
СНп13-40	С25/30	72,06	2,1	5,25
СНп14-40	С25/30	76,32	2,26	5,65
СНп15-40	С25/30	80,57	2,42	6,05
СНп16-40	С25/30	126,87	2,58	6,45
СНп17-40	С25/30	134,28	2,74	6,85
СНп19-40	С25/30	213,01	3,06	7,65
СНп20-40	С25/30	223	3,22	8,03



**Характеристика свай сплошных квадратного сечения  
без поперечного армирования ствола**

Марка	Расход на сваю		Масса, т
	арматуры, кг	класс бетона С20/25, м <sup>3</sup>	
1	2	3	4
<b>С напрягаемой стержневой арматурой</b>			
СЦ4,5-25	57,5	0,29	0,7...3
СЦ5-25	73,2	0,32	0,8
СЦ5,5-25	91,9	0,35	0,8...8
СЦ6-25	96,3	0,38	0,9...5
СЦ3-30	52	0,28	0,7
СЦ3,5-30	55	0,33	0,8...3
СЦ4-30	58,1	0,37	0,9...3
СЦ4,5-30	74,1	0,42	1,05
СЦ5-30	99,7	0,46	1,15
СЦ5,5-30	122,6	0,51	1,28
СЦ6-30	128,6	0,55	1,38
СЦ7-30	185,3	0,64	1,6
СЦ8-30	201	0,73	1,83
СЦ9-30	255,6	0,82	2,05
СЦ10-30	339	0,91	2,28
СЦ11-30	421,9	1	2,5
СЦ12-30	677,9	1,09	2,72
<b>С напрягаемой проволочной арматурой</b>			
СЦпр4,5-25	4,29	0,29	0,73
СЦпр.5-25	5,7	0,32	0,8
СЦпр.5,5-25	6,74	0,35	0,88
СЦпр6-25	6,97	0,38	0,95
СЦпр3-30	5,73	0,28	0,7
СЦпр3,5-30	5,88	0,33	0,83
СЦпр4-30	6,04	0,37	0,93
СЦпр4,5-30	6,92	0,42	1,05
СЦпр5-30	9,34	0,46	1,15
СЦпр5,5-30	10,45	0,51	1,28
СЦпр6-30	10,76	0,55	1,38
СЦпр7-30	12,8	0,64	1,6
СЦпр8-30	12,88	0,73	1,83
СЦпр9-30	18,48	0,82	2,05
СЦпрЮ-30	22,83	0,92	2,28
СЦпрП-30	26,15	1	2,5
СЦпр12-30	31,47	1,09	2,73

Окончание табл. П.51

1	2	3	4
С напрягаемой прядевой арматурой			
СЦп4,5-25	5,97	0,29	0,73
СЦп5-25	7,33	0,32	0,8
СЦп5,5-25	7,63	0,35	0,88
СЦп6-25	7,83	0,38	0,95
СПп3-30	5,3	0,28	0,7
СЦп3,5-30	5,39	0,33	0,83
СЦп4-30	6,42	0,37	0,93
СЦп4,5-30	6,62	0,42	1,05
СЦп5-30	8,93	0,46	1,15
СЦп5,5-30	9,13	0,51	1,28
СЦп6-30	11,24	0,55	1,38
СЦп7-30	12,18	0,64	1,6
СЦп8-30	12,88	0,73	1,83
СЦп9-30	17,73	0,82	2,05
СЦпЮ-30	23,03	0,91	2,28
СЦп11-30	24,44	1	2,5
СЦп-12-30	35,89	1,09	2,73

Таблица П.52

**Характеристика свай квадратного сечения с круглой полостью**

Марка	Диаметр полости, мм	Расход на сваю		Масса, т
		арматуры, кг	бетона марки М300, м <sup>3</sup>	
1	2	3	4	5
С ненапрягаемой стержневой арматурой				
СП3-25	110	15,36	0,16	0,4
СП3.5-25	110	17,5	0,19	0,48
СП4-25	110	19,53	0,21	0,53
СП4.Б-25	110	21,67	0,24	0,6
СП5-25	110	24,19	0,26	0,65
СП5.5-25	110	26,34	0,29	0,73
СП6-25	110	28,36	0,32	0,8
СП7-25	110	32,53	0,37	0,93
СП8-25	110	36,85	0,42	1,05
СП3-30	160	16,98	0,21	0,53
СП3.5-30	160	19,21	0,25	0,61
СП4-30	160	21,3	0,28	0,7
СП4.5-30	160	23,53	0,33	0,82
СП5-30	160	25,62	0,35	0,88
СП5.5-30	160	27,86	0,39	0,97
СП6-30	160	29,91	0,42	1,05
СП7-30	160	34,34	0,49	1,23

Окончание табл. П.52

1	2	3	4	5
СП8-30	160	38,89	0,56	1,4
СП3-40	275	19,23	0,3	0,75
СП3.5-40	275	21,64	0,35	0,88
СП4-40	275	23,85	0,4	1,01
СП4.5-40	275	27,07	0,46	1,14
СП5-40	275	29,28	0,51	1,26
СП5.5-40	275	31,71	0,56	1,39
СП6-40	275	33,91	0,61	1,52
СП7-40	275	37,72	0,71	1,77
СП8-40	275	42,56	0,81	2,02
С напрягаемой проволочной арматурой				
СПН3-25	110	7,97	0,16	0,4
СПН3,5-25	110	8,4	0,19	0,48
СПН4-25	110	8,95	0,21	0,53
СПН4,5-25	110	9,51	0,24	0,6
СПН5-25	110	11,19	0,26	0,65
СПН5,5-25	110	11,75	0,29	0,73
СПН6-25	110	12,31	0,32	0,8
СПН7-25	110	14,68	0,37	0,93
СПН8-25	110	16,09	0,42	1,05
СПН3-30	160	10,26	0,21	0,53
СПН3,5-30	160	10,72	0,25	0,61
СПН4-30	160	11,33	0,28	0,7
СПН4,5-30	160	11,95	0,33	0,82
СПН5-30	160	12,41	0,35	0,88
СПН5,5-30	160	13,03	0,39	0,97
СПН6-30	160	13,65	0,42	1,05
СПН7-30	160	16,38	0,49	1,23
СПН8-30	160	17,94	0,56	1,4
СПН3-40	275	12,51	0,3	0,75
СПН3,5-40	275	12,85	0,35	0,88
СПН4-40	275	13,58	0,4	1,01
СПН4,5-40	275	16,03	0,46	1,14
СПН5-40	275	16,55	0,51	1,26
СПН5,5-40	275	17,29	0,56	1,39
СПН6-40	275	18,03	0,61	1,52
СПН7-40	275	19,81	0,71	1,77
СПН8-40	275	21,67	0,81	2,02

Таблица П.53

**Техническая характеристика паровоздушных молотов  
с автоматическим управлением**

Показатель	С-811А	С-812А
Энергия удара, кДж	82	100
Число ударов в 1 мин	40...50	35...40
Ход поршня, мм	1370	
Объемный расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	18...20	26
Массовый расход пара, кг/ч	1250	1500
Диаметр, мм: - паропровода; - воздухопровода	50...75 4370x1070x1150	75 4270x1070x1270
Масса, кг: - ударной части; - общая часть	6000 8200	8000 11 000

Таблица П.54

**Техническая характеристика паровоздушных молотов двойного действия**

Показатель	С-35	С-32	СССМ-708	С-232	С-977
Энергия удара, кДж	10,85	15,90	11,20	18	17...27
Высота подъема ударной части, мм	450	525	406	508	460
Число ударов в 1 мин	135	125	140	95...112	100...105
Необходимое давление воздуха (пара), МПа	0,7...0,8				0,7
Объемный расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	12,8	17	12,7	17	20
Массовый расход пара, кг/ч	900	1200	865	1190	-
Габарит, мм	2375x650x710	2391x630x800	2490x560x710	2765x660x810	-
Масса, кг: - ударной части; - общая	614 3767	655 4095	680 2363	1130 4650	2250 5200

Таблица П.55

**Техническая характеристика штанговых дизель-молотов**

Показатель	СП-60 (ДМ-240)	СП-6Б (С-330Б)
Наибольшая энергия удара, кДж	30	58,8
Максимальная высота подъема ударной части, м	1,3	2,4
Число ударов в минуту	57	50
Масса забиваемых свай, кг	300...500	1200...3200
Ширина направляющих, мм	-	360
Высота молота (без наголовника), мм	1981	4540
Масса ударной части, кг	240	2500
Масса молота (с кошкой), кг	350	4220

Таблица П.56

**Техническая характеристика трубчатых дизель-молотов  
с воздушным охлаждением**

Показатель	С-859А	С-949А	С-954А	С-977А
Наибольшая энергия удара, кДж	31,4	42,7	59,8	88,3
Число ударов в минуту	42			55
Ширина направляющих, мм	360	360/625	625	
Высота молота (без наголовника), мм	4165	4685	4800	5520
Масса ударной части, кг	1800	2500	3500	5000
Масса молота, кг	3500	5800	7300	9000

Таблица П.57

**Техническая характеристика трубчатых дизель-молотов  
с водяным охлаждением**

Показатель	С-995-А (СП-40А)	С-996-А (СП-41А)	С-1047А (СП-47А)	С-1048А (СП-48А)	СП-54-1
Наибольшая энергия удара, кДж	22	31,4	42,7	59,8	88,3
Ширина направляющих, мм	360		360/625	625	
Высота молота (без наголовника), мм	3955	4190	4970	5080	5500
Масса ударной части, кг	1250	1800	2500	3500	6000

Таблица П.58

**Техническая характеристика гидромолотов двойного действия**

Показатель	С01-82	С01-146	С01-136
Энергия удара, кДж	3	9	20
Число ударов в мин	130...150	160	125
Расход жидкости, л/мин	90...120	165	300
Давление в гидросистеме, МПа	10...16	16	16
Высота молота (без наголовника), мм	1800	2400	3000
Масса ударной части, кг	210	600	1250
Маса, кг:			
- без пригруза;	650	2000	3600
- с пригрузом	-	3000	5200

**Техническая характеристика зарубежных гидромолотов  
с гидропневматическим и гидромеханическим приводом**

Показатель	С гидропневматическим приводом			
	«Ингерсолл-Рэнд» (Ingersoll Rand), США	«Лэманд Инжиниринг» (Levand Engineering)Ю Великобритания	«Галлик Добсон» (Gallik Dobson)Ю Великобритания	И.П.Ш. (I.p.s.), Великобритания
Наибольшая энергия удара, кДж	165	239	41,4	170
Число ударов в минуту	700	160... 180	600	320... 400
Высота молота, мм	1076	2286	1600	1800
Давление зарядки газового буфера, МПа	7	7	0,425...0,57	0,55... 1,05
Расход жидкости, л/мин.	80... 190	60	185	120... 150
Давление в гидросистеме, МПа	7...1,4	11...14	14	25...14
Масса ударной части, кг	45,5	...	...	...
Масса молота, кг	339	522	703	730
Показатель	С гидропневматическим приводом		С гидромеханическим приводом	
	БРШ-501, тип А, Монтаберт (Montabert), Франция	БРШ-501Л, тип 6 ЦВ, «Аксерино» (Akserino), Италия	«Катлер инжиниринг дивижн» (Kutler Engineering Divign), США	«Гидравлик машинери» (Hidraulic Mashinaru), США
Наибольшая энергия удара, кДж	205	205	-	20
Число ударов в минуту	320...450	320...450	60...70	100
Высота молота, мм	2280	2280	3000	...
Давление зарядки газового буфера, МПа	11	8	-	-
Расход жидкости, л/мин.	60...90	110...140	...	227
Давление в гидросистеме, МПа	16	12	...	10,6
Масса ударной части, кг	73	...	100	136
Масса молота, кг	1000	1000	-	-

Таблица П.60

## Техническая характеристика зарубежных гидромолотов двойного действия

Показатель	«Крупп», ФРГ					«Сойлмек» (Soilmec), Италия					МГФ, (MGF), ФРГ	
	НМ-110	НМ-200	НМ-400	НМ-600	МДО-100	МДО-200	МД-400	МДО-800	МДО-100	МДО-200		МДО-400
Наибольшая энергия удара, кДж	0,45	0,7	0,72	3,3/1,65	0,3	0,55	1,22	2,25	-	-	-	-
Число ударов в мин	1000	650	550	480	800	550	450	450	-	-	-	450
Масса ударной части, кг	12	24	24	50	-	-	-	-	-	-	-	-
Масса молота, кг	170	460	400	846	200	370	700	1200	200	370	700	1200

Примечание. В гидромолоте НМ-600 наибольшая энергия удара различна при различных ходах бойка.

Таблица П.61

## Техническая характеристика вибромолотов

Показатель	С-835	ВМ7у	ВМ-9	С-834	С-836	С-467М
Число электродвигателей	2	2	1	2	2	2
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	7	14	5,5	13	22
Частота вращения валов электродвигателя, мин <sup>-1</sup>	1440	1450	1440	960	960	960
Число ударов в мин	480	1450	1440	480	480	480
Расчетная энергия удара, кДж	1,4	0,62	0,8	1,2	2,7	2,3

1	2	3	4	5	6	7
Тип наголовника	Механический	Клиновый		Свободностоящий		
Габарит, мм	880x700x1120	1150x1050x1100	1150x1040x1360	850x750x1350	1020x880x1870	1150x1000x1940
Масса ударной части (вибровозбудителя, кг)	700	670	700	650	1400	2000
Масса молота (без пульта и кабеля), кг	1100	1400	1690	1800	4500	6500

Таблица П.62

## Техническая характеристика зарубежных вибромолотов

Показатель	W-101 (ПНР)	BC-6 (ПНР)	BC-9ЕН (ПНР)	NVH -30 (Япония)	NVH -50 (Япония)	NVS -30 (Япония)	TM-10 (Япония)	TM-20 (Япония)	TM-40 (Япония)
Число электродвигателей	1	2	2	1	1	1	2	2	2
Мощность электродвигателя, кВт	10	2,5	2,2	22	22	22	7,5	15	30
Частота вращения электродвигателя, мин <sup>-1</sup>	910	910	1440		980		820	680	680
Число ударов в мин	455	455	1440	меньше 1000 (в зависимости от давления воздуха)			переменное		
Тип наголовника	гидравлический	резьбовой	клиновой	пневматический	пневматический	механический	механический и гидравлический		
Габарит, мм	700x570x1700	700x800x1400	-	970x820x3750	-	850x840x1500	850x840x1500	1170x1060x1850	1170x1060x2300



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса ударной части, кг	405	560	65	3000	3000	3000	1500	2500	3500
Масса машины, кг	1000	1050	105	3500	3500	3500	-	-	-

Таблица П.63

## Техническая характеристика навесных копров на базе трактора и автомобиля

Показатель	С-878	КН-4	КО-8	КО-16	СП-67	СП-49А
Грузоподъемность	7000	700	7500	16000	11000	11000
Длина забираемой свай, м	8	4	8	16	10	12
Наклон мачты, град: - вперед; - назад; - вправо-влево	13 20 7	7 20 7	5 20 7	5 20 3	10 20 7	10 20 7
Изменение вылета мачты, м: - вперед; - в стороны	0,7 -	0,5 0,45	0,5 0,4	0,4 -	0,4 -	0,4 -
Базовая машина	Т-100МГС	Т-40А	КрАЗ-257К	Т130БГ-1	Т1301Г-1	Т130БГ-1
Тип дизель-молота	С-268; С-996	ДМ-240	С-268; С-995	С-1047; С-1048	С-268; С-996	С-330; С-1047
Габарит в транспортном положении, мм	8800х4240х4580	5350х2000х2780	12800х2880х3800	13200х4370х3385	9510х3990х3200	10610х4300х3200
Масса копрового оборудования без дизель-молота и базовой машины, т	7,1	1,26	6,3	15,3	7,9	9,14

Таблица П.64

## Техническая характеристика сменного копрового оборудования на базе экскаватора

Показатель	Стрелы навесного типа						Стрелы подвесного типа	
	0,65	0,5...0,65	1	1,26	1,25	0,8...1	1...1,25	
Объем ковша экскаватора, м <sup>3</sup>								
Длина погружаемых свай, м	7	10...12	15...16	16	16...20	10...12	14...16	
Длина копровой стрелы, м	10	14...14,7	19,5...21	21,8	21...25	17	20	
Вылет от оси погружаемой свай, м	6,2	4,6	5,1	5,6...6,1	4...7,5	6...8	8...10	
Грузоподъемность (с учетом массы свай, молота и наголовника), т	3,5...4	6,5...7	10...11	15,5	20	15	20	

Таблица П.65

**Техническая характеристика высокочастотных вибропогружателей**

Показатель	ВПП-2А 9С-401)	ВПП-4А	ВПП-5	ВПП-6
Статический момент дибалансов, Н·см	10	5,5	3,5	2,5
Число колебаний в мин	1500	1300...1500	1500	1500...1200
Наибольшая вынуждающая сила, кН	250	140	83	62
Амплитуда колебаний (без сваи), мм	14,3	13,8	10	10
Мощность электродвигателя, кВт	40	28	16	11
Размер в плане, мм	1270x800	1000x960	1250x680	830x760
Высота (без наголовника), мм	2250	1500	1250	1380
Масса вибрирующих частей, т	0,7	0,4	0,35	0,25
Масса пригруза (с электродвигателем), т	1,5	0,8	0,85	0,5
Масса вибропогружателя, кг	2200	1200	1200	750

Таблица П.66

**Техническая характеристика низкочастотных вибропогружателей**

Показатель	СП-42Б	ВУ-1,6	В1-722	СП-42Б	ВП-3М
Статический момент дибалансов, Н·см	93	345	500	224; 290	263
Число колебаний в минуту	420	495	475; 550	437; 556	408
Вынуждающая сила, кН	250	958	1250; 1700	480; 620	44
Электродвигатели: - мощность, кВт; - число	60 1	150 2	200 1	120 2	100 1
Амплитуда колебаний (без сваи), мм	20	-	50	36	36
Габарит, мм	1321x1290x2778	3068x2618x1931	1435x1800x3400	2000x2000x3420	1550x1410x2130
Масса вибропогружателя (без наголовника и пульта), кг	4560	11700	15600	8000	7200

Таблица П.67

**Техническая характеристика полноповоротных рельсовых копров  
для забивки вертикальных и наклонных свай**

Показатель	СП 33А (С-995А)	СП 30А (С-908А)	СП- 69	СП-656	СП-55
Максимальная длина забиваемой сваи, м	12	16	16	20	25
Грузоподъемность, т	10	14	14	20	30
Грузоподъемность на подъеме свай, т	4	7	7	9	13
Угол поворота платформы, град	360				
Наибольший наклон мачты, град: - вперед; - назад; - вправо-влево	7 18 2				
Изменение вылета мачты, м	1,2				
Вылет от оси вращения до оси погружения сваи, м	6	6	6	9	9
Ширина колеи копра, м	4	4	4,5	6	6
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	27	27	28	46	60
Скорость, м/мин.: - подъема молота; - подъема сваи; - передвижения копра по рельсам	10 10 10	20...24 20...24 10	10 10 10	6,5...8 9,8...12 3...10	6,5...8 9,8...12 3
Масса копра (без молота и противовеса), т	23	25	26	45	60

Таблица П.68

**Техническая характеристика навесных копров на базе экскаваторов**

Показатель	С-860	СП-50	С-51	КН-12
Грузоподъемность, т	10	10	15	14
Длина завиваемой сваи, м	8	12	16	12
Наклон мачты, град: - вперед; - назад; - влево-вправо	7 15 5	7 18,5 5	7 18,5 1,5	5 15 5
Изменение вылета мачты, м	0,7	1,05	1,2	1,05
Базовая машина	Э-652Б	Э-10011	Э-6113	Э-10011Д

## Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек

Глубина погружения нижнего конца свай, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R, кПа (тс/м <sup>2</sup> )						
	песчаных грунтов средней плотности						
	гравелистых	крупных	—	средней крупности	мелких	пылеватых	—
	пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести $I_L$ , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500 (750)	<u>6600</u>	3000 (300)	<u>3100</u>	<u>2000</u>	1100 (110)	600 (60)
		<del>(660)</del> 4000 (400)		<del>(310)</del> 2000 (200)	<del>(200)</del> 1200 (120)		
4	8300 (830)	<u>6800</u>	3800 (380)	<u>3200</u>	<u>2100</u>	1250 (125)	700 (70)
		<del>(680)</del> 5100 (510)		<del>(320)</del> 2500 (250)	<del>(210)</del> 1600 (160)		
5	8800 (880)	<u>7000</u>	4000 (400)	<u>3400</u>	<u>2200</u>	1300 (130)	800 (80)
		<del>(700)</del> 6200 (620)		<del>(340)</del> 2800 (280)	<del>(220)</del> 2000 (200)		
7	9700 (970)	<u>7300</u>	4300 (430)	<u>3700</u>	<u>2400</u>	1400 (140)	850 (85)
		<del>(730)</del> 6900 (690)		<del>(370)</del> 3300 (330)	<del>(240)</del> 2200 (220)		
10	10 500 (1050)	<u>7700</u>	5000 (500)	<u>4000</u>	<u>2600</u>	1500 (150)	900 (90)
		<del>(770)</del> 7300 (730)		<del>(400)</del> 3500 (350)	<del>(260)</del> 2400 (240)		
15	11 700 (1170)	<u>8200</u>	5600 (560)	<u>4400</u>	2900 (290)	1650 (165)	1000 (100)
		<del>(820)</del> 7500 (750)		<del>(440)</del> 4000 (400)			
20	12 600 (1260)	8500 (850)	6200 (620)	<u>4800</u>	3200 (320)	1800 (180)	1100 (110)
				<del>(480)</del> 4500 (450)			
25	13 400 (1340)	9000 (900)	6800 (680)	5200 (520)	3500 (350)	1950 (195)	1200 (120)
30	14 200 (1240)	9500 (950)	7400 (740)	5600 (560)	3800 (380)	2100 (210)	1300 (130)
35	15 000 (1500)	100 000 (1000)	8000 (800)	6000 (600)	4100 (410)	2250 (225)	1400 (140)

Примечания:

1. Над чертой даны значения  $R$  для песчаных грунтов, под чертой – для пылевато-глинистых.

2. В табл. П.69 и П.70 глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве 3 – 10 м от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки.

Глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта в водоеме следует принимать от уровня дна после общего размыва расчетным паводком, на болотах – от дна уровня болота.

При проектировании путепроводов через выемки глубиной до 6 м для свай, забиваемых молотами без подмыва или устройства лидерных скважин, глубину погружения в грунт нижнего конца сваи в табл. П.69 следует принимать от уровня природного рельефа в месте сооружения фундамента. Для выемок глубиной более 6 м глубину погружения свай следует принимать как для выемок глубиной 6 м.

3. Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести  $I_L$  пылевато-глинистых грунтов значения  $R$  и  $f_i$  в табл. П.69 и П.70 определяются интерполяцией.

4. Для плотных песчаных грунтов, степень плотности которых определена по данным статического зондирования, значения  $K$  по табл. П.69 для свай, погруженных без использования подмыва или лидерных скважин, следует увеличить на 100 %. При определении степени плотности грунта по данным других видов инженерных изысканий и отсутствии данных статического зондирования для плотных песков значения  $K$  по табл. П.69 следует увеличить на 60 %, но не более чем до 20 000 к Па (2000 тс/м<sup>2</sup>).

5. Значения расчетных сопротивлений  $K$  по табл. 1 допускается использовать при условии, если заглубление свай в неразмываемый и несрезаемый грунт составляет не менее: 4,0 м – для мостов и гидротехнических сооружений; 3,0 м – для зданий и прочих сооружений.

6. Значения расчетного сопротивления  $K$  под нижним концом забивных свай сечением 0,15×0,15 м и менее, используемых в качестве фундаментов под внутренние перегородки одноэтажных производственных зданий, допускается увеличивать на 20 %.

7. Для супесей при числе пластичности  $I_p < 4$  и коэффициенте пористости  $e < 0,8$  расчетные сопротивления грунтов ( $R$ ) и ( $R_{fi}$ ) следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

**Расчетные сопротивления на боковой поверхности  
забивных свай и свай-оболочек**

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек $R_{fi}$ , к Па (тс/м <sup>2</sup> )								
	песчаных грунтов средней плотности								
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	-	-	-	-	-	-
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35(3,5)	23(2,3)	15(1,5)	12(1,2)	8(0,8)	4(0,4)	4(0,4)	3(0,3)	2(0,2)
2	42(4,2)	30(3,0)	21(2,1)	17(1,7)	12(1,2)	7(0,7)	5(0,5)	4(0,4)	4(0,4)
3	48(4,8)	35(3,5)	25(2,5)	20(2,0)	14(1,4)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)	5(0,5)
4	53(5,3)	38(3,8)	27(2,7)	22(2,2)	16(1,6)	9(0,9)	8(0,8)	7(0,7)	5(0,5)
5	56(5,6)	40(4,0)	29(2,9)	24(2,4)	17(1,7)	10(1,0)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
6	58(5,8)	42(4,2)	31(3,1)	25(2,5)	18(1,8)	10(1,0)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
8	62(6,2)	44(4,4)	33(3,3)	26(2,6)	19(1,9)	10(1,0)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
10	65(6,5)	46(4,6)	34(3,4)	27(2,7)	19(1,9)	10(1,0)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
15	72(7,2)	51(5,1)	38(3,8)	28(2,8)	20(2,0)	11(1,1)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
20	79(7,9)	56(5,6)	41(4,1)	30(3,0)	20(2,0)	12(1,2)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
25	86(8,6)	61(6,1)	44(4,4)	32(3,2)	20(2,0)	12(1,2)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
30	93(9,3)	66(6,6)	47(4,7)	34(3,4)	21(2,1)	12(1,2)	9(0,9)	8(0,8)	7(0,7)
35	100(10,0)	70(7,0)	50(5,0)	36(3,6)	22(2,2)	13(1,3)	9(0,9)	8(0,8)	7(0,7)
<p>Примечания:</p> <p>1. При определении расчетного сопротивления грунта на боковой поверхности свай <math>f_i</math> по табл. П.70 следует учитывать требования, изложенные в примеч. к табл. П.69.</p> <p>2. При определении по табл. П.70 расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай <math>f_i</math> пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2м.</p>									

**Коэффициенты условий работы грунта при расчете несущей способности свай**

Способы погружения забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, и виды грунтов	Коэффициенты условий работы грунта при расчете несущей способности свай	
	под нижним концом $\gamma_{CR}$	на боковой поверхности $\gamma_{CF}$
1. Погружение сплошных и полых с закрытым нижним концом свай механическими (подвесными), паровоздушными и дизельными молотами	1,0	1,0
2. Погружение забивкой и вдавливанием в предварительно пробуренные лидерные скважины с заглублением концов свай не менее 1 м ниже забоя скважины при ее диаметре:		
а) равном стороне квадратной сваи;	1,0	0,5
б) на 0,05 м менее стороны квадратной сваи;	1,0	0,6
в) на 0,15 м менее стороны квадратной или диаметра сваи круглого сечения (для опор линий электропередачи)	1,0	1,0
3. Погружение с подмывом в песчаные грунты при условии добивки свай на последнем этапе погружения без применения подмыва на 1 м и более	1,0	0,9
4. Вибропогружение свай-оболочек, вибропогружение и вибровдавливание свай в грунты:		
а) песчаные средней плотности:		
- крупные и средней крупности,	1,2	1,0
- мелкие,	1,1	1,0
- пылеватые;	1,0	1,0
б) пылевато-глинистые с показателем текучести $I_L = 0,5$ :		
- супеси,	0,9	0,9
- суглинки,	0,8	0,9
- глины;	0,7	0,9
в) пылевато-глинистые с показателем текучести $I_L < 0$	1,0	1,0
5. Погружение молотами любой конструкции полых железобетонных свай с открытым нижним концом:		
а) при диаметре полости сваи 0,4 м и менее;	1,0	1,0
б) то же, от 0,4 до 0,8 м	0,7	1,0
6. Погружение любым способом полых свай круглого сечения с закрытым нижним концом на глубину 10 м и более с последующим устройством в нижнем конце свай камуфлетного уширения в песчаных грунтах средней плотности и в пылевато-глинистых грунтах с показателем текучести $I_L < 0,5$ при диаметре уширения, равном:		
а) 1,0 м независимо от указанных видов грунта;	0,9	1,0
б) 1,5 м в песках и супесях;	0,8	1,0
в) 1,5 м в суглинках и глинах	0,7	1,0
7. Погружение вдавливанием свай:		
а) в пески средней плотности крупные, средней крупности и мелкие;	1,1	1,0
б) в пески пылеватые;	1,1	0,8
в) в пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L < 0,5$ ;	1,1	1,0
г) то же, $I_L > 0,5$	1,0	1,0



### Определение объемов опалубочных работ по ярусам и захваткам

Наименование элемента опалубки	Марка элемента	Параметры щита				Общее количество щитов, шт	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Общая масса, т
		Ширина, м	Длина, м	Площадь, м <sup>2</sup>	Масса, т			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Заполнение таблицы производится с учетом представленных ниже рисунков (рис. П.1 – П.3) и справочной литературы по порядку сборки ленточных фундаментов и фундаментов стаканного типа из мелкощитовой (крупнощитовой) и блочной опалубки.

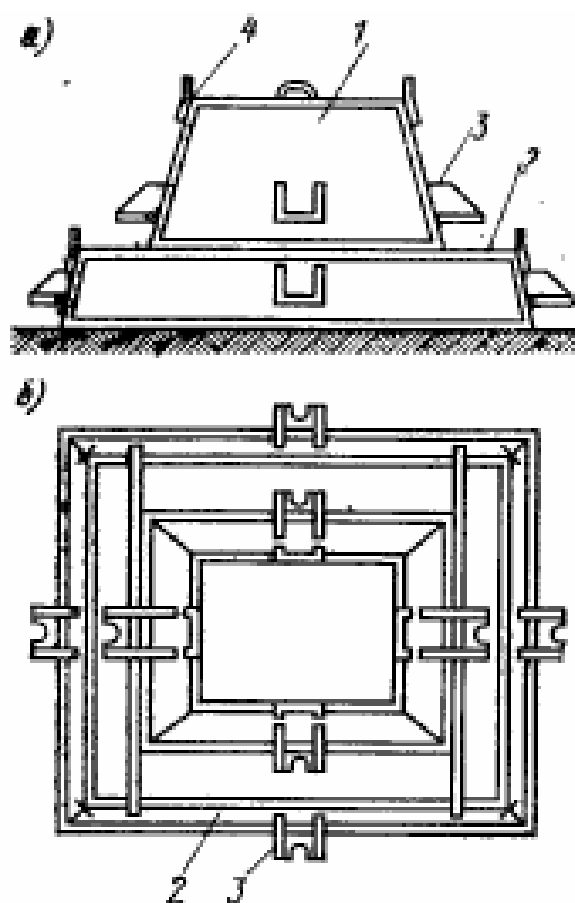


Рис. П.1. Неразъемная блок-форма фундаментов:  
*a* – вид сбоку; *b* – план; 1 – форма подколонника; 2 – то же, ступени;  
 3 – кронштейны для упора домкратов; 4 – монтажные петли

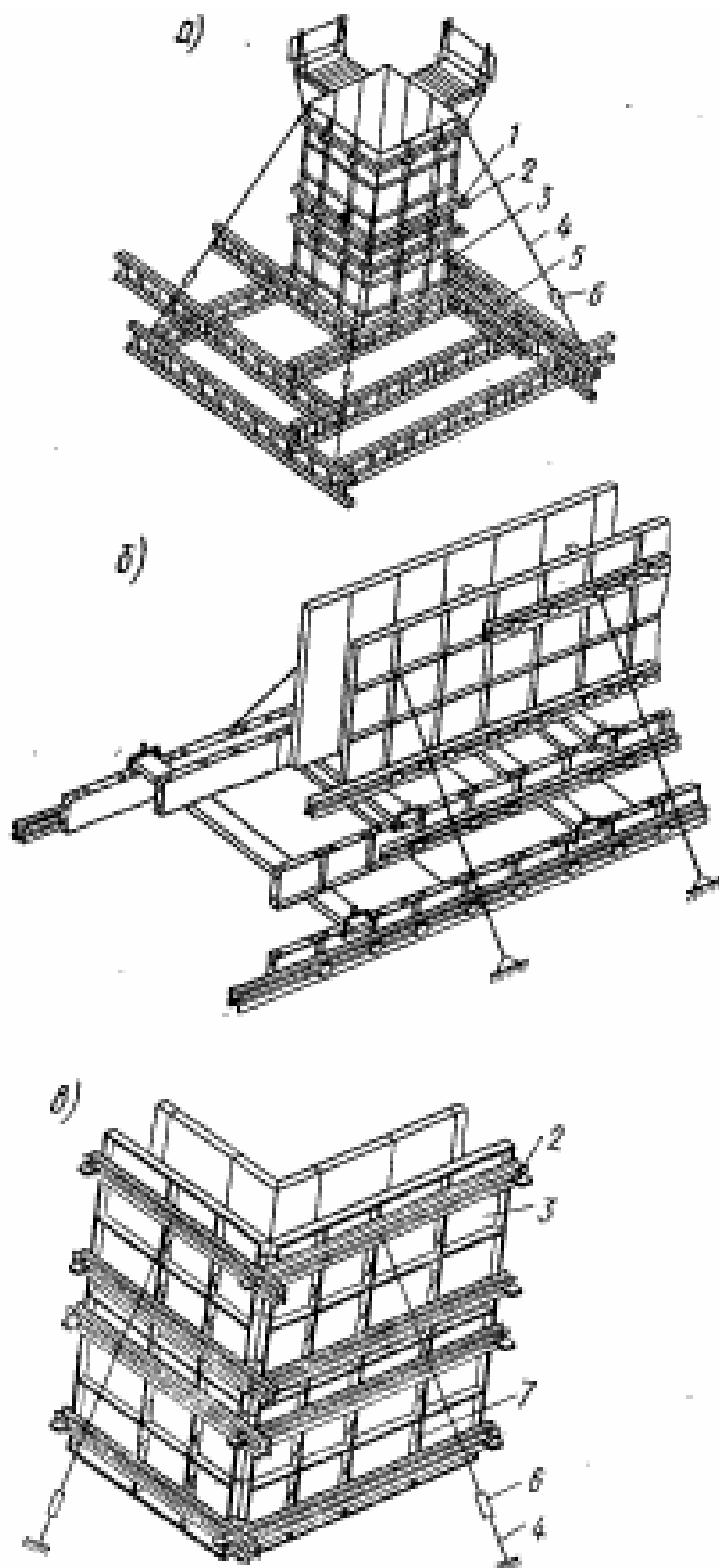


Рис. П.2. Общий вид смонтированной опалубки: *a* – ступенчатого фундамента; *б* – ленточного фундамента; *в* – угла стен; 1 – клин для крепления схваток; 2 – угловое соединение схваток; 3 – щит опалубки; 4 – расчалка; 5 – ферма; 6 – фаркопф; 7 – пружинная скоба

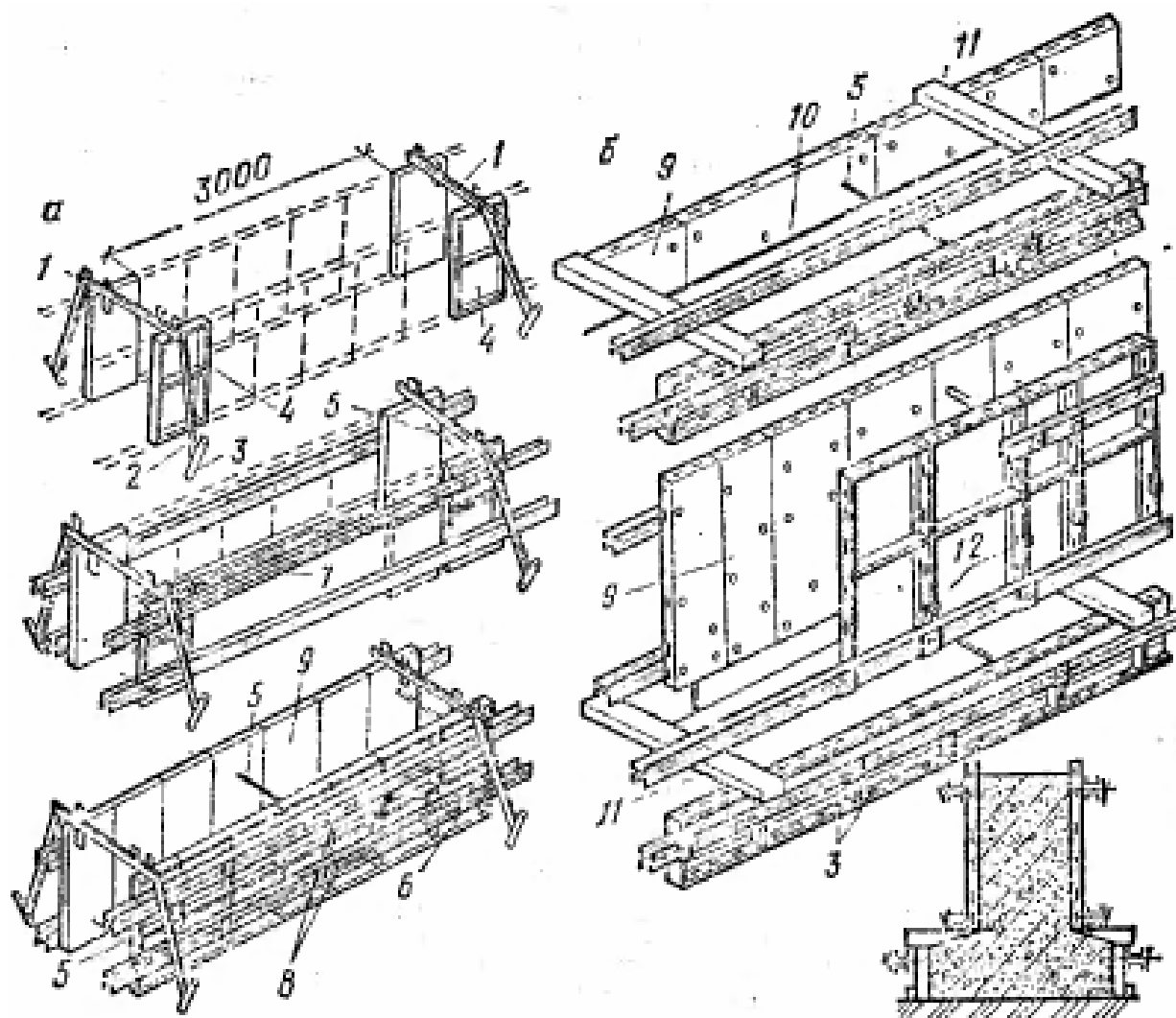


Рис. П.3. Порядок сборки опалубки ленточных фундаментов: *а* – прямоугольного поперечного сечения; *б* – таврового поперечного сечения; 1 – временные распорки; 2 – подкос; 3 – якорь; 4 – маячные щиты; 5 – стяжка; 6 – натяжные крюки; 7 – схватки; 8 – клиновые зажимы; 9 – инвентарные щиты; 10 – схватка второй ступени; 11 – перемычка; 12 – замки

Номенклатура элементов опалубки и размеры щитов представлены в справочной литературе:

1. Евдокимов, Н.И. Технология монолитного бетона и железобетона: учеб. пособие для строительных вузов / Н.И. Евдокимов, А.Ф. Мацкевич, В.С. Сытник. – М.: Высш. шк., 1980. – 335 с., ил.

2. Бетонные и железобетонные работы / И.Г. Совалов, Я.Г. Могилевский, В.И. Остромогольский. – М.: Стройиздат, 1988. – 336 с.: ил.

3. Руководство по конструкциям опалубок и производству опалубочных работ / Центр. науч.-исслед. и проект. эксперимент. ин-т организации, механизации и технической помощи строительству Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 501 с.

*Учебное издание*

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

для студентов специальности 1-70 02 01  
«Промышленное и гражданское строительство»

В пяти частях

Часть 2

Составители:

БОЗЫЛЕВ Василий Васильевич  
САФОНЧИК Дмитрий Иосифович

Редактор *О.П. Михайлова*

Дизайн обложки *И.С. Васильевой*

Подписано в печать 24.01.08. Формат 60×84 1/16. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная.  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 17,27. Уч.-изд. л. 16,86. Тираж 205. Заказ № 119.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

ЛИ 02330/0133020 от 30.04.04      ЛП № 02330/0133128 от 27.05.04

211440 г. Новополоцк, ул. Блохина, 29