

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВИСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА»**

*Утверждена решением
Ученого совета ДГУНХ,
протокол №9
от 21 марта 2025 г.*

Кафедра инженерных дисциплин

**Методические рекомендации к выполнению курсового
проекта по дисциплине:**

«Технологические процессы в строительстве»

На тему «Разработка, перемещение и укладка грунтов» для обучающихся 3 курса по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиля «Промышленное и гражданское строительство» очной и очно-заочной форм обучения

Махачкала 2025 г.

УДК: 69.658.(035.5)

ББК: 65.9

Составитель – Айламматова Дагмара Айламматовна, старший преподаватель кафедры инженерных дисциплин, ДГУНХ.

Внутренний рецензент – Акаев Абдулджафар Имамусейнович, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных дисциплин ДГУНХ.

Внешний рецензент – Агаханов Элифхан Керимханович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные сооружения и строительные материалы», ДГТУ.

Представитель работодателя: Ханмагомедов Магомед Айтберович, заместитель директора ГАУ РД «Государственная экспертиза проектов».

Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине: “Технологические процессы в строительстве” на тему «Разработка, перемещение и укладка грунтов» размещены на официальном сайте www.dgunh.ru

Айламматова Д.А. - Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине: “Технологические процессы в строительстве” на тему «Разработка, перемещение и укладка грунтов» – Махачкала: ДГУНХ, 2025г., 58с.

Рекомендована к утверждению Учебно-методическим советом ДГУНХ 10 марта 2025 г.

Рекомендована к утверждению руководителем основной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Промышленное и гражданское строительство», Айламматовой Д.А.

Одобрена на заседании кафедры инженерных дисциплин 24 февраля 2025 г., протокол № 7.

Содержание

1. Общие положения	5
Цели и задачи	6
Исходные данные	6
Состав курсового проекта	6
Примеры вопросов, задаваемые к защите КП:.....	6
2. Построение расчетной схемы	7
3. Подсчет объемов работ.....	7
Срезка растительного слоя.....	7
Планировка площадки.....	7
Объем работ при разработке котлована и траншеи.....	10
4. Выбор способов производства работ и комплектов машин. ...	11
Срезка растительного слоя.....	12
Вертикальная планировка площадки	18
Предварительное разрыхление грунта.....	20
Уплотнение грунта	21
Разработка котлованов и траншей.....	23
Прямая лопата	23
Обратная лопата.....	25
Экскаватор – драглайн.....	27
5. Техничко-экономическое сравнение вариантов механизированных звеньев	30
6. Калькуляция трудовых затрат и заработной платы	33
7. Календарный график производства земляных работ.....	33
Приложение 1.....	35
Приложение 2.....	36
Приложение 3.....	38
Приложение 4.....	41
Приложение 5.....	43
Приложение 6.....	44
Приложение 7.....	50
Приложение 8.....	53
Библиографический список	59

1. Общие положения

Цели и задачи

Цель выполнения курсового проекта (КП) студентами – овладеть основами проектирования технологических процессов на примере комплекса земляных работ. Закрепить теоретические знания и умение пользоваться справочной и нормативной литературой.

Задача – разработать технологическую карту (ТК) на производство земляных работ в комплексе: перемещение и укладка грунта при отрывке котлована и вертикальной планировке.

Исходные данные

Исходные данные для выполнения КП оформляются в виде бланка задания, в котором указаны: номер варианта, план участка с горизонталями и размерами, литологическая колонка, проектный уклон площадки до места складирования грунта, планировочная отметка, продолжительность выполнения комплекса земляных работ в днях, особые условия производства работ, план и размеры возводимого здания или сооружения (выдается преподавателем).

Состав курсового проекта

Состав и содержание технологической карты разрабатывается в соответствии с [6].

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части в объеме одного стандартного листа чертежной бумаги формата А1.

Пояснительная записка должна содержать последовательное изложение всех вопросов, предусмотренных составом курсового проекта.

В ней необходимо привести расчеты и схемы с анализом и точной мотивировкой принятых решений. Результаты расчетов следует представить в форме таблиц. Все расчеты и принятые решения нужно основывать на действующих нормативных документах (СНиП, МДС), Единых нормах и расценках ЕНиР, методических указаниях, а также на справочных данных. Используемые для расчетов данные должны иметь соответствующие ссылки на источник (автор, название книги, год издания, страница).

Графическая часть включает:

1. План заданной площадки в масштабе 1:2000 в горизонталях с разбивкой на квадраты и надписями в вершинах черных, красных и рабочих отметок с соответствующими знаками. На плане показывают котлованы и траншеи, а по контуру площадки направление и величину заданного уклона, наносят линии нулевых работ и последовательную нумерацию квадратов. В переходных квадратах часть, образуемую линией нулевых работ (треугольник или трапеция), обозначают тем же номером, что и квадрат, с добавочным индексом. В каждом квадрате или его части указывают объемы земляных работ с соответствующими знаками.

Линии нулевых работ и красные отметки наносят красным цветом, рабочие отметка – синим.

2. План площадки в масштабе 1:2000 с разбивкой на участки (карты) со схемой распределения земляных масс и схемами перемещения грунта из выемок в насыпи выбранным комплексно – механизированным способом.

3. План котлована и траншей в масштабе 1:400 – 1:500 с изображением проходов экскаватора и технологической последовательности работ.

4. Планы и разрезы рабочих мест машин в масштабе 1:200 с показом транспортных путей.

5. Технологическую схему дополнительного варианта разработки котлована в зимнее время в плане (масштаб 1:400) и разрезе (масштаб 1:200).

6. Календарный план производства земляных работ.

7. Калькуляцию трудовых затрат.

8. Указания по технике безопасности.

9. Указания по производству работ.

10. Техничко-экономические показатели – стоимость и трудоемкость 1 м³ грунта.

Расчетно – пояснительная записка включает:

1. Содержание.
2. Исходные данные для проектирования.
3. Область применения разрабатываемой технологической карты.
4. Методы, способы и сроки производства подготовительных работ.
5. Проектирование технологических процессов по видам: расчет объемов планировочных и землеройных работ, выбор оптимального комплекта машин и механизмов для производства работ на основе технико-экономического сравнения варианта и их типа, определение количества, обоснование принятых методов производства работ.
6. Перечень использованной литературы.

Оформление КП должно соответствовать требованиям [7].

Примеры вопросов, задаваемые к защите КП:

1. Что такое постоянные и временные земляные сооружения?
2. Что такое нулевой баланс земляных работ?
3. Какие технологические свойства грунта Вам известны и как они влияют на условия и методы производства работ?
4. Что такое планировочная плоскость?
5. Как определяется отметка планировочной плоскости?
6. Какие виды проходок при разработке котлованов Вам известны?
7. Как взаимоувязываются работы бульдозеров и экскаваторов при срезке растительного слоя?
8. Как обеспечивается необходимая мощность скрепера для набора грунта?
9. Как взаимоувязывается работа скрепера и рыхлителя?
10. Как взаимоувязать работу скреперов и грунтоуплотняющих машин?
11. Какие методы уплотнения грунта Вам известны?
12. Для каких грунтов рекомендуется использовать драглайн?
13. Почему нельзя для всего цикла работ по данной технологической карте использовать экскаватор с обратной лопатой?

14. Для чего необходимо определять и эксплуатационную, и нормативную производительность механизмов в реальном проектировании?

2. Построение расчетной схемы

В масштабе 1: 2000 вычерчивается участок планировки с горизонталями и производится его разбивка на квадраты с заданными размерами стороны. На участок наносится местоположение котлована и траншеи (положение выбирается студентом самостоятельно), определяются черные отметки вершин квадратов, основных вершин котлована и траншеи (определяются методом линейной интерполяции между двумя смежными горизонталями).

3. Подсчет объемов работ

Срезка растительного слоя

Объем грунта V_{pc} при срезке растительного слоя определяется:

$$V_{pc} = S\delta \quad (1)$$

где S – площадь участка планировки, m^2 , δ – толщина растительного слоя, указана в бланке задания, м.

Планировка площадки

Для подсчета объемов работ при планировке площадки удобнее всего воспользоваться программой TERA.

Средняя проектная отметка планировки площадки под горизонтальную поверхность определяется из условия соблюдения нулевого баланса земляных масс с учетом грунта котлована и траншей.

Подсчитывается предварительная проектная отметка планировки под горизонтальную поверхность H_{cp} (м) без учета грунта из котлована и траншеи методом квадратных призм (для чего площадку разбивают на квадраты).

$$H_{cp} = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 4 \sum H_4}{4n} \quad (2)$$

где H_1, H_2, H_4 – черные отметки поверхности, у которых соответственно сходятся 1, 2 и 4 вершины квадратов;

n – число квадратов.

Затем отметку H_{cp} , увеличивают на ΔH с учетом грунта из котлована и траншей. Если котлованы и траншеи находятся в выемке, то учитывают лишь объем грунта ниже предварительной средней планировочной отметки;

Увеличение планировочной отметки ΔH (м) определяется по формуле

$$\Delta H = \frac{\sum Q}{a^2 n} \quad (3)$$

Здесь $\sum Q$ – суммарный объем котлована и траншеи (в плотном теле) ниже H_{cp} , м³

a – сторона квадрата

n – число квадратов, на которые разбита площадка;

Окончательная средняя планировочная отметка под горизонтальную поверхность рассчитываются по формуле

$$H_o = H_{cp} + \Delta H \quad (4)$$

Отметка H_o является общей средней проектной отметкой под горизонтальную поверхность. По заданному уклону поверхности площадки, выраженному через тангенс угла наклона, определяет проектные (красные) отметки в вершинах квадратов способом поворота горизонтальной поверхности площадки вокруг оси с отметкой H_o так, чтобы площадка имела проектируемый уклон при ориентировочном соблюдении нулевого баланса земляных масс.

Направление уклона выбирается студентом так, чтобы обеспечить беспрепятственный сток атмосферных вод с площадки после ее планировки. Направление уклона должно учитывать приближение к нулевому балансу земляных масс.

Проектные (красные) отметки вершин квадратных призм при одностороннем уклоне

$$H_k = H_o \pm li \quad (5)$$

где H_k – красная отметка вершин квадратных призм, м;

H_o – окончательная средняя проектная отметка планирования, м;

l – расстояние от вершин квадратов до оси поворота с отметкой H_o , перпендикулярной направлению уклона, м;

i – заданный уклон площадки после планировки.

$$h_p = H_q - H_k \quad (6)$$

Здесь: h_p – рабочие отметки (величина срезки или подсыпки для получения красной отметки), м;

H_q – величина черной отметки.

Рабочие отметки (насыпи со знаком “минус” и выемки со знаком “плюс”) наносят у вершин квадратных призм.

По ним вычисляют объемы работ в каждой квадратной призме и записывают их на плане в центре квадрата. Если знаки всех четырех рабочих отметок одноименные, то такие призмы называют целыми. Их объем (m^3)

$$q = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (7)$$

a – сторона квадрата;

h_1, h_2, h_3, h_4 – рабочие отметки, м.

Квадраты, в вершинах которых разнозначные рабочие отметки имеют линию на которой нет ни выемки, ни срезки, назовем ее линией нулевых работ. Положение линии определяется положением точек на магистралях (гранях квадрата) из выражения

$$l_1 = \frac{|h_1|}{|h_1| + |h_2|} a \quad (8)$$

где: l_1 – расстояние от вершины с отметкой h_1 до точки нулевых работ, м;

h_1, h_2 – равнозначные отметки на магистралях квадрата.

Квадратные призмы, пересекаемые линией нулевых работ, называют пересеченными. Если пересеченная квадратная призма в плане разбита линией нулевых работ на две трапеции, объем насыпи (выемки) (m^3) определяют по формуле с учетом знака;

$$q = aPh_{cp} \quad (9)$$

Здесь : a – сторона квадрата, м; P – средняя линия трапеции, м; h_{cp} – средняя рабочая отметка в пределах данной трапеции с соответствующим знаком, м.

Если пересеченная призма разбита линией нулевых работ на треугольную и пятиугольную, то объем треугольной призмы определяется по формуле

$$q = \frac{dlh_m}{2} \quad (10)$$

пятиугольной

$$q = \left(a^2 - \frac{dl}{2}\right) h_n \quad (11)$$

d, l – катеты треугольника, м;

h_m, h_n – средние рабочие отметки треугольной и пятиугольной призмы с их знаками, м.

Подсчитываются дополнительные объемы земляных работ в откосах по контуру площадки с соответствующими знаками.

$$q_{отк} = \frac{L_n m h_{cp}}{2} \quad (12)$$

где: L_n – длина по периметру насыпи (выемки), м; m – коэффициент откоса; h_{cp} – средняя рабочая отметка по периметру насыпи (выемки), м.

Подсчеты объемов земляных работ сводятся в ведомости баланса земляных масс (прил.1). Полученные итоги объемов насыпи и выемок должны быть одинаковы (могут отличаться не более, чем на 5%).

При подсчете баланса земляных масс объемы всех видов насыпей грунтов должны учитывать дополнительные объемы остаточного разрыхления грунтов после их укладки в насыпь.

Объем работ при разработке котлована и траншей

Объем котлована подсчитывают по следующим формулам:

$$V_k = \frac{h_k}{3} (F_n + F_v + \sqrt{F_n F_v}) \quad (13)$$

$$V_k = \frac{h_k}{6} (F_n + F_v + 4F_{cp}) \quad (14)$$

где F_n – площадь дна котлована, F_v – площадь верха котлована, h_k – глубина котлована.

Объем грунта в съезде в котлован:

$$V_{TP} = H^2 \cdot \left[3b + 2mH \left(\frac{m' - m}{m'} \right) \right] \cdot \frac{m' - m}{6}, \quad (15)$$

где H – требуемая глубина котлована;

b - ширина въездной траншеи, $b=3\text{м}$ для одностороннего движения и $b=6\text{м}$ для двустороннего;

m и m' - коэффициенты заложения откоса и дна траншеи соответственно (зависит от величины уклона).

При подсчете объема траншеи расчет ведется следующим способом.

По длине траншею разбивают на участки длиной до 100 м. Объем отдельных участков траншеи подсчитывают по следующей формуле

$$V_{mp} = \left(F_{cp} + \frac{m(H_1 + H_2)^2}{12} \right) L \quad (16)$$

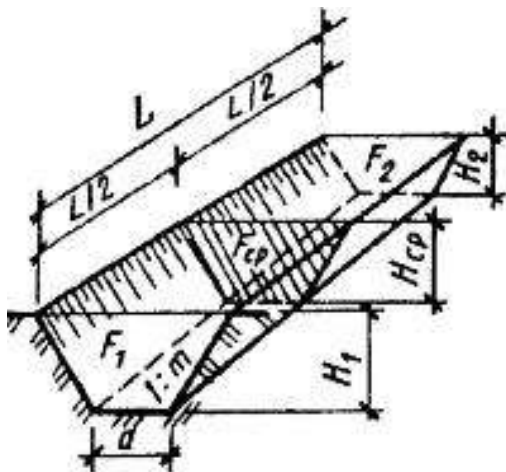


Рис.1. Подсчет объемов траншеи. F_{cp} – площадь среднего сечения траншеи, м^2 ; H_1, H_2 – глубина траншеи ниже планировочной отметки, м; L – длина траншеи, м.

4. Выбор способов производства работ и комплектов машин.

Для выполнения строительно-монтажных работ даже на одном и том же участке по производственным условиям могут быть приняты различные организационно - технологические решения и различные комплекты машин для их реализации. Принятое решение определяет в дальнейшем срок, темп, трудоемкость и себестоимость производства работ. Для земляных работ наибольший экономический эффект достигается при комплексной механизации.

Методы производства работ зависят от размера площадки, типа грунтов и природно-климатических условий.

Подбор комплекта механизмов начинают с выбора ведущей машины для разработки грунта. Затем, исходя из производительности, длительности цикла и основных параметров ведущей машины, подбираются вспомогательные машины для

рыхления, транспортировки, разравнивания, уплотнения грунта и др. возможных видов работ.

Срезка растительного слоя

Срезанный растительный грунт складывают на территории строительной площадки или перевозят к месту вторичного использования.

Исходя из этого условия, а также дальности транспортировки грунта выбирают один из следующих методов работ:

1. Срезка слоя землеройно-транспортной машиной, погрузка в автотранспортные средства землеройной машиной и транспортировка к месту складирования (использования).
2. Срезка слоя и транспортировка его землеройно-транспортной машиной.

В первом случае, как правило, основной землеройной машиной назначают бульдозер, вспомогательным – экскаватор и автосамосвалы. Во втором все операции выполняются скрепером.

Подбор комплекта механизмов начинают с выбора ведущей машины для разработки грунта. Затем, исходя из производительности, длительности цикла и основных параметров ведущей машины, подбираются вспомогательные машины для рыхления, транспортировки, разравнивания, уплотнения и др. возможных видов работ.

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

Крупные машины с большой производительностью экономически выгодно использовать на работах со значительными объемами, а при малых объемах работ дешевле применить мелкие машины.

Разработку грунта бульдозерами выполняют преимущественно двумя способами: траншейным и послойным.

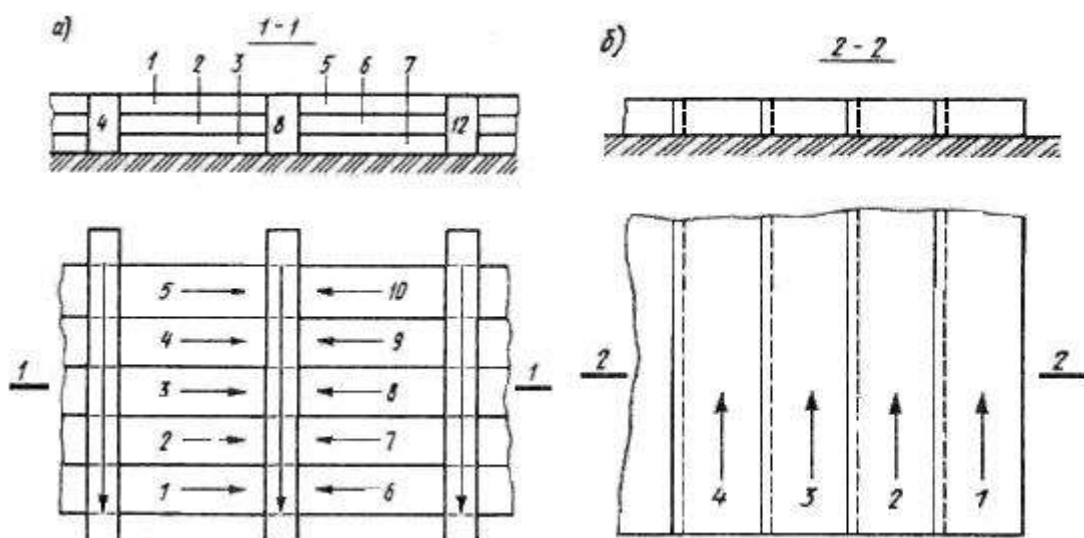


Рис. 2. Схема разработки грунта бульдозером:

а — траншейным; б — послойным; 1, 2, 3, - последовательность резания

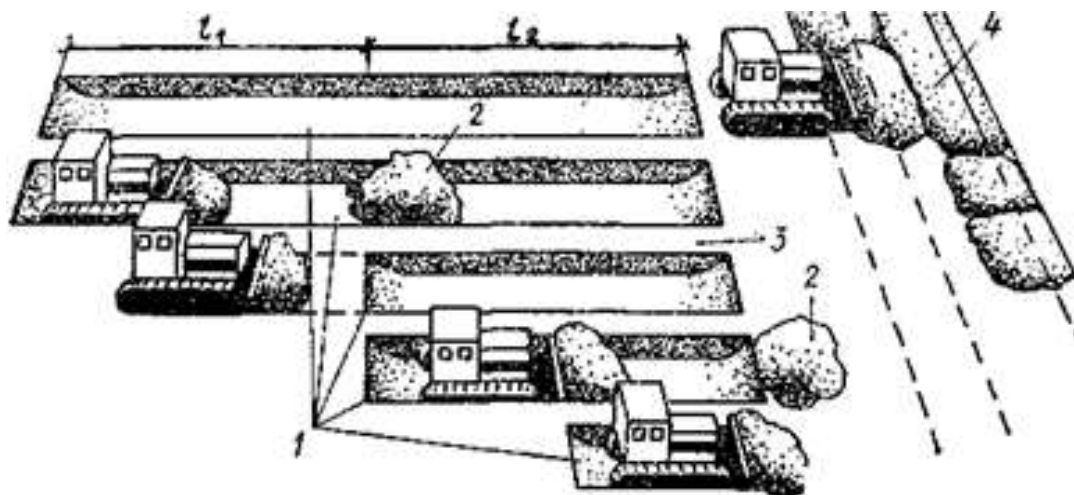


Рис. 3. Траншейный способ разработки грунта при отсыпке насыпи: 1 — траншеи проходок бульдозера; 2 — промежуточные валики; 3 — перемычка между траншеями; 4 — насыпь.

Траншейный способ разработки применяют для уменьшения потерь при перемещении грунта на расстоянии до 50 м. Параллельные полосы — траншеи глубиной от 0,4 до 0,6 м — получают путем нескольких проходов бульдозера по одному и тому же месту. Ширину траншей принимают равной длине отвала бульдозера, а перемычки, оставляемые между траншеями, шириной 0,4 м в связных грунтах и 0,6 м — в малосвязных. Перемычки разрабатывают после прохода каждой траншеи.

При дальности перевозки свыше 50 м через каждые 25 м устраивают промежуточные валы, которые затем перемещают двумя или тремя спаренными бульдозерами.

Метод устройства промежуточных валиков заключается в следующем. На пути транспортировки грунта через каждые 40...50 м намечают участки расположения промежуточных валиков грунта. Бульдозер разрабатывает и перемещает грунт отдельными захватками. Сначала грунт перемещается в первый валик, затем во второй, третий и далее за пределы выемки. При этом увеличивается количество холостых ходов бульдозера, но при каждом рабочем ходе бульдозер перемещает максимальный объем грунта. При траншейном способе разработки грунта потери его значительно сокращаются вследствие уменьшения осыпания с отвала бульдозера в процессе транспортировки грунта к месту его отсыпки.

При послойном способе выемка разрабатывается слоями на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера последовательно по всей ширине выемки или отдельным ее частям. Этот способ применяется при небольшой глубине срезки и сложном очертании площадок.

При послойной схеме разработку грунта производят параллельными полосами, причем каждая предыдущая полоса перекрывается последующей от 0,3 до 0,5 м.

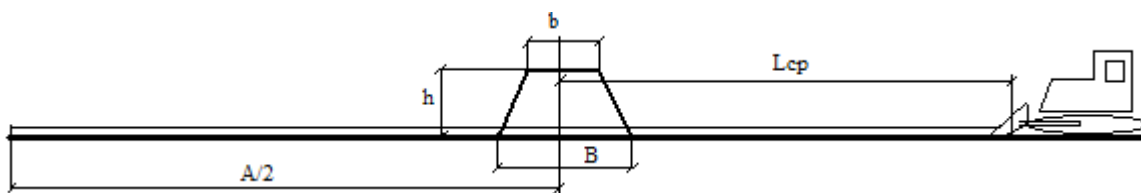


Рис.4. Расчетная схема срезки растительного слоя. L_{cp} – среднее расстояние перемещения растительного грунта при обваловке, h – высота отвала грунта, A – полоса расчистки растительного грунта, B – ширина отвала растительного грунта по низу, b – ширина отвала растительного грунта по верху.

На полосе расчистки A (длиной до 150 м) движениями бульдозера от краев к центру формируется отвал растительного грунта шириной $B = b + 2hm$; площадью $F = (b + hm)h$, где b принимается в пределах 1,5...1,9R, причем R – радиус резания на уровне гусениц для экскаватора, используемого при погрузке (выбирается по [2]).

Высота отвала h принимается от 2 до 4 м. Среднее расстояние перемещения грунта $L_{cp} = A/4$, м.

По [2] для снятия растительного слоя подбирается бульдозер на базе трактора Т, Т-100, Т-130 и Т-180 по ширине траншеи соответственно 20-40 м, 40-60 м, 60-100 м. Главными характеристиками бульдозера являются марка бульдозера, длина отвала, высота отвала, тип отвала, управление, мощность.

Для разработки срезанного грунта с погрузкой в транспортное средство выбирается экскаватор. Наиболее предпочтителен экскаватор – прямая лопата. При объемах работ более 10 тыс. м³ рекомендуется использовать машины с емкостью ковша 0,5 м³ и более. Главными характеристиками являются марка экскаватора, вместимость ковша, длина стрелы, наибольший радиус копания, наибольший радиус выгрузки, наибольшая высота выгрузки, мощность.

Эксплуатационная производительность бульдозера $\Pi_{эб}$:

$$\Pi_{эб} = \frac{3600 V_{\Pi} K_y K_c K_b T}{T_{ц}} \quad (17)$$

V_{Π} - объем призмы волочения, м³,

$$V_{\Pi} = \frac{B_0 H^2}{2 K_p \operatorname{tg} \varphi_0}, \quad (18)$$

где B_0 и H -соответственно длина и высота отвала бульдозера, м; K_p - коэффициент разрыхления грунта, по [2]; φ_0 - угол естественного откоса разрыхленного грунта; K_y - коэффициент учета уклона местности (приложение 2); K_c - коэффициент сохранения грунта на ноже при транспортировке, $K_c=1-0,005L_{cp}$; K_b - коэффициент использования бульдозера в смену по [2]; T - единица времени, за которую определяется производительность бульдозера, 8 часов; $T_{ц}$ - время рабочего цикла, сек;

$$T_{ц} = t_p + t_n + t_{xx} + t_m, \quad (19)$$

где t_p - время резания грунта, $t_p = \frac{L_p}{v_p}; \quad (20)$

$$L_p = \frac{V_n}{\delta}; \quad (21)$$

t_n - продолжительность перемещения:

$$t_n = \frac{L_{cp} - L_p}{v_n}; \quad (22)$$

t_{xx} - продолжительность холостого хода:

$$t_{xx} = \frac{L_{cp}}{v_{xx}}; \quad (23)$$

t_m – время маневрирования.

Скорости резания, перемещения грунта и транспортирования приведены в приложении 2.

Необходимое для выполнения работ количество машино-смен определяется по формуле

$$N = \frac{V_{pz}}{П_3}. \quad (24)$$

V_{pz} – объем растительного грунта, м³.

Количество бульдозеров и сменность их работы определяются в период составления графика производства работ, исходя из отрезка времени, отведенного для выполнения данного вида работ (исходные данные).

Эксплуатационная производительность экскаватора

$$П_{ээ} = 60q \frac{K_n}{t_{цн}K_p} TK_{им}, \quad \text{м}^3/\text{см} \quad (25)$$

где q - вместимость ковша(м); K_n - коэффициент наполнения ковша (приложение 3); $t_{цн}$ - время цикла при погрузке транспортного средства (мин) по (приложение 3); K_p - коэффициент разрыхления грунта по [2]; T - единица времени, за которую определяется производительность (смены); $K_{им}$ - коэффициент использования машин в смену, по [2] в зависимости от группы грунта.

Нормативная производительность экскаватора:

$$П_{нэ} = \frac{ET}{H_{вр}}, \quad (26)$$

где $H_{вр}$ - норма времени, чел-час на 100 м³ грунта по [2].

Необходимое количество экскаваторных машино-смен определяется по формуле (24).

Расчет необходимого количества транспорта под экскаватор

Расчет начинаем с выбора типа автомашин согласно [2]. На выбор марки и числа автосамосвалов влияют следующие факторы: грузоподъемность автосамосвала и выработка экскаватора. С увеличением грузоподъемности автосамосвала уменьшается простой экскаватора и увеличивается его выработка. Но чем мощнее

автосамосвал, тем дороже стоимость комплекта машин. Рациональное соотношение вместимости ковша $q(\text{м}^3)$ к грузоподъемности автосамосвала $Q, \text{т}$, 1:10, т.е. для экскаватора с емкостью ковша $q=0,65 (\text{м}^3)$ целесообразнее использование автосамосвала $Q=7 \text{ т}$ и т.д. (приложение 3,5). Используются такие характеристики, как грузоподъемность, вместимость кузова, радиус поворота, высота до верха кузова, время маневрирования при погрузке, время маневрирования при разгрузке, скорость в груженом состоянии, скорость порожняком.

При выборе автотранспортных средств, следует соблюдать следующие условия:

- высота борта должна быть, как минимум, на 100 мм ниже погрузочной высоты экскаватора;
- необходимо стремиться, чтобы в одну машину погружалось от 4 до 7 ковшей грунта, т.к. при малом объеме грунта в кузове самосвала при движении возникают нежелательные динамические нагрузки, а при большом количестве ковшей увеличивается время погрузки.

Количество ковшей n_k рассчитывается по формуле

$$n_k = \frac{V_{\text{куз.сам}} K_n}{g_k K_p} \quad (27)$$

и округляется до целого числа как в большую, так и в меньшую стороны с учетом возможной перегрузки или недогрузки транспорта в пределах 10%.

$V_{\text{куз.сам}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т; K_n – коэффициент наполнения ковша; g_k – емкость ковша экскаватора, м^3 ; K_p – коэффициент разрыхления грунта.

Масса грунта в кузове, т:

$$Q = n g_k \gamma_{cp}, \quad (28)$$

Время рабочего цикла:

$$T_{\text{ц}} = t_n + t_{\text{пр.зр}} + t_p + t_m + t_{\text{пр.н}}, \quad (29)$$

где t_n – время стоянки под погрузкой, мин, $t_{\text{п}} = n_k t_{\text{цп}}$; $t_{\text{пр.зр}}$ – время пробега самосвала к месту разгрузки с учетом задержек в пути, мин; L – расстояние до места отвала (км); K_n – коэффициент увеличения времени пробега вследствие замедления во время торможения и разгона по (приложение 5); t_p – время разгрузки, мин (2-4 мин); t_m – время маневрирования, мин (5-15 мин); $t_{\text{пр.н}}$ – время пробега порожняком, мин.

$$t_{np.zp} = \frac{60LK_n}{v_{cp.zp}}, \quad (30)$$

$$t_{np.n} = \frac{60LK_n}{v_{cp.n}}, \quad (31)$$

$v_{cp.n}$, $v_{cp.zp}$ – скорости автосамосвала порожняком и в груженом состоянии соответственно.

По формуле (27) количество ковшей, необходимых для заполнения транспорта, определяется исходя из грузоподъемности без учета емкости кузова, поэтому необходима проверка на вместимость грунта в кузове

$$V_{куз} \geq n_k q k_n k_p \quad (32)$$

При перевозе легких грунтов геометрическая емкость кузовов автосамосвалов может не обеспечить загрузку по грузоподъемности. В таких случаях рекомендуется наращивание бортов временными щитами.

Исходя из выше сказанного, подбираем количество автотранспортных средств:

$$N_a = \frac{T_u}{t_n}. \quad (33)$$

Вертикальная планировка площадки

Технологический процесс по вертикальной планировке площадки состоит из следующих операций: предварительное рыхление грунта (при необходимости); его срезка; транспортировка к месту укладки, разравнивание (при необходимости) и уплотнение.

За основную землеройно-транспортную машину рекомендуется принимать бульдозер или скрепер. Экскаватор для данного типа работ в промышленно – гражданском строительстве используется крайне редко.

Перемещение грунта из выемки в насыпь бульдозером рекомендуется производить при дальности перемещения до 50 м – по обычной схеме; 50- 100 м – с накоплением грунта в промежуточных валах; более 100 м – применение бульдозера нецелесообразно.

Построение картограммы земляных работ

Картограмма земляных работ – это графическое изображение выполняемых объемов работ. На ней указываются: разбивка участка на квадраты; рабочие, красные и черные отметки; объемы работ по квадратам; положение нулевой линии работ (ЛНР) и откосы строительной площадки.

Средняя дальность перемещения земляных масс определяет выбор типа землеройно-транспортных машин, область эффективного использования которых устанавливается по рациональному расстоянию транспортирования грунта. Кроме того, этот параметр необходим при нахождении норм времени и расценок. При сравнении нескольких вариантов производства планировочных работ дальность рассчитывается с точностью до 1 м.

Существует несколько способов нахождения среднего расстояния перевозки грунта. При этом на практике реализуются два подхода. Если объем работ невелик и площадка имеет одну незамкнутую нулевую линию, то средняя дальность перемещения грунта определяется в целом для всей площадки. В некоторых случаях сетка квадратов может пересекаться несколькими нулевыми линиями или иметь одну замкнутую линию. Тогда площадка разбивается на несколько участков при соблюдении нулевого баланса объемов выемки и насыпи на каждом участке, рассчитывается несколько расстояний перемещения грунта и находится средневзвешенное расстояние.

В курсовом проекте при наличии ведомости шахматного баланса земляных масс средняя дальность возки грунта L_{cp} может быть определена по формуле

$$L_{cp} = \frac{\sum v_i L_i}{\sum v_i}, \quad (34)$$

где v_i – частный объем выемки, перемещаемый из i -го квадрата, м³; L_i – расстояние, на которое перевозится данный объем, м.

Так как план распределения земляных масс по методу шахматного баланса не является оптимальным, то рассчитанная величина L_{cp} будет иметь погрешности.

Также средняя дальность перемещения грунта ориентировочно может определяться как расстояние между центрами тяжести выемки и насыпи методом статистических моментов. Вычисляют моменты объемов относительно любых координатных осей:

$$X_{\varepsilon} = \frac{\sum v_{\varepsilon} x_{\varepsilon}}{\sum v_{\varepsilon}} \quad (35)$$

$$x_H = \frac{\sum v_H x_H}{\sum v_H} \quad (36)$$

$$y_{\varepsilon} = \frac{\sum v_{\varepsilon} y_{\varepsilon}}{\sum v_{\varepsilon}} \quad (37)$$

$$y_H = \frac{\sum v_H y_H}{\sum v_H} \quad (38)$$

Здесь V_{ε}, V_H – объемы грунта в пределах простейших фигур, м^3 ;

$X_{\varepsilon}, X_H, y_{\varepsilon}, y_H$ – координаты центров тяжести простейших фигур, м .

$$L_{cp} = \sqrt{(x_{\varepsilon} - y_H)^2 + (x_H - y_{\varepsilon})^2} \quad (39)$$

Разработка схемы перемещения грунта

При ориентировочном способе определения средне дальности перемещения грунта при планировке площадки плановые трудо – и машинозатраты значительно ниже фактических. Кроме того, перемещение грунта при производстве работ достаточно бессистемно, что в свою очередь увеличивает разрыв между плановыми и фактическими значениями затрат.

Для нормальной организации работ необходимо построить схему перемещения грунта.

При использовании бульдозера для вертикальной планировки площадки следует вести расчет по формулам (17)...(24).

При разработке схемы движения скреперов также следует помнить, что на их производительность влияет направление уклона площадки, а также то, что режут грунт и наполняют ковш только при прямолинейном движении скрепера.

Предварительное разрыхление грунта

Для плотных и мерзлых грунтов скрепер используют в комплекте с рыхлителем. Необходимость включения рыхлителя в механизированное звено становится ясной при определении категории грунта по трудности разработки

Чрезмерное измельчение грунта при рыхлении нежелательно, но максимальный размер комьев не должен превышать $2/3$ толщины срезаемой скрепером стружки. Рекомендуемое соотношение ширины прорезки рыхлителя к ее глубине от 3 до 5.

Эксплуатационная производительность рыхлителя:

$$P_{эр} = \frac{3600B_p H_p S}{2T_{цр}} K_B T, \text{ м}^3/\text{см} \quad (40)$$

где B_p - ширина полосы рыхления, м., определяется по [2];

H_p - толщина разрыхляемого слоя, м., определяется по [2];

$T_{цр}$ - время рабочего цикла рыхлителя, сек., определяется как для бульдозера;

S - длина полосы рыхления, м, определяется по схеме производства работ;

$K_в$ - коэффициент использования сменного времени, определяется по [2];

T - в часах.

Нормативная производительность рыхлителя определяется как для бульдозера.

Количество рыхлителей $N_{рых}$ назначается из условия, что на площадке разрыхленного грунта должно быть не более полусменной нормы работающих скреперов. Следовательно:

$$N_{рых} = \frac{0,5N_{скр}P_{пр.скр}}{P_{пр.рых}} \quad (41)$$

где $N_{скр}$ - количество работающих на площадке скреперов, определяется по схеме и графику производства работ;

$P_{пр.скр}, P_{пр.рых}$ - принятая производительность соответственно скрепера и рыхлителя.

Уплотнение грунта

Отсыпанный грунт уплотняют слоями одинаковой толщины, которая должна соответствовать возможностям применяемой машины (приложение 4).

Для уплотнения суглинков, супесей и других связанных грунтов рекомендуется укатка катками статического действия. Несвязные грунты (гравелистые, песчаные и др.) лучше уплотнять трамбованием, вибрацией, кулачковыми или дисковыми катками.

Рациональные размеры участков уплотнения приведены в приложении 4.

Для больших площадей, где возможен разворот катка, рекомендуется применять схему движения по замкнутому кругу, где невозможен – челночную, при которой в конце участка тягач отцепляется и присоединяется к катку с другой стороны.

Для достижения заданной плотности грунта организовывается неоднократная проходка механизма по собственному следу (приложение 4).

Эксплуатационная производительность уплотняющих машин:

$$P_{\text{эу}} = \frac{60 \cdot (B - 0,2) \cdot H_y \cdot L_y}{\left(\frac{L_y}{V} + t_n \right) \cdot n_{\text{пр}}} \cdot K_{\text{э}} \cdot T, (\text{м}^3 / \text{см}) \quad (42)$$

где B_y - ширина полосы уплотнения, м, зависит от типа уплотняющей машины и определяется по [2] или приложению 4;

H_y - толщина уплотняемого слоя, м. Назначается по данным приложения 4, табл. 4.1;

L_y - длина пути уплотняющей машины, м, определяется по схеме производства работ;

t_n - время на разворот уплотняющей машины, принимается равным 1 мин;

V - скорость перемещения уплотняющей машины, м/мин;

$n_{\text{пр}}$ - количество проходов уплотняющей машины по одному следу, определяется по приложению 4, табл. 4.3.

T - период времени, за который определяется производительность, час.

Нормативная производительность уплотняющей машины определяется как для бульдозера.

Следует помнить, что производительность работающих на площадке уплотняющих машин, как правило, намного превосходит производительность скреперов, поэтому

$$N_{\text{упл}} = \frac{N_{\text{скр}} P_{\text{пр.скр}}}{P_{\text{пр.упл}}} \quad (43)$$

где $N_{\text{упл}}$, $P_{\text{пр.упл}}$ - соответственно количество работающих уплотняющих машин и их принятая производительность.

Разработка котлованов и траншей

Для разработки грунта в котловане подбирается ведущий экскаватор, оборудованный прямой лопатой, обратной лопатой или же драглайном.

Экскаватором, оборудованным обратной лопатой, аналогично, как и прямой лопатой, разрабатывают грунт обычным лобовым забоем, уширенным первого и второго типа, боковым. Согласно этому, в зависимости от размера котлована, технологические схемы его разработки формируют лбовыми уширенными забоями, смешанными забоями лобовой формы и комбинированными – лбовыми забоями в сочетании с боковыми.

Обычно в практике разработки котлованов, проектируя схему выемки массива, избегают формировать уширенные забои с большим количеством параллельным проходок, так как это увеличивает путь перемещения экскаватора в пределах выемки, усложняет контроль качества работ в забое и снижает безопасность работ. Чаще всего число проходок в одном уширенном забое принимают $n=2\dots3$, реже 4. Котлованы больших размеров, когда $B_B/R_p > 3,5\dots4$, разделяют на массивы (захватки), которые разрабатывают комплексными уширенными забоями или в сочетании с боковым забоем.

Прямая лопата

Разработка котлована «прямой лопатой» начинается с устройства съезда для экскаватора и транспортных средств.

Для въезда в котлован устраивают траншею уклоном 10-15 градусов и шириной 3,5 м (одностороннее движение) и 7 м (двустороннее движение).

Длина въездной траншеи

$$L = \frac{h}{i}, \quad (44)$$

i – уклон траншеи (0,01-0,15), h – глубина котлована, м.

При ширине котлована $(2,5\dots3,5)R_p$, разработку проектируют чаще всего по схеме уширенного лобового забоя с перемещением экскаватора по поперечно-челночной схеме. Рабочее место одноковшового экскаватора имеет технологические

параметры: длина стрелы; наибольший радиус копания; радиус копания на уровне стоянки; наибольшая высота копания; наибольший радиус выгрузки; наибольшая высота выгрузки;

1. Радиус габаритной установки:

$$R = 0,5\sqrt{A_o^2 + B_o^2} \quad (45)$$

где A_o и B_o - длина и ширина нижней тележки экскаватора, м

2. Наименьший радиус копания на уровне стоянки:

$$r_{cm} = R_o + r_o; \quad (46)$$

3. Расстояние между осями двух параллельных проходок:

$$A < 2\sqrt{R_{cr}^2 - l_{II}^2} \quad (47)$$

$$2r_{cm} < A < 2R_{cm}$$

Если условие соблюдается, то для разработки котлована одновременно на всю ширину принимается уширенный забой двумя параллельными проходками.

4. Откорректируем величину рабочей передвижки:

$$l_{II} = \sqrt{R_{cr}^2 - 0,25A^2} \quad (48)$$

5. Для транспортирования грунта выбираем автосамосвал по [4].

6. Число циклов экскавации по полной загрузке автосамосвала:

$$n_k = \frac{Q_{Kp}}{\gamma q_{\Sigma} K_H} \quad (49)$$

Ширина уширенного лобового забоя по верху:

$$B_y = 2\sqrt{R_p^2 - l_{II}^2} + (n - 1)A = B_{II} + (n - 1)A \quad (50)$$

Ширина уширенного лобового забоя по низу:

$$B_y = B_y - 2mH_3, \quad (51)$$

Ширина обычной лобовой проходки B_{II} :

$$B_{II} = 2\sqrt{R_p^2 - l_{II}^2} \quad (52)$$

где n - число параллельных экскаваторных проходок в составе уширенного забоя:

$$n = A^{-1}(B_y - 2\sqrt{R_p^2 - l_{II}^2}) + 1 \quad (53)$$

B_K - ширина котлована по верху.

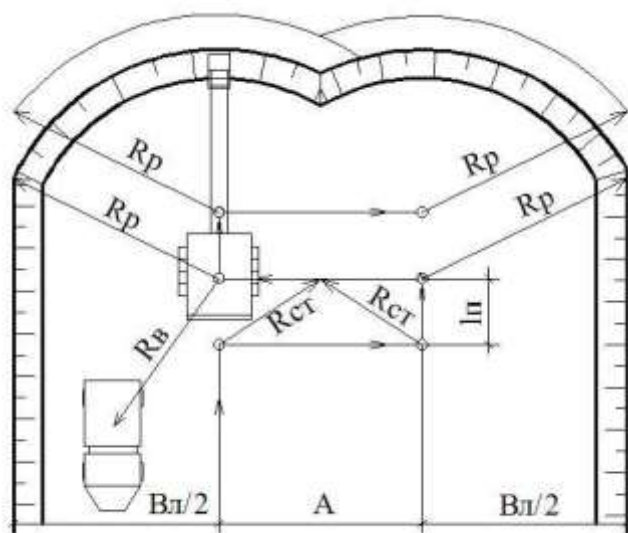


Рис.5. Схема разработки котлована уширенным лобовым забоем с перемещением экскаватора по поперечно-челночной схеме, оборудованного прямой лопатой.

Обратная лопата

Рабочее место одноковшового экскаватора включает в себя: площадку, на которой работает экскаватор; площадку, на которой размещается транспорт, в том числе место для разворота и разъезда автосамосвалов, а при бестранспортной схеме – отвал грунта. Зона, где работает экскаватор, называется экскаваторным забоем.

Определение параметров зоны рабочего места и расчет экскаваторного забоя выполняют по унифицированным техническим и размерным параметрам экскаватора, учитывающим тип и конструктивные особенности машины, его линейные размеры и вид рабочего оборудования. При этом особо учитывают грунтовые условия и правила безопасного ведения работ.

R_p - наибольший радиус копания, который определяется расстоянием между осью вращения экскаватора и зубьями ковша, устанавливаемыми на уровне стоянки при наибольшем угле поворота рукоятки относительно стрелы. Принимается по технической характеристике экскаватора;

r_{CT} - наименьший радиус копания на уровне стоянки. Определяется радиусом габаритной установки R_0 и минимально допустимым расстоянием $d=1\text{м}$ крайней точки опоры экскаватора до верхней бровки откоса экскаватора:

$$r_{CT} = R_0 + d; \quad (54)$$

l_{II} - длина рабочей передвижки. Может приниматься по техническому паспорту машины, но должна быть откорректирована по заданной глубине копания и коэффициенту выноса откоса:

$$l_{II} \leq R_p - r_{CT} - H_3 t \sqrt{1 + m^2} \quad (55)$$

t - безразмерный параметр, который по технической характеристике экскаваторов, оборудованных обратной лопатой, больше единицы:

$$t = (R_p - r_{CT}) H_n^{-1} \quad (56)$$

где H_n - наибольшая глубина копания грунта по технической характеристике экскаватора, м.

R_{CT} - наибольший радиус копания грунта на уровне стоянки. Определяется расстоянием между осью вращения экскаватора и точкой М, фиксирующей место выхода зубьев ковша на торцевой кромке забоя в начальный момент выемки массива по площади S:

$$R_{CT} = r_{CT} + l_{II}. \quad (57)$$

R_3 - радиус копания на заданной глубине. Определяется расстоянием на уровне подошвы забоя от оси вращения экскаватора до нижней кромки забоя:

$$R_3 = r_{CT} + l_{II} + m H_3. \quad (58)$$

A_T - наименьшее расстояние от оси перемещения экскаватора до продольной оси автосамосвала (при расположении его на уровне стоянки экскаватора).

$$A_T = R_{II} + 0,5 b_T + d < R_B. \quad (59)$$

$h_P = 2,3$ м. Высота подъема ковша в момент разгрузки.

$$h_P = h_B + h_T + c < h_P, \quad (60)$$

где h_B - высота бермы, м;

h_T - высота до верха кузова автосамосвала, м;

$c = 0,2 \dots 0,5$ м – переподъем ковша для разгрузки.

Сведение результатов в табл.2 прил.1.

Расчетный угол поворота платформы для разработки грунта в пределах ширины обычной лобовой выемки:

$$\sin \theta_p = \sqrt{1 - \left(\frac{l_n}{R_p}\right)^2} \quad (61)$$

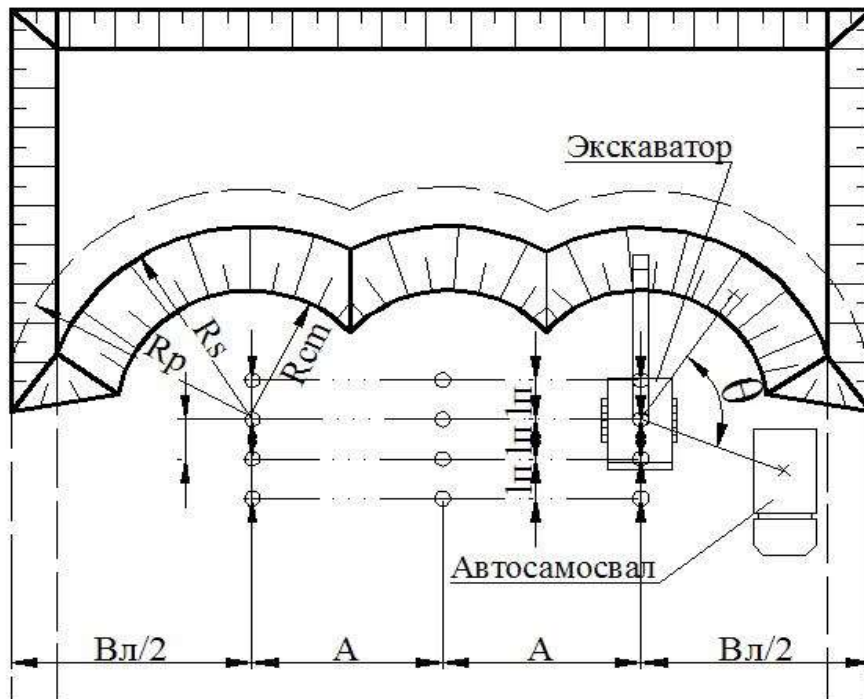


Рис. 6. Схема разработки котлована уширенным забоем второго типа экскаватором, оборудованным обратной лопатой.

Экскаватор – драглайн

В промышленном и гражданском строительстве одноковшовые экскаваторы, оборудованные драглайном, применяют для разработки грунта при устройстве насыпей и выемок, для разработки грунта в котлованах и траншеях, при устройстве нагорных и водоотливов канав и др. экскаватор работает как с погрузкой в транспорт, так и по бестранспортной схеме.

1. Экскаватор-драглайн имеет основные характеристики, м:
 - радиус габаритной установки;

- расстояние от оси вращения до пяты стрелы;
- высота до опорного шарнира стрелы;
- радиус разгрузки;
- высота разгрузки ковша;
- радиус поворота платформы.

2. Наименьший радиус копания на уровне стоянки r_{CT} определяется расстоянием между осью вращения экскаватора и местом выхода ковша в точку М1 к моменту окончания выемки массива по площади S:

$$r_{CT} = z_0 + h_{ш} m, \text{ м} \quad (62)$$

где z_0 – горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до опорного шарнира стрелы, м;

$h_{ш}$ – высота опорного шарнира стрелы над уровнем стоянки, м;

$m = \text{ctg} \theta$, θ - угол откоса, °. Зависит от вида грунта и глубины разработки.

3. Наибольший радиус копания R_p расстоянием от оси вращения машины до точки свеса ковша над уровнем стоянки:

$$R_p = z_0 + 0,123 h_{ш} + l_c (\cos \alpha_c + 0,123 H_r) \quad (63)$$

где $0,123 = \text{tg} \beta$; $\beta = 7^\circ$ - расчетный угол заброса ковша ($\beta = 0 \dots 15^\circ$);

H_r – расстояние от уровня стоянки до оси верхнего блока стрелы, м:

$$H_r = h_{ш} + l_c \cdot \sin \alpha_c.$$

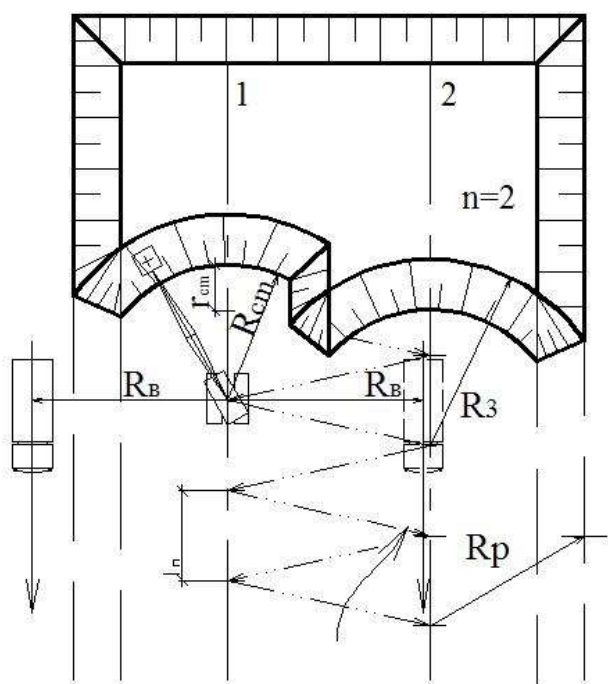


Рис.7. Схема разработки котлована экскаватором-драглайном

4. Радиус копания R_3 на уровне дна забоя определяется расстоянием между осью вращения экскаватора и точкой пересечения откоса выемки с плоскостью дна котлована в точке N:

$$R_c = R_p + 0,123H_3 \quad (64)$$

где H_3 - глубина забоя, равна глубине котлована минус недобор грунта.

5. Длину рабочей передвижки l_{π} принимают по технической характеристике экскаватора, увязывая ее с H_3 . При заданной глубине копания длину передвижки рассчитывают по формуле:

$$l_{\pi} \leq R_p - r_{\text{ст}} - H_3(ctg\theta - 0,123) \quad (65)$$

6. Наибольший радиус копания $R_{\text{ст}}$ определяет собой расстояние на уровне стоянки от оси вращения экскаватора до верхней кромки забоя в точке М в начальный момент разработки массива по площади S:

$$R_{\text{ст}} = r_{\text{ст}} + l_r \quad (66)$$

7. Для обеспечения набора грунта ковшом при перемещении его по откосу забоя минимальная глубина копания H_0 :

$$H_0 = 1,4\psi\sqrt{q} \sin \theta < H_3 \quad (67)$$

где ψ - коэффициент, зависящий от группы грунта, по табл.2.7 [2].

8. Для транспортирования грунта принять автосамосвал. Наименьшее расстояние от оси перемещения экскаватора до продольной оси автосамосвала A_T :

$$A_T = R_r + 0,5b_T + d \quad (68)$$

где b_m - ширина кузова;

d - наименьшее допустимое расстояние от наиболее выступающего параметра платформы экскаватора до автосамосвала.

Высота подъема ковша в момент разгрузки h_p :

$$h_p = h_b + H_T + c < h_p \quad (69)$$

где h_b - высота бермы, м;

H_T – высота до верха кузова, м;

c - переподъем ковша для разгрузки.

Расчет забоя

Экскаватор, оборудованный драглайном, в зависимости от принятой технологической схемы выемки может разрабатывать котлован обычным лобовым забоем, лобовым уширенным забоем первого и второго типа, боковым забоем.

Ширину обычной лобовой проходки по верху рассчитывают по (55) или:

$$B_{\text{л}} = 2R_p \sin \theta_p < 2R_p, \quad (70)$$

где θ_p – расчетный угол поворота платформы по (61), град.

Размеры уширенной проходки первого и второго типа рассчитываются по формулам для прямой лопаты.

Ширину массива боковой проходки по верху (и по низу) для драглайна рассчитывают по формулам:

$$T_{\text{б}} = \sqrt{R_3^2 - l_{\text{п}}^2} + \varepsilon = R_{\text{ст}} \sin \alpha_{\text{г}} + \varepsilon \quad (71)$$

а общую технологическую ширину боковой проходки:

$$B_{\text{б}} = \sqrt{R_3^2 - l_{\text{п}}^2} + \varepsilon + mH_3 \quad (72)$$

Параметр ε , как и для обратной лопаты, на практике применяют равным от 0 до 1,5 м. Технологические углы поворота платформы экскаватора рассчитываются так же, как и для обратной лопаты.

5. Технико-экономическое сравнение вариантов механизированных звеньев

Окончательный выбор комплекта механизмов производят на основании сравнения технико-экономических показателей (ТЭП) по каждому варианту.

В КП сравнение рекомендуется производить по следующим ТЭП:

- себестоимость м^3 разрабатываемого грунта, руб.;
- трудозатраты на разработку м^3 грунта, чел.;
- продолжительность разработки грунта, дни.

Себестоимость разработки грунта

Себестоимость разработки 1 м^3 грунта C_e определяется:

$$C_e = \frac{C_o}{V}, \quad (73)$$

где C_o – себестоимость всего объема разрабатываемого грунта, руб., определяется по формуле (74);

V – объем разрабатываемого грунта, м³.

$$C_o = 1,08(C_{cm} + C_{доп} + C_{см.тр}), \quad (74)$$

где 1,08 – коэффициент, учитывающий накладные расходы;

C_{cm} – стоимость машиносмены машины, входящей в звено, руб., определяется по табл.6.1 прил. 6;

$C_{доп}$ – дополнительные единовременные затраты, связанные с организацией работ и неучтенные в стоимости машин для данного процесса, руб., определяется по формуле (75);

$C_{см.тр}$ – стоимость машиносмены автотранспортных средств, руб., определяется по формуле (79).

$$C_{доп} = \frac{E}{T_i} + \frac{\Gamma}{T_r} + C_{эт} \quad (75)$$

где E – единовременные затраты по доставке машин на строительную площадку, руб., определяется по формуле (76);

T – продолжительность работы машины на объекте, смен, определяется по графику производства работ;

Γ – годовые амортизационные отчисления на полное восстановление и ремонт машин, руб., определяется по формуле (77);

T_e – нормативное количество смен, вырабатываемых машиной за год, смен, определяется по табл. 6.1 прил.6;

$C_{эм}$ – текущие эксплуатационные затраты, руб., определяется по формуле (78).

$$E = C_{тр} + C_{мд}, \quad (76)$$

где $C_{тр}$ – стоимость доставки машины на объект, руб., определяется по табл. 6.1 прил.6;

$C_{мд}$ – стоимость монтажа и демонтажа машины на объекте, руб., определяется по табл. 6.1 прил.6.

$$\Gamma = C_{см} A \frac{1,1}{100}, \quad (77)$$

где A – амортизационные отчисления, %, определяются по табл. 6.1 прил.7;

$1,1$ – коэффициент косвенных расходов на содержание мастерских и охраны.

$$C_{эм} = 1,08(C_{об} + C_{рем} + C_m + C_{эн}) + 1,5 \cdot 3, \quad (78)$$

где $1,08$ и $1,5$ – коэффициенты накладных расходов;

$C_{об}$ – стоимость технического обслуживания, руб., определяется по табл.6.2 прил.6;

$C_{рем}$ – стоимость всех видов текущего ремонта, руб., определяется по табл.6.2 прил.6;

C_m – стоимость смазочно-обтирочного материала, руб., определяется по табл.6.2 прил.7;

$C_{эн}$ – стоимость энергоносителя, руб., определяется по приложению 6;

3 – заработная плата машиниста, руб., определяется по ЕНиРу в составе калькуляции трудовых затрат.

$$C_{см.тп} = C_э + Э_e L_{тп.см}, \quad (79)$$

где $C_э$ – эксплуатационные расходы, включая годовые амортизационные отчисления, руб., определяется по приложению 6;

$Э_e$ – расходы, приходящиеся на единицу автопробега, руб., определяется по табл.6.3 прил.6;

$L_{тп.см}$ – сменный пробег автотранспорта с грузом и без груза, км, определяется по схеме производства работ.

Трудовозатраты и продолжительность работ

Продолжительность работ T_p определяется по ведущей машине в звене по формуле:

$$T_p = \frac{V}{\Pi_{пр}}, \quad (80)$$

где V – объем работ, выполненный ведущей машиной в соответствующих единицах измерения, маш.-смен.

Трудовозатраты по искомому виду работ определяются по калькуляции трудовых затрат и заработной платы, маш.-смен на (чел.-смена).

6. Калькуляция трудовых затрат и заработной платы

Калькуляция (от лат. *calculatio* - счет, подсчет) - представленный в табличной форме расчет затрат, расходов в денежном выражении на производство и сбыт единицы изделия, а также на осуществление работ и услуг. Калькуляция служит основой для определения средних издержек производства и установления себестоимости продукции.

В калькуляцию включены все виды работ, которые необходимо выполнить, чтобы возвести объект в полном соответствии с предъявленным к нему требованиям. Наименование процессов приведены в той технологической последовательности, в которой они будут выполняться на строительной площадке. Объем выполняемых работ берем из рабочих чертежей в тех единицах измерения, которые приводятся в ЕНиРе, состав звена также принимаем по ЕНиРу.

7. Календарный график производства земляных работ

Графики выполнения работ представляют собой графическое изображение развития строительных процессов во времени. Они устанавливают последовательность и сроки выполнения работ по строительству сооружения; состав и количество трудовых и материально-технических ресурсов (рабочих, машин, механизмов) в соответствии со специфическими условиями строительства.

Последовательность составления графика: составляют перечень работ с указанием объемов, устанавливают технологическую последовательность выполнения работ, с помощью ЕНиР вычисляют механоемкость и трудоемкость работ, рассчитывают параметры комплексного потока работ: число составляющих процессов, общую численность рабочих, занятых в каждом составляющем процессе, планируют сменность выполнения работ (работы, при выполнении которых используются машины, для ускорения строительства и повышения эффективности использования машин рекомендуется вести в две, а иногда и три смены), вычерчивают графики выполнения работ (работу в одну смену отображают одинарной линией, а в две – двойной). Над линией указывается количество рабочих.

Календарный план производства земляных работ построен на основе калькуляции трудовых затрат и заработной платы. Отражает продолжительность процессов во времени.

Таблица 1.1

Углы естественного откоса φ_0 и коэффициент откосов m для постоянных земляных сооружений

Вид грунта	Состояние грунта					
	сухой		влажный		мокрый	
	φ_0	m	φ_0	m	φ_0	m
Гравий	40	1,25	45	1	35	1,15
Галька	35	1,5	45	1	25	2,25
Песок:						
крупный	30	1,75	32	1,5	27	2
средний	28	2	35	1,5	25	2,25
мелкий	25	1,25	30	1,75	20	2,75
Глина:						
жирная	45	1	35	1,5	15	3,75
мягкая	50	0,75	40	1,25	30	1,75
Суглинок:						
средний	50	0,75	40	1,25	30	1,75
легкий	40	1,25	30	1,75	20	2,75
Насыпной грунт	35	1,5	45	1	27	2
Растительный слой	40	1,25	30	1,5	25	2,25

Таблица 1.2

Углы естественного откоса φ_0 и коэффициент откосов m для временных земляных сооружений

Вид грунта	Глубина выемки					
	до 1,5 м		от 1,5 до 3м		от 3 до 5м	
	φ_0	m	φ_0	m	φ_0	m
насыпной	56	1,5	45	1	38	0,8
влажный песчаный и гравийный	63	2	45	1	45	1
супесь	76	4	56	1,5	50	1,2
суглинок	90	4	63	2	53	1,3
глина	90	4	76	4	63	2
лессы	-	-	76	4	63	2

Таблица 1.3

Ведомость баланса земляных масс

Виды работ	Объем, м ³	
	насыпи	выемки
В рядовых и переходных призмах (основные)		
В откосах по контуру площадки (дополнительные)		
В котлованах и траншеях ниже планировочной отметки		
При остаточном разрыхлении		
Суммарные объемы работ		

Таблица 1.4

Параметры рабочего места экскаватора, м

Индекс	R_p	r_{CT}	l_{II}	R_{CT}	R_z	A_T	h_p	b_T	R_B	mH_z	H_z
Значение											

Таблица 1.5

Сводная таблица основных параметров рабочего места экскаватора, м

Индекс	r_{CT}	R_p	R_z	l_{II}	R_{CT}	A_T	h_p	H_z
Значение								

Таблица 1.6

Технико-экономические показатели

Наименование	Единицы измерения	Количество
Объем работ	m^3	
Трудоемкость работ	чел.-см.	
Выработка на одного работающего	m^3	
Продолжительность	дни	
Максимальное количество рабочих	чел.	
Сумма заработной платы в ценах 1984г	руб.-коп.	

Таблица 1.7

Калькуляция трудовых затрат и заработной платы

Обоснование (ЕНиР и др. нормативные документы)	Наименование работ	Объем работ		Состав звена (по ЕНиР)	На единицу измерения		На объем работ	
		Ед. изм.	Кол-во		Норма времени чел.-час	Расценка, руб.-коп.	Трудоемкость, чел.-час	Сумма руб.-коп.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
15мм	70мм	10мм	15мм	25мм	15мм	15мм	20мм	20мм

Приложение 2

Таблица 2.1

Рациональная дальность перемещения грунта бульдозерами

Марка бульдозера	L _о , м
ДТ-54	30-50
ДТ-75, Т-100	50-70
Т-130, Т-180	До 100
ДЭТ - 250	До 150-160

Таблица 2.2

Коэффициент K_y учета уклона местности для скрепера и бульдозера

Уклон или подъем, %	Направление движения	
	На подъем	Под уклон
0-5	0,67-1	1-1,33
5-10	0,5-0,67	1,33-1,94
10-15	0,4-0,5	1,94-2,25

Таблица 2.3

Скорости перемещения бульдозера

Базовая машина	Скорость перемещения для бульдозеров, км/ч					
	Т-74	ДТ-75	Т-100	Т-130	Т-180	ДЭТ-250
Резания и перемещения грунта	5,1	2,9	2,4	3,6	2,9	2,3
Возвратное движение передним ходом	6,4-7,1	6,35-7,4	6,8-7,5	4,4-8,8	6,4-8,7	,3-12,5
Возвратное движение задним ходом	4,4	4,7-7	4-6,5	4,9-9,9	3,2-7,5	2,3-12,5
Транспортная	7,1-10,8	7,37-9,5	4-10,1	8,8-12,3	8,7-12	3-19

Таблица 2.4

Затраты времени на рабочие операции

Вид работы	Затраты времени, с
Переключение передач, изменение направления движения	1-2
Установка отвала	2-3
Примечание: указано время, затрачиваемое при гидравлической трансмиссии; на разворот бульдозера затрачивается 10 с.	

Таблица 3.1

Наименьшая высота забоя, обеспечивающая
наполнение ковша экскаватора с шапкой

Группа грунта по трудности разработки	Вместимость ковша, м ³				
	0,25	0,4-0,5	0,65-0,8	1-1,25	1,6-2,5
I,II	1,5	1,5	2,5	3	3
III	2,5	2,5	4,5	4,5	4,5
IV	3	3,5	5,5	6	6

Таблица 3.2

Технологические параметры H_B выгрузки ковша

Марка экска- ватора	Способ разгрузки ковша	Высота выгрузки при максимальном радиусе выгрузки $R_{B \text{ макс}}$, м		Максимальная высота выгрузки при соответ- ствующем радиусе вы- грузки R_B , м	
		$R_{B \text{ макс}}$	H_B	$H_{B \text{ макс}}$	R_B
ЭО-33111	Опрокидыванием днища	5,4	2,9	4,3	4,5
Э-652Б	Опрокидыванием днища	7,2	2,7	4,5	6,5
ЭО- 4111В, ЭО- 4112	Опрокидыванием днища	6,5	3	5,5	5,4
ЭО-5111В	Опрокидыванием днища	8,3	2,5	5	7,4
Э-1011В	Опрокидыванием днища	7,4	3,4	6	6
Э-2503	Опрокидыванием днища	10,8	3,4	7	9
Э-2505	Опрокидыванием днища	9,7	4,1	6,1	6

ЭО-4121Б	Опрокидыванием днища	6	2,8	5	4,2
ЭО-4121А, ЭО-4124	Поворотом ковша	7	3	4,4	4,7
ЭО-5122А, ЭО-5123	Поворотом ковша	8,7	2,6	5,1	4,6
ЭО-6122	Поворотом ковша	10	5,2	5,2	5,7

Таблица 3.3

Коэффициент наполнения ковша экскаватора K_n

Плотность грунта, т/м	Группа грунта по трудности разра- ботки	Привод экскаватора	
		механический	гидравлический
1,2-1,5	I, II	0,85	0,85
1,6-1,9	III, IV	0,68	0,77
2,0-2,3	V, VI	0,45	0,68

Таблица 3.4

Продолжительность цикла экскавации одноковшовых экскаваторов

Вместимость ковша q, м³	Марка экскава- тора	Продолжительность цикла экскавации $t_{ц}$, с		
		Группа грунта		
		I	II, IM	III, IIM
Прямая лопата				
0,5	Э-504 Э505 Э-505А	19,8	24,0	25,2
0,65	Э-651 Э-652 Э-656	20,8	24,6	27,4
0,8	ЭО-4321*	Ковш с зубьями		
		21,4	25,4	27,1
		Ковш со сплошной режущей кромкой		

		23,1	26,7	28,7
1,0	Э-801	24,5	27,8	30,5
Обратная лопата				
0,4	ЭО-3322А* ЭО-3322Б* ЭО-3322В*	27,9	32,6	36,4
0,5	ЭО-5015А* ЭО-3121Б* (Э-5015Б)*	23,0	26,4	30,3
0,63-0,65	ЭО-3322А*	Ковш с зубьями		
	ЭО-3322Б*	23,8	27,8	30,6
	ЭО-3322В*	Ковш со сплошной режущей кромкой		
	ЭО-4321* ЭО-4121А*	27,5	30,9	34,9
Драглайн				
0,4	ЭО-3311Б Э-302Б Э-304В Э-304Г	28,6	32,8	40,0
0,65	Э-651 Э-656	Ковш с зубьями		
		26,7	29,0	31,4
		Ковш со сплошной режущей кромкой		
		27,0	30,3	35,0
0,75-0,8	Э-801	Ковш с зубьями		
		26,7	29,6	32,8
		Ковш со сплошной режущей кромкой		
		29,3	33,5	36,4
1,0	ЭО-5111 ЭО-5111Е ЭО-6111 ЭО-6112Б	30,6	34,5	37,5

ЭО-4321* – экскаваторы с гидравлическим приводом; остальные – с механическим приводом

Таблица 4.1

Оптимальная толщина уплотняемого слоя Ну грунта

Механизм	Масса, т	Оптимальная толщина уплотняемого слоя грунта в зависимости от коэффициента уплотнения грунта, см			
		связанного		Несвязанного	
		0,95	0,98	0,95	0,98
Катки:	10	15-20	10-15	20-25	15-20
Прицепные	25	30-35	25-30	35-40	25-40
Полуприцепные	40	40-45	30-35	45-50	35-40
На пневмоходу	100	70-80	45-60	90-100	70-80
Кулачковые	9-18	20-25	15-20	-	-
	25	35-40	25-30	40-50	35-40
Вибрационные	3	-	-	40-50	35-40
	6-8	-	-	60-70	35-40
	10-12	-	-	80-100	40-50
Трамбующие плиты	2-3	80-90	50-60	100-110	70-80
	12-15	250-300	150-200	300-320	200-220
Виброуплотняющие	0,12-0,15	-	-	20-30	10-15
плиты	0,75	-	-	35-40	20-25

Таблица 4.2

Рекомендуемые размеры участков уплотнения

Тип механизма	Рекомендуемый размер участка, м
Кулачковые катки	250-300
Катки на пневмоходу	До 200
Виброкатки	200-250
Виброуплотняющие и трамбующие машины	≥50

Таблица 4.3

Число проходов $n_{пр}$ уплотняющих машин по собственному следу

Тип механизма	Масса, т	Тип грунта	
		связанный	несвязанный
Кулачковые катки	До 5	8-18	-
Катки на пневмоходу	25-30	4-10	-
Прицепные катки	До 45	2-10	8-10

Таблица 4.4

Техническая характеристика прицепных катков с кулачковыми вальцами

Наименование показателя	ДУ-26 (Д-614)	ДУ-3Б (Д-220Б)
Ширина уплотняемой полосы Ву, м	1,8	2,7
Толщина уплотняемого слоя Ну, м	0,2	0,4
Скорость движения v, км/ч		
Тяговый трактор	Т-100, Т-130	Т-180

Таблица 4.5

Технические характеристики применяемых пневмоколесных катков

Показатель	ДУ-30, ЭД-625	ДУ-4, Д-263	ДУ-9, Д-703	ДУ-16, Д-551	ДУ-16Б, Д-551Б
Ширина уплотняемой полосы Ву, м	2,2	2,5	2,64	2,8	2,8
Толщина уплотняемого слоя Ну, м не более	0,25	0,4	0,4	0,45	0,45
Скорость движения v, км/ч	3	5-25	до 5	до 25	до 25
Трактор-тягач	Т-100	К-700	Т-180	МАЗ-	МАЗ-546

Таблица 4.6

Технические характеристики виброкатков

Показатель	ДУ-14, Д-480	ДУ-10А, Д-455А	ДУ-25А, Д-613А	ДУ-36, Д-684
Ширина уплотняемой полосы Ву, м	1,4	0,85	1	0,66
Толщина уплотняемого слоя Ну, м не более	0,5-0,8	0,15-0,2	0,2-0,3	0,1-0,15
Скорость движения v, км/ч	0,50-3	1,5-2,4	1,8-6,6	1,4-2,8

Таблица 5.1

Технические характеристики автосамосвалов

Показатель	ГАЗ-САЗ 25061-10	ЗИЛ-СААЗ 3501	КамАЗ 43255	МАЗ 555131-323	КрАЗ 65032 тип 1	Урал 65514	Урал 65515
Грузоподъемность Q, т	1,54	3,15	7,0	10,2	15,0	19,3	23,4
Габаритные размеры:							
длина	6476	5950	6090	6000	8350	8194	8910
ширина	2399	2500	2500	2500	2500	2500	2550
высота	2041	2400	2920	2950	3050	3374	3685
Вместимость кузова, м ³ (с надставным бортом)	5 (10)	4	6	5,4 (8,2)	10,5	15	21 (29)
Радиус поворота, м	8	8	7,5	9	12	12	12
Высота до верха кузова, мм	2041	2400	2920	2100	2520	3208	3300
Скорость в груженом состоянии v, км/ч	27	27	26	23	23	19	19
Скорость порожняком vп, км/ч	39	35	35	27	27	23	21

Таблица 5.2

грузоподъемность автомобилей-самосвалов при транспортировке грунта

Расстояние транспортирования грунта, км	Грузоподъемность автомобилей-самосвалов при объеме ковша экскаватора, м ³						
	0,4	0,65	1	1,25	1,6	2,5	4,6
0,5	4,5	4,5	7	7	10		
1	7	7	10	10	10		27
1,5	7	7	10	10	12	18	27
2	7	10	10	12	18	18	27
3	7	10	12	12	18	27	40
4	10	10	12	12	18	27	40
5	10	10	12	12	18	27	40

Таблица 5.3

Коэффициент увеличения времени пробега Кп автосамосвала

Дальность возки грунта, км	0,25	0,5	1	1,5	2	5 и более
Коэффициент	1,2	1,1	1,05	1,04	1,02	1

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РАЗРАБОТКИ ОДНОГО КУБИЧЕСКОГО МЕТРА ГРУНТА.

Таблица 6.1

Значение расчетной стоимости $C_{см}$, процента амортизационных отчислений A , нормативной продолжительности работы в год $T_г$ и составляющих единовременных затрат E для землеройных, землеройно-транспортных машин и катков

Наименование марка машин	Расчетная стоимость машины $C_{см}$, руб.	Аморти-за- ционные от- числения A , %	Нормативная продолжитель- ность работы ма- шины в год $T_г$, ч.	Стоимость одного мон- тажа и де- монтажа ма- шины $C_{мд}$, руб.	Стоимость доставки машины на площадку $Стр$, руб.
Бульдозеры					
ДЗ-29, Д-535	3,26	40	1800	-	23,7
ДЗ-42, Д-606	4,26	40	1800	-	23,7
ДЗ-17, Д-492А	6,14	40	2580	-	30
ДЗ-58, Д-686	6,38	40	2580	-	30
ДЗ-18, Д-493	7,21	40	2580	-	30
ДЗ-9, Д-275А	23,11	40	2580	-	30
ДЗ-24А, Д-521	25,4	25	2580	-	30
ДЗ-35С, Д-575С	25,65	25	2580	-	30
Д-384А	46,79	25	2580	-	30
ДЗ-34С, Д-572С	48,9	25	2580	-	30
ДЗ-19, Д-494А	11,7	20	2580	-	30
ДЗ-8, Д-271А	3,2	40	1800	-	23,7
ДЗ-54С, Д-387С	3,61	40	1800	-	23,7
ДЗ-27С, Д-382С	9,54	20	2580	-	30

Наименование марка машин	Расчетная стоимость машины Ссм, руб.	Аморти-за- ционные от- числения А, %	Нормативная продолжитель- ность работы ма- шины в год Т _з , ч.	Стоимость одного мон- тажа и де- монтажа ма- шины Смд, руб.	Стоимость доставки машины на площадку Стр, руб.
Д-28, Д-533	10,21	40	1800	-	30
Скреперы					
ДЗ-30, Д-Б41А	4,96	40	1890	-	23,7
ДЗ-11, Д-357Г	5,99	40	1890	-	23,7
ДЗ-20, Д-198	10,59	25	2250	-	30
ДЗ-23, Д-511	70,61	25	2250	-	30
ДЗ-1111,Д-537М	20,5	25	2250	-	30
Д8-18, Д-392	60,99	25	2250	-	30
ДЗ-26, Д-523	9,15	25	2250	-	30
ДЗ-32, Д-567	27,5	22	2250	-	28,6
Экскаваторы					
ЭО-3311Б,Э- 302Б	10,38	22	2750	-	17,75
ЭО-311А	13,7	22	2750	-	17,75
Э-3015А	20,34	18,5	3100	-	42,75
ЭО-4111Б,Э- 552Б	12,84	18,5	3100	-	42,75
ЭО-1112	25,04	18,5	2960	-	42,75
ЭО-311Д	20,49	18,5	2960	-	42,75
ЭО-3112Б	19,9	18,5	2960	-	56
ЭО-7111С	58,32	14	2960	1590	780,2
Э-504,Э-505	5,35	28	1660	-	13,6
Э-2621А	6,81	28	1660	-	13,6
Э-4010	22,58	22	3100	-	42,75
ДУ-4	3,77	13,6	2500	-	23,7
ДУ-16В	23,2	25,2	2700	-	23,7
ДУ-31А	17,12	23,2	2700	-	23,7

Наименование марка машин	Расчетная стоимость машины Ссм, руб.	Аморти-за- ционные от- числения А, %	Нормативная продолжитель- ность работы ма- шины в год Т _з , ч.	Стоимость одного мон- тажа и де- монтажа ма- шины Смд, руб.	Стоимость доставки машины на площадку Стр, руб.
ДУ-3	4,07	13,6	2500	-	23,7
ДУ-26	1,48	13,6	2500	-	23,7
ДУ-32А	3,35	13,6	2500	-	23,7
ДУ-10А	1,98	23,2	2700	-	23,7
ДУ-25	2,61	25,2	2700	-	23,7
ДУ-34	6,83	25,2	2700	-	23,7
ДУ-12Б	9,32	23	2700	-	0,15
ДУ-36	1,69	25,2	2700	-	23,7
ДУ-11	3,02	25,2	2700	-	23,7
ДУ-83	3,31	25,2	2700	-	23,7
ДУ-18	3,69	25,2	2700	-	23,7
ДУ-9В	4,28	25,2	2700	-	23,7
ДУ-1	4,01	25,2	2700	-	23,7
Рыхлители					
ДЗ-18,ДП-5С	6,38	40	2580	-	30
ДЗ-54С,ДП-5С	6,78	40	2580	-	30
ДЗ-110ХЛ, ДП- 26С	23,11	40	2580	-	30
ДЗ-27С, ДП-5С	11,17	20	2580	-	30
ДЗ-35С, ДП-22С	25,64	26	2580	-	30
ДЗ-34С, ДП-9С	46,75	25	2580	-	30

Технические данные для определения текущих эксплуатационных затрат работы землеройных, землеройно-транспортных машин, катков и рыхлителей

Наименование, марка машин	Стоимость технического обслуживания Соб, руб.	Ремонт и замена оснастки Срем, руб.	Энергоносители Сэн, руб.	Смазочно-обтирочные материалы См, руб.	Заработная плата машиниста З, руб.
Бульдозеры					
ДЗ-29, Д-535	0,88	0,02	0,82	0,21	0,702
ДЗ-42, Д-606	0,88	0,02	0,82	0,21	0,702
ДЗ-17, Д-492А	1,4	0,03	1,09	0,27	0,79
ДЗ-58, Д-686	1,4	0,03	1,09	0,27	0,79
ДЗ-18, Д-493	1,4	0,03	1,09	0,27	0,79
ДЗ-9, Д-275А	1,4	0,03	1,96	0,49	0,79
ДЗ-24А, Д-521	1,4	0,03	1,96	0,49	0,79
ДЗ-35С, Д-575С	1,4	0,03	1,96	0,49	0,79
Д-384А	1,4	0,03	2,73	0,68	0,79
ДЗ-34С, Д-572С	1,4	0,03	2,73	0,68	0,79
ДЗ-19, Д-494А	1,4	0,03	1,09	0,27	0,79
ДЗ-8, Д-271А	0,69	0,06	0,55	0,14	0,625
ДЗ-54С, Д-387С	0,69	0,06	0,55	0,14	0,625
ДЗ-27С, Д-382С	1,4	0,03	1,09	0,27	0,79
Д-28, Д-533	1,4	0,03	2,73	0,68	0,79
Скреперы					
ДЗ-30, Д-541А	0,67	0,08	0,82	0,21	0,702
ДЗ-11, Д-357Г	0,67	0,08	0,82	0,4	0,702
ДЗ-20, Д-198	0,94	0,35	1,09	0,27	0,79
ДЗ-23, Д-511	0,94	1,49	2,73	0,68	0,79
ДЗ-11П, Д-537М	1,02	1,15	1,96	0,49	0,79

Наименование, марка машин	Стоимость тех- нического об- служивания Соб, руб.	Ремонт и замена оснастки Срем, руб.	Энерго- носители Сэн, руб.	Смазочно-об- тирочные ма- териалы См, руб.	Заработная плата маши- ниста 3, руб.
ДЗ-18, Д-392	1,02	2,94	3,93	0,98	0,79
ДЗ-26, Д-523	0,94	0,35	1,09	0,27	0,702
ДЗ-32, Д-567	0,94	0,35	1,96	0,49	0,79
Экскаваторы					
ЭО-3311Б,Э-302Б	0,67	0,22	0,55	0,14	0,702
ЭО-311А	0,67	0,22	0,55	0,14	0,702
ЭО-4111Б,Э-552Б	0,76	0,14	0,9	0,23	1,345
ЭО-1112	1,5	0,22	0,44	0,11	1,345
ЭО-311Д	1,5	0,22	1,09	0,27	1,345
ЭО-3112Б	1,5	0,37	1,42	0,36	1,345
ЭО-7111С	2	0,64	1,27	0,32	1,345
Э-504, Э-505	0,87	0,16	0,55	0,14	0,702
Э-2621А	0,87	0,16	0,55	0,14	0,702
Э-4010	0,76	0,14	0,9	0,23	1,345
Уплотнители					
ДУ-16В	0,15		1,9	0,49	0,7
ДУ-31А	0,15		1,2	0,3	0,7
ДУ-3, ДУ-26, ДУ-32А	0,03				0,7
ДУ-10А	0,15		0,09	0,02	0,7
ДУ-25	0,15		0,22	0,06	0,62
ДУ-34	0,15		0,44	0,11	0,62
ДУ-12Б	0,15		1,99	0,27	0,7
ДУ-36	0,15		0,09	0,02	0,79
ДУ-11	0,15		0,44	0,11	0,62
ДУ-83	0,15		0,55	0,14	0,7
ДУ-18	0,15		0,55	0,14	0,7
ДУ-9В	0,15		0,55	0,14	0,7

Наименование, марка машин	Стоимость технического обслуживания Соб, руб.	Ремонт и замена оснастки Срем, руб.	Энергоносители Сэн, руб.	Смазочно-обтирочные материалы См, руб.	Заработная плата машиниста З, руб.
ДУ-1	0,15		0,55	0,18	0,7
Рыхлители					
ДЗ-18, ДП-5С	1,4	0,03	1,09	0,27	0,79
ДЗ-11ОХЛ, ДП-26С	1,4	0,03	1,96	0,49	0,7
ДЗ-54С	1,4	0,03	1,09	0,27	0,79
ДЗ-27С	1,4	0,03	1,09	0,27	0,79
ДЗ-35С, ДП-22С	1,4	0,03	1,96	0,49	0,79
ДЗ-34С, ДП-9С	1,4	0,03	1,96	0,49	0,79

Таблица 6.3

**Справочные данные для определения
стоимости эксплуатации автомобилей-самосвалов**

Марка автомобиля-самосвала	Грузо-подъемность Q, т	Расчетная стоимость Ссм.тр, руб.	Эксплуатационные расходы Сэ, руб.	Расходы, приходящиеся на единицу пробега
ГУЗ-535	3,5	3,96	1,19	0,103
ЗИЛ, МАЗ-535	4,5	3,61	1,16	0,11
МАЗ-503Б	7	6,42	1,53	0,149
МАЗ-325	25	25,36	1,89	0,694
МАЗ-530	40	36,14	3,08	0,74
МАЗ-511А	7,5	7,24	1,62	0,18
КамАЗ-5510	7	8,08	1,59	0,21
КрАЗ-286Б	11	9,17	1,9	0,219
КрАЗ-251	12,5	9,46	2,02	0,24

Пример расчета

Подбор комплекта механизмов для снятия растительного слоя.

Исходные данные	
размеры площадки, м	400х300
толщина растительного слоя, м	0,25
коэффициент разрыхления грунта	1,25
коэффициент уклона	1,3
дальность транспортирования, км	15

Расчет.

1. Подсчет объемов работ

$$V_{pc} = 400 \cdot 300 \cdot 0,25 = 30000 \text{ м}^3.$$

2. Принимаем комплект механизмов, в котором ведущая машина – бульдозер, вспомогательные - экскаватор и автосамосвал.

3. Принимаем схему разработки грунта послойную.

Полоса расчистки $A=100$ м, движение бульдозеров от краев к центру.

Среднее расстояние перемещения грунта 50 м.

Принимаем бульдозер ДЗ-109 на базе трактора Т-130, экскаватор ЭО-4321.

Размеры отвала растительного грунта $b = 1,5 \cdot 7,45 = 11,175$ м; $h = 3$ м.

Эксплуатационная производительность бульдозера

Объем призмы волочения по (18)

$$V_{II} = \frac{B_0 H^2}{2 K_p \tan \varphi_0} = \frac{4,12 \cdot 1,14^2}{2 \cdot 1,25 \cdot 1} = 2,14 \text{ м}^3$$

$$K_y = 0,8;$$

$$K_c = 1 - 0,005 L_{cp} = 1 - 0,005 \cdot 50 = 0,75;$$

$$T_u = t_p + t_n + t_{xx} + t_m = 14,3 + 35,7 + 27,8 + 15 = 92,8 \text{ с.}$$

$$\text{Время резания грунта } t_p = \frac{14,3}{1} = 14,3 \text{ с.}$$

$$\text{расстояние резания грунта } L_p = \frac{2,14}{0,15} = 14,3 \text{ м.}$$

$$\text{Время перемещения грунта } t_{II} = \frac{50 - 14,3}{1} = 35,7 \text{ с.}$$

$$\text{Время движения холостым ходом } t_{xx} = \frac{50}{1,8} = 27,8 \text{ с.}$$

Время маневрирования $t_m = 15c$.

Эксплуатационная производительность бульдозера

$$P_{эб} = \frac{3600 V_{п} K_y K_c K_B T}{T_{ц}} = \frac{3600 * 2,14 * 0,8 * 0,75 * 0,8 * 8}{92,8} = 319 \text{ м}^3/\text{см}$$

Количество машино-смен бульдозера

$$N = \frac{V_{рз}}{P_{э}} = \frac{30000}{319} = 94 \text{ машино – смены}$$

В зависимости от заданных сроков выполнения срезки возможно определить количество бульдозеров.

Эксплуатационная производительность экскаватора

$$P_{ээ} = 60q \frac{K_n}{t_{цн} K_p} T K_{им} = 60 * \frac{0,85}{0,36 * 1,25} 8 * 0,71 = 643,7 \text{ м}^3/\text{см}$$

Количество машино-смен экскаватора

$$N = \frac{V_{рз}}{P_{э}} = \frac{30000}{643,7} = 46,6 \text{ маш-см}$$

В зависимости от заданных сроков выполнения срезки возможно определить количество экскаваторов.

Расчет необходимого количества транспорта под экскаватор

Предварительно выбираем автосамосвал КрАЗ 65032 тип 1.

Количество ковшей для одной машины

$$n_k = \frac{V_{куз.сам} K_n}{g_k K_p} = \frac{10,5 * 0,85}{0,8 * 1,25} = 9 \text{ шт}$$

Масса грунта в кузове

$$Q = n g_k \gamma_{ср} = 9 * 0,8 * 1,2 = 8,64 \text{ т.}$$

Грузоподъемность выбранного автосамосвала составляет 15 т, соответственно, недогруз машины больше 10%.

Предварительно принимаем автосамосвал МАЗ 555131-323.

Количество ковшей для одной машины

$$n_k = \frac{V_{куз.сам} K_n}{g_k K_p} = \frac{8,2 * 0,85}{0,8 * 1,25} = 7 \text{ шт}$$

Масса грунта в кузове

$$Q = n g_k \gamma_{ср} = 7 * 0,8 * 1,2 = 6,72 \text{ т.}$$

Грузоподъемность выбранного автосамосвала составляет 10,2 т, соответственно, недогруз машины больше 10%.

Предварительно принимаем автосамосвал ЗИЛ-СААЗ 3501.

Количество ковшей для одной машины

$$n_k = \frac{V_{\text{куз.сам}} K_H}{g_k K_p} = \frac{4 \cdot 0,85}{0,8 \cdot 1,25} = 3 \text{ шт}$$

Масса грунта в кузове

$$Q = n g_k \gamma_{cp} = 3 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 2,88 \text{ т.}$$

Грузоподъемность выбранного автосамосвала составляет 3,15 т. Недогруз составляет $100\% \cdot (3,15 - 2,88) / 3,15 = 8\%$, что является в пределах допустимого.

Время рабочего цикла

$$T_{\text{ц}} = t_n + t_{\text{пр.зр}} + t_p + t_m + t_{\text{пр.н}} = 0,36 \cdot 3 + 60 \cdot 15 / 27 + 2 + 5 + 60 \cdot 15 / 35 = 67,08 \text{ мин.}$$

Проверка на вместимость грунта в кузове

$$3 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,25 = 2,55 \leq 4$$

Количество автотранспортных средств

$$N_a = \frac{T_{\text{ц}}}{t_n} = \frac{67,08}{1,08} = 62 \text{ шт.}$$

Получившееся количество автосамосвалов обеспечивает непрерывную работу экскаватора (без простоя).

Таблица 8.1

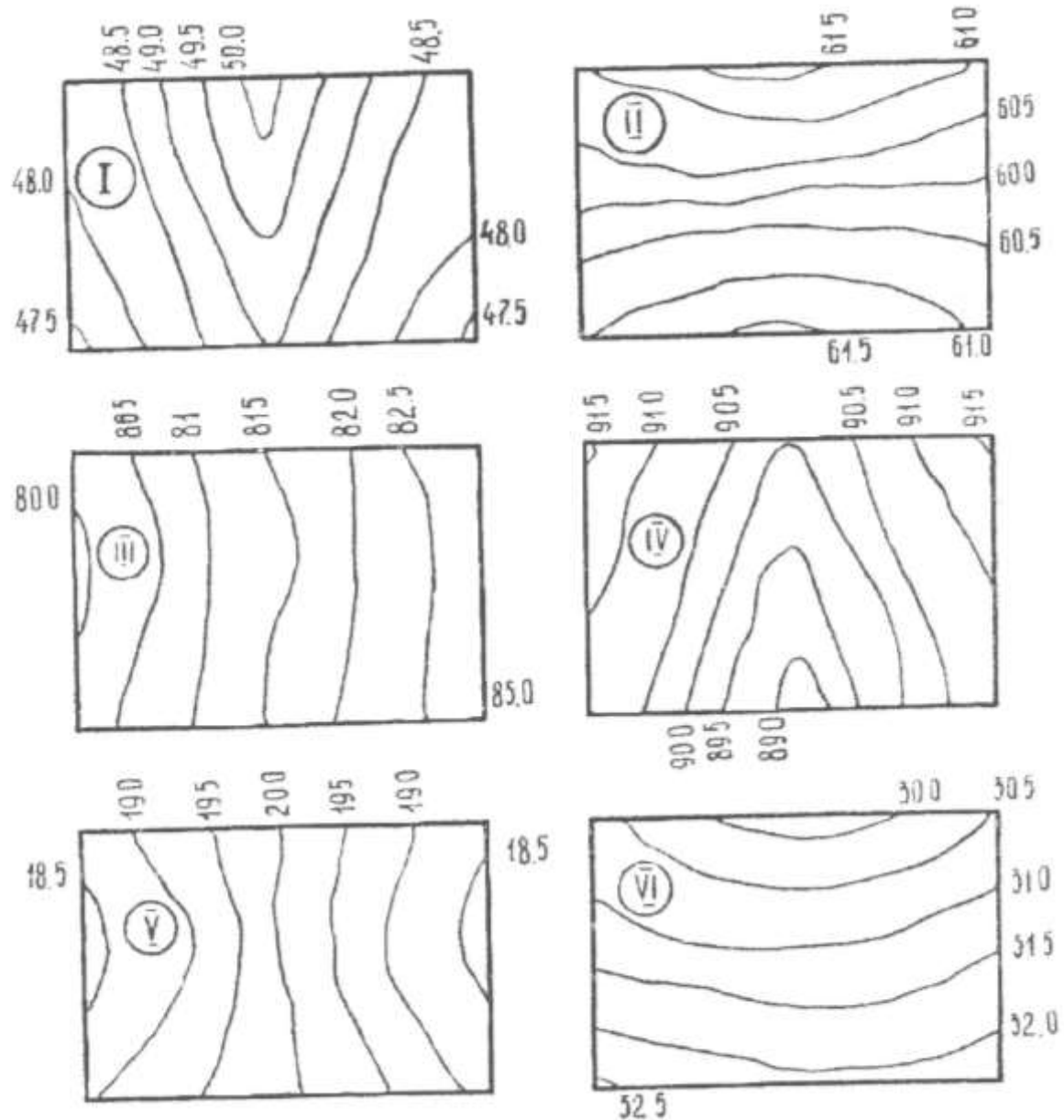
№ варианта	№ площадки	Уклон планируемой площадки, %	Род грунтовых напластований и мощность пласта, м						Расстояние до места отвала, м	Срок продолжительности работ, дн	№ котлованов и траншей по плану
			растительный слой	песок	суглинок	глина	глина ломовая	пористый извешняк			
1.	I	2	0.15	1.5	4.0	-	-	-	5.0	40	1/5
2.	II	1	0.2	-	1.5	-	4.0	-	3.0	45	1/3
3.	III	3	0.25	-	-	2.0	-	3.0	2.0	50	1/2
4.	IV	2	0.3	2.0	-	4.0	-	-	2.5	60	2/3
5.	V	5	0.35	1.5	5.0	-	-	-	4.5	40	1/3
6.	IV	2	0.15	-	-	-	2.0	5.0	5.0	55	1/2
7.	VI	4	0.2	-	-	1.5	5.0	-	3.5	40	2/4
8.	I	2	0.25	-	-	3.0	4.0	-	4.0	45	3/4
9.	II	1	0.3	-	-	2.0	-	4.0	5.0	50	4/5
10.	III	4	0.35	1.5	-	-	5.0	-	3.0	60	2/5
11.	IV	2	0.15	2.0	5.0	-	-	2.0	3.5	50	3/4
12.	V	5	0.2	2.0	1.5	3.0	-	-	2.5	45	4/5
13.	VI	6	0.25	-	-	3.0	-	4.0	4.5	55	2/3
14.	III	4	0.3	-	2.0	-	-	4.0	5.0	45	3/4
15.	IV	2	0.35	-	1.5	5.0	-	-	4.5	45	4/5
16.	I	1	0.25	3.0	-	4.0	-	-	8.0	30	2/5
17.	I	3	0.3	1.0	4.0	-	-	-	10.0	25	3/5
18.	I	4	0.35	-	2.0	-	3.0	-	6.0	20	4/5
19.	II	2	0.15	1.0	4.0	-	-	-	10.0	30	3/5
20.	II	3	0.25	-	1.0	4.0	-	-	8.0	35	4/5
21.	II	4	0.35	-	-	1.0	4.0	-	6.0	40	1/5
22.	II	5	0.4	-	-	-	1.0	4.0	5.0	45	2/5
23.	III	1	0.15	-	1.5	-	3.0	-	11.0	35	1/2
24.	III	2	0.25	-	-	1.5	4.0	-	8.0	40	4/5
25.	III	5	0.35	-	-	-	1.5	4.0	7.0	45	1/3
26.	III	1	0.2	1.5	4.0	-	-	-	12.0	40	1/4
27.	IV	5	0.25	1.0	-	5.0	-	-	10.0	35	2/3
28.	IV	3	0.35	-	2.0	3.0	-	-	8.0	50	3/5
29.	IV	4	0.4	-	-	2.0	2.0	5.0	6.0	30	1/5
30.	V	1	0.15	2.0	4.0	-	-	-	14.0	30	1/5
31.	V	2	0.25	-	4.0	4.0	-	-	12.0	35	2/5
32.	V	4	0.3	-	-	2.0	5.0	-	10.0	40	3/5

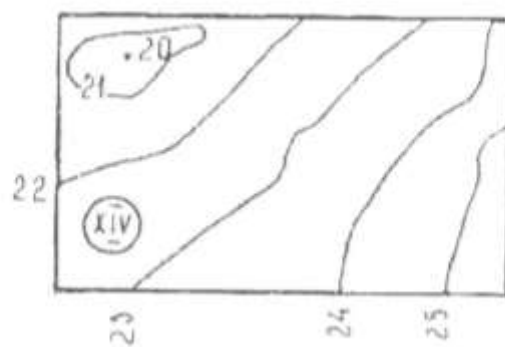
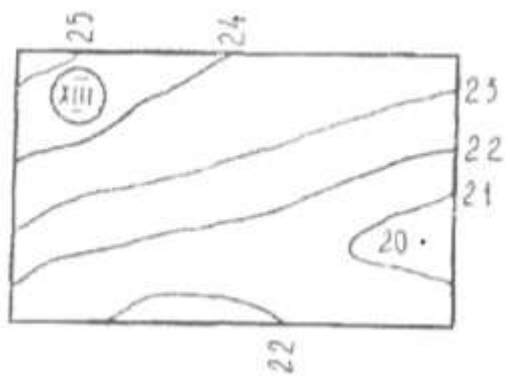
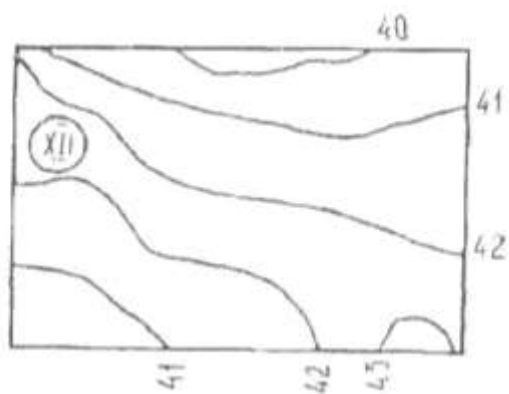
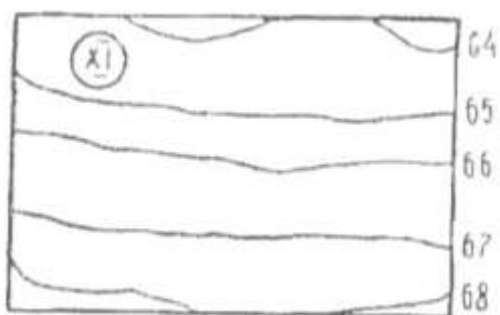
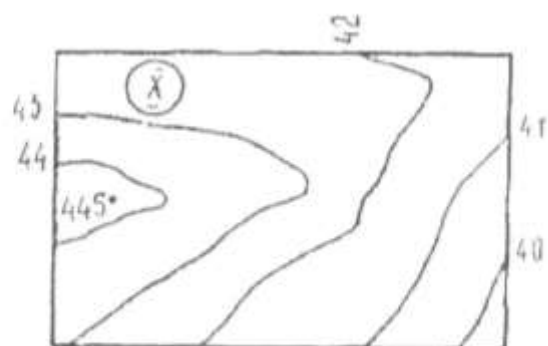
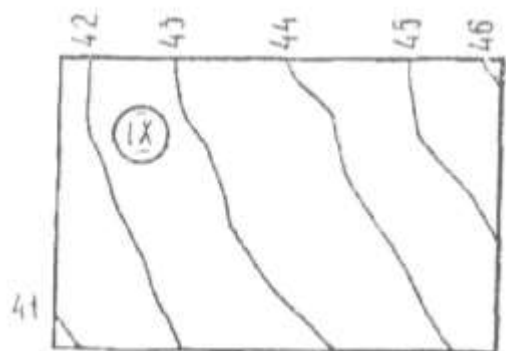
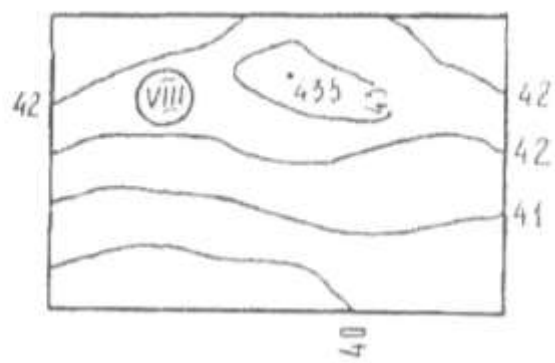
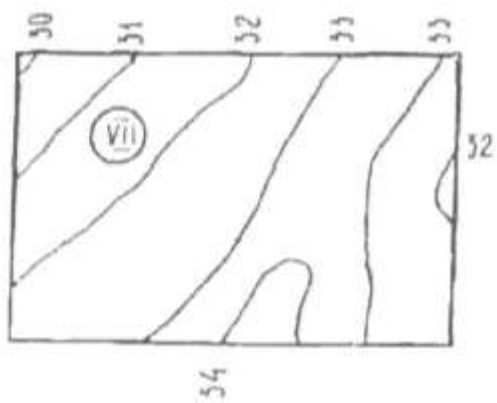
№ варианта	№ площадки	Уклон планируемой площадки, %	Род грунтовых напластований и мощность пласта, м						Расстояние до места отвала, м	Срок продолжительности работ, дн	№ котлованов и траншей по плану
			растительный слой	песок	суглинок	глина	глина ломовая	пористый извешняк			
33.	V	3	0.35	-	-	-	2.0	5.0	8.0	50	4/5
34.	VI	1	0.2	-	-	-	2.0	-	10.0	25	1/3
35.	VI	3	0.3	-	-	1.5	6.0	-	12.0	30	5/1
36.	VI	4	0.35	-	-	6.0	-	-	15.0	40	4/5
37.	VI	5	0.4	2.0	4.0	-	-	5.0	13.0	35	2/4
38.	VII	1	0.1	2.5	-	4.0	-	-	16.0	25	1/4
39.	VII	2	0.15	-	2.5	4.0	-	-	12.0	30	2/3
40.	VII	3	0.2	1.0	-	-	5.0	-	14.0	35	3/5
41.	VII	4	0.25	-	-	2.0	-	4.0	8.0	35	4/5
42.	VII	5	0.3	-	3.0	-	4.0	-	10.0	40	5/1
43.	VII	6	0.35	-	-	3.0	-	-	6.0	28	5/2
44.	VIII	1	0.15	2.0	-	4.0	-	-	12.0	35	1/2
45.	VIII	2	0.2	-	2.0	-	4.0	-	18.0	35	2/3
46.	VIII	3	0.25	-	-	2.0	-	6.0	10.0	30	4/5
47.	VIII	4	0.3	-	-	-	2.0	4.0	11.0	40	5/1
48.	VIII	5	0.35	-	-	3.0	4.0	-	9.0	25	5/3
49.	VIII	6	0.4	-	3.0	4.0	-	-	5.0	30	5/2
50.	IX	1	0.1	2.0	4.0	-	-	-	14.0	30	1/5
51.	IX	2	0.15	-	2.0	4.0	-	-	13.0	35	2/5
52.	IX	3	0.2	-	-	2.0	4.0	-	12.0	40	3/5
53.	IX	4	0.25	-	-	-	2.0	4.0	10.0	41	4/5
54.	IX	5	0.3	-	2.0	-	4.0	-	9.0	42	2/3
55.	IX	6	0.35	-	-	1.5	4.0	-	8.0	43	4/2
56.	X	1	0.1	1.5	4.0	-	-	-	5.0	50	1/5
57.	X	2	0.15	-	1.5	4.0	-	-	4.0	40	1/4
58.	X	3	0.2	-	-	1.5	4.0	-	3.0	30	1/3
59.	X	4	0.25	-	-	-	1.5	4.0	6.0	35	3/5
60.	X	5	0.3	-	2.0	-	4.0	-	9.0	45	4/5
61.	X	6	0.35	-	-	2.0	-	4.0	10.0	25	2/5
62.	XI	1	0.1	-	2.0	5.0	-	-	3.0	20	1/2
63.	XI	2	0.15	-	-	2.0	5.0	-	4.0	25	2/3
64.	XI	3	0.2	-	-	-	2.0	5.0	5.0	30	3/4
65.	XI	4	0.25	3.0	3.0	-	-	-	6.0	314	4/5
66.	XI	5	0.35	-	3.0	3.0	-	-	7.0	35	1/5
67.	XI	6	0.3	-	-	3.0	3.0	-	8.0	38	2/5
68.	XI	1	0.4	-	-	-	3.0	3.0	9.0	40	3/5

№ варианта	№ площадки	Уклон планируемой площадки, %	Род грунтовых напластований и мощность пласта, м						Расстояние до места отвала, м	Срок продолжительности работ, дн	№ котлованов и траншей по плану
			растительный слой	песок	суглинок	глина	глина ломовая	пористый известняк			
69.	XI	4	0.45	2.0	4.0	-	-	-	10.0	45	4/2
70.	XII	1	0.1	1.0	-	4.0	-	-	5.0	30	1/5
71.	XII	2	0.15	-	1.0	-	4.0	-	4.0	30	2/5
72.	XII	3	0.2	-	-	1.0	-	4.0	6.0	35	3/5
73.	XII	4	0.25	1.5	-	4.0	-	-	7.0	35	4/5
74.	XII	5	0.3	-	1.5	-	4.0	-	8.0	40	2/3
75.	XII	6	0.35	-	-	1.5	-	4.0	9.0	40	4/3
76.	XII	7	0.4	3.0	3.0	-	-	-	10.0	45	1/2
77.	XIII	1	0.1	2.0	4.0	-	-	-	10.0	35	1/5
78.	XIII	2	0.15	-	2.0	4.0	-	-	9.0	35	2/5
79.	XIII	3	0.2	-	-	2.0	4.0	-	7.0	35	3/5
80.	XIII	4	0.25	-	-	-	2.0	4.0	4.0	40	4/5
81.	XIII	5	0.3	-	2.0	-	4.0	-	3.0	30	1/2
82.	XIII	6	0.35	-	-	2.0	-	4.0	6.0	25	3/4
83.	XIII	7	0.4	-	3.0	-	7.0	-	8.0	30	4/1
84.	XIV	1	0.1	3.0	4.0	-	-	-	12.0	40	1/4
85.	XIV	2	0.15	-	-	3.0	4.0	-	14.0	40	2/4
86.	XIV	3	0.2	-	-	4.0	-	3.0	13.0	35	1/5
87.	XIV	4	0.25	4.0	2.0	-	-	-	11.0	35	2/5
88.	XIV	5	0.3	-	4.0	2.0	-	-	10.0	35	3/5
89.	XIV	6	0.35	-	-	4.0	2.0	-	6.0	35	4/5
90.	XIV	7	0.4	-	-	-	4.0	2.0	5.0	35	2/1
91.	X	5	0.1	3.0	-	3.0	-	-	4.0	30	3/4
92.	X	4	0.15	-	3.0	-	3.0	-	3.0	25	1/3
93.	X	3	0.2	-	-	3.0	-	3.0	5.0	35	2/4
94.	X	2	0.25	2.0	5.0	-	-	-	6.0	40	4/5
95.	X	1	0.3	-	-	2.0	5.0	-	8.0	37	2/5
96.	VII	5	0.1	4.0	1.0	-	-	-	12.0	35	4/5
97.	VII	4	0.15	-	-	4.0	1.0	-	11.0	40	3/5
98.	VII	3	0.2	-	-	-	4.0	1.0	10.0	28	2/5
99.	VII	2	0.25	2.5	-	5.0	-	-	5.0	30	1/5
00.	VII	1	0.3	-	2.5	-	6.0	-	6.0	35	3/4

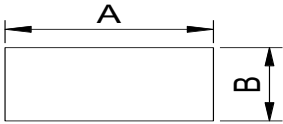
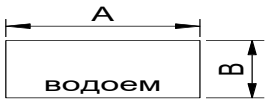
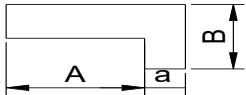
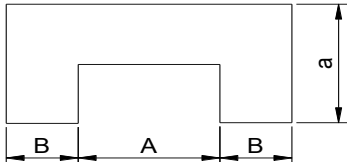
Планы площадок в горизонталях

Размеры площадки 300x500 м





Размеры котлованов

№	Форма в плане	Размеры, м		
		Длина A/a	Ширина B	Глубина h
1		60	12	4,0
2		80	30	4,0
3		60/40	12	3,0
4		60/40	12	2,5
5	Траншея с уклоном 0,009	по плану	1,5	1,5

Список литературы

1. Строительное дело и материалы : учебник для вузов / В. И. Запруднов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 596 с. — ISBN 978-5-507-50380-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/424349>
2. Технология строительного производства : учебник : в 2 частях / В. Н. Черноиван, С. Н. Леонович, Н. В. Черноиван. — Минск : Вышэйшая школа, 2025 — Часть 1 : Технология строительных процессов — 2025. — 367 с. — ISBN 978-985-34-0236-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/509743>
3. Лебедев, В. М. Технология строительных процессов : учебное пособие Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 188 с. : ил., табл., схем <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618123>
4. Магомедов А.Д., Айламматова Д.А. Разработка, перемещение и укладка грунтов: учебное пособие. Махачкала: ДГУНХ, 2018.- 112с. http://dgunh.ru/content/glavnay/ucheb_deyatel/uposob/uposob_ss_19.pdf
5. Г. А. Кулакова, В.К. Кузьмин. Технологическая карта на производство земляных работ: Методические указания к курсовому проекту. – Красноярск: Крас-ГАСА, 1997 г. 56с.
6. ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы/Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1989. – 224 с.
7. СНиП 12-04-2002. «Безопасность труда в строительстве. Ч.2 Строительное производство». Госстрой России. 2002г.
8. СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». Госстрой России. 2002г.
9. Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие для студентов строит. вузов / С. К. Хамзин, А. К. Карасев. - Изд. 2-е, репринтное. - М. : Бастет, 2007. - 216 с.

10. МДС 12-29.2006 Методические рекомендации по разработке и оформлению технологической карты.
11. СТО 4.2-07-2012 Стандарт организации «Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности»
12. Веригин Ю. А., Горобец В. П. Механизация технологических процессов строительства. Учебное пособие. Под ред. Ю. А. Веригина/ Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. – 298с.