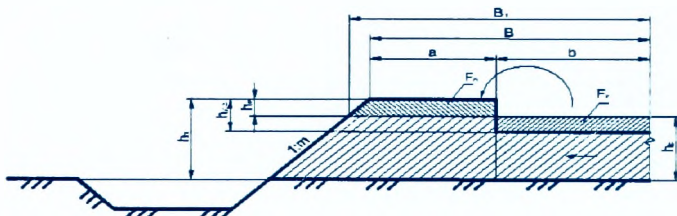




# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового и раздела дипломного проектов  
**«Технологическая карта на возведение земляного  
полотна автомобильной дороги»** по дисциплине  
**«Строительство автомобильных дорог»**  
для студентов специальности  
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»  
*дневной и заочной форм обучения*



**КОНТРОЛЬНЫЙ  
ЭКЗЕМПЛЯР**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового и раздела дипломного проектов

«Технологическая карта на возведение

земляного полотна автомобильной дороги»

по дисциплине «Строительство автомобильных дорог»

*для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»  
дневной и заочной форм обучения*

УДК 69.057

В указаниях изложена методика разработки технологической карты на возведение земляного полотна автомобильной дороги.

Указания предназначены для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» дневной и заочной форм обучения, а также для руководителей и консультантов курсового и дипломного проектирования.

Составители: Г.И. Юськович, доцент, к.т.н.

В.И. Юськович, доцент, к.т.н.

В.Н. Пчелин, доцент

Н.В. Лешкевич, ст. преподаватель

В.А. Тимошук, ст. преподаватель

С.В. Козлюк, ст. преподаватель

Рецензенты: П.В. Шведовский

В.В. Таруц

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены для разработки технологической карты на возведение земляного полотна автомобильной дороги при выполнении курсового и раздела дипломного проектов студентами специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги».

В настоящее время в Республике Беларусь дороги становятся частью европейских маршрутов, интенсивность движения которых постоянно возрастает. Это существенно поднимает требования к их прочности, надежности, долговечности и, соответственно, повышает уровень требований к качеству производства дорожно-строительных работ.

При возведении земляного полотна автомобильной дороги выполняются работы по восстановлению трассы дороги, разбивке земляного полотна, расчистке дорожной полосы, разработке выемок и отсыпке насыпей земляного полотна, разработке грунта в карьере и резервах, работы по разравниванию и уплотнению грунта, планировочные и отделочные работы. Проектирование взаимосвязки технологических процессов, применение рациональных методов производства работ, прогрессивных форм организации труда, новых технологий, дорожных машин и оборудования позволит повысить производительность производства работ, значительно улучшить качество конечной дорожно-строительной продукции.

В указаниях изложена методика проектирования технологических процессов и выполнение технологических расчетов при составлении технологической карты на возведение земляного полотна автомобильной дороги.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Исходными данными для дипломного проектирования являются план трассы, продольный профиль, поперечные профили земляного полотна и дорожной одежды, разрабатываемые в дипломном проекте.

В курсовом проектировании исходные данные принимаются в соответствии с разработанным курсовым проектом «Проект участка автомобильной дороги» по кафедре геотехники и транспортных коммуникаций, а также заданные руководителем проекта методы и условия производства земляных работ, расстояние транспортирования грунта, продолжительность производства работ.

## СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графического материала. Графическая часть выполняется на листе формата A1 (594×841 мм) или на листах формата A2, A3, A4. Графический материал в пояснительной записке приводится либо только в компьютерном варианте, либо только в карандаше. Оформление пояснительной записки и графической части проекта должно быть выполнено в соответствии с требованиями [1].

### Состав расчетно-пояснительной записки

Задание; реферат; содержание; введение; область применения; нормативные ссылки; характеристики основных применяемых материалов и изделий; определение объемов работ; организация и технология производства работ (восстановление трассы автомобильной дороги, культуртехнические работы, разбивка земляного полотна, выбор ведущих и вспомогательных машин по рабочим параметрам с описанием технологии производства работ и проектированием технологических схем, операционная карта на один из строительных процессов); потребность в материально-технических ресурсах; кон-

троль качества и приемка работ; техника безопасности, охрана труда и окружающей среды; калькуляция или калькуляция и нормирование затрат труда; расчеты к календарному графику производства работ; указания по производству работ; расчет технико-экономических показателей; список использованных источников.

#### Состав графического материала

Схемы закрепления трассы на местности; схемы культуртехнических работ; схемы разбивки земляного полотна; схемы разработки выемки (отсыпки насыпи) земляного полотна, карьера, резервов; схемы разравнивания и уплотнения грунта; схемы планировки земляного полотна и откосов; указания по производству работ; календарный график производства работ; технико-экономические показатели.

В отдельных случаях состав пояснительной записки и графического материала могут быть откорректированы руководителем проекта по согласованию с решением кафедры.

## **1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Раздел «Область применения» должен содержать [2]: наименование технологического процесса, условия и особенности производства работ, в том числе температурные, влажностные и другие, состав работ, режим труда, рекомендации по применению технологической карты.

В наименовании технологического процесса указываются виды работ либо конструктивное решение земляного полотна или его части, при строительстве которых эти работы выполняются, и технология их выполнения разработана в технологической карте.

Условия и особенности производства работ должны отражать ограничения температурно-влажностного режима района строительства, стесненность строительной площадки и т.п.

Приводятся рассматриваемые виды строительных работ и их состав, устанавливается режим труда по сменам из условия оптимального темпа выполнения трудовых процессов при рациональной организации рабочих мест, четкого распределения обязанностей между рабочими бригады с учетом разделения труда, применения современных машин, инструмента, оборудования и инвентаря.

В рекомендациях по применению технологической карты указываются возможности использования разработанных технологических решений при изменении условий строительства (района строительства, машин, оборудования и т.п.).

## **2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

Раздел «Нормативные ссылки» должен содержать обозначение и наименование нормативно-технической документации (действующих ТНПА), на которую сделаны ссылки в пояснительной записке при составлении технологической карты [2] без указаний библиографических данных.

Приводится перечень ТНПА, действующих в Республике Беларусь: стандартов Республики Беларусь (СТБ), технических кодексов установившейся практики (ТКП), межгосударственных стандартов (ГОСТ), строительных норм Республики Беларусь (СНБ), норм затрат труда (НЗТ) и др.

Названные нормативные документы приводятся также в списке использованных источников с указанием библиографических данных в порядке ссылки в тексте пояснительной записки.

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ПРИМЕНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

В разделе приводится наименование и характеристики грунта, наименование и обозначение нормативно-технических документов, на основании которых установлен вид грунта и его характеристики, требования к транспортированию.

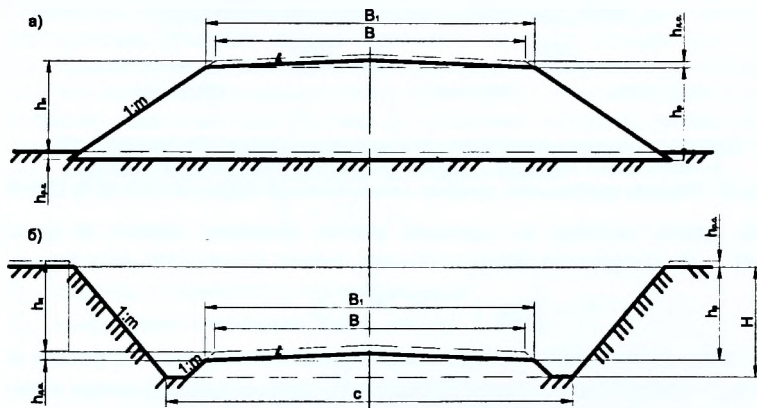
Оговаривается, что при применении технологической карты должны выполняться следующие положения:

- материалы и изделия, подлежащие обязательной сертификации, должны иметь сертификат соответствия;
- импортируемые строительные материалы и изделия, на которые отсутствуют действующие в Республике Беларусь ТНПА, должны иметь технические свидетельства Минстройархитектуры;
- материалы и изделия, подлежащие гигиенической регламентации, должны иметь удостоверение о гигиенической регистрации.

### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РАБОТ

#### 4.1. Определение объемов грунтовых масс при возведении земляного полотна.

Объемы участков насыпи (выемки) рассчитываются в соответствии с продольными и поперечными профилями земляного полотна. Рабочие отметки насыпи либо выемки определяются с учетом толщины дорожной одежды и срезаемого слоя растительного грунта. При устройстве присыпных обочин расчет рабочих отметок производится в соответствии со схемами на рисунке 1.



а – в насыпи; б – в выемке

Рисунок 1 – Схемы к определению рабочих отметок земляного полотна

При возведении земляного полотна в насыпи рабочая отметка определяется по выражению

$$h_p = h_n - h_{до} + h_{р.с.}, \quad (1)$$

где  $h_n$  – проектное значение рабочей отметки по продольному профилю, м;



В выражениях (4) и (5) слагаемые  $\frac{m(h_{1i}-h_{2i})^2}{12}$  и  $\frac{m(h_{1i}-h_{2i})^2}{6}$  являются поправками к основным объемам на разность рабочих отметок. Величины этих поправок следует учитывать в случае, если  $|h_{1i} - h_{2i}| \geq 0,5$  м и  $L_i \geq 50$  м.

Общий объем насыпи (выемки) определяется суммированием объемов по участкам. Площадь поперечного сечения земляного полотна в насыпи (рисунок 1а)

$$F = (B_1 + mh_p) \cdot h_p + \frac{B_1^2 \cdot i}{4}. \quad (6)$$

Площадь поперечного сечения земляного полотна в насыпи (рисунок 1б)

$$F = \frac{\alpha+c}{2} \cdot H - \left\{ [B_1 + m(H-h_p)] \cdot (H-h_p) + \frac{B_1^2 \cdot i}{4} \right\}. \quad (7)$$

Достаточное и равномерное уплотнение грунта в верхней части земляного полотна имеет важное значение для прочности и долговечности дорожной одежды. Степень уплотнения обязательно контролируется, причем коэффициент уплотнения должен составлять не менее 0,95...1,08, что следует учитывать при окончательном установлении объемов грунта для отсыпки насыпи земляного полотна.

При возведении земляного полотна в насыпи с учетом устройства полупрысыпных обочин часть корыта разрабатывают, и грунт перемещают на обочину. Затем производят планировку дна корыта и тщательно уплотняют его. Обычно эта работа осуществляется тяжелым (большой мощности) грейдером.

Перед проходом грейдера необходимо оконтурить корыто с помощью рыхлителя или плуга и желательнее разрыхлить грунт на требуемую глубину.

Поперечный профиль устраиваемого корыта проверяют с помощью шаблона. Дно корыта тщательно уплотняют, причем неровности и просадки, возникающие в процессе укатки, устраняются подсыпкой и дополнительным уплотнением грунтовой поверхности.

При устройстве полупрысыпных обочин объем грунта, отсыпаемого в обочины и, соответственно, высоту его слоя ( $h_0$ , рис. 3), определяют исходя из условия равенства площадей поперечного сечения отсыпаемой части обочин и разрабатываемой части дорожного корыта с учетом коэффициентов уплотнения грунта.

$$F_k = 2F_0 \cdot k_y, \quad (8)$$

где  $F_k$  – площадь поперечного сечения разрабатываемой части корыта, м<sup>2</sup>;

$F_0$  – площадь поперечного сечения обочины, м<sup>2</sup>;

$k_y$  – коэффициент уплотнения грунта, дол. ед.

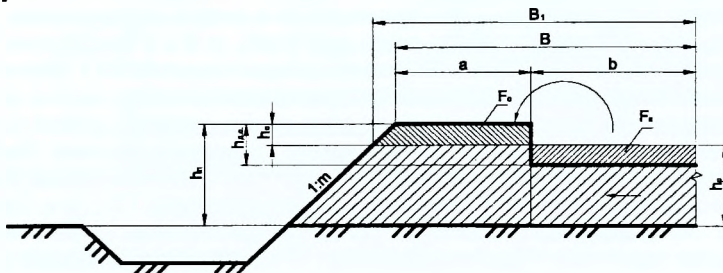


Рисунок 3 – Дорожное корыто с полупрысыпными обочинами



$$F_k = (h_{до} - h_о) \cdot b, \quad (9)$$

где  $h_{до}$  – высота дорожной одежды, м;

$h_о$  – высота отсыпаемого слоя обочины, м;

$b$  – ширина проезжей части дороги, м.

$$F_о = \left( a + \frac{h_о \cdot m}{z} \right) \cdot h_о, \quad (10)$$

где  $a$  – ширина обочины, м;

$m$  – коэффициент заложения откоса насыпи, дол. ед.

Подставляя выражения 9 и 10 в формулу 8, получим

$$h_о = \frac{-\left(\frac{za}{m} + \frac{b}{k_y m}\right) + \sqrt{\left(\frac{za}{m} + \frac{b}{k_y m}\right)^2 + 4 \frac{h_{до} \cdot b}{k_y m}}}{z}. \quad (11)$$

Величина рабочей отметки отсыпаемой насыпи

$$h_p = h_{п} - h_о + h_{р.с}, \quad (12)$$

где  $h_{п}$  – проектная отметка бровки земляного полотна в соответствии с продольным профилем, м.

В большинстве случаев устраивают присыпные обочины, т.к. при этом сохраняется ранее уплотненная грунтовая поверхность и отсутствует необходимость затрат энергии на разрыхление поверхностного слоя и последующее уплотнение нижележащего слоя. Подсыпку обочин производят в процессе сооружения дорожной одежды или непосредственно перед устройством основания, чтобы не затруднить движение построечного транспорта и не создавать застоев поверхностных вод в корыте.

В курсовом проекте следует привести пример расчета объема одного участка насыпи и выемки, определив рабочие отметки земляного полотна и площади его поперечных сечений.

Расчет объемов остальных участков выполняется в табличной форме (таблица 1).

4.2. Определение размеров резервов и среднего расстояния перемещения грунта из резерва в насыпь земляного полотна

4.2.1. Разработка резервов скрепером

Разработка грунта скрепером может производиться в резерве, расположенном с одной стороны насыпи земляного полотна либо с двух сторон, то есть в односторонних или двухсторонних резервах. Геометрические размеры резерва определяются в зависимости от заданного объема грунта, разрабатываемого для отсыпки земляного полотна дороги. Для расчета размеров следует задаться двумя параметрами: глубиной и длиной резерва и определить его ширину; глубиной и шириной резерва и определить его длину. Предпочтительнее первый случай, так как длина резерва может быть ограничена длиной участка отсыпаемого земляного полотна. Рекомендуемая глубина резерва до 1,0...1,5 м. Следует учитывать, что скрепер может разрабатывать выемку большей глубины. Поэтому глубина резерва может назначаться студентом произвольно. Устройство невысокой насыпи (до 1,0 м) может вестись скрепером на протяжении всего заданного участка дороги, а досыпка насыпи до проектных отметок производится грунтом, доставляемым из карьера.

Таблица 1 – Ведомость расчетов объемов грунтовых масс при возведении земляного полотна

Участок насыпи (выемки)		Рабочие отметки, м		Средняя рабочая отметка, м $\frac{h_1 + h_2}{2}$ $h_{ср}$	Длина участка, (L), м	Коэффициент заложения откоса (m), дол. ед.	Площадь поперечного сечения земляного полотна поперечине участка ( $F_{ср}$ ), м <sup>2</sup>	Основной объем ( $V=F_{ср} \cdot L$ ), м <sup>3</sup>	Поправка на разность рабочих отметок, м <sup>3</sup> $\left(\frac{m(h_1 - h_2)^2}{12} \cdot L_1\right)$	Объем выемки ( $V_v$ ), м <sup>3</sup>	Объем насыпи ( $V_n$ ), м <sup>3</sup>
ПК	+	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	00				100						
2	00				60						
2	60				40						
3	00				100						
4	00										
										$\Sigma V_v$	$\Sigma V_n$

**Примечание:** Форма таблицы 1 не регламентируется ТКП 45-1.01-159-2009 и может быть откорректирована студентом по согласованию с руководителем проекта.

Расчет выполняется в следующем порядке (рисунок 4).

- Назначаются глубина резерва  $h$  (м) и его глубина  $l$  (м).
- В зависимости от заданной глубины резерва и вида грунта определяется значение коэффициента заложения откоса резерва  $m'$  (табл. 5.1 [3], приложение, табл. П1).
- Назначается коэффициент заложения откоса пандуса съезда в котлован (резерв)  $m''$  (приложение, табл. П2).

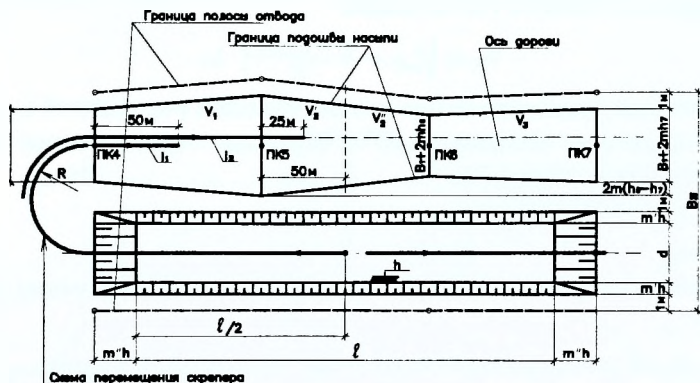


Рисунок 4 – Расчетная схема к определению геометрических размеров резерва и среднего расстояния перемещения грунта при разработке резерва скрепера

г) Определяется ширина резерва  $d$  (м):  
- объем резерва

$$V = l \cdot d \cdot h + m' \cdot h^2 \cdot l + \frac{4}{3} m'' \cdot m'' \cdot h^3 \quad (13)$$

- ширина резерва по дну

$$d = \frac{(V - m' \cdot h^2 \cdot l - \frac{4}{3} m'' \cdot m'' \cdot h^3)}{l \cdot h} \quad (14)$$

С увеличением глубины либо длины резерва уменьшается его ширина, что приводит к сокращению ширины полосы отвода и уменьшению объемов культуртехнических работ. Резервы могут также проектироваться с двух сторон земляного полотна.

Среднее расстояние перемещения грунта скрепером из резерва в насыпь земляного полотна

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sum V_i \cdot l_i}{\sum V_i} \quad (15)$$

Например, в соответствии со схемой на рисунке 4

$$l_{\text{ср}} = \frac{V_1 \cdot l_1 + V_2' \cdot l_2 + V_2'' \cdot l_2 + V_3 \cdot l_3}{V_1 + V_2' + V_2'' + V_3} \quad (16)$$

#### 4.2.2. Разработка резервов бульдозером

Разработка грунта бульдозером аналогично разработке грунта скрепером может вестись в односторонних и двухсторонних резервах. Для расчета размеров резерва следует задаться его глубиной и длиной участка разработки. Длина участка разработки (резерва) ограничивается длиной участка отсыпки земляного полотна. Глубина резерва принимается не более 1,0...1,5 м. Причем отсыпку насыпи бульдозером желательно вести на участках, где ее высота не превышает 1,0 м либо на любых участках с отсыпкой насыпи высотой до 1,0 м, например, на протяжении всего заданного участка дороги.

Расчет выполняется в следующем порядке (рисунок 5):

- назначается глубина резерва  $h$ ;
- определяется объем  $i$ -го участка резерва:

$$V_{pi} = \left[ F_{\text{ср}i} + \frac{m'' \cdot (h_1 - h_2)^2}{12} \right] \cdot L_i \quad (17)$$

где  $F_{\text{ср}i}$  – площадь поперечного сечения резерва посередине участка длиной  $L_i$ , м<sup>2</sup>;

$m''$  – коэффициент заложения откоса по продольным сторонам участков резерва, дол. ед. (приложение, таблица П2);

$h_1 = h_2 = h$  – глубина резерва, м.

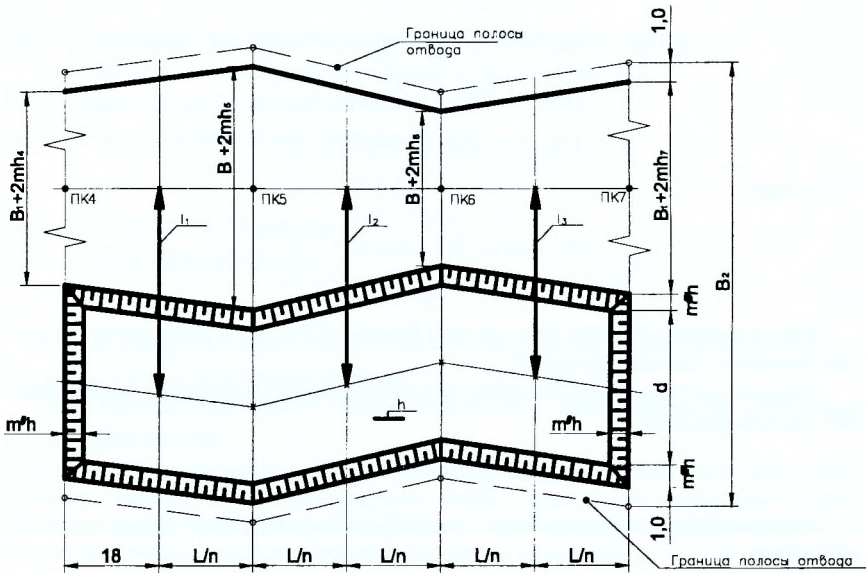
Причем  $V_{pi} \leq V_{\text{н}i}$ , (18)

где  $V_{\text{н}i}$  – объем участка насыпи земляного полотна, соответствующего участку резерва, м<sup>3</sup> (табл. 1).

Т.к.  $h_1 = h_2 = h$ , то ширину резерва по дну можно определить из выражения:

$$V_{pi} = (d + m'' h) \cdot h \cdot L_i \quad (19)$$

$$d = \frac{V_{pi}}{h \cdot L_i} - m''h. \quad (20)$$

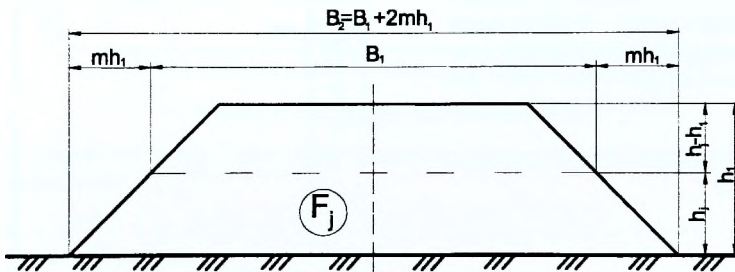


**Рисунок 5 – Расчетная схема к определению геометрических размеров резерва и среднего расстояния перемещения грунта бульдозером**

Возможна из резерва отсыпка насыпи земляного полотна на проектную величину. В этом случае следует изменять ширину и глубину резерва на отдельных участках в зависимости от объема отсыпаемого грунта.

- определяется высота насыпи при условии ее отсыпки одинаковой высоты  $h_1$ , м (рисунок 6):

$$V_j = V_i = F_{срj} \cdot L_i; \quad (21)$$



**Рисунок 6 – Поперечный разрез земляного полотна отсыпаемого бульдозером**

Объем участка отсыпаемой насыпи

$$V_j = \left[ F_{\text{ср}j} + \frac{m(h_1 - h_2)^2}{12} \right] \cdot L_j \quad (22)$$

Т.к.  $h_1 = h_2$  и  $L_j = L_i$ ,  $V_j = V_i$ ,  $F_{\text{ср}i} = F_{\text{ср}j}$ , то  $V_j = V_i = F_j \cdot L_j = F_j \cdot L_i$  (23)

$$V_j = [(B_1 + 2mh_1) - 2mh_j] \cdot h_j \cdot L_i \quad (24)$$

$$V_i = (B_1 + 2mh_1 - 2mh_j) \cdot h_j \cdot L_i \quad (25)$$

Отсюда

$$h_j = \frac{(B_1 + 2mh_1) + \sqrt{(B_1 + 2mh_1)^2 - \frac{8 \cdot V_j \cdot m}{L_i}}}{4m} \quad (26)$$

Причем величина  $m$  может быть принята равной  $m'$  или  $m''$  в зависимости от принятой технологии производства работ.

- среднее расстояние перемещения грунта бульдозером из резерва в насыпь земляного полотна (рисунок 5)

$$L_{\text{ср}} = \frac{\sum v_j \cdot l_j}{\sum v_j} \quad (27)$$

- определяются требуемые объемы грунта для отсыпки участков насыпи до проектной отметки, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{отс}j} = V_{\text{пр}j} - V_j \quad (28)$$

Объемы грунта  $V_{\text{отс}j}$  доставляются из карьера.

4.3.1. Разработка карьера одноковшовыми экскаваторами и комплектом землеройных и землеройно-транспортных машин

а) Определение минимальных размеров карьера при разработке одноковшовыми экскаваторами.

Минимальные размеры карьера в плане определяются исходя из необходимых объемов грунта для возведения насыпи земляного полотна автомобильной дороги. Глубина разрабатываемого грунта приводится в задании на проектирование либо принимается в соответствии с типовым проектом.

План участка карьера приведен на рисунке 7.

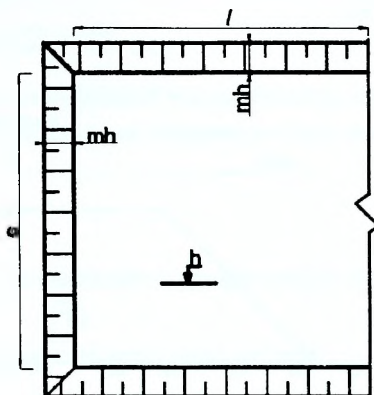


Рисунок 7 – План карьера

Объем котлована прямоугольной формы в плане:

$$V = 4 \frac{m^2 \cdot h^2}{3} + \frac{m \cdot h^2}{2} \cdot p + F \cdot h, \quad (29)$$

где  $m$  – коэффициент заложения откоса временной выемки [9, 10], дол. ед.;

$h$  – глубина выемки (либо яруса), разрабатываемого грунта, м;

$p$  – периметр выемки по дну (основанию), м;

$F$  – площадь выемки по дну (основанию), м<sup>2</sup>.

$$p = (c + l) \cdot 2, \quad (30)$$

где  $c$  – ширина выемки по дну, м;

$l$  – длина выемки по дну, м.

$$F = c \cdot l \quad (31)$$

Ширина выемки ( $c$ ) может быть задана руководителем проекта или принимается студентом в любых приемлемых пределах (10...100 м и т.п.).

Таким образом, зная объем  $V$ , ширину разработки  $c$ , можно определить длину выемки  $l$  из выражения (29).

При произвольной конфигурации котлована производят его разбивку в плане вертикальными плоскостями на элементарные фигуры (треугольные, квадратные, прямоугольные призмы). Выполняют расчет объемов элементарных фигур. Общий объем выемки определяется суммированием объемов элементарных фигур.

- б) Разработка карьера комплектом землеройных и землеройно-транспортных машин - разработка карьера скрепером по его длине (ширине)

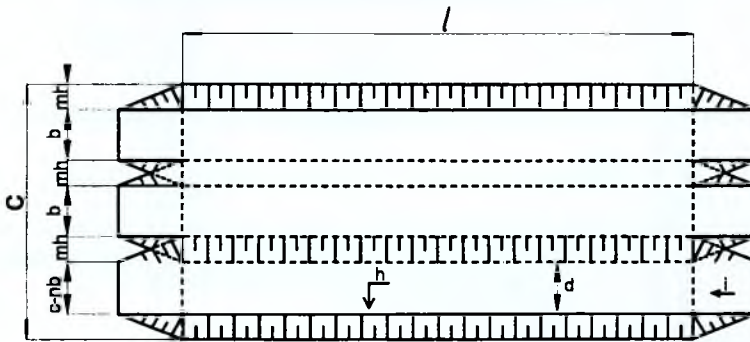


Рисунок 8 – Разработка грунта скрепером

При разработке грунта отдельными траншеями объем каждой траншеи определяется по выражению:

$$V_i = 4 \frac{m^2 \cdot h^2}{3} + m \cdot h^2 (d + l) + 2 \frac{h^2}{6} \left( 3b + 2mh \frac{m' - m}{m'} \right) (m' - m) + d \cdot l; \quad (32)$$

где  $h$  – глубина разработки (либо толщина срезаемого слоя при разработке в один слой), м;

$m$  – коэффициент заложения откоса [3], табл. 5.1 либо приложение таблица П1.

$$m' = \frac{1}{i} \quad (33)$$

$i$  – уклон плоскости пандуса к горизонту, дол. ед., (приложение таблица П2);

$l$  – длина (ширина) карьера (в зависимости от направления разработки), м;

$n$  – количество проходок скрепера по длине либо ширине карьера в зависимости от направления его движения, шт;

$d$  – ширина прохода (ножа) скрепера, м [5, 6].

$$d = b + 2h \quad (34)$$

При послойной разработке грунта в расчетах можно принимать  $m = 0$ . Схема разработки примет вид (рисунок 8.1).

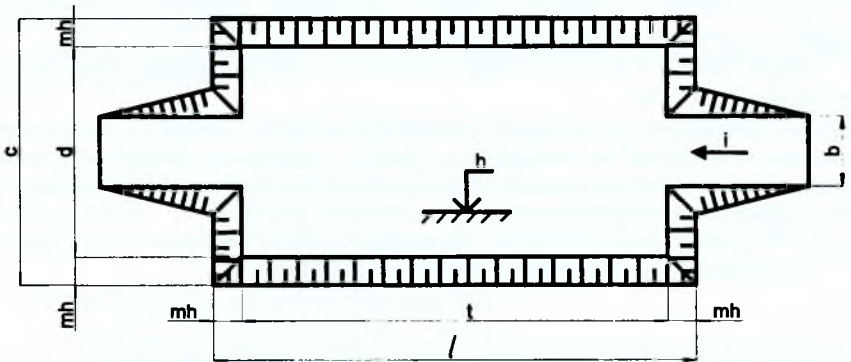


Рисунок 8.1 – Схема разработки карьера скрепером при послойной срезке грунта

$$V = 4 \frac{m^2 \cdot h^2}{3} + mh^2(d + t) + dt + 2 \left[ \frac{h^2}{6} \left( 3b + 2mh \frac{m' - m}{m'} \right) (m' - m) \right]; \quad (35)$$

Схема разработки грунта скрепером и одноковшовым экскаватором в качестве примера приведена на рисунке 9 (схема разработки принимается студентом самостоятельно).

$$V = V_1 + V_2 = V_{\kappa} \quad (36)$$

где  $V_{\kappa}$  – принятый объем карьера, м<sup>3</sup>.

Объем грунта, разрабатываемого скрепером:

$$V_1 = 4 \frac{m^2 \cdot h^2}{3} + mh^2(b + d) + bd + 2 \left[ \frac{h^2}{6} \left( 3b + 2mh \frac{m' - m}{m'} \right) (m' - m) \right]; \quad (37)$$

Объем грунта, разрабатываемого экскаватором:

$$V_2 = 3 \frac{m^2 \cdot h^2}{3} + mh^2(k + d) + kdh; \quad (38)$$

Общий объем грунта, разрабатываемого в карьере

$$V = V_1 + V_2 = V_k \quad (39)$$

где  $V_k$  – требуемый объем карьера,  $m^3$ .

в) Разработка грунта бульдозером и одноковшовым экскаватором.

Разработка грунта в карьере бульдозером может вестись по различным технологическим схемам, например:

– 1-я схема: разработка грунта производится по всей площади поверхности карьера по-верху. При этом уменьшается глубина разработки карьера одноковшовым экскаватором.

– 2-я схема: разработка грунта бульдозером осуществляется на отдельном участке карьера на полную глубину, а остальная часть карьера разрабатывается одноковшовым экскаватором, что аналогично разработке карьера скрепером и экскаватором (рисунок 9).

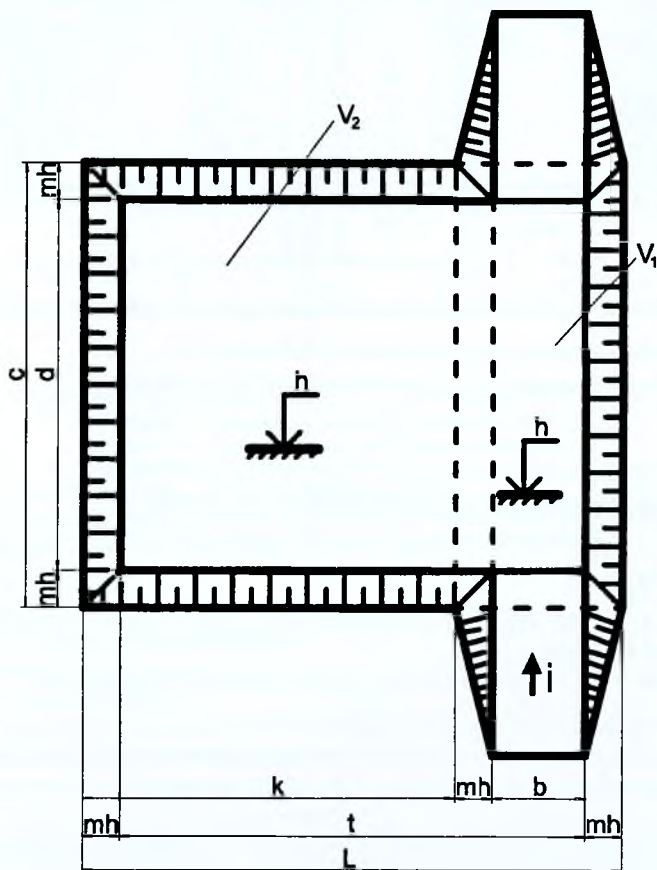


Рисунок 9 – Схема разработки грунта скрепером и одноковшовым экскаватором



При разработке грунта по первому варианту (рисунок 10) глубина выработки определяется из выражения:

$$V_6 = \frac{4}{3} m^2 \cdot h^3 + \frac{m h^2}{2} P + F \cdot h + 2 \left[ \frac{h^2}{6} (3b + 2mh \frac{m' - m}{m'}) (m' - m) \right], \quad (40)$$

где  $m$  – коэффициент заложения откоса выемки, разрабатываемой бульдозером (при  $h \leq 1,0$  м), дол. ед. (приложение, табл. П1);

$V_6$  – объем грунта, разрабатываемого бульдозером согласно заданию на проектирование, м<sup>3</sup>;

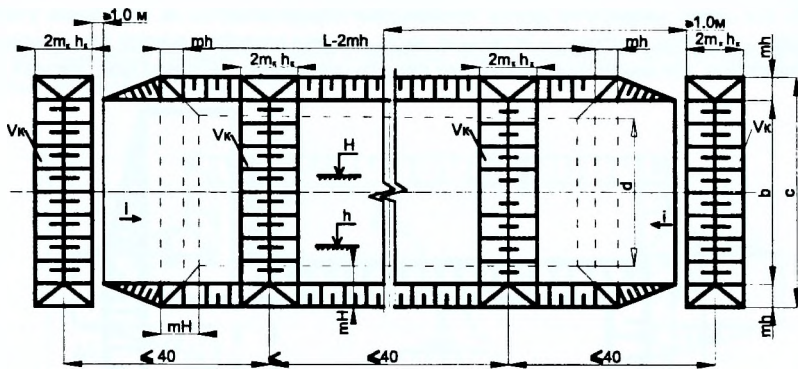


Рисунок 11 – Схема разработки карьера бульдозером по площади его поверхности

$h$  – глубина карьера, разрабатываемого бульдозером, м;

$P$  – периметр выемки по дну, разрабатываемой бульдозером, м;

$$P = 2(c + b - 2mh) \quad (41)$$

$F$  – площадь выемки по дну, разрабатываемой бульдозером, м<sup>2</sup>;

$b$  – ширина выемки по дну, разрабатываемой бульдозером, м;

$m' = \frac{1}{i}$  – коэффициент заложения пандуса съезда в котлован, дол. ед., (приложение таблица П2).

#### 4.3.2. Определение среднего расстояния перемещения грунта из карьера автосамосвалами и скреперами.

Среднее расстояние перемещения грунта определяется по выражению:

$$L_{cp} = \frac{\sum l_i \cdot V_i}{\sum V_i} + l_0, \quad (42)$$

где  $l_i$  – расстояние перемещения транспортного средства от центра  $i$ -го участка трассы до заданной (нулевой) точки в пределах строительства дороги, м;

$V_i$  – объем перемещаемого грунта в  $i$ -ю точку трассы, м<sup>3</sup>;

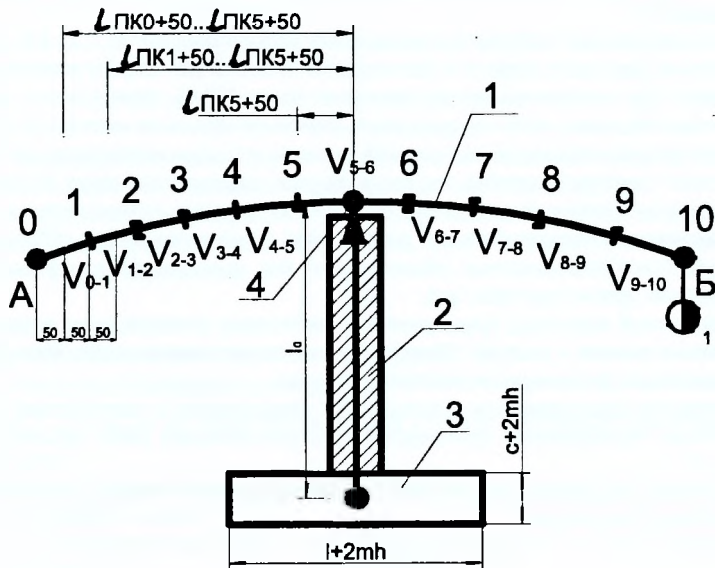
$l_0$  – расстояние перемещения грунта от карьера до заданной (нулевой) точки на участке трассы, м;

$V$  – общий объем перемещаемого грунта, м<sup>3</sup>.

Например, для схемы на рисунке 11:

$$L_{\text{ср}} = \frac{(l_{\text{ПК}0+50} \dots \text{ПК}5+50) \cdot V_{0-1} + (l_{\text{ПК}1+50} \dots \text{ПК}5+50) \cdot V_{1-2} + \dots}{V_{0-1} + V_{1-2} + \dots} + l_0, \quad (43)$$

где на рисунке 11  $l_{\text{ПК}0+50} \dots \text{ПК}5+50 = 500 \text{ м}$ ;  $l_{\text{ПК}1+50} \dots \text{ПК}5+50 = 400 \text{ м}$ .



1 – план трассы с разбивкой на пикеты; 2 – подъездная дорога из карьера;  
3 – карьер; 4 – заданная (нулевая точка) доставки грунта

**Рисунок 11 – Схема перемещения грунта из карьера**

#### 4.4. Определение объемов культуртехнических работ

К культуртехническим работам при возведении земляного полотна относят:

- срезку растительного (плодородного) слоя грунта;
- срезку кустарника;
- корчевку пней;
- удаление древесной растительности;
- удаление каменных валунов;
- отвод поверхностных вод.

Расчистку дорожной полосы от леса и кустарника осуществляют на ширину будущих насыпей и выемок с учетом резерва кавальеров, боковых и нагорных канав. Корчевка пней необходима под насыпями высотой до 1,5 м, а также на площади будущих выемок, резервов и канав.

Валку деревьев выполняют бульдозерами путем непосредственного нажима поднятым отвалом после предварительного подрезания корней. Иногда валку деревьев производят тракторами при помощи длинного каната, закрепленного на высоте 1...3 м от

уровня земли. Мелкие деревья можно захватывать канатом целой группой. Свободный конец каната закрепляют за прочный ствол или пень, служащий упором.

Кустарник можно срезать бульдозером, а при больших объемах – специальным тракторным навесным оборудованием (кусторезом).

Пни корчуют тракторами при помощи канатного захвата. Используются также тракторные корчевательные машины. Крупные камни убирают тракторами, корчевателями, бульдозерами [7].

К подготовительным работам при возведении насыпи высотой до 0,5...0,6 м относится удаление дернового покрова и растительной земли на всю ширину основания (полосу отвода). При поперечном уклоне местности более 100 ‰ дерн удаляют также и под высокими насыпями, чтобы предотвратить сползание насыпи по косоугру [4, 5, 6].

Дерн с густоразвитой корневой системой является хорошим материалом для укрепления откосов земляного полотна, мостовых конусов, придорожных канав от размыва. Дерн до момента использования хранят в штабелях за пределами полосы отвода.

При выполнении подготовительных работ в ряде случаев производят работы, обеспечивающие отвод поверхностных (атмосферных) вод, осушение заболоченных участков и понижение уровня грунтовых вод.

Поверхностный водоотвод предохраняет от затопления атмосферными водами разрабатываемые выемки и резервы. Он осуществляется при помощи водоотводных каналов, устраиваемых до возведения земляного полотна.

В дипломном проектировании объемы работ определяются в соответствии с типовым проектом. Нормирование производства культуртехнических работ производят согласно [5, 6].

Объем работ по срезке растительного грунта определяется площадью срезки и вычисляется по выражению, м<sup>2</sup>:

$$F_i = \frac{b_{1i} + b_{2i}}{2} \cdot L_i, \quad (44)$$

где  $b_{1i}$  и  $b_{2i}$  – ширина срезки в начале и конце  $i$ -го участка (ширина  $i$ -го участка полосы отвода), м;

$$b_i = B_{2i} + 2 + d_i, \quad (45)$$

где  $B_{2i}$  – ширина полосы отвода на  $i$ -м участке, м;

$d$  – ширина полосы, занимаемой боковыми выработками, м.

При определении объемов срезаемого грунта следует учитывать изменение ширины полосы отвода на отдельных участках дороги в связи с изменением высоты насыпи или глубины выемки, что соответствует запроектированным поперечным профилям земляного полотна.

В проекте следует привести пример расчета площади одного участка срезаемого грунта, а также объем разработанного грунта.

$$V_i = F_i \cdot h_{срi}, \quad (46)$$

$h_{срi}$  – толщина срезаемого слоя грунта, м ( $h_{ср} = 0,15 \dots 0,20$  м).

Площади остальных участков дороги и объемы срезаемого грунта можно определять в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2 – Ведомость расчета площади срезки и объема растительного грунта

№ п/п	Участок насыпи (выемки)		Длина участка, м	Ширина полосы отвода, м	Площадь поверхности участка, м <sup>2</sup>	Толщина срезаемого слоя, м	Объем растительного грунта, м <sup>3</sup>
	ПК	+					
1	2	3	4	5	6	7	8

4.5. Определение объемов работ при уплотнении отсыпаемого грунта, планировке поверхности верха и откосов земляного полотна автомобильной дороги.

а) Определение объемов работ при уплотнении насыпи земляного полотна.

Объем работ при уплотнении отсыпаемого грунта механическими катками может быть вычислен по выражению:

$$F = \frac{V_{з.н.}}{h_y}, \quad (47)$$

где  $V_{з.н.}$  – объем насыпи земляного полотна, м<sup>3</sup> (табл. 1);

$h_y$  – толщина отсыпаемого слоя грунта, м;

$h_y = 0,2 \dots 0,3$  м, но не более максимальной глубины уплотнения принятым типом и маркой катка.

Аналогично определяется площадь доуплотнения грунта после срезки растительного грунта в основании насыпи.

б) Определение объемов работ при планировке поверхности верха земляного полотна (рисунок 12):

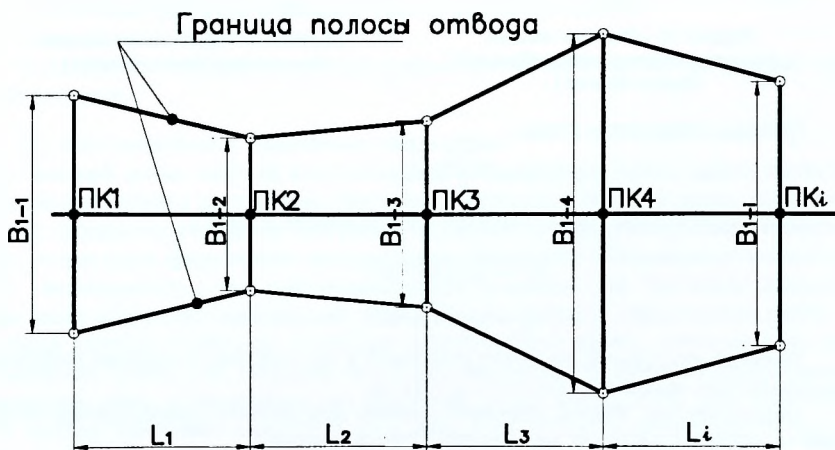


Рисунок 12 – Расчетная схема к определению объемов работ при планировке поверхности верха земляного полотна

Площадь участка насыпи при планировке верха земляного полотна определяется по выражению:

$$F_i = \frac{B_{1-1} + B_{1-2}}{2} \cdot L_i. \quad (48)$$

Пример расчета следует привести на одном из участков  $L_i$ . Расчет объемов работ на остальных участках допускается выполнять в табличной форме (таблица 3).

Таблица 3 – Ведомость расчета объемов работ при планировке верха земляного полотна

№ п/п	Участок насыпи		Ширина участка насыпи $B_i$ , м	Длина участка насыпи $L_i$ , м	Площадь участка насыпи $F_i$ , м <sup>2</sup>
	ПК	+			
1	2	3	4	5	6

в) Определение объемов работ при планировке откосов земляного полотна. Площади откосов рассчитывают на каждом участке дороги (рисунок 13 и рисунок 14):

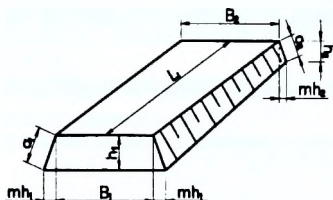


Рисунок 13 – Участок насыпи земляного полотна автомобильной дороги длиной  $L_i$

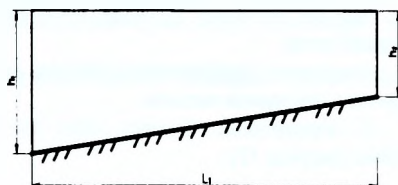


Рисунок 14 – Продольное сечение  $i$ -го участка дороги длиной  $L_i$

Площадь поверхности откоса

$$F_i = \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot L_i. \quad (49)$$

Длина образующих откоса в начале и в конце участка длиной  $L_i$ :

$$a_1 = h_1 \sqrt{1 + m^2}, \quad (50)$$

$$a_2 = h_2 \sqrt{1 + m^2}. \quad (51)$$

Значения коэффициентов откоса принимают в соответствии с типовыми поперечными профилями земляного полотна на  $i$ -м участке.

Общая площадь откосов земляного полотна определяется суммированием площадей  $i$ -х участков с учетом их двухстороннего расположения.

Расчет площади откосов на одном из участков дороги выполняется вручную и приводится в пояснительной записке, а на остальных участках возможен расчет в табличной форме (таблица 4).

Таблица 4 – Ведомость расчетов площади откосов земляного полотна

№ п/п	Участок насыпи		Высота насыпи (выемки) $h_i$ , м	Коэффициент заложения откоса $m$ , дол. ед.	Длина образующей откоса $a_i$ , м	Площадь двусторонних откосов $F_i = (a_1 + a_2) \cdot L_i$ , м <sup>2</sup>
	ПК	+				
1	2	3	4	5	6	7

## 5. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

### 5.1. Номенклатура работ

В состав работ, производство которых в общем случае может рассматриваться технологической картой, входит:

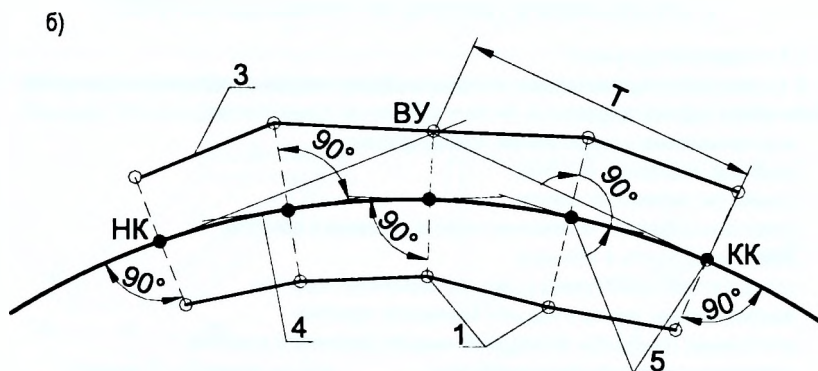
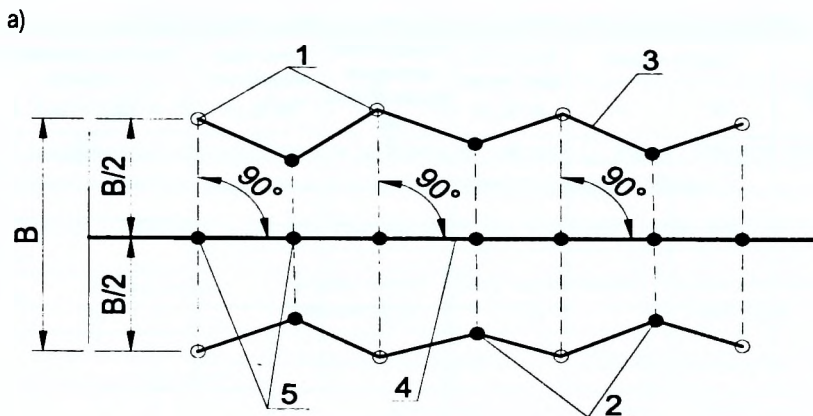
- восстановление и закрепление трассы дороги;
- разбивка земляного полотна;
- срезка растительного грунта;
- уплотнение грунта в основании насыпи земляного полотна;
- разработка грунта в карьере;
- транспортирование грунта в насыпь земляного полотна;
- разравнивание грунта в насыпи земляного полотна;
- уплотнение грунта при возведении насыпи земляного полотна;
- планировка верха земляного полотна.

В зависимости от задания на проектирование состав выполняемых работ может корректироваться.

### 5.2. Восстановление и закрепление трассы дороги

Основной целью работ по восстановлению и закреплению трассы дороги является обеспечение точного соответствия фактического положения будущей дороги на местности установленному проектом. Эта работа выполняется проектной организацией, которая должна сдать закрепленную трассу по акту строительной организации до начала работ. Необходимость в этой работе вызывается, во-первых, тем, что между периодом изысканий и началом строительства дороги обычно проходит определенное время, в течение которого положение отдельных закрепительных знаков, установленных при изысканиях, может быть нарушено. Во-вторых, при расчистке дорожной полосы закрепительные знаки, установленные при изысканиях на оси дороги, могут быть повреждены, поэтому необходимо вынести их за пределы этой полосы до начала работы дорожных машин.

При восстановлении и закреплении трассы выполняют следующие работы (рисунок 15):



а – на прямом участке; б – на кривой

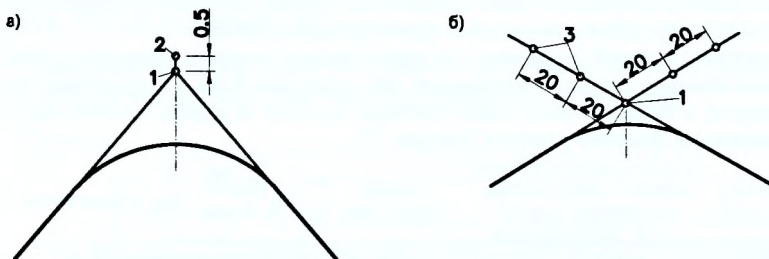
1 – выносной столбик с отметкой; 2 – выносные колья; 3 – граница полосы отвода; 4 – ось дороги;  
5 – пикеты; В – ширина полосы отвода; НК – начало кривой; КК – конец кривой; ВУ – вершина угла;  
Т – тангенс кривой; R – радиус кривой; К – касательная к кривой

**Рисунок 15 – Закрепление трассы дороги**

- выносят пикеты на границы полосы отвода и закрепляют их;
- закрепляют вершины углов поворота;
- закрепляют ось дороги на длинных прямых участках;
- разбивают круговые и переходные кривые, закрепляют начало и конец кривых, а также промежуточные точки;
- разбивают и закрепляют оси искусственных сооружений;
- проверяют отметки существующих реперов, а при необходимости устанавливают дополнительные реперы;
- проверяют продольное нивелирование всех точек, а при необходимости снимают поперечные профили.

Пикеты выносят под прямым углом к оси дороги, а на криволинейных участках – под прямым углом к касательной к кривой, и закрепляют выносными столбами или свайками диаметром 12...15 см высотой над поверхностью земли 50 см, закапываемыми или забиваемыми на глубину 1 м. На прямых участках их располагают в зависимости от рельефа местности через каждые 200...400 м. Между столбами забивают промежуточные выносные кольца. На криволинейных участках выносные столбы устанавливают на каждом пикете, т. е. через каждые 100 м.

Углы поворота закрепляют угловыми столбами, устанавливаемыми за пределами полосы, на которой ведут работы, на продолжении биссектрисы угла, а на кривых большого радиуса с малыми биссектрисами углов – вехами, устанавливаемыми на продолжении тангенсов (рисунок 16).



а – с большой биссектрисой; б – с малой биссектрисой;

1 – вершина угла; 2 – закрепительный столб; 3 – веха

**Рисунок 16 – Закрепление вершин углов**

Каждую закрепленную точку фиксируют в ведомости закрепления трассы, в которой указывают положение точки на оси (километр, пикет, плюс) и расстояние закрепительного знака от оси.

На длинных прямых участках ось дороги обозначают вехами высотой 3...4 м, устанавливаемыми через каждые 0,5...1,0 км. На кривых вехи устанавливают в их начале и конце, а также в промежуточных точках: при радиусе кривой более 500 м – через каждые 20 м, при радиусе 100...500 м – через каждые 10 м, при радиусе менее 100 м – через каждые 5 м.

Для закрепления высотных отметок трассы служат реперы, которые должны быть на таком расстоянии от нее, чтобы остаться в сохранности в течение всего периода строительства. Количество реперов должно быть достаточным для возможности быстрой привязки и проверки высотных отметок земляного полотна и искусственных сооружений.

В качестве реперов устанавливают столбы, прочно вкапываемые в устойчивый грунт на глубину, обеспечивающую неподвижность репера, а также используют такие местные предметы, как крупные валуны, цоколи зданий, выступы в скалах и т. п. На реперах краской, костылем, гвоздем или насечкой точно обозначают место установки рейки при нивелировании.

Расстояние между реперами не должно превышать в равнинной местности 2 км, а в пересеченной 1 км. Кроме того, дополнительные реперы устанавливают у насыпей высотой более 5 м, выемок глубиной более 5 м, а также у всех искусственных сооружений.

Тип каждого репера, его расположение по длине трассы, расстояние от оси и высотная отметка (условная или относительно уровня моря) должны быть зафиксированы в специальной ведомости реперов.

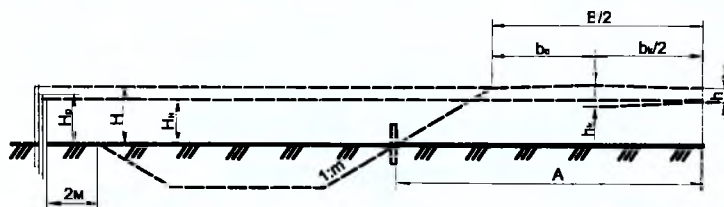


### 5.3. Разбивка земляного полотна

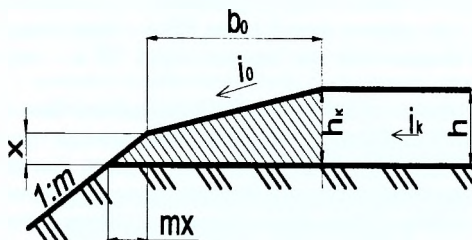
После расчистки дорожной полосы приступают к разбивке (разметке) земляного полотна. Цель ее – обозначение на местности границ и очертаний земляного полотна, которых необходимо придерживаться в процессе его сооружения. Разбивку выполняют на основе проектных материалов: плана дороги, продольного профиля, поперечных профилей насыпей и выемок.

Разбивка земляного полотна заключается в установке на дорожной полосе разбивочных кольшек, обозначающих его основные геометрические элементы. Линии обозначаются положением кольшков по ширине и длине полосы, высотные отметки – высотой кольшков и надписями на них. Важным правилом разбивки является установка кольшков с высотными отметками таким образом, чтобы они сохранились до окончания земляных работ. С этой целью такие кольшки, как правило, выносят за пределы полосы, на которой ведут работы землеройно-транспортными машинами.

При разбивке насыпей, возводимых из грунта боковых резервов, обозначают кольшками линии подошвы насыпи, совпадающие, при отсутствии берм, с внутренними бровками резервов, а кольшки с высотными отметками выносят на обрезы – полосы местности за наружными бровками резервов (рисунок 17).



$H$  – рабочая отметка насыпи по бровке;  $H_n$  – рабочая отметка поверхности насыпи (низа дорожной одежды) на оси;  $H_p$  – разбивочная отметка поверхности насыпи на оси  
**Рисунок 17 – Схема установки кольшков при разбивке насыпи**



**Рисунок 18 – Насыпь с присыпными обочинами**

При устройстве берм кольшками обозначают также и внутренние бровки резервов. При возведении невысоких насыпей в один слой кольшки с высотными отметками устанавливают как на обрезах, так и на оси насыпи.

Если возводят высокую насыпь скреперами или автомобилями-самосвалами из привозного грунта, то необходимо обозначить кольшками линии подошвы насыпи, а кольшки с высотными отметками вынести за пределы полосы, в которой они могут быть повреждены передвигающимися машинами.

Между высотными отметками насыпи существуют следующие соотношения (рисунок 17, 18).

$$H_n = H + b_0 i_0 - h_k + \frac{b_k^2 k}{2}, \quad (52)$$

где  $H_{\text{к}}$  – рабочая отметка поверхности насыпи (низа дорожной одежды) по оси, м;  $H$  – рабочая отметка бровки насыпи, м;  $b_0$  – ширина обочины, м;  $l_0$  – уклон поверхности обочины, сотые доли единицы;  $h_{\text{к}}$  – высота обочины по кромке проезжей части, м;  $b_{\text{к}}$  – ширина проезжей части;  $l_{\text{к}}$  – уклон поверхности земляного полотна под дорожной одеждой, сотые доли единицы.

Разбивочная отметка поверхности насыпи по оси

$$H_p = H \frac{\delta_{\text{max}} K}{\delta_p}, \quad (53)$$

где  $\delta_{\text{max}}$  – объемный вес скелета грунта насыпи при стандартном уплотнении, г/см<sup>3</sup>;  $K$  – требуемый коэффициент уплотнения;  $\delta_p$  – объемный вес скелета грунта насыпи в рыхлом теле (до уплотнения), г/см<sup>3</sup>.

Превышение  $H_p$  над  $H$  (запас на осадку при уплотнении) зависит от способа возведения насыпи и может быть ориентировочно определено по таблице 5.

Таблица 5

Грунты насыпи	Высота насыпи, м	Способ возведения насыпи		
		грейдер-злеваторами	экскаваторами с автомобилями-самосвалами	скреперами и бульдозерами
Запас на осадку, % Н				
Пески	до 4	4,0	3,0	1,5
	4-10	3,0	2,0	1,0
Супеси и суглинки	до 4	12,0	8,0	2,0
	4-10	8,0	6,0	1,5
Пылеватые суглинки и глины	до 4	15,0	12,0	3,0
	4-10	10,0	8,0	2,0

Расстояние  $A$  от оси насыпи до линии подошвы (рисунок 17) определяют по формуле

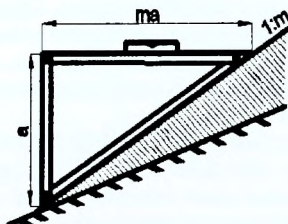
$$A = \frac{B}{2} + mH, \quad (54)$$

где  $B$  – ширина насыпи поверху;  $m$  – заложение откосов.

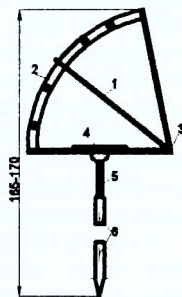
а)



б)



в)



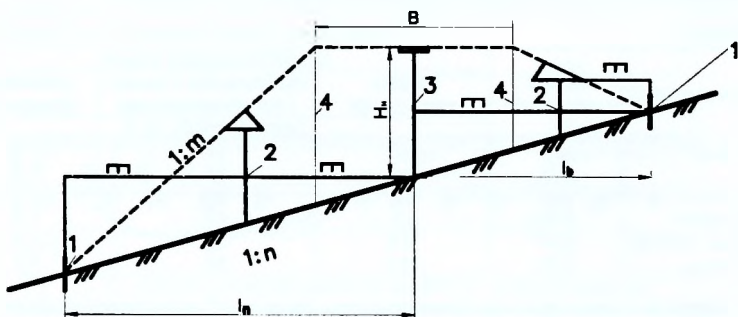
а – комплект визирок; б – откосное лекало; в – откосный шаблон;  
1 – визир; 2 – сектор; 3 – шарнир; 4 – уровень; 5 – выдвигающая стойка; 6 – штатив  
Рисунок 19 – Приспособления для разбивки земляного полотна

Земляное полотно современных автомобильных дорог обычно возводят с присыпными обочинами: вначале насыпь отсыпают до отметки низа дорожной одежды, затем после устройства каждого конструктивного слоя одежды последовательно отсыпают и уплотняют соответствующий слой грунта обочины. В соответствии с этим при возведении насыпи ее отсыпают с уширением с каждой стороны на величину  $mх$ , где  $m$  – заложение откосов,  $х$  – разница высотных отметок бровки насыпи и низа присыпной обочины (см. рисунок 18), определяемая с учетом поперечных уклонов по формуле:

$$x = \frac{h - (i_0 - i_k) b_0}{1 - m i_k}, \quad (55)$$

где  $h$  – толщина дорожной одежды, м;  $b_0$  – ширина обочины, м.

Колышки с высотными отметками устанавливают не реже чем на каждом пикете, а также во всех местах перелома продольного профиля, а на вертикальных кривых – не реже чем через 20 м на выпуклых и 10 м на вогнутых. Колышки, обозначающие линии подошвы насыпи, бровки резервов и т. п., устанавливают через каждые 25...50 м.



1 – точки пересечений линий откосов с линией косогога;  
2 – откосные лекала или шаблоны; 3 – визирка; 4 – вешки  
**Рисунок 20 – Схема разбивки насыпи на косогоре**

При разбивке земляного полотна пользуются нивелирами, а также специальными приспособлениями: визирками, откосными лекалами и шаблонами (рисунок 19). Визирка представляет собой планку с перекладной. Комплект из трех визирок позволяет контролировать постоянный уклон между точками, отметки которых определены нивелированием. Откосное лекало – треугольник из деревянных планок, две из которых соединены под углом, равным углу заложения откоса. Придавая основанию лекала горизонтальное положение с помощью уровня, проверяют положение линии откоса, которая должна совпадать с наклонной стороной лекала или быть параллельной ей. Переносный откосный шаблон представляет собой усовершенствованное лекало с переменными высотой и углом при основании.

На рисунке 20 показана схема разбивки насыпи на косогоре с помощью визирок, откосных лекал и вешек. Для обозначения линий подошвы насыпи важно правильно определить точки пересечения линий откосов с линией косогога.

Расстояния этих точек от оси насыпи равны:  
для верхового откоса

$$l_n = \frac{n}{n+m} \left( \frac{B}{2} + mH_n \right); \quad (56)$$

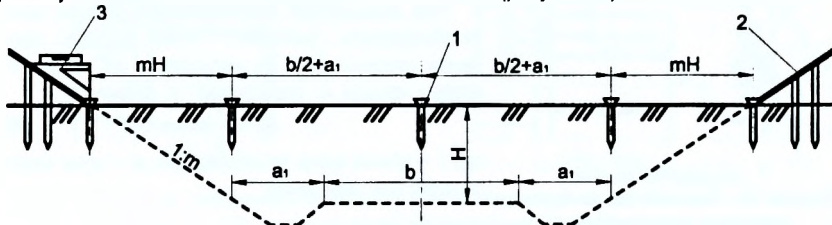
для низового откоса

$$l_n = \frac{n}{n-m} \left( \frac{B}{2} + mH_n \right), \quad (57)$$

где  $H_n$  – рабочая отметка поверхности насыпи по оси;  $m$  – заложение откоса;  $1 : n$  – поперечный уклон косогора.

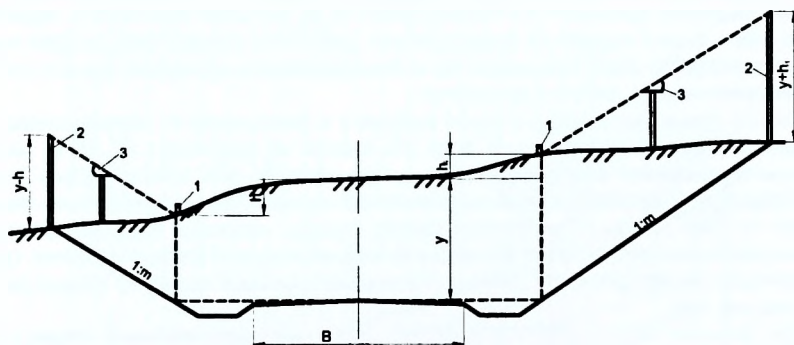
На косогорах целесообразно устанавливать у линий подошвы насыпи постоянные откосные лекала из деревянных планок.

При разбивке выемок кольшки с высотными отметками выносят за бровки откосов. У бровок устанавливают постоянные откосные лекала (рисунок 21).



1 – кол с рабочей отметкой; 2 – постоянное откосное лекало; 3 – переносное лекало с уровнем  
Рисунок 21 – Разбивка выемки

Основные линии поперечного профиля выемки (бровки земляного полотна, наружные бровки кюветов) разбивают в конце разработки выемки, когда она на 0,2...0,3 м не достигает проектного очертания. Для нахождения бровок откосов выемок на косогорах вначале обозначают кольшками границы земляного полотна и определяют разницу их положения по высоте относительно осевой линии. Затем заготавливают две вехи длиной, равной глубине выемки по оси, с поправками, равными указанной разнице, т.е. одну укороченную, другую удлиненную. С помощью этих вех и откосных лекал или шаблонов находят границы выемки, как это показано на рисунке 22.

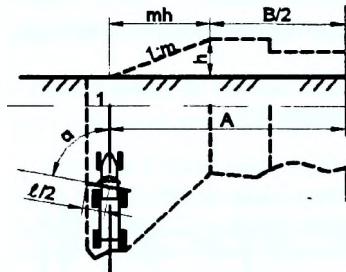


1 – кольшек; 2 – веха; 3 – откосное лекало или шаблон  
Рисунок 22 – Разбивка выемки на косогоре

При разбивке резервов на кольшках, установленных вдоль их бровок, надписывают глубину резерва в данном месте. У широких резервов с двухскатным дном, кроме того,

разбивают ось, нивелируют ее и указывают на кольшках глубину резерва по оси от поверхности земли.

Разбивка водоотводных канав заключается в установке кольшков вдоль осей с указанием глубины канавы и вдоль бровок. При этом особое внимание уделяют обеспечению проектного уклона дна канавы.



1 – направляющая вежа

Рисунок 23 – Разбивка линии первого зарезания автогрейдером

Помимо разбивочных знаков, обозначающих очертания и размеры земляного полотна, устанавливают также специальные знаки, необходимые для правильной работы машинистов землеройно-транспортных машин.

При возведении насыпи или ее нижней части автогрейдером, разбивают линию первого зарезания (рисунок 23). Ее расстояние от линии подошвы насыпи  $A_1$  определяют по формуле

$$A_1 = \frac{l}{2} \sin \alpha \quad (58)$$

где  $l$  – длина ножа автогрейдера;  $\alpha$  – угол захвата ножа при зарезании.

Линию первого зарезания обозначают вежами, устанавливаемыми через каждые 30...50 м.

При разработке выемок скреперами в конце прямых устанавливают высокие вежи на таком расстоянии от бровки выемки, чтобы машинист, ориентируясь на них, мог правильно пробить крайние проходы. При этом необходимо следить за тем, чтобы грунт в проектной плоскости откоса выемки остался нетронутым.

При разработке выемок экскаваторами устанавливают высокие вежи в створах их движения вдоль забоев.

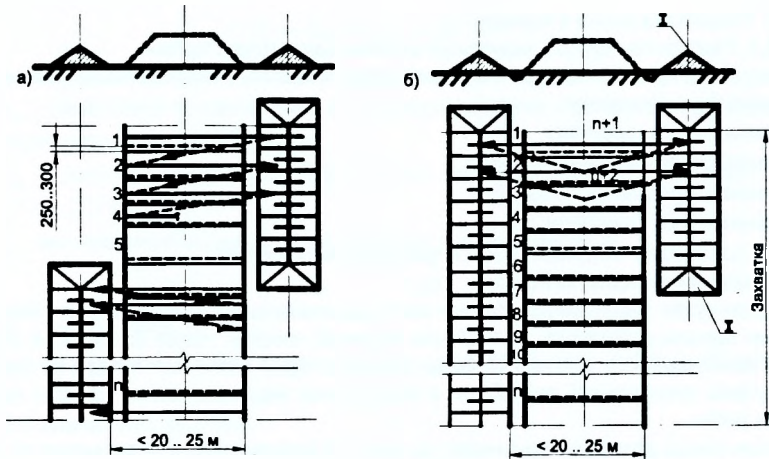
#### 5.4 Срезка растительного слоя грунта

Для срезки растительного грунта чаще всего применяют бульдозеры и грейдеры. Марка бульдозера принимается в соответствии с [5, 6], учитывая возможность нормирования работ. Если в задании на проектирование разработка карьера либо резерва задана бульдозером, то марку бульдозера желательно принимать одинаковой как для срезки растительного грунта, так и его разработки.

Способ срезки растительного грунта выбирают в зависимости от ширины полосы, с которой необходимо срезать грунт. Если эта ширина не превышает 20...25 м, растительный грунт срезают и перемещают бульдозером сразу по всей полосе (рисунок 24а).

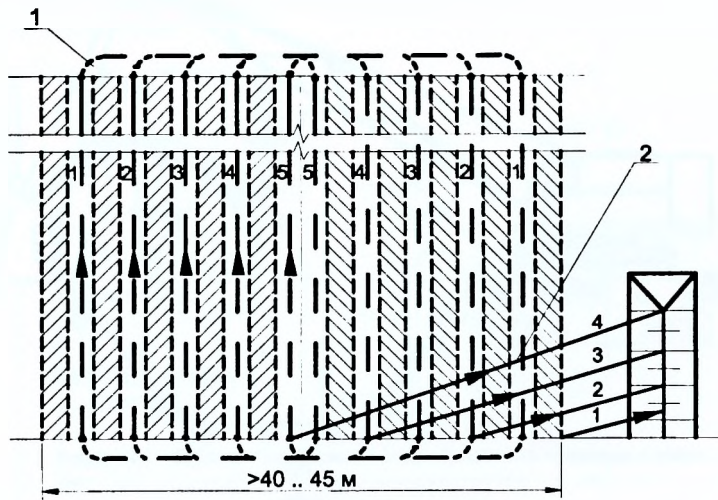
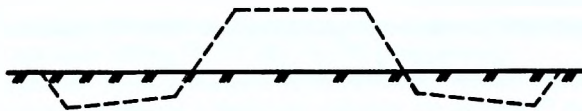
Каждый цикл зарезания и перемещения грунта осуществляют с перекрытием предыдущего на 200...300 мм. При большой ширине полосы, например, при необходимости срезки растительного грунта с поверхности основания насыпи и боковых резервов, грунт перемещают поочередно в обе стороны от оси дороги, начиная зарезание каждый раз от оси (рисунок 24б).

При большом объеме работ применяют продольно-поперечную схему срезки и перемещения растительного грунта: продольными проходами бульдозера срезают грунт и собирают его в продольные валы, затем поперечными проходами перемещают его за пределы полосы срезки (рисунок 25). Эту работу рационально выполнять, применяя одновременно автогрейдер и бульдозер: первый для срезки грунта и его укладки в продольные валы, второй – для поперечного перемещения грунта.



а – поперечным способом на полосе шириной менее 20..25 м  
 б – то же, на полосе шириной более 20..25 м

I – кавалер (отвал) растительного грунта; 1,2...n – проходы бульдозера  
**Рисунок 24 – Схема среза и перемещения растительного грунта**



1 – схема перемещения автогрейдера

**Рисунок 25 – Продольно-поперечная схема среза и перемещения растительного грунта**

## 5.5. Разработка грунта в карьере.

### 5.5.1. Разработка грунта в карьере одноковшовыми экскаваторами

Разработка грунта в карьере с перемещением в насыпь земляного полотна возможна следующими способами:

- экскаватором драглайн;
- экскаватором обратная лопата;
- экскаватором прямая лопата;
- самоходным скрепером;
- бульдозером с погрузкой грунта в транспортные средства;
- комбинированными методами.

Производство работ целесообразно вести одноковшовыми экскаваторами, оборудованными ковшом-драглайном, прямой или обратной лопатой. Марку экскаватора выбирают в зависимости от принятого объема ковша, который назначают исходя из требуемой глубины минимальной разработки и обеспечения заданных темпов (сроков) производства работ.

Объем ковша драглайна принимают по табл. П3 (приложение) в зависимости от длины пути волочения ковша в забое  $l_{\text{в}}$  (рисунок 16):

$$l_{\text{в}} = \frac{h}{\sin \alpha} \geq l_{\text{в}}^{\text{н}} \quad (59)$$

где  $h$  – глубина разработки грунта, м;

$\alpha$  – угол наклона откоса забоя к горизонту, принимаемый по табл. П4 (приложение).

Значения  $l_{\text{в}}^{\text{н}}$  приведены в таблице П3 (приложение).

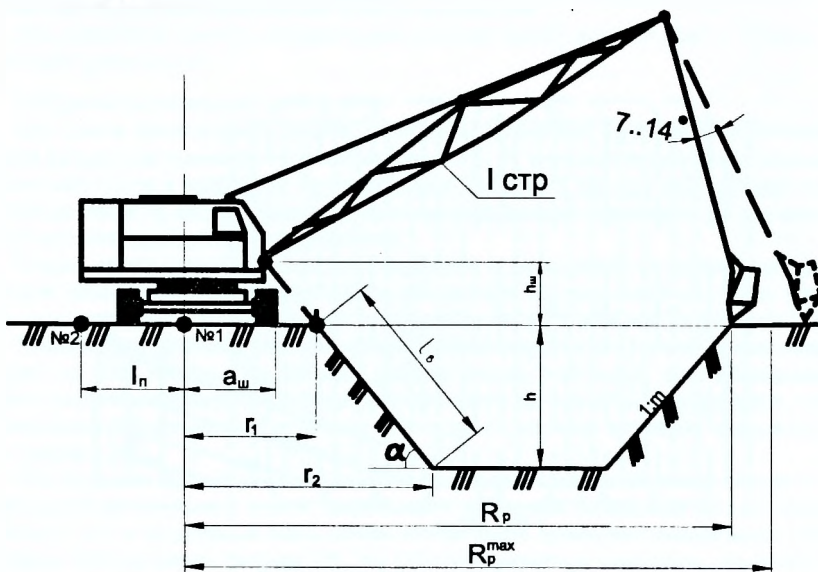


Рисунок 26 – Схема расчетных параметров экскаватора драглайн

$$r_1 = a_{ш} + h_{ш} \cdot ctg\alpha, \quad (60)$$

где  $r_1$  – минимальный радиус копания на уровне стоянки экскаватора, м;

$a_{ш}$  – расстояние по горизонтали от шарнира крепления стрелы до шарнира вращения экскаватора, м ( $a_{ш} \approx 1,0 \dots 1,5$  м);

$h_{ш}$  – высота шарнира крепления стрелы над уровнем стоянки экскаватора, м ( $h_{ш} \approx 1,5 \dots 2,0$  м);

$r_2$  – минимальный радиус копания на уровне подошвы забоя, м;

$$r_2 = r_1 + h \cdot ctg\alpha; \quad (61)$$

где  $h$  – глубина забоя, м;

$\alpha$  – угол наклона пандуса волочения ковша-драглайна, град. (таблица П4, приложение).

Для экскаватора драглайн

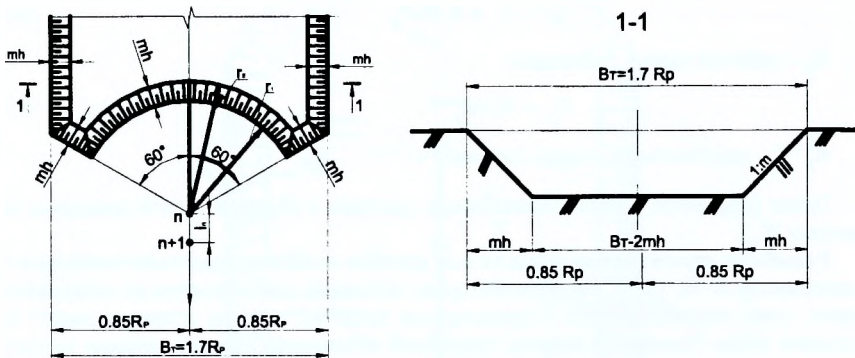
$$l_{п} = \frac{1}{5} L_{стр}, \quad (62)$$

где  $l_{п}$  – длина перемещения экскаватора, м;

$L_{стр}$  – длина стрелы, м (приложение, таблица П5).

При выборе экскаватора обратная лопата и его характеристик следует руководствоваться данными таблиц П6, П7, П8, П9, П10 (приложение).

Разработку грунта в выемках одноковшовыми экскаваторами драглайн и обратная лопата ведут торцевыми и боковыми забоями. На рисунке 27 представлена схема торцевого забоя при разработке грунта в транспортные средства, которые располагаются в пределах пятна выемки.



**Рисунок 27 – Торцевой забой экскаватора драглайн и обратная лопата**

Пионерная траншея, разработанная торцевым забоем и расширяется боковыми проходами.

Расчетная схема бокового забоя приведена на рисунке 28.



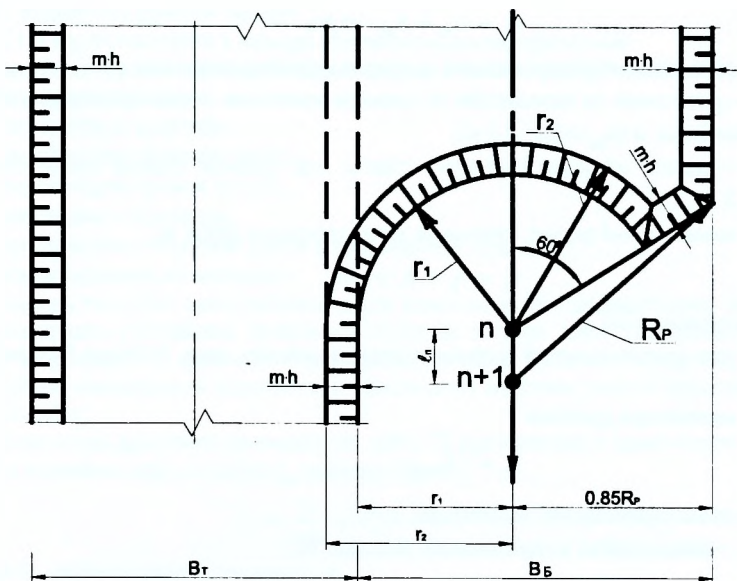


Рисунок 28 – Схема бокового забоя экскаватора драглайн и обратная лопата

Ширина торцевого забоя (разработки)

$$B_{\tau} = 0,85R_p \cdot 2 = 1,7R_p \quad (63)$$

Ширина боковой разработки

$$B_{\delta} = r_1 + 0,85R_p \quad (64)$$

$R_p$  – рабочий радиус срезания, м.

$$R_p = 0,9R_p^{max} \quad (65)$$

$R_p^{max}$  – максимальный радиус срезания, м.

Схема разработки выемки экскаваторами драглайн и обратная лопата приведена на рисунке 29.

Разработка грунта выемки экскаватором драглайн возможна продольно-челночным и способами [8, 9, 10, 13, 17, 18]. В таком случае экскаватор располагается на поверхности земли, грунт разрабатывается в транспортные средства, которые устанавливаются на подошве забоя. Разработка ведется торцевыми и боковыми забоями, ширина которых определяется по выражениям (63, 64, 65).

Техническая характеристика одноковшовых экскаваторов драглайн представлена в приложении, таблица П5, экскаватора обратная лопата – таблицы П9, П10 (приложение).

Объем ковша экскаватора прямая лопата принимается по таблице П11, длина передвижки – по таблице П8, а технические характеристики экскаваторов приведены в таблице П12 (приложение).



$$B_n = 2 \sqrt{R_p^2 - l_n^2}, \quad (66)$$

где  $R_p$  – рабочий радиус резания, м (см. выражение 65);  $l_n$  – длина пути перемещения экскаватора (таблица П8, приложение).

б) лобовой забой с движением экскаватора по зигзагу (рисунок 31):

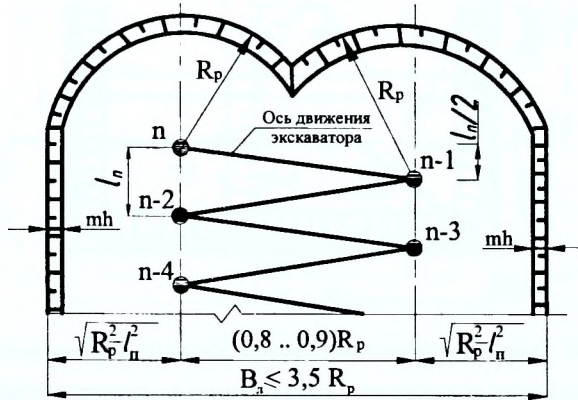


Рисунок 31 – Схема лобового забоя с движением экскаватора по зигзагу

$$\text{Ширина проходки: } B_n = 2 \sqrt{R_p^2 - l_n^2} + (0,8 \dots 0,9) \cdot R_p, \quad (67)$$

в) лобовой забой с движением экскаватора поперек забоя (рисунок 32):

$$\text{Ширина проходки: } B_n = 2 \sqrt{R_p^2 - l_n^2} + 2(0,8 \dots 0,9) \cdot R_p, \quad (68)$$

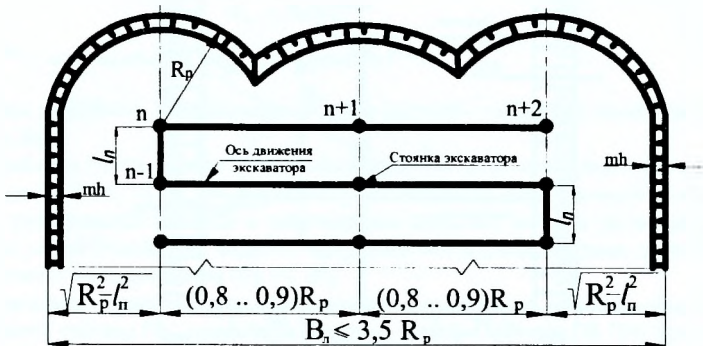


Рисунок 32 – Схема лобового забоя с движением экскаватора поперек забоя

Боковой забой экскаватора прямой лопатой представлен на рисунке 33.

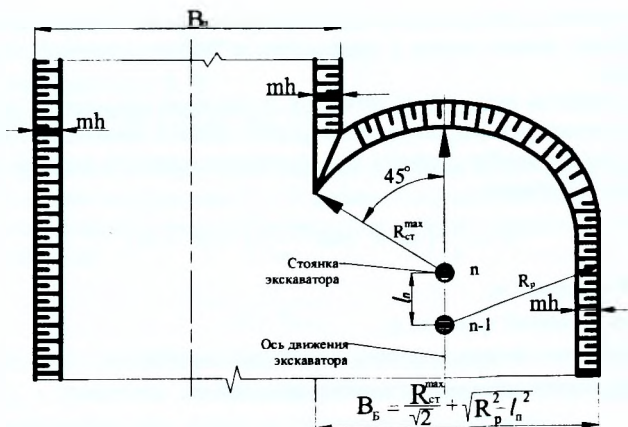


Рисунок 33 – Схема бокового забоя экскаватора прямая лопата

Ширина проходки:  $B_б = \frac{R_{ст}}{\sqrt{2}} + \sqrt{R_p^2 - l_n^2}$ . (69)

Разработка грунта в первой траншее (пионерской) ведется одной из лобовых проходок, а дальнейшая разработка ведется боковыми забоями.

Схемы экскаваторных работ на листе графической части проекта производятся для экономически целесообразного варианта.

Вариант схемы разработки выемки экскаватором прямая лопата приведена на рисунке 34.

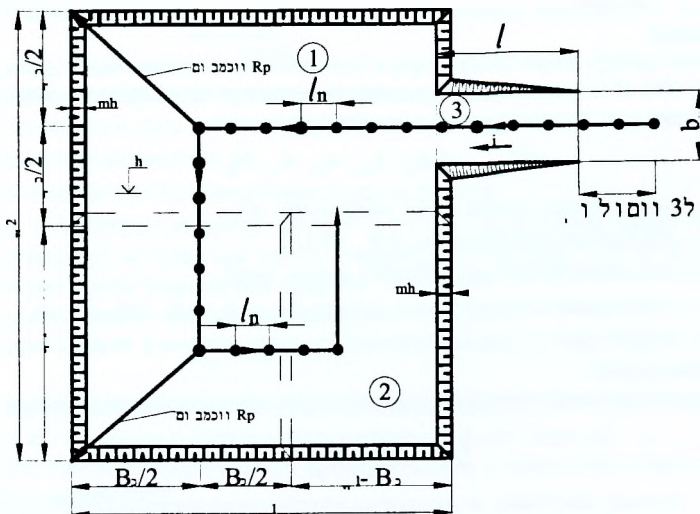


Рисунок 34 – Схема разработки выемки экскаватором прямая лопата

Съезд в котлован (резерв) может разрабатываться любым экскаватором (обратная лопата, драглайн, прямая лопата) в зависимости от запроектированной технологии выполнения работ.

Объем разработки должен быть учтен при составлении калькуляции затрат труда и машинного времени и при разработке календарного графика производства работ.

Объем грунта, разрабатываемого при устройстве въездной траншеи, может быть определен по выражению

$$V_c = \frac{h}{6} \cdot \left( 3b + 2mh \frac{m'-m}{m'} \right) \cdot (m' - m), \quad (70)$$

где  $h$  – глубина выемки, м;

$b$  – ширина въездной траншеи, м;

$m$  – коэффициент заложения откоса выемки, дол. ед. [10];

$m'$  – коэффициент заложения откоса пандуса, дол. ед.

$$m' = \frac{1}{i}, \quad (71)$$

где  $i$  – тангенс угла между горизонтальной плоскостью и образующей пандуса, дол. ед.

Величины  $b$  и  $i$  могут быть приняты в соответствии с рекомендациями [3] или по таблице П1 (приложение).

Примерно величину  $b$  можно принять 3,5...4,0 м – при одностороннем движении транспорта и 4,0...7,0 м – при двухстороннем движении транспорта.

Величина  $i$  принимается равной 0,10...0,20 в зависимости от грузоподъемности транспортного средства [35].

5.5.2. Определение сменной эксплуатационной производительности одноковшового экскаватора

После выбора марки экскаватора в соответствии со справочными данными таблиц П5, П9, П10, П12 (приложение) приводят техническую характеристику машины и определяют сменную эксплуатационную производительность:

$$\Pi_{з.см.} = 60g \cdot t_{см} \cdot n_{ц} \cdot k_e \cdot k_{в}, \quad (72)$$

где  $g$  – геометрический объем ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;

$t_{см}$  – продолжительность смены, ч ( $t_{см}=8,0$  ч);

$n_{ц}$  – количество циклов экскаватора в минуту, мин<sup>-1</sup>;

$k_e$  – коэффициент использования емкости ковша ( $k_e=0,8...0,9$ ), дол. ед.;

$k_{в}$  – коэффициент использования экскаватора по времени в течение смены (таблица П13, приложение).

Нормативная сменная эксплуатационная производительность экскаватора:

$$\Pi_{з.см.}^н = \frac{E_n \cdot t_{см}}{H_{м.вр.}}, \quad (73)$$

где  $E_n$  – единица измерения, на которую рассчитана норма времени в соответствии с [5, 6];

$H_{м.вр.}$  – норма машинного времени, маш.-ч.

$$N_{\text{н.вр.}} = \frac{N_{\text{вр.}}}{K}, \quad (74)$$

где  $N_{\text{вр.}}$  – норма маш.чел-ч, [5, 6];

$K$  – количество рабочих в звене, чел, [5, 6].

Значения расчетной и нормативной эксплуатационных производительностей экскаватора, вычисленные по формулам (72, 73) должны быть приблизительно одинаковыми.

Нормативная продолжительность производства работ по разработке грунта определяется по выражению:

$$T^{\text{н}} = \frac{V}{\sum_{i=1}^n \Pi_{\text{э.см.}}^{\text{н}}}, \quad (75)$$

где  $V$  – объем грунта, подлежащего разработке экскаваторами, м<sup>3</sup>;

$\sum_{i=1}^n \Pi_{\text{э.см.}}^{\text{н}}$  – суммарная нормативная сменная эксплуатационная производительность комплекта экскаваторов, принятых к производству работ, м<sup>3</sup>/см.

Нормативная продолжительность работ должна быть равна расчетной. В связи с этим коэффициенты  $n_{\text{ц}}$ ,  $k_{\text{е}}$  и  $k_{\text{м}}$  принимают из условия  $T^{\text{н}} = T$ .

### 5.5.3. Расчет количества транспортных средств для перемещения грунта

Транспортирование грунта от места разработки осуществляют автосамосвалами либо тракторами с прицепами. Вид транспортного средства, марку и грузоподъемность выбирают в зависимости от объема ковша экскаватора и расстояния транспортировки в соответствии с рекомендациями таблиц П15, П16 (приложение).

Количество ковшей грунта, который размещается в кузове транспортного средства, определяется по выражению:

$$m = \frac{P}{\gamma \cdot q \cdot k_{\text{е}}}, \quad (76)$$

где  $P$  – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\gamma$  – объемная масса груза, т/м<sup>3</sup>, таблица П4 (приложение);

$q$  – объем ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;

$k_{\text{е}}$  – коэффициент использования емкости ковша ( $k_{\text{е}}=0,9$ ).

Значения  $m$  округляют до целого числа  $m'$  с учетом, что перегрузка транспортного средства допускается не более чем на 5%, а недогрузка – не более 10%. В противном случае выбирают другое транспортное средство.

Объем грунта в кузове транспортного средства:

$$V_{\text{гр.}} = m' \cdot q \cdot k_{\text{е}}. \quad (77)$$

Объем грунта  $V_{\text{гр.}}$  не должен превышать вместимости кузова транспортного средства известной из его технической характеристики, таблица П16 (приложение).

Требуемое количество транспортных единиц исходя из условия обеспечения непрерывной работы экскаватора:

$$N = \frac{T_{\text{гр.}}}{t_{\text{н}}}, \quad (78)$$

где  $T_{ц}$  – время цикла транспортной единицы, мин;

$t_{п}$  – время погрузки транспортной единицы, мин.

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \quad (79)$$

$$t_{п} = t_1 + t_2 \quad (80)$$

где  $t_1$  – время маневрирования транспорта при постановке под погрузку, мин ( $t_1 \approx 1 \dots 5$  мин);

$t_2$  – время загрузки транспортной единицы, мин;

$t_3$  – время движения транспортной единицы в груженом состоянии, мин;

$t_4$  – время движения транспортной единицы в порожнем состоянии, мин;

$t_5$  – время маневрирования транспорта при постановке под разгрузку, мин ( $t_5 = 1$  мин);

$t_6$  – время разгрузки транспортной единицы, мин ( $t_6 = 1 \dots 2$  мин).

$$t_2 = \frac{v_{гп}}{P_{э}}, \quad (81) \quad t_3 + t_4 = \frac{2 \cdot L}{v_{сп}} \cdot 60, \quad (82)$$

где  $P_{э}$  – эксплуатационная производительность экскаватора, м<sup>3</sup>/мин;

$L$  – расстояние транспортирования грунта, км;

$v_{сп}$  – средняя скорость движения транспортной единицы в груженом и порожнем состоянии, зависящая от категории дороги, типа покрытия, марки транспортного средства, км/ч (ориентировочно можно принять для автосамосвалов  $v_{сп} = 20 \dots 25$  км/ч, для автомобильных землевозов –  $v_{сп} = 15 \dots 20$  км/ч, для тракторных землевозов  $v_{сп} = 5 \dots 10$  км/ч) или таблицы П17, П18 (приложение).

Продолжительность вспомогательных операций автосамосвалов даны в таблице П19 (приложение).

## 5.6. Разработка грунта скреперами и бульдозерами.

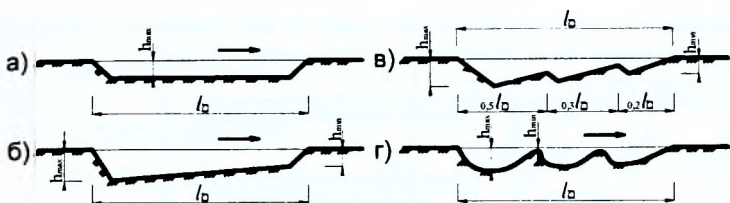
### 5.6.1. Разработка грунта скреперами

Скреперы – наиболее производительные землеройно-транспортные машины. Их используют при планировке поверхностей, разработке выемок и отсыпке насыпей. Скреперы бывают прицепные, полуприцепные и самоходные. Применение прицепных и полуприцепных скреперов эффективно при перемещении грунта на расстояние до 1,0...1,5 км, а самоходные – до 3,0...5,0 км.

Скреперами ведут разработку грунтов I и II групп по трудности разработки. Более плотные грунты необходимо предварительно рыхлить.

Набор грунта производят при прямолинейном движении скрепера. Для увеличения толщины стружки, сокращения времени и длины пути наполнения ковша применяют тракторы-толкачи.

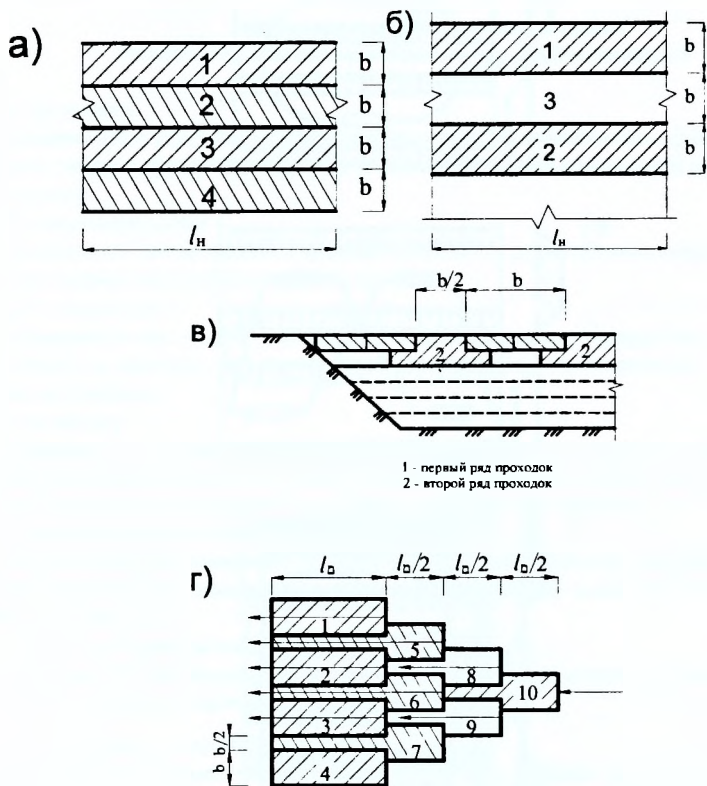
Скреперы набирают грунт различными способами (рисунок 35):



*а* – стружкой постоянной толщины (в связных грунтах при работе под уклон); *б* – клиновой стружкой (связные грунты на горизонтальных участках); *в* – гребенчатый способ (сухие глинистые и суглинистые грунты на горизонтальных участках); *г* – клевковый способ (сухие песчаные и супесчаные грунты на горизонтальных и наклонных участках)

**Рисунок 35 – Схемы набора грунта скрепером**

В строительной практике чаще всего используют следующие схемы разработки грунта (рисунок 36):



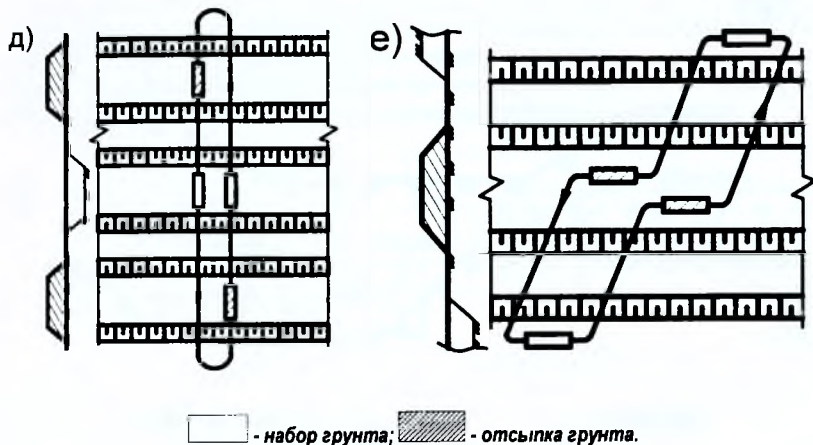
1 - первый ряд проходов  
2 - второй ряд проходов

*а* – последовательными проходами; *б* – через полосу;  
*в* – траншейно-гребенчатая схема; *г* – ребристо-шахматная

**Рисунок 36 – Схема разработки грунта скрепером**







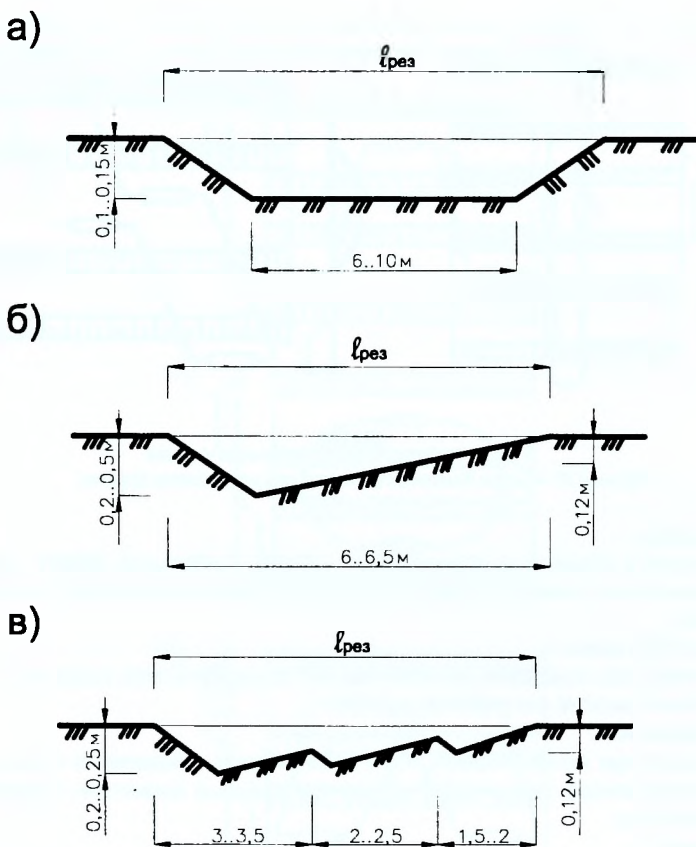
**Рисунок 37 – Схема движения скрепера при разработке грунта**

- а) по эллипсу – применяется в основном на планировочных работах. Наибольший эффект – при возведении линейно-протяженных выемок и насыпей глубиной или высотой до 2 м (не нужно съездов);
- б) спиральная схема – применяется при возведении широких насыпей из двухсторонних резервов, а также широких выемок высотой или глубиной до 2,5 м;
- в) по восьмерке – применяется при тех же условиях, что и эллиптическая – чередуются правые и левые повороты скрепера, что улучшает его эксплуатационные показатели. Сокращается время на повороты;
- г) по зигзагу – применяется при возведении насыпей высотой до 6 м из резервов при длине захватки 200 м и более. Уменьшается число поворотов и дальность возки грунта и повышается производительность скрепера по сравнению с эллиптической схемой (3...5%);
- д) челночно-поперечная схема – применяется при возведении насыпей высотой менее 1,5 м при разработке двухсторонних резервов. По сравнению с эллиптической схемой выше производительность скрепера на 20...25%;
- е) челночно-продольная – применяется при возведении насыпей до 5...6 м из двухсторонних резервов. Холостой пробег скрепера сокращается до минимума.

#### 5.6.2. Разработка грунта бульдозерами

Бульдозерами разрабатывают грунт в неглубоких выемках (до 1,0...1,5 м) при его перемещении до 100 м. Бульдозеры применяют также для разравнивания грунта, зачистки дна котлованов, обратной засыпки пазух фундаментов, траншей и др. работах.

Набор грунта может осуществляться следующими способами (рисунок 38) [21]:



а – стружкой постоянной толщины; б – клиновой стружкой; в – гребенчатым способом  
Рисунок 38 – Схема срезки грунта бульдозером

Применяют следующие способы разработки грунта:

- а) последовательными проходками при послойном резании грунта;
- б) траншейным способом.

Рисунок 38б

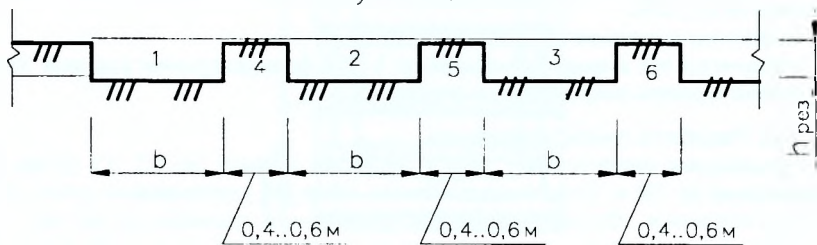
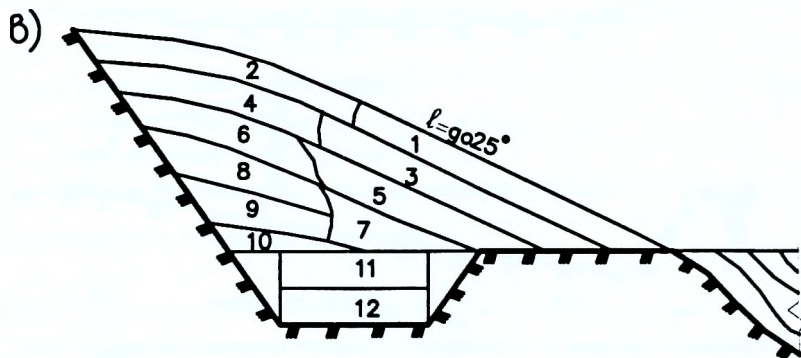
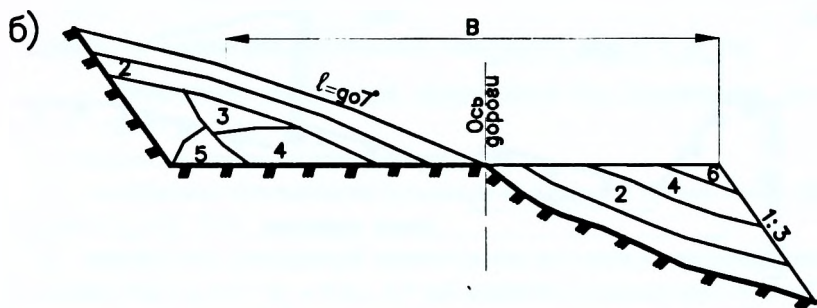
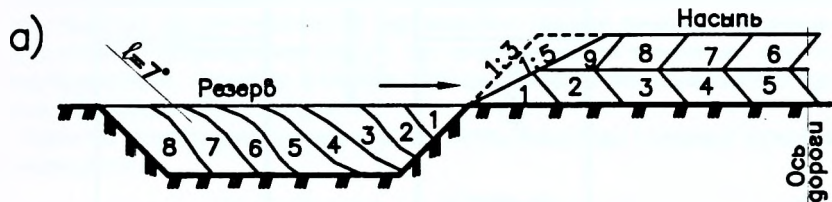
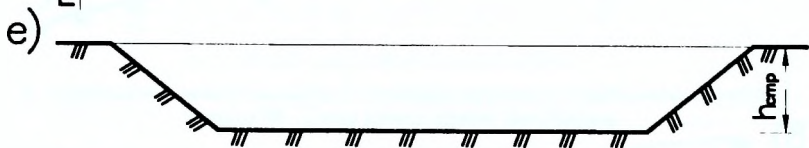
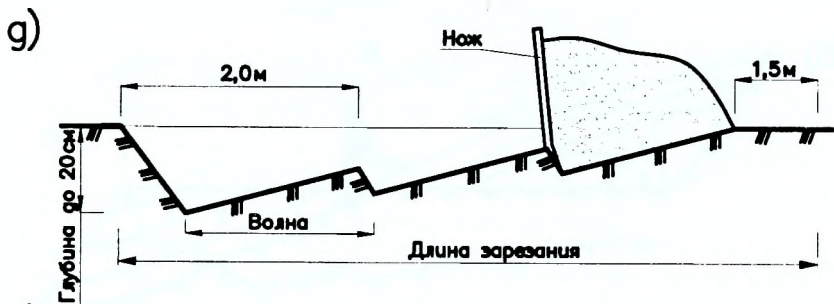
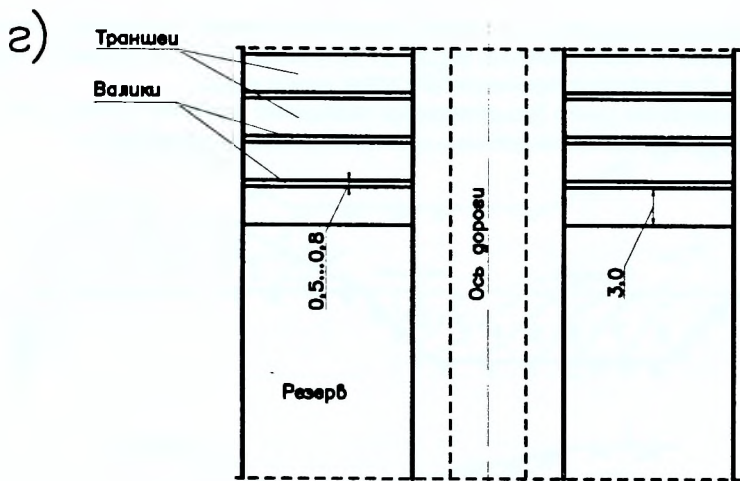


Рисунок 39 – Разработка грунта бульдозером траншейным способом

При перемещении грунта на расстояние свыше 40 м применяют разработку с промежуточным валом, а также спаренную работу 2-х бульдозеров [21]. При дальности перемещения до 70 м бульдозер перемещается в забой задним ходом.

Схемы разработки грунта бульдозером при возведении земляного полотна автомобильных дорог (из резервов, на склонах и косогорах) приведены на рисунке 40.





а – в резерве; б – на склоне; в – на косогоре (11 и 12 проход выполняют скреперы); г – план зарезаний в резерве; д – гребенчатое зарезание; е – постоянная толщина; ж – клиновья стружка  
Рисунок 40 – Схема разработки грунта бульдозером

5.6.3. Определение сменной эксплуатационной производительности бульдозеров и скреперов

Разработка грунта в выемках может выполняться бульдозерами, скреперами, грейдерами и другими механизмами.

Бульдозеры рекомендуется принимать на расстоянии перемещения грунта, не превышающем 100 м. Конкретную марку бульдозера выбирают по требуемой мощности базового трактора, которую назначают в зависимости от средней дальности перемещения грунта согласно рекомендациям [20, 21], где также приводятся технические характеристики бульдозеров, скреперов, грейдеров. При средней дальности перемещения грунта более 100 м эффективны скреперы.

Сменную эксплуатационную производительность бульдозера (грейдера) определяют по выражению:

$$P_{\text{эсм}} = 3600 \cdot t_{\text{оп}} \frac{h^2 \cdot l \cdot \sin \alpha}{T_{\text{д}}(1+k_p) \cdot 2 \cdot t g \beta} k_c k_a k_i k_n, \quad (83)$$

где  $h$  и  $l$  – высота и длина отвала, м;

$\alpha$  – угол установки отвала в плане по отношению к направлению движения, град ( $\alpha = 90^\circ$ );

$t g \beta = \frac{1}{m_a}$  – тангенс угла естественного откоса грунта, град. [3, 8, 20, 21];

$k_c$  – коэффициент, учитывающий потери грунта при перемещении, дол. ед.  
 $k_c = 1 - 0,005 \cdot L$ ;

$L$  – среднее расстояние перемещения грунта, м;

$k_a$  – коэффициент использования бульдозера по времени в течение смены, [6] приложение 4;  $k_a = 0,8 \dots 0,9$ ;

$k_i$  – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность бульдозера (при  $i \geq 0,1 - k_i = 0,6 \dots 0,7$  при движении на подъем; при  $i = 0 - k_i = 1$ ; при движении бульдозера под уклон при  $i \leq 0,1 - k_i = 1,1 \dots 1,3$ ; при  $i > 0,1 - k_i = 1,3 \dots 1,4$ );

$k_n$  – коэффициент наполнения призмы волочения ( $k_n = 0,8 \dots 1,0$ ).

$t_{\text{пер}}$  – время перемещения грунта, с;

$t_{\text{обр}}$  – время обратного холостого хода, с;

$t_{\text{пов}}$  – время на поворот бульдозера, с ( $t_{\text{пов}} = 6$  с);

$t_c$  – время на переключение скоростей ( $t_c = 8$  с);

$t_o$  – время на опускание ножа, с (на одну операцию  $t_o$  до 4 с).

Производится 3...4 операции за один цикл.

$$t_{\text{рез}} = \frac{l_{\text{рез.}}}{v_{\text{рез.}}}, \quad (84)$$

$$t_{\text{пер}} = \frac{l_{\text{пер.}}}{v_{\text{пер.}}}, \quad (85)$$

$$t_{\text{обр}} = \frac{l_{\text{обр.}}}{v_{\text{обр.}}}, \quad (86)$$

где  $l_{рез.}$  – длина пути резания грунта, м;

$l_{пер.} = L - l_{рез.}$  – длина пути перемещения грунта, м;

$l_{обр.} = L$  – длина обратного холостого пути, м;

$v_{рез.}, v_{пер.}, v_{обр.}$  – соответственно, скорости резания и перемещения грунта, холостого хода, м/с.

$$l_{рез.} = \frac{h^2 \cdot \sin \alpha}{(1+k_p) \cdot h_{стр.} \cdot 2tg\beta'} \quad (87)$$

где  $h_{стр.}$  – толщина снимаемой стружки, м (для бульдозеров на базе тракторов Т-75 и Т-100 в плотных грунтах  $h_{стр.} = 100 \dots 200$  мм, легких –  $200 \dots 300$  мм).

Скорости движения бульдозеров  $v_{рез.}, v_{пер.}, v_{обр.}$  принимаются по скорости движения базовых тракторов по табл. 6 из условия, что резание грунта осуществляется на I передаче, перемещение грунта – на II или III, холостой ход – IV.

Таблица 6 – Скорости движения тракторов на I-IV передачах

Передача	Тракторы					
	ДТ-55А-С2	ДТ-75, Т-74	Т-100	Т-130, Т-140	Т-180	ДЭТ-25-
I	3,59	2,25	2,36	2,54	2,86	2,6
II	4,69	3,6	3,5	3,74	5,06	3,85
III	5,43	5,14	4,18	5,56	6,9	5,7
IV	6,28	7,4	5,34	8,85	9,46	9,1
V	7,93	9,65	10,12	12,2	13,09	17,6
Задний ход	2,4	2,6...8,7	2,7...7,6	2,2...4,2	3,2...8,9	3,5...4,5

Если бульдозеры эффективно работают при глубине разработки выемок до 1,5 м и дальности перемещения грунта до 100 м, грейдеры – при глубине разработки выемок 1 м и дальности перемещения грунта до 20 м, то скреперы – при глубине выемок и высоте отсыпки насыпей более 1 м и дальности возки от 100 м до 5 км.

Тип скрепера для разработки выемок (прицепной, самоходный) и объем его ковша принимают в соответствии с рекомендациями [20, 21], после чего устанавливается техническая характеристика скрепера [5, 6].

Сменная эксплуатационная производительность скрепера определяется по формуле:

$$П_{э.см.} = 60 \cdot \epsilon_{см} \cdot q \cdot \frac{1}{T_n} \cdot \frac{k_n}{1+k_p} \cdot k_b, \quad (88)$$

где  $q$  – объем ковша скрепера, м<sup>3</sup>;

$k_n$  – коэффициент наполнения ковша (таблица 7);

Таблица 7 – Коэффициент наполнения скреперного ковша,  $k_n$

Грунт	Без толкача	С толкачом
Песок	0,50...0,70	0,80...1,00
Супесь и средний суглинок	0,80...0,95	1,00...1,20
Тяжелый суглинок и глина	0,65...0,75	0,90...1,20

$k_p$  – коэффициент первоначального разрыхления грунта в долях [6], приложение 2 либо табл. П20;

$k_n$  – коэффициент использования скрепера во времени в течение смены [6], приложение 4;

$T_{ц}$  – время цикла скрепера, мин.

$$T_{ц} = t_n + t_{гр.} + t_{xx} + t_p + t_{пов.} \quad (89)$$

где  $t_n$ ,  $t_{гр.}$ ,  $t_{xx}$ ,  $t_p$ ,  $t_{пов.}$  – соответственно, время наполнения ковша, движения скрепера в грузном состоянии, холостого хода, разгрузки, на повороты скрепера, мин ( $t_{пов.} = 12 \dots 15$  с на один поворот).

$$t_n = \frac{q \cdot k_n \cdot k_n}{b \cdot h_1 \cdot v_n (1 + k_p) \cdot k_h} \quad (90)$$

$$t_{гр.} = \frac{l_{гр.}}{v_{гр.}} \quad (91) \quad t_{xx} = \frac{l_{xx}}{v_{xx}} \quad (92) \quad t_p = \frac{l_p}{v_p} \quad (93)$$

где  $b$  – ширина захвата ковша, м;

$h_1$  – толщина срезаемой стружки, м (принимается по [6] или таблица 8).

Таблица 8 – Толщина снимаемой скрепером стружки,  $h_1$

Объем ковша скрепера, м <sup>3</sup>	При работе без толкача				При работе с толкачом			
	песок	супесь	суглинок	глина	песок	супесь	суглинок	глина
3,0	0,12	0,12	0,10	0,07	0,20	0,18	0,13	0,11
6,7	0,20	0,15	0,12	0,09	0,30	0,25	0,20	0,14
8,0	0,23	0,16	0,14	0,11	0,30	0,26	0,21	0,15
9,0	0,27	0,18	0,16	0,12	0,30	0,28	0,23	0,17
10,0	0,30	0,20	0,18	0,14	0,30	0,30	0,25	0,18
15,0	0,34	0,24	0,20	0,15	0,35	0,35	0,30	0,22

$k_n$  – коэффициент потерь грунта при наборе ( $k_n = 1,0 \dots 1,2$ );

$k_h$  – коэффициент неравномерности толщины снимаемой стружки ( $k_h = 0,7 \dots 1,0$ );

$v_n$  – скорость резания грунта, м/мин;

$l_{гр.}$  – длина пути движения в грузном и порожнем состоянии, м:

$$l_{гр.} = l_{xx} = L - \frac{l_n + l_p}{2} \quad (94)$$

$L$  – средняя дальность перемещения грунта скрепером, м;

$l_n$  – длина пути наполнения ковша, м:

$$l_n = t_n \cdot v_n \quad (95)$$



$l_p$  – длина пути разгрузки скрепера, м:

$$l_p = \frac{q \cdot h_n}{h_2 \cdot b} \quad (96)$$

$h_2$  – толщина слоя отсыпки грунта, м (принимают по [5, 6], но не более толщины уплотняемого слоя грунта);

$v_{гр.}$ ,  $v_{х.х.}$ ,  $v_p$  – соответственно, скорости движения скрепера в груженом и порожнем состоянии и при разгрузке, м/мин.

Скорости  $v_n$ ,  $v_{гр.}$ ,  $v_{х.х.}$ ,  $v_p$  можно принимать по [20, 21] или по скорости движения базового трактора по табл. 6 из условия, что набор грунта осуществляется на I передаче, перемещение груженого скрепера – на III, перемещение порожнего скрепера – на IV и разгрузка грунта – на II.

Число скреперов, обслуживаемых одним толкачом, определяется по [5, 6] либо по таблице 9.

Таблица 9 – Число скреперов, обслуживаемых одним толкачом

Расстояние перемещения грунта	Объем ковша скрепера, м <sup>3</sup>			
	прицепных		самоходных	
	до 6	8...10	8...10	15
100	2	2	–	–
250	4	3	2	–
500	5	4	3	4...5
750	–	6	4	7...8
1000 и более	–	–	6	9...12

### 5.7. Разработка грунта грейдерами

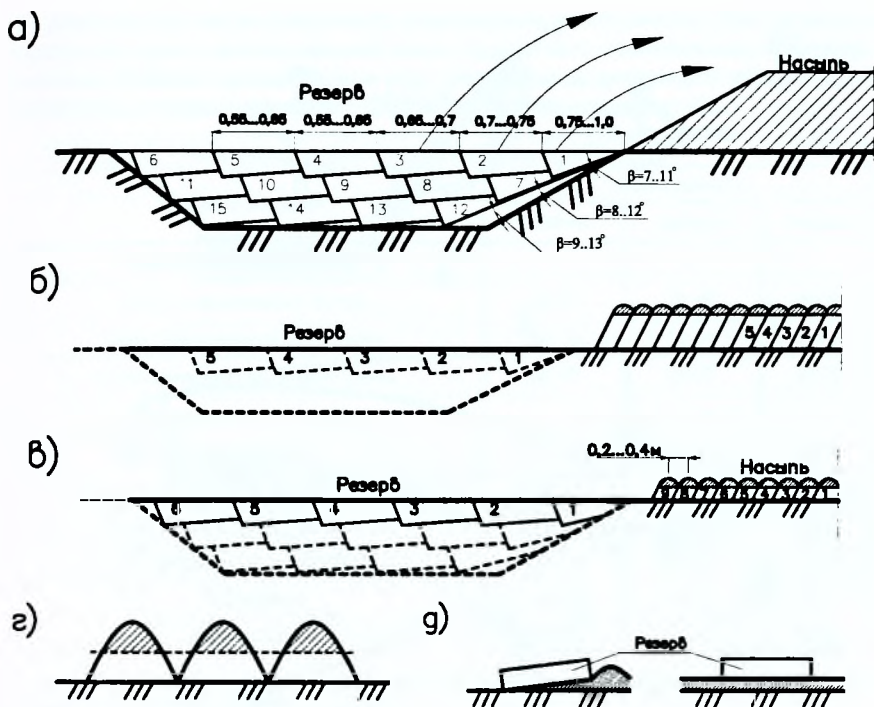
Невысокую насыпь возводят тяжелыми прицепными грейдерами или автогрейдерами из грунта, разрабатываемого в боковых канавах или резервах.

По сравнению с прицепными грейдерами автогрейдеры имеют большую производительность и маневренность и требуют меньшего количества обслуживающего персонала.

Технологический процесс работы грейдера состоит из ряда последовательных процессов.

Грейдер перемещается вдоль участка трассы с одной стороны, а затем переходит на другую сторону полотна и перемещается в обратном направлении. Совершая ряд таких круговых рейсов, грейдер зарезает грунт в боковых резервах, перемещает его в насыпь и разравнивает. Зарезание производится обычно одним концом ножа. Срезанный грунт постепенно перемещается вдоль ножа по направлению к оси дороги и укладывается с противоположного конца ножа. Грунт перемещается и укладывается в насыпь отдельными валами с последующим послойным разравниванием и уплотнением каждого слоя (рисунок 41).

Длина участка, на котором ведут работы по возведению насыпи, не должна быть менее 400...500 м, так как в противном случае производительность грейдера снижается в связи с увеличением затрат времени на повороты. Максимальная длина участка назначается в зависимости от частоты изменения проектных отметок насыпи, расположения мостов и труб, влажности грунта, времени его просыхания и обычно не превышает 1000 м.



а – схема полойного зарезания от внутренней бровки, б – укладка валов вприжим;  
 в – укладка валов грунта вполуприжим, г – укладка валов вразбежку, д – разравнивание вала  
**Рисунок 41 – Разработка резерва грейдером и укладка грунта в насыпь**

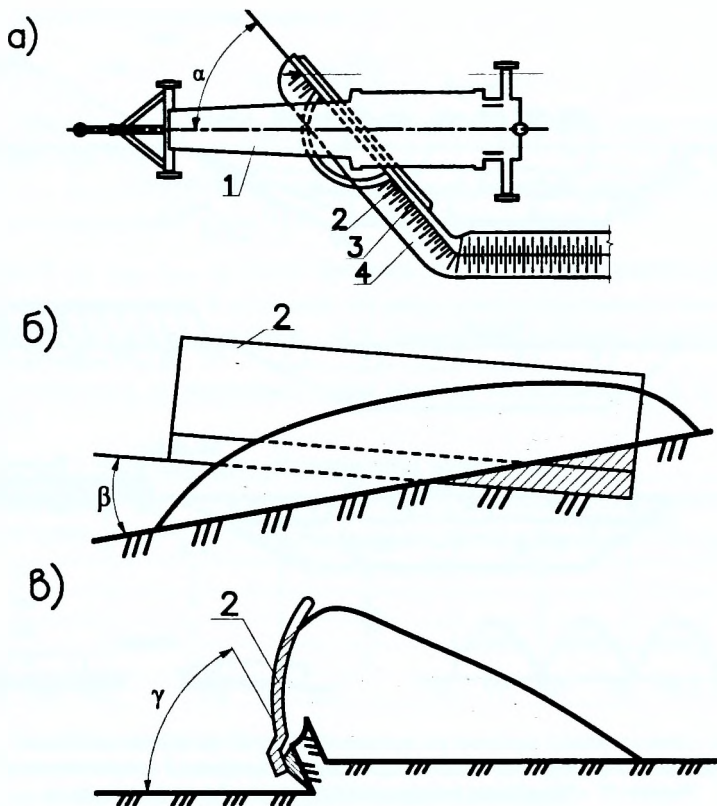
Высота насыпей, возводимых грейдерами, может достигать 1,0...1,2 м. Однако при такой высоте значительно увеличивается расстояние перемещения грунта и резко возрастает число необходимых проходов грейдеров, что неэкономично ввиду большого расхода топлива и снижения производительности работ. Поэтому грейдеры обычно используют для возведения насыпей высотой 0,5...0,75 м.

Производительность работы грейдера зависит от формы и размеров стружки грунта, получаемой за один проход, а также скорости движения машины на различных операциях и правильной последовательности прохода по резанию, перемещению и разравниванию грунта.

Увеличение размеров поперечного сечения стружки достигается предварительным рыхлением грунтов и правильной установкой ножа грейдера.

Установка ножа грейдера характеризуется:

- углом захвата  $\alpha$  (рисунок 42а), т.е. углом между режущей кромкой ножа и направлением движения грейдера;
- углом наклона  $\beta$  (рисунок 42б), т.е. углом между режущей кромкой ножа и горизонтом;
- углом резания  $\gamma$  (рисунок 42в), т.е. углом между касательной к поверхности ножа, проведенной через режущую кромку, и плоскостью срезания грунта.



1 – грейдер; 2 – нож грейдера; 3 – удлинитель; 4 – валик отсыпаемого грунта  
 Рисунок 42 – Углы установки ножа грейдера

Для каждой рабочей операции весьма важно правильно установить нож грейдера в зависимости от характера выполняемой им работы.

Изменение углов установки ножа сказывается на характере и результатах работы грейдера. От угла захвата  $\alpha$  зависит ширина полосы, захватываемой ножом при движении грейдера, и расстояние, на которое можно перемещать грунт в поперечном направлении от одного конца ножа к другому. Однако чем больше угол  $\alpha$ , тем больше сопротивление при заглублении ножа в грунт. Поэтому наименьшее значение угла захвата принимают при зарезании, когда необходимо преодолеть значительные сопротивления грунта, а наибольшие – при разравнивании, когда сопротивление грунта незначительно. Следует иметь в виду, что излишне большой угол захвата приводит к движению грунтовых частиц вместе с ножом в продольном направлении (волочению грунта) и к переваливанию грунта через отвал грейдера, чего не следует допускать.

Угол наклона  $\beta$  определяет степень погружения режущей части ножа в грунт и может изменяться в зависимости от свойств грунта и типа грейдера. Угол резания  $\gamma$  оказывает

значительное влияние на преодоление сопротивления грунта резанию. Чем больше сопротивление грунта, тем под меньшим углом  $\gamma$  должен быть установлен нож к поверхности земли. Наиболее целесообразные углы установки ножа приведены в таблице 10. Углы наклона для первых зарезаний в каждом слое указаны на рисунке 42а.

Таблица 10 – Рациональные углы установки ножа грейдера

Рабочие операции	Углы в градусах		
	захвата	резания	наклона
Зарезание без удлинителя:			
грунта, взрыхленного плугом	До 30	До 40	До 15
грунта, взрыхленного рыхлителем	30...35	До 40	До 15
неразрыхленного несвязного грунта	До 40	До 35	До 15
Перемещение и отделка:			
влажных грунтов	40...50	45...40	До 15
сухих грунтов	35...45	40...45	До 18
Разравнивание с уплотнением	70...90	50...60	До 2
Разравнивание без уплотнения	55...60	45...50	До 3
Планировка	45...55	40...45	До 18
Срезка откосов	60...65	40...45	До 50

Каждый из углов установки ножа изменяется при помощи специальных устройств и механизмов грейдера или автогрейдера.

Можно также изменять наклон колес, в результате чего создается упор против действия поперечной силы, сдвигающей грейдер при работе на косогоре, и устойчивость грейдера повышается. Установка удлинителей и откосников к ножу позволяет увеличивать расстояние перемещение грунта в боковом направлении и осуществлять срезку откосов канав.

Для устройства насыпи боковые резервы разрабатывают грейдером по следующим схемам:

- слоями от внешней бровки резерва без предварительного рыхления (легкие грунты);
- слоями от внутренней бровки резерва с предварительным рыхлением;
- наклонными слоями с рыхлением (первый слой разработки начинается примерно с середины резервы).

Наиболее рациональной схемой перемещения грунта из резервов в насыпь является схема послыжного зарезания от внутренней бровки резерва к наружной (см. рис. 42), так как при этой схеме форма стружки (среза) близка к прямоугольнику и по площади больше, чем в других схемах, что повышает производительность грейдера.

В зависимости от толщины укладываемого слоя грунт размещают вприжим, в полуприжим, вразбежку и с разравниванием вала (см. рис. 42а, б, в).

Укладка вприжим состоит в том, что первый вал располагают у оси, а каждый последующий прижимают к ранее уложенному вплотную, без зазора. Этот способ не требует подъема грунта вверх по свежесыпанному грунту и характеризуется небольшим объ-

емом работ по разравниванию поверхности; однако он требует мощных средств для уплотнения насыпи, отсыпаемой в один слой, и поэтому рекомендуется при насыпях высотой до 0,4 м.

Укладка вполуприжим заключается в том, что каждый последующий вал грунта передвигается к предыдущему так, что сливаются только их основания. Верхушки валов срезаются грейдером, и, таким образом, разравнивают нижний слой насыпи. Полученный слой толщиной 250...300 мм уплотняют катками. На первый слой снова укладывают валы, начиная от оси насыпи и до образования второго слоя.

При укладке вразбежку получают слои толщиной 200...250 мм, а при укладке с разравниванием – 150...200 мм. Способ укладки грунта принимается с учетом имеющихся средств уплотнения.

При производстве работ стыкование захваток невозможно выполнить только при помощи грейдера. Кроме того, у искусственных сооружений и на ряде неровных участков трассы всегда возникает необходимость в дополнительной планировке грунта при помощи бульдозера или скрепера.

Применение грейдеров для возведения земляного полотна на косогорах в полувыемке-полунасыпи возможно лишь на относительно пологих склонах (до 1:3). Полувыемку разрабатывают сверху вниз параллельными слоями при движении грейдера в одну сторону, обратное движение машины используют для дополнительного перемещения и разравнивания грунта. Однако целесообразнее для этих работ применять бульдозер.

#### 5.8. Уплотнение насыпи земляного полотна

Уплотнение грунтов земляного полотна производят для того, чтобы насыпной грунт превратить в прочный слой с заданными расчетными параметрами.

Недостаточно уплотненный насыпной грунт с течением времени дает неравномерную осадку, что приводит к возникновению неровностей на поверхности покрытия и его разрушению. Тщательное уплотнение грунта повышает его прочность и водостойчивость.

Для уплотнения грунтов применяют разнообразные машины, которые по способу действия на грунт можно разделить на три группы:

*I* – **катки**, которые уплотняют грунт в процессе движения по его поверхности за несколько проходов по одному месту; вальцы катков могут быть гладкие, кулачковые, в виде пневматических шин;

*II* – **ударные или трамбующие машины** – трамбовки пневматического и взрывного действия, электротрамбовки, молотковые трамбовочные машины, трамбующие плиты;

*III* – **вибрационные машины**. В последние годы для уплотнения применяют машины, сочетающие в себе укатку с вибрационным или трамбующим действием, что увеличивает глубину уплотняемого слоя и повышает производительность работ.

При выборе машин для уплотнения грунта следует учитывать его физико-механические свойства, толщину уплотняемого слоя, необходимую степень уплотнения и производительность машины.

Катками уплотняют грунты, обладающие связанностью. При этом следует иметь в виду, что катки с гладкими вальцами уплотняют грунт на относительно незначительную глубину. Так, глубина уплотнения грунта 12-тонным катком равна 200...250 мм, 5-тонным катком – 100...150 мм.

Для использования кулачковых катков высокое удельное давление катка передается через торцы кулачков на значительную глубину, от 300 (катки массой 5 т) до 500...800 мм

(катки массой 25...30 т). Верхний разрыхленный слой толщиной 80...100 мм доуплотняются катком с гладкими вальцами. Катками на пневматических шинах уплотняют не только связанные, но также и песчаные грунты; давление от пневматических шин при большом весе катка достигает значительной глубины.

Современные способы уплотнения грунтов позволяют достигать такой их плотности, которая значительно превышает первоначальную (т.е. плотность грунта в природном залегании). Тщательное уплотнение является эффективным и наиболее дешевым методом искусственного улучшения свойств грунтов. Оно значительно уменьшает зависимость прочности подстилающего грунта от сезонных колебаний температуры и влажности.

На участках выемок, нулевых работ и невысоких насыпей плотность грунтов в естественном залегании целесообразно повышать путем тщательного уплотнения грунтово-го основания. Несвязные песчаные грунты лучше всего уплотняются вибрационными уплотнителями и поливкой водой. Связные грунты, кроме укатки, можно уплотнять и трамбованием. Уплотнение трамбованием используют при ограниченном фронте работ (например, у опор мостов). Толщина слоя отсыпки зависит от принятых средств уплотнения и не должна превышать глубину эффективного действия этих средств.

Степень уплотнения грунта зависит от числа проходов уплотняющего механизма, вида и влажности грунта. Наиболее интенсивное уплотнение происходит при первых проходах машин и при оптимальной влажности грунта.

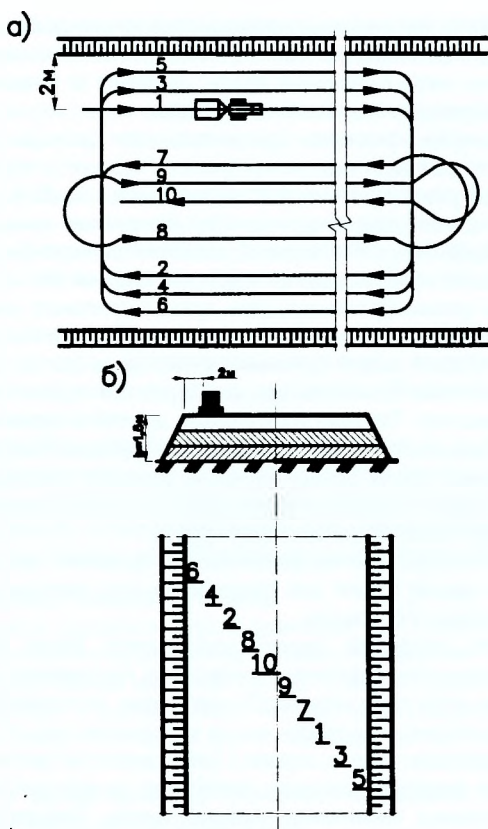
Для уплотнения связных грунтов целесообразно применять два типа уплотняющих машин, из которых первый служит для предварительного уплотнения, а второй – для доведения их до требуемой плотности.

Предварительное уплотнение грунтов производится более легкими машинами (30...40% общего количества проходов). Специальное предварительное уплотнение не требуется в случаях, когда грунт отсыпается скреперами, автосамосвалами, тракторными тележками и равномерно уплотняется ими по всей ширине насыпи.

Уплотнение пересоших грунтов связано с необходимостью увеличения затрат энергии; для достижения заданной плотности необходимо производить повышенное число проходов уплотнительных механизмов большей массы. Переувлажненные связные грунты не поддаются уплотнению, так как вода, находящаяся в порах грунта, препятствует сближению частиц и в значительной мере снижает трение и сцепление между ними, создавая опасность сдвигов в насыпи.

На массивах земель с высоким уровнем грунтовых вод мокрый грунт, вынутый из резерва и уложенный в земляное полотно, требует просушки отдельными слоями. Этот процесс протекает быстро в засушливый период, когда днем температура длительное время превышает 30°. В таких условиях земляное полотно целесообразно отсыпать последовательным проходом двух экскаваторов. Поскольку возведение насыпей ведется послойно из мокрого грунта, требуется такая расстановка экскаваторов, чтобы слой грунта, уложенный в тело насыпи первым экскаватором, успевал просохнуть, подвергнуться разравниванию и уплотнению до подхода второго экскаватора, осуществляющего отсыпку верхнего слоя насыпи.

Насыпь следует уплотнять с постепенным смещением укатываемых полос от ее краев к середине с перекрытием их на 0,25 м (рисунок 43). Важное значение имеет равномерность уплотнения как по ширине земляного полотна, так и в продольном направлении, неравномерное уплотнение приводит к неравномерным осадкам, опасным для прочности дорожной одежды.



а – движение катка, б – схема перекрытия ходов,  
1...10 – номера проходов

**Рисунок 43 – Схема движения катка при уплотнении насыпи**

При возведении насыпей ведут контроль за уплотнением грунта и его влажностью. Для этого систематически (с помощью специальных грунтоносов) берут образцы грунта и проверяют, насколько объемный вес скелета и влажность образцов соответствуют требуемым величинам, установленным в лаборатории по методу стандартного уплотнения.

Для быстрого определения плотности грунтов можно использовать полевой грунто-вый гамма-плотномер типа вилки или щупа, а также гамма-плотномер, смонтированный на передвижной тележке. Работа подобных приборов основана на принципе просвечивания гамма-лучами радиоактивного изотопа (кобальта) слоя грунта, находящегося между источником гамма-излучения и детектором, и на зависимости интенсивности гамма-излучения, проходящего через слой грунта, от его плотности.

Текущий контроль за уплотнением грунта можно осуществить наиболее простым способом с помощью ударника СоюзДорНИИ. В этом случае степень уплотнения определяют по числу ударов стандартного груза (падающего с определенной высоты), необходимых для погружения в грунт штыря ударника на глубину 100 мм.

### 5.9. Возведение земляного полотна автомобильных дорог на болотах

Конструкцию земляного полотна на участках дорог, проходящих по болотам, принимают в зависимости от категории дороги с учетом типа болота, его глубины и свойства торфов, слагающих болото.

Болота могут быть разделены на три основных типа: I тип – болота, сплошь заполненные торфами устойчивой консистенции, подстилаемые достаточно плотными минеральными грунтами; II тип – болота с торфом неустойчивой консистенции, подстилаемые органическим или полуорганическим илом (сапропелем); III тип – болота, заполненные жидкими торфами с плавающей торфяной коркой (сплавинные болота).

При возведении земляного полотна на болотах следует по возможности соблюдать следующие условия:

- пересечение болота трассой дороги в наиболее узком и неглубоком месте, имеющем наименьшие поперечные уклоны минерального дна;
- ограничение сроков стабилизации осадки насыпи периодом ее возведения;
- осушение болота во всех случаях, когда это технически возможно и экономически целесообразно (при этом мелиоративные работы производят до возведения насыпей).

На дорогах с усовершенствованными облегченными покрытиями при глубине болота до 2 м торф из-под насыпи, как правило, должен быть полностью удален.

При строительстве дорог с переходными и низшими типами покрытий на болотах с устойчивыми торфами насыпи возводят без выторфовывания или с частичным выторфовыванием. Причем толщина оставшегося слоя торфа с учетом его обжатия должна быть при переходных покрытиях не более 0,33, а при низших – не более 0,5 толщины минеральной части насыпи.

На болотах, где торфяной слой подстилается сапропелями, а также на болотах сплавинного типа при глубине до 2 м насыпи возводят с опиранием на минеральное дно болота. В этом случае насыпь начинают отсыпать непосредственно на поверхность болота. Затем она постепенно опускается вглубь под действием собственного веса, выжимая жидкий торф и воду в стороны. Для равномерного погружения насыпи в болото вдоль ее основания (на расстоянии около 3 м) в торфяном ковре (сплавине) прорезают две борозды. Насыпь отсыпают "с головы", вдоль оси дороги, благодаря чему торфяной ковер прогибается, что облегчает выдавливание торфа в стороны (рисунок 44а). В этом случае сплавина погружается в болото вместе с насыпью. Насыпь на поверхности болота удобно отсыпать в зимнее время, когда верхний мерзлый слой грунта имеет значительную несущую способность. При оттаивании происходит разрыв торфяной коры, и насыпь погружается в болото.

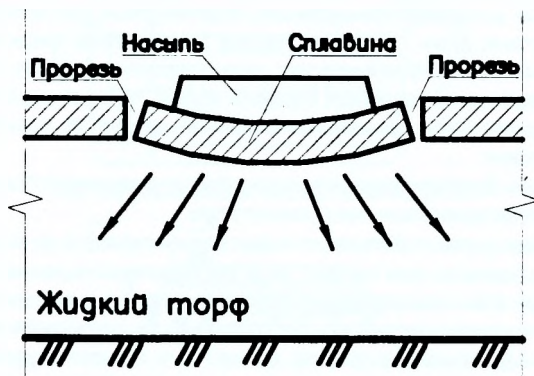
На болотах из сплошного торфа земляные работы по устройству насыпи, частично погруженной в торф, выполняют путем отсыпки грунта на поверхность болота. Под действием веса грунта торф сжимается, и насыпь постепенно погружается в болото до тех пор, пока сжатый под ней торф не окажется в состоянии выдержать давление грунта. Насыпи отсыпают обычно "с головы" на всю ширину поперечного сечения, в несколько слоев по высоте.

Ускоренное и более полное погружение насыпи в болото под действием ее собственного веса можно осуществить способом перегрузки. С этой целью на поверхность болота (рисунок 44б) вначале отсыпают узкую насыпь *АВСДОР*, ширина насыпи поверху соответствует ширине проезжей части дороги. По мере погружения в болото насыпь досыпают до тех пор, пока избыточный вес грунта над проектной поверхностью *EF* (призма

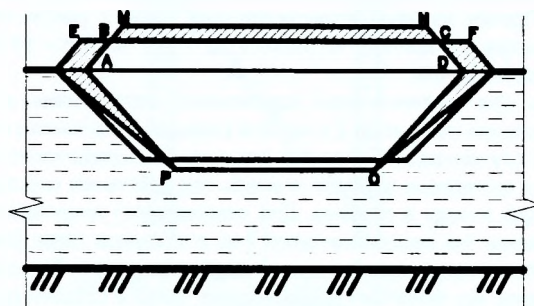


*MNCB*) не будет равен весу дорожной одежды и транспортных нагрузок. После прекращения осадки насыпи избыток грунта сдвигают бульдозером по обе стороны узкой насыпи, образуя боковые призмы под обочинами.

а)



б)



а) – погружение насыпи на дно болота на слое слабины;

б) – погружение насыпи в болото по способу перегрузки

**Рисунок 44 – Устройство дорожного полотна на болоте**

Для отсыпки насыпей на болотах и особенно для насыпей, погружаемых в торф, как правило, применяют грунты, сохраняющие несущую способность при насыщении водой: песчаные, гравелистые или супесчаные.

На болотах, имеющих поперечный сток воды, необходимо проектировать водопропускные сооружения; при наличии местных карьеров, вблизи трассы насыпи возводят из хорошо дренирующих крупнозернистых материалов (камня, гравия, гравелистого песка), если это экономически более целесообразно.

При работах по выторфовыванию болот глубиной до 4...5 м экскаватор-драглайн перемещают по оси дороги, оставляя за собой выторфованную продольную траншею по полную ширину насыпи. Чтобы не допустить заполнения траншеи сплывающим с боков торфом, ее немедленно засыпают грунтом. Грунт в голове насыпи подвозят на автомо-

биях-самосвалах, а к подошве насыпи в траншее перемещают бульдозером. При большой ширине выторфовывание ведут за два прохода экскаватора. Кроме экскаваторных работ, частичное или полное выторфовывание можно производить при помощи взрывных работ, а также при помощи гидромеханизации. В последнем случае струя воды, подаваемая под напором из сопла гидромонитора, размывает и разжижает торф. Затем разжиженный торф выкачивают при помощи торфяных насосов.

В условиях строительства сельскохозяйственных дорог на болотах с мощным слоем слабоустойчивого торфа (более 2 м) иногда устраивают дорожное полотно на плаву; при этом необходимо максимально использовать несущую способность торфяной залежи, усиливая сопротивление торфа осадке с помощью настилов из жердей или бревен в один или несколько рядов (в зависимости от характера нагрузки). Дорожное полотно на плаву не должно допускать опасных просадок при движении по дороге тракторов, автомобилей или сельскохозяйственных машин.

Для того чтобы закрыть образующиеся между жердями или бревнами щели, поверх настила укладывают слой мха или волокнистого торфа толщиной 50...60 мм, который засыпают слоем гравелистого грунта толщиной до 200 мм.

Устройство настилов из бревен, жердей или фашин является весьма трудоемкой работой и требует значительного расхода лесоматериалов. К тому же такая конструкция полотна недолговечна.

Для ускорения стабилизации осадки насыпей и повышения устойчивости торфа, оставшегося под насыпью, применяют прорезы, заполненные песком, вертикальные песчаные дрены и др. Вертикальные дрены устраивают в виде песчаных свай диаметром 300...500 мм, пронизывающих всю толщину торфяного слоя (рисунок 45). Нижняя часть дрен достигает минерального дна, а верхняя упирается в горизонтальный дренирующий слой, располагаемый внизу насыпи по всей ее ширине.

Под воздействием постоянной и временной нагрузок происходит осадка слоя торфа, при этом вода отжимается из этого слоя в вертикальные дрены, по которым перемещается вверх в горизонтальный дренирующий слой, откуда удаляется за пределы земляного полотна.

Вертикальные дрены располагают по квадратной сетке со сторонами 2...4 м и заполняют обычно крупнозернистым песком. Из такого же песка желательно устраивать горизонтальный дренирующий слой.

Для устройства вертикальных дрен можно применять металлические трубы, погружаемые в торф с помощью вибропогружателя.

Сеть вертикальных дрен способствует ускоренному осушению и садке торфяного слоя; повышается устойчивость насыпи, сокращаются сроки строительства, значительно уменьшается объем работ как по устройству земляного полотна, так и по удалению торфа.

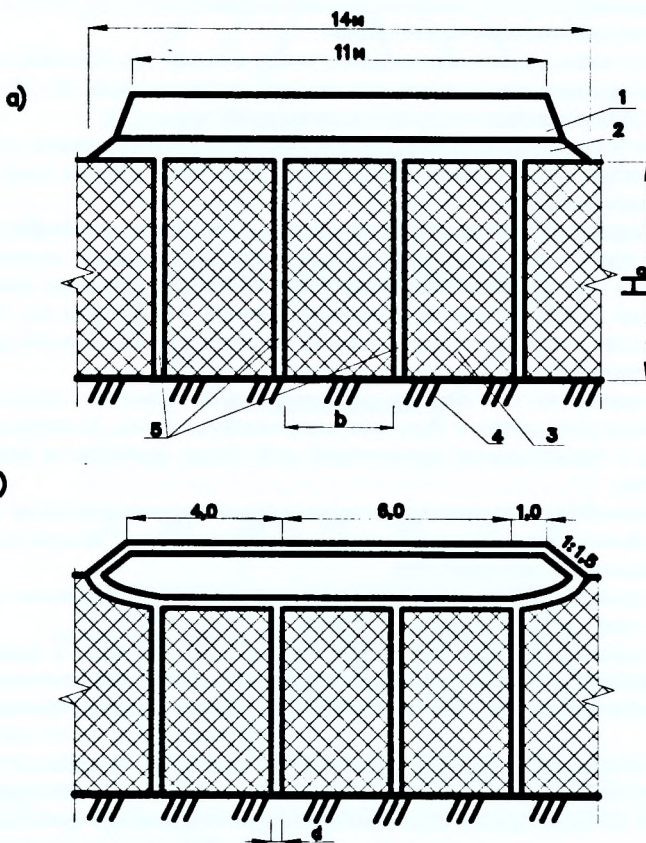
Аналогичные результаты можно получить при устройстве продольных прорезей, заполненных песком, что технологически более просто, но требует больше дренирующего материала, который, однако, может иметь меньший коэффициент фильтрации. Практически это даст возможность использовать более мелкий песок.

Наиболее целесообразно для устройства прорезей применить многоковшовый траншейный экскаватор, оборудованный уширенными гусеницами.

Для устройства прорезей можно использовать также драглайн, перемещаемый по спаням. Песок к ним подвозится на автомобилях и засыпается в прорези бульдозером.

В поперечном сечении устраивается несколько прорезей шириной около 1 м. Количество и ширина прорезей определяются расчетом.

На крупных болотных массивах для обеспечения наиболее благоприятных условий применения должной механизации при обработке и уборке полей осушительную и дорожную сети желательно располагать в непосредственной близости друг к другу, совмещая мелиоративные и дорожные работы. Эти работы начинают с рытья осушительных каналов и односторонней отсыпки грунта экскаваторами. Затем параллельно дороге устраивают кротовые дренажи кротодренером или дренажно-дисковой машиной. Отсыпанный грунт используют в дальнейшем для устройства дорожных насыпей. Дорожные работы обычно выполняют на следующий год после отсыпки грунта.



а – до осадки; б – после осадки  
 1 – насыпь 2 – дренирующий слой; 3 – слой торфа;  
 4 – минеральное дно, 5 – вертикальные дрены

**Рисунок 45 – Поперечный профиль земляного полотна с устройством вертикальных дрен**

В настоящее время для устройства земляного полотна постоянных автомобильных дорог на слабом основании применяют синтетические материалы типа "Дорнит" [36], геотекстиль [37] и т.п. На предварительно армированное основание отсыпают слой земляного полотна из дренирующих материалов. В результате достигаются необходимые физико-механические показатели земляного полотна и требуемые эксплуатационные качества дороги.

#### 5.10. Составление операционной карты

Составление операционной карты допускается на один из строительных процессов, выполняемых при возведении земляного полотна в соответствии с требованиями [2], приложение А.

Операционная карта составляется в форме таблицы 11, в соответствии с заданием на проектирование.

Таблица 11 – Операционная карта на ...

Наименование операции	Средства технологического обеспечения (технологическая оснастка, инструмент, инвентарь, приспособления, машины, механизмы, оборудование)	Исполнитель	Описание операции
1	2	3	4

### 6. Потребность в материально-технических ресурсах

Раздел должен содержать:

- ведомость потребности в материалах и изделиях [2], приложение Б;
- перечень машин, механизмов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений [2], приложение В.

Таблица 12 – Ведомость потребности в материалах и изделиях

№ п/п	Наименование материала, изделия	Наименование и обозначение ТНПА	Единица измерения	Количество
1	2	3	4	5
1	Грунт – песок	СНБ расчет	м <sup>3</sup>	V <sub>насыпи</sub>

Таблица 13 – Перечень машин, механизмов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений

№ п/п	Наименование	Тип, марка, завод-изготовитель	Назначение	Основные технические характеристики	Количество на звено (бригаду), шт
1	2	3	4	5	6

### 7. Контроль качества и приемка работ

Раздел «Контроль качества и приемка работ» оформляют по форме, приведенной в [2], приложение Г, а также в методических указаниях (таблица 14). Вид строительного процесса, на который составляется карта контроля технологических процессов, указывается в задании на проектирование.

Таблица 14 – Карта контроля технологических процессов при производстве работ по (на) ...

Объект контроля (технологический процесс)	Контролируемый параметр			Место контроля (отбора проб)	Периодичность контроля	Исполнитель контроля или поведение испытаний	обозначение ТНПА	Средства измерений		Оформление результатов контроля
	наименование	номинальное значение	предельное отклонение					Тип, марка, обозначение ТНПА	Диапазон измерений, погрешность, класс точности	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Входной контроль</b>										
	Данные	объектов	контроля							
<b>Операционный контроль</b>										
	Данные	объектов	контроля							
<b>Приемочный контроль</b>										
	Данные	объектов	контроля							

Данные по объектам контроля приведены в [28].

## 8. Техника безопасности, охрана труда и окружающей среды

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 и указания по их использованию;
- экологические требования к производству работ (условия сбора и удаления отходов, ограничение уровня шума, концентрации вредных веществ, пыли в воздухе рабочей зоны и др.).

Требования по охране труда, окружающей среды излагаются в соответствии с действующими правилами и нормами [3, 4].

## 9. Составление калькуляции и нормирование затрат труда

Раздел «Калькуляция и нормирование затрат труда» оформляется в форме, приведенной в [2], приложение Д либо в таблице 15 методических указаний.

Основные операции технологического процесса приводятся в технологической последовательности.

Таблица 15 – Калькуляция затрат труда

№ п/п	Обоснова-ние	Наименова-ние работ	Единица измерения	Объем	Норма времени на единицу, чел.-ч (маш.-ч)	Состав звена (бригады)			Затраты труда на объем, чел.-ч (маш.-ч)
						Профессия	Разряд	количество	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

В зависимости от наименования работ устанавливается их индекс по соответствующему сборнику НЗТ и заносится в графу 2. В графе 3 приводится перечень нормируемых работ. В графу 4 записывается единица измерения, на которую в НЗТ даны нормы времени. В графе 5 приводятся объемы работ в единицах измерения согласно графе 4. В графах 6...9 приводятся нормы времени, нормы машинного времени и состав звена в соответствии с НЗТ.

Затраты труда в чел.-ч (графа 10, числитель) рассчитываются путем перемещения данных граф 5 и 6 (числитель), а в маш.-ч – путем перемножения граф 5 и 6 (знаменатель).

При производстве работ в зимний период следует учитывать поправочный коэффициент  $\square$  (примерно  $k=1,1$ ).

### 10. Составление календарного графика производства работ

В курсовом проекте рекомендуется разработка календарного плана на основании калькуляции трудовых затрат и запроектированной технологии выполнения работ.

Расчеты к построению календарного графика выполняют в табличной форме, приведенной в таблице 16.

Таблица 16 – Расчеты к построению календарного графика производства работ

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Норма времени, чел.-ч	Трудоемкость, чел.-см	Состав звена	Продолжительность, см		% выполнения нормы
							нормативная	принятая	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

При построении графика необходимо выполнить разбивку объемов работ, затрат труда и продолжительности производства работ в соответствии с проектируемой технологической последовательностью. На графике отражается продолжительность, технологическая последовательность и взаимовязка отдельных строительных процессов.

Нормативная продолжительность каждого вида работ определяется путем деления затрат труда на количество рабочих в звене (бригаде) (графа 8).

Проектируемая продолжительность работ (графа 9) принимается в соответствии с нормативной (графа 8), учитывая необходимость начала или завершения работ через 0,5...1,0 смену, что может быть связано с перерывом в работе либо переходом звена (бригады) рабочих на другую строительную площадку.

Коэффициент выполнения норм (%) определяется по выражению:

$$k_n = \frac{T_n}{T_{пр}} \cdot 100\%, \quad (97)$$

где  $T_{пр}$  – принятая продолжительность работ (графа 9), см;

$T_n$  – нормативная продолжительность работ (графа 8), см.

Продолжительность выполнения вспомогательных работ должна быть меньше или равна продолжительности соответствующего основного процесса, что достигается изменением количества рабочих, но не менее нормативного.

Если продолжительность вспомогательных работ в два и более раза меньше продолжительности соответствующего основного процесса, то вспомогательные работы могут проектироваться в одну смену либо увеличивают количество основных машин.

Для рационального использования машин, трудовых ресурсов при построении календарного графика следует стремиться к обеспечению непрерывности выполнения каждого из процессов.

Общая продолжительность выполнения работ по календарному графику не должна превышать заданного срока (в соответствии с заданием на проектирование).

### 11. Расчет технико-экономических показателей

- продолжительность производства работ, см (принимается в соответствии с календарным графиком производства работ);
- трудоемкость отсыпки 1 м<sup>3</sup> насыпи земляного полотна:

$$Q_{\text{с}} = \frac{\sum Q}{V}, \left[ \frac{\text{чел-ч}}{\text{м}^3} \right], \quad (98)$$

где  $\sum Q$  – суммарные затраты труда при выполнении всех строительных процессов, проектируемых при возведении насыпи земляного полотна, чел-ч;

Трудоемкость отсыпки 1 м<sup>3</sup> насыпи может определяться в чел-см/м<sup>3</sup> (по усмотрению студента).

$$\text{При этом } Q_{\text{с}} = \frac{\sum Q}{V \cdot t_{\text{см}}}, \left[ \frac{\text{чел-см}}{\text{м}^3} \right], \quad (99)$$

где  $t_{\text{см}}$  – продолжительность смены, ч ( $t_{\text{см}} = 8,0$  ч).

$V$  – объем насыпи, м<sup>3</sup> (таблица 1);

- выработка на 1 чел-ч или 1 чел-см:

$$B = \frac{1}{Q_{\text{с}}}, \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{чел-ч}} \right] \text{ или } \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{чел-см}} \right] \quad (100)$$

На листе графической части технико-экономические показатели могут приводиться в табличной форме (таблица 46).

Таблица 46 – Техничко-экономические показатели

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
1	2	3	4

### 12. Указания по производству работ

Студентом должны быть даны указания по технологии и безопасному выполнению строительных работ, производство которых в недостаточной степени отражено в расчетной и графической части проекта. Организация рабочих мест при монтаже конструкций, устройство рабочих швов и стыков, выполнение планировочных и отделочных работ и т.п. В указаниях по производству работ могут быть даны пояснения к графической части.

При производстве работ в зимнее время должны быть представлены специальные мероприятия по выполнению строительных процессов при отрицательных температурах [38].

Указания должны быть изложены по пунктам в краткой форме и приведены на листе графической части.

### 13. Заключение

#### Литература

1. СТ БГТУ 01-2002. Стандарт университета. Оформление материалов курсовых и дипломных проектов (работ), отчетов по практике. Общие требования и правила оформления / Т.Н.Базенков, А.А.Кондратчик, И.И.Обухова. – Брест: БГТУ, 2002. – 47 с.
2. ТКП 45-1.01-159-2009. Строительство. Технологическая документация при производстве строительно-монтажных работ. Состав, порядок разработки, согласования и утверждения технологических карт. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2009. – 14 с.
3. ТКП 45-1.03.44-2006. Безопасность труда в строительстве. Строительное производство. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2006. – 33 с.
4. ТКП 45-1.03.40-2006. Техника безопасности в строительстве. Общие требования. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2006. – 45 с.
5. НЗТ. Сборник 2. Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные работы. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2002. – 224 с.
6. Единые нормы и расценки. ЕНиР. Сб. Е2. Земляные работы. Вып.1. Механизированные и ручные работы. Госстрой СССР М.: Стройиздат, 1988. – 224 с.
7. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог / В.В.Михайлов, В.Ф.Бабков и др. – М.: Транспорт, 1972. – 288 с.
8. Ганичев И.А. Технология строительного производства.– М.: Стройиздат, 1972. – 462 с.
9. Земляные работы / Ю.И. Беляков и др. – М.: Стройиздат, 1990.–271 с.
10. Бондарик В.А., Овчинников Э.В. Производство земляных работ.– Мн.: Высшая школа, 1979. – 128 с.
11. ТКП 059-2007. Автомобильные дороги. Правила устройства. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2007. – 93 с.
12. Изменение № 1 ТКП 059-2007. Автомобильные дороги. Правила устройства. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2010. – 12 с.
13. Славущий А.К., Носов В.П. Сельскохозяйственные дороги и площадки. Учебник для вузов.– М.: Агропромиздат, 1986. – 447 с.
14. Единые нормы и расценки. Сборник Е2. Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные работы. Госстрой СССР М.: Стройиздат, 1988. – 224 с.
15. Нормы затрат труда. Сборник 2. Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные работы. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2002. – 224 с.
16. Нормы затрат труда. Общая часть. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2002. – 38 с.
17. Марионков К.С. Основы проектирования производства строительных работ. Учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1980, -231 с.
18. Ясинецкий В. Г., Фенин Н. К. Организация и технология гидромелиоративных работ.–М.: Агропромиздат, 1986. – 352 с.
19. Ясинецкий В. Г. Организация, планирование и основы управления водохозяйственным строительством.–М.: Колос, 1982. – 238 с.
20. Рейш А. Е. и др. Машины для земляных работ.–М.: Стройиздат, 1981. – 352 с.
21. Рейш А. Е. и др. Земляные работы. –М.: Стройиздат, 1984. – 320 с.
22. Штоль Г. М., Теличенко В. И. Технология возведения подземной части и сооружений. Учебное пособие.– М.: Высшая школа, 1990. – 288 с.
23. Неклюдов М.К. Механизация уплотнения грунтов. – М.: Стройиздат, 1985. – 168 с.



24. Атаев С. С. и др. Технология, механизация и автоматизация строительства. – М.: Высш. шк., 1990 – 595 с.
25. Драченко Б. Ф. и др. Технология строительного производства. – М.: Агропромиздат, 1990 – 512 с.
26. Хамзин С. К., Карасев А. К. Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Высш. шк., 1989. – 216 с.
27. Новые технологии и машины при строительстве, содержании и ремонте автомобильных дорог: Учебное пособие / Под ред. А. Н. Максименко. – 2-е изд. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 223 с.
28. ТКП 234-2009. Автомобильные дороги. Операционный контроль качества при строительстве, ремонте и содержании. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 200. – с.
29. Карты трудовых процессов строительного производства: устройство земляного полотна дорожно-строительными машинами: 10 карт / Госстрой УССР. – Киев: Будивельник, 1981. – 66 с.
30. Технологическая карта на устройство нижнего слоя насыпи с разработкой грунта экскаватором и транспортировкой автосамосвалами. – Мн.: Министерство строительства и эксплуатации автомобильных дорог БССР, 1981. – 10 с.
31. Технологическая карта на устройство верхнего слоя земляного полотна. Мн.: Министерство строительства и эксплуатации автомобильных дорог БССР, 1981. – 11 с.
32. Технологическая карта на возведение земляного при устройстве ровиков уширения. – г. Кобрин: ОАО "Дорожно-строительный трест №4, г. Брест, 2001. – 5 с.
33. Манжелей Ю.В. Механизация земляных работ в стесненных условиях. \_ М.: Стройиздат, 1978. – 126 с.
34. Технологическая карта на устройство земляного полотна постоянных автомобильных дорог на слабом основании с применением синтетических материалов типа "Дорнит". Минстрой БССР. – Мн.: 1989. –31 с.
35. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. – М.: Стройиздат, 1988. – 287 с.
36. Имайкин Г.А. Автомобильные дороги: Охрана труда в строительстве. [Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобильные дороги"]. М.: Транспорт, 1985. – 207 с.
37. Правила по охране труда при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог. Пост. № 5-д /106 от 25.07.2002. Министерство транспорта и коммуникаций и Минтруда и социальной защиты РБ. (Национальный реестр правовых актов РБ, 2002 г., № 104, 8 / 8491).
38. Межотраслевые правила по охране труда. Постановление Минтруда и социальной защиты РБ от 03.06.2003, № 70 (Национальный реестр правовых актов РБ от 23.07.2003, № 8 /9818).
39. ТКП 313-2011 (02191). Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила устройства.
40. ТКП 200-2009 (02191). Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования.
41. ТКП 374-2012 (02191). Автомобильные дороги. Организация производственного контроля и правила приемки работ при возведении, реконструкции и капитальном ремонте.
42. Леонович, И.И. Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог / И.И. Леонович, А.Я. Котлобай. – Минск: БНТУ, 2005. – 552 с.
43. Бабаскин, Ю.Г. Строительство автомобильных дорог с облегченными и переходными покрытиями: учебное пособие / Ю.Г. Бабаскин, И.И. Леонович. – Минск: БИТУ, 2006. – 297 с.
44. Бабаскин, Ю.Г. Технология дорожного строительства: учебное пособие / Ю.Г. Бабаскин, И.Н. Вербило. – Минск: БИТУ, 2003. – 202 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П1 – Значения коэффициента заложения откоса ( $m$ ) для временных выемок [3], табл. 5.1

Грунты	Глубина выемки до, м		
	1,5	3,0	5,0
1	2	3	4
Насыпные неуплотненные	0,67	1,0	1,25
Песчаные и гравийные	0,5	1,0	1,0
Супесь	0,25	0,67	0,85
Суглинок	0	0,5	0,75
Глина	0	0,25	0,5
Лессовидные	0	0,5	0,5

Таблица П2 – Параметры въездов и выездов для скреперов и бульдозеров

Тип машины	Вид движения	Угол $\gamma$ , град		Стг $\gamma$ (м')	
		Подъем (выезд)	Спуск (въезд)	Подъем (выезд)	Спуск (выезд)
Скрепер прицепной	порожнее	$\leq 10$	$\leq 17$	$\geq 6$	$\geq 3,3$
	грузовое	$\leq 8,5$	$\leq 14$	$\geq 6,7$	$\geq 4$
Скрепер самоходный	порожнее	$\leq 8,5$	$\leq 14$	$\geq 6,7$	$\geq 4$
	грузовое	$\leq 7$	$\leq 11$	$\geq 8,3$	$\geq 5$
Бульдозер мощностью: N до 75 л.с.	груженое	$\leq 15$	$\leq 20$	$\geq 3,7$	$\geq 2,7$
	порожнее	$\leq 20$	$\leq 20$	$\geq 2,7$	$\geq 2,7$
N до 160 л.с.	груженое	$\leq 15$	$\leq 25-35$	$\geq 3,7$	$\geq 2,1-1,5$
	порожнее	$\leq 25-30$	$\leq 25-35$	$\geq 2,1-1,7$	$\geq 2,1-1,5$
N до 300 л.с.	груженое	$\leq 15$	$\leq 35$	$\geq 3,7$	$\geq 1,5$
	порожнее	$\leq 25$	$\leq 35$	$\geq 2,1$	$\geq 1,5$

Таблица П3 – Нормальная длина пути волочения ковша экскаватора драглайн, обеспечивающая полное наполнение ковша, м

Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Характер грунта		
	легкий	средний	тяжелый
0,25	2,0	3,0	2,5
0,5- 0,65	2,5	3,5	3,0
1,0	3,0	4,0	3,5
1,5-2,0	3,5	5,0	4,0

Таблица П4 – Угол откоса внутреннего забоя экскаватора драглайн  $\alpha_1$ , град.

Вид грунта	Песок	Супесь	Суглинок	Глина
Угол $\alpha_1$	40-45	40-45	30-35	20-30

**Таблица П5 – Технические характеристики одноковшовых экскаваторов со сменным оборудованием драглайн**

Марка экскаватора	Емкость ковша $q$ , м <sup>3</sup>		$R_p^{max}$ , м	Длина стрелы $L_{стр}$ , м	$H_{max}$ , м		$R_s^{max}$ , м	$H_s^{max}$ , м
	с зубьями	со сплошной режущей кромкой			при боковом проходе	при концевом проходе		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Э-302, Э-3-3, Э-304	0,35	0,4	10,1	10,5	4,2	7	8,3	6,3
ЭО-3311Б(Э-302Б), Э-304В, Э-304Г	0,4	-	11,1	10,5	4,42	7,8	10	6
Э-504, Э-505, Э-505А	0,5	0,65-0,8	10,2	10	3,8	5,6	8,3	5,5
КМ-602	0,6	0,8	13,2	13	-	7,8	10,4	-
Э-651, Э-652, Э-656	0,65	0,65-0,8	10,2	10	3,8	5,6	8,3	5,5
Э-801	0,75	1,1	10	11	4	6,7	9,2	5,5
ЭО-5111(Э-10011), ЭО-5111Е(Э-10011Е)	1	-	-	12,5	-	9,4	12,2	6,1
ЭО-6111(Э-1251), ЭО-6112Б(Э-1252Б)	1	1,25-1,5	12,9	12,5	5,1	7,5	10,4	6,5
ЭО-7111(Э-2503), ЭО-7111С(Э-2505)	1,5	-	27,4	25	14	20,5	23,8	15,9
	2		19,5	17,5	9,8	13	16,7	10,5
	3		19,3	17,5	9,3	13	16,7	10,5

**Таблица П6 – Наименьшая глубина забоя, обеспечивающая наполнение ковша обратной лопаты "с шапкой"  $h_{min}$ , м**

Грунт	Группа грунта	Емкость ковша, м <sup>3</sup>			
		0,25	0,5-0,65	1,0	1,5-2
Легкий	I-II	1,2	1,5	1,8	2,2
Средний	III	1,8	2,0	2,0	3,0

**Таблица П7 – Наименьшая ширина по дну забоя  $b_{min}$  экскаваторов обратная лопата и драглайн**

Экскаватор обратная лопата		Экскаватор драглайн	
Емкость ковша, м <sup>3</sup>	$b_{min}$ , м	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	$b_{min}$ , м
1	2	3	4
0,15	0,7	0,25...0,3	0,65
0,25...0,3	0,85	0,35	0,95
0,35	0,95	0,5	1,0
0,5	1,0	0,75	1,25
0,65	1,15	1,0	1,4
1,0	1,2		

**Таблица П8 – Рекомендуемая длина передвижки одноковшовых экскаваторов со сменным оборудованием прямая и обратная лопата**

Емкость ковша экскаватора в м <sup>3</sup>	Длина передвижки экскаватора в м	
	С прямой лопатой	С обратной лопатой
0,15	1	1,1
0,25	1,1	1,25
0,4	1,3	1,4
0,65	1,5	1,5
1	1,75	1,75
1,6	2	2
2,5	2,3	2,3

Таблица П9 – Технические характеристики одноковшовых экскаваторов со сменным оборудованием обратная лопата с механическим приводом

Марка экскаватора	Емкость ковша $q$ , м <sup>3</sup>	Наибольший радиус резания $R_p^{\max}$ , м	Наибольшая глубина копания $H_{\max}$ , м		Радиус выгрузки $R_r$ , м		Высота выгрузки $H_b$ , м	
			траншей	котлована	начальный	конечный	начальная	конечная
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЭО-1621(Э-153)	0,15 / -	4,1	2,2	2,2	2,1	4,4	1,7	3,2
ЭО-3311(Э-302)	0,3 / 0,4	7,8	4	2,6	4,2	6,8	3,05	5,06
ЭО-3111Г(Э-302Г), ЭО-3311А(Э-303А)	0,4 / -	7,8	4	2,6	4,15	6,8	3,05	5,06
Э-304Б, Э-304В	0,4 / -	7,8	4,2	2,8	4,15	6,8	2,9	5,44
Э-504, Э-505	0,5 / 0,65-0,8	9,2	5,6	4	5,4	-	1,7	4,3
Э-651, Э-652, Э656	0,65 / 0,65-0,8	9,2	5,6	4	5	8,1	3,1	6,14
КМ-602	0,6 / 0,8	2	7,8	7,8	10,4	12,1	-	-
ЭО-5111А(Э-10011, Э-10011А)	- / 1,1	9	-	6,1	7,8	9,9	3,1	6,14

Таблица П10 – Технические характеристики одноковшовых экскаваторов со сменным оборудованием обратная лопата с гидравлическим приводом

Марка экскаватора	Емкость ковша $q$ , м <sup>3</sup>	$R_p^{\max}$ , м	$H_{\max}$ , м	Радиус разгрузки $R_r$ , м		$H_r^{\max}$ , м
				при высоте разгрузки 3 м	при $H_r^{\max}$	
1	2	3	4	5	6	7
ЭО-2621А	0,25	5	3	-	2,7	2,6
ЭО-3322, ЭО-3322А, ЭО-3322Б, ЭО-3322В	0,4; 0,5; 0,65	8,2; 7,5; 7,5	5; 4,2; 4,3	6; 5,2; 5,3	7,5; 6,7; 6,6	5,2; 4,8; 4,9
Э-5015, Э-5015А, ЭО-3221Б(Э-5015Б)	0,5	7,3	4,5	6,7	6	3,9
ЭО-4121, 4121А	0,65; 1	9	5,8	8,9	5,4	5
ЭО-4321	0,4; 0,65; 1	10,2; 9; 6,9	6,7; 5,5; 4	8,2; 7,5; 5,6	7,3; 6,7; 4,9	6,18; 5,6; 5
ЭО-5122	1,25; 1,6	11,4; 10,6	8,3; 7,4	9,5; 8,9	8,8; 8,2	5,8; 5,5

Таблица П11 – Наименьшая высота забоя, обеспечивающая накопление ковша прямой лопаты "с шапкой"

Грунт	Группа грунта	Емкость ковша, м <sup>3</sup>						
		0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0
легкий	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
тяжелый	IV	3,0	3,5	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0

Таблица П12 – Технические характеристики одноковшовых экскаваторов со сменным оборудованием прямая лопата

Марка экскаватора	Емкость ковша $q$ , м <sup>3</sup>	Радиус копания на уровне стоянки		Наибольшая высота копания $H_{в}^{max}$ , м	Высота выгрузки, м		Радиус выгрузки, м	
		минимальный $R_{ст}^{min}$	максимальный $R_{ст}^{max}$		наибольшая $H_{в}^{max}$	при $R_{в}^{max}$	наибольший $R_{в}^{max}$	при $H_{в}^{max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
С механическим приводом								
ЭО-1621	0,15/-	-	4,1	1,8	2,6	-	2,9	-
Э-302, Э-303, Э-304	0,3/0,4	3	5,9	6,2	4,3	2,9	5,4	4,5
Э-504, Э-505, Э-505А	0,5/0,65	4,8	7,9	6,6	4,6	2,7	7,2	5,4
Э-651, Э-652, Э-656	0,65/0,65	2,8	7,8	7,1	4,5	2,7	7,1	5,4
Э-801	0,8-1/1,5	5	8,6	7,4	5	2,5	7,7	-
ЭО-5111А(Э-10011А)	1/-	4,8	9	6,7	5,1	3,4	8	6
ЭО-6111(Э-1251) ЭО-6112 (Э-1252)	1,25/1,5	3,3	9,9	7,8	5,1	3,4	8,9	3,6
ЭО-7111(Э-2503) ЭО-7111С(Э-2505)	2,5/-	4,3	12	10	7	3,5	10,8	10,2
Продолжение таблицы П10								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
С гидравлическим приводом								
ЭО-2621А	0,25	-	4,7	4,6	3,3	-	4,5	-
ЭО-4321	0,8	2,5	7,45	7,9	5,67	-	7,1	4,1
ЭО-4121А	1	3,1	7,3	7,5	5	-	6,9	4,6
ЭО-5122	1,6	4,7	8,93	9,65	5,1	-	8,3	4,6

Таблица П13 – Коэффициенты использования одноковшовых экскаваторов во времени

Наименование работы и вид оборудования	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Группа грунта				
		I	II, Iи	III, IIи	IV	V, IIIи
1	2	3	4	5	6	7
С механическим приводом						
Разработка грунта при устройстве выемок и насыпей экскаватором прямая лопата (Е2-1-8)	0.15+1.5	0.71/ 0.82	0.75/ 0.82	0.76/ 0.82	0.78/ 0.83	0.74/ 0.79
	2 ÷ 4	0.74/ 0.85	0.76/ 0.85	0.77/ 0.85	0.8/ 0.86	0.76/ 0.83
Разработка грунта в котлованах и траншеях одноковшовым экскаватором драглайн (Е2-1-10)	0.25 ÷ 1	0.65/ 0.8	0.66/ 0.8	0.68/ 0.81	0.71/ 0.81	0.64/ 0.75
Разработка грунта в котлованах одноковшовыми экскаваторами, оборудованными обратной лопатой (Е2-1-11)	0.15+0.65	0.64/ 0.76	0.65/ 0.76	0.66/ 0.76	0.67/ 0.78	0.64/ 0.72
То же, в траншеях (Е2-1-13)	0.15+ 0.65	0.65/ 0.78	0.66/ 0.78	0.67/ 0.78	0.69/ 0.8	0.65/ 0.75

Продолжение таблицы П13

С гидравлическим приводом						
1	2	3	4	5	6	7
Разработка грунта при устройстве выемок и насыпей одноковшовыми экскаваторами, оборудованные прямой лопатой (E2-1-8)	0.8+1.6	0.72/ 0.83	0.72/ 0.83	0.72/ 0.83	0.72/ 0.83	0.72/ 0.83
Разработка грунта в котлованах одноковшовыми экскаваторами обратной лопатой (E2-1-11)	0.25 + 1 1.25; 1.6	0.6/ 0.73 0.63/ 0.75	0.6/ 0.73 0.63/ 0.75	0.6/ 0.73 0.63/ 0.75	0.6/ 0.73 0.63/ 0.75	0.6/ 0.73 0.63/ 0.75
То же, в траншеях ( E2-1-13 )	0.25 + 1 1.25; 1.6	0.65/ 0.8 0.7/ 0.82	0.65/ 0.8 0.7/ 0.82	0.65/ 0.8 0.7/ 0.82	0.65/ 0.8 0.7/ 0.82	0.65/ 0.8 0.7/ 0.82

Примечание: в числителе указан  $K_b$  при работ в транспорт, в знаменателе – навывмет.

Таблица П14 – Распределение немерзлых грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки механизированным способом

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании, кг/м <sup>3</sup>	Разработка грунта			
		Экскаваторами одноковшовыми	Скреперами	Бульдозерами	Грейдерами
1	2	3	4	5	6
1. Глина: - жирная мягкая и мягкая без примесей - тяжелая ломовая сланцевая, твердая карбонная	1800 1950-2150	II IV	II -	II III	II -
2. Грунт растительного слоя: - без корней и примесей - с корнями кустарника и деревьев	1200 1200	I I	I I	I II	I -
3. Лесс: - легкий без примесей - твердый	1600 1800	I IV	I II	I II	I -
4. Песок без примесей, а также с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора до 10% по объему	1600	I	II	II	II
5. Суглинок: - легкий и лессовидный без примесей - тяжелый без примесей и с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора до 10% по объему	1700 1750	I II	I II	I II	I II
6. Супесь без примесей, а также с примесью гравия, гальки, щебня или строительного мусора до 10% по объему	1650	I	II	II	-

Таблица П15 – Рациональная грузоподъемность автосамосвалов, т

Дальность перемещения грунта, км	Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>						
	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	12	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	18	18	27	40
5	10	10	12	18	18	27	40

Таблица П16 – Технические характеристики автосамосвалов

Показатель	ЗИЛ-585Л	ЗИЛ-555	МАЗ-205	МАЗ-503Б	КрАЗ-222	КрАЗ-256Б	МАЗ-525	БелАЗ-Г40	МАЗ-530
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, $P_{TR}$ , т	3,5	4,5	6	7	10	11	25	27	27
Габаритные размеры кузова:									
длина, м	2,49	2,66	3	3,5	4,58	4,44	4,7	4,16	6,54
ширина, м	2,06	2,27	2	2,28	2,13	2,13	2,85	3,19	3,03
высота, м	0,62	0,65	0,6	0,52	0,8	0,65	1,2	1,58	1,14
Высота от грунта до верха кузова, м	2	2	2,1	2,15	2,8	2,64	3,3	3,3	3,5
Объем кузова, $V_{TR}$ , м <sup>3</sup>	2,44	3	3,6	4	8	8	14,3	15,3	22
Габаритные размеры:									
длина, м	5,97	5,55	6,08	5,92	8,19	8,19	8,22	7,18	10,5
ширина, м	2,29	2,39	2,64	2,6	2,65	2,65	3,22	3,49	3,45
высота, м	2,18	2,32	2,43	2,55	2,76	2,76	3,67	3,38	3,67

Продолжение таблицы П16

Показатель	КАЗ-4540	ГАЗ-СА3-3507	МАЗ-5549	МАЗ-5551	КрАЗ-222	КрАЗ-256Б1	КрАЗ-6510	КамАЗ-5511	КамАЗ-55102
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Грузоподъемность, $P_{TR}$ , т	5,5	4	8	8	10	12,5	13,5	10	7
Объем кузова, $V_{TR}$ , м <sup>3</sup>	7	5	5,1	5,5	8	6	8	6,6	7,9
Габаритные размеры:									
длина, м	6,81	6,17	5,785	6	8,19	8,11	8,29	7,14	7,57
ширина, м	2,5	2,5	2,5	2,5	2,65	2,575	2,472	2,5	2,5
высота, м	3,495	3,086	2,785	2,97	2,76	2,835	2,826	2,7	2,9

Таблица П17 – Средняя скорость движения автосамосвалов  $V_{CP}$  по грунтовым дорогам, км / ч.

Дальность транспортирования, км	Грузоподъемность автосамосвалов, т					
	3,5	6	10	11	25	27
0,3	10,3	9,5	8,4	10,3	–	–
0,5	12,7	11,8	10,3	12,7	–	–
0,7	14,5	13,7	12	14,5	–	–
0,9	16,1	15,3	13,4	16,1	–	–
1,1	17,5	18	14,7	11,4	11,4	16
1,4	19,5	18,6	16,6	19,5	12,4	17,3
2	22,7	31,8	19,4	22,7	14	19,4
3	26,5	25	22	26,5	16	21,9

Примечания:

- Средние скорости приняты для подъема не более 8%, длины подъема не более 500 м и длины серпантинов не более 30% общего расстояния перевозки грунта.
- При подъеме более 8%  $V_{CP}$  снижают на 5% на каждый 1% увеличения подъема.

3. При общей протяженности подъема более 500 м каждые следующие 100 подъема следует принимать в расчёте за 150 м.

4. При бездорожье, вызываемом атмосферными осадками, следует в расчёте снижать скорость на 15 ÷ 20%.

5. При  $L > 3$  км  $V_{CP}$  принимаются на основе экстраполяции, но не более 30 км/ч.

**Таблица П18 – Средняя скорость движения автосамосвалов  $V_{CP}$  ( $P_{TR} = 3.5+6$  т) при различных типах дороги, км / ч.**

Тип дороги	Класс дороги	Дальность транспортирования, км				
		0,5	1	2	3	5
Асфальтовая, бетонная, железобетонная	1	20	25	35	35	35
Щебеночная и гравийная	2	18	22	30	30	30
Бульжная	3	16	20	27	27	27
Грунтовая	4	15	17	25	25	25

**Таблица П19 – Продолжительность вспомогательных операций автосамосвалов, мин.**

Грузоподъемность автосамосвала, $P_{TR}$ , т	Продолжительность разгрузки кузова с опусканием его на место, $t_{P}$ , мин	Время установки автосамосвала		Перерывы в течении одного рейса	
		Под погрузку, $t_{УП}$ , мин	Под разгрузку, $t_{УР}$ , мин	Ожидание у экскаватора, $t_{О}$ , мин	Пропуск встречного автосамосвала, $t_{ПР}$ , мин
1	2	3	4	5	6
3,5	0,6	0,4	0,6	0,2	1
4,5	1	0,3	0,6	0,25	1
6 ÷ 7	1	0,3	0,6	0,25	1
11	1,4	0,5	0,4	0,3	1
25 ÷ 27	1	0,3	0,6	0,25	1

Примечание: время установки автосамосвала под погрузку при тупиковой (лобовой) проходке (лобовом забое) принимают равным времени установки времени под разгрузку.

**Таблица П20 – Показатели первоначального разрыхления грунта ( $K_p$ )**

№ п/п	Наименование грунта	Коэффициент $K_p$ , в %
1	2	3
1.	Глина	28...32
2.	Гравийно-песчаные грунты	16...20
3.	Растительный грунт	20...25
4.	Песок	10...15
5.	Суглинок	18...24
6.	Супесь	12...17
7.	Торф	24...30



Учебное издание

**СОСТАВИТЕЛИ:**

*Юськович Георгий Иванович  
Юськович Виталий Иванович  
Тимошук Валерий Анатольевич  
Лешкевич Николай Васильевич  
Козлюк Сергей Викторович*

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового и раздела дипломного проектов  
«Технологическая карта на возведение  
земляного полотна автомобильной дороги»  
по дисциплине «Строительство автомобильных дорог»  
*для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»  
дневной и заочной форм обучения*

Ответственный за выпуск: Юськович Г.И.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерная верстка: Соколюк А.П.  
Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 15.01.2016 г. Формат 60x84 1/16 Гарнитура Arial Narrow.  
Бумага «Регіонет». Усл. п. л. 4,19. Уч. изд. 4,5. Заказ № 1367. Тираж 50 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.