

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
"БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Кафедра технологии строительного производства

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового и раздела дипломного проектов  
на тему

**"Технологическая карта на возведение земляного  
полотна автомобильной дороги"**

по курсу *"Технология строительства дорог, мостов и  
транспортных сооружений"*

для студентов специальности

70 03 01 "Автомобильные дороги"

дневной и заочной форм обучения.

БРЕСТ 2004

Методические указания составлены в соответствии с требованиями, изложенными в рабочей учебной программе по курсу "Технология строительства дорог, мостов и транспортных сооружений" для студентов специальности 70 03 01 "Автомобильные дороги".

В указаниях изложена методика разработки технологической карты на производство работ при возведении земляного полотна автомобильной дороги в курсовом и дипломном проектировании.

Указания предназначены для руководителей курсового и дипломного проектирования, разработчиков ППР строительно-дорожных организаций и студентов специальности 70 03 01 "Автомобильные дороги" очной и заочной форм обучения.

Составители: Г.И. Юськович, доцент, к.т.н.  
В.Н. Черноиван, профессор, к.т.н.  
В.И. Юськович, доцент, к.т.н.  
В.А. Самкевич, ассистент, к.т.н.  
В.А. Тимошук, ассистент  
Ю.П. Ивасюк, ассистент

Рецензент: Тунчик В.В., технический директор ОАО "Дорожно-строительный трест №4, г. Брест"

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны для выполнения курсового и раздела дипломного проектов по курсу "Технология строительства дорог, мостов и транспортных сооружений". Приводится методика разработки технологической карты на возведение земляного полотна автомобильной дороги с указаниями научно-технической литературы и методических разработок. Даны рекомендации по выбору землеройных и землеройно-транспортных машин, технологии разработки грунта и его уплотнения. Технология производства работ приводится на основании технико-экономического сравнения и обоснования.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовое и дипломное проектирование позволяет студентам не только углубить их теоретические знания, но и повысить способность реализации полученных знаний в практику строительства.

В процессе выполнения проекта студентами решаются следующие задачи:

- изучение типовых технологических карт;
- выбор технологических методов производства работ на основании технико-экономического обоснования;
- разработка технологических схем на производство работ землеройно-транспортными и землеройными машинами;
- обоснование методов устройства дорожного корыта, обочин, дренажных слоев в разных гидрогеологических условиях;
- разработка технологии подготовительных работ к возведению земляного полотна автомобильной дороги;
- обеспечение безопасных условий труда;
- разработка календарного плана производства работ.

### 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект "Технологическая карта на возведение земляного полотна автомобильной дороги" для студентов специальности 70 03 01 "Автомобильные дороги" выполняется на основе курсового проекта "Проект участка автомобильной дороги", который разрабатывается по кафедре ОФИГИГ, а раздел дипломного проекта – на основании типовой проектно-сметной документации, которая изучается студентами в период преддипломной практики в дорожно-строительной или дорожно-проектной организации. По решению кафедры "Технология строительного производства" разработка технологического раздела дипломного проекта может быть продолжением решений, принятых в процессе курсового проектирования.

В задании на проектирование указывается:

- район строительства;
- участок строительства дороги;
- среднее расстояние перемещения грунта из карьера;
- условия производства работ;
- грунтовые условия и глубина разрабатываемого карьера;
- уровень грунтовых вод.

Расстояние перемещения грунта из карьера может быть задано до определенной пикетажной точки. В этом случае среднее расстояние перемещения грунта определяется расчетом.

Руководителем проекта могут быть заданы предполагаемые варианты технологии производства земляных работ.

### 3. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графического материала (один лист формата А-1, либо четыре листа формата А-3), оформленных в соответствии с требованиями [1].

### **3.1. Состав расчетно-пояснительной записки**

Задание; реферат; содержание; введение; определение объемов работ; проектирование технологии производства работ при возведении земляного полотна автомобильной дороги; технико-экономическое сравнение вариантов технологии производства работ; пояснения к технологии проектируемых строительных работ (по основному варианту); калькуляция затрат труда и машинного времени; расчеты к календарному графику производства работ; технико-экономические показатели по проекту; указания по производству работ и охране труда; литература.

### **3.2. Состав графической части проекта**

- план трассы на заданном участке;
- продольный профиль;
- поперечные профили земляного полотна;
- схемы привязки трассы к существующей геодезической сети;
- схемы разработки выемок в плане и разрезах (карьера, резервов, кюветов);
- схемы отсыпки насыпи;
- схемы устранения слабых (например, заторфованных) грунтов;
- геодезическая разбивка земляного полотна;
- схемы культуртехнических работ;
- график движения транспортных средств;
- технико-экономические показатели по проекту;
- указания по производству работ и охране труда.

Состав и объем пояснительной записки и графического материала могут быть откорректированы руководителем проекта по согласованию с решением кафедры технологии строительного производства.

## **4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ РАБОТ**

Приводится примерный перечень видов работ:

- разработка грунта в карьере;
- транспортирование грунта;
- разработка грунта в резервах, кюветах с перемещением в насыпь, либо в отвал;
- разравнивание грунта в насыпи дорожного полотна;
- устройство дорожного корыта:
  - а) устройство присыпных обочин;
  - б) устройство полуприсыпных обочин.
- уплотнение грунта;
- планировка поверхности земляного полотна;
- планировка поверхности откосов;
- укрепление откосов.

## **5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РАБОТ**

### **5.1. Определение объемов земляных работ при возведении земляного полотна**

Объемы земляных работ при возведении земляного полотна автомобильной дороги принимаются по материалам курсового проекта "Проектирование автомобильной дороги", выполненного по кафедре ОФИГиГ, либо определяются студентами в соответствии с продольным и поперечным профилями на заданном участке автомобильной дороги по формулам Ф.Ф. Мурзо или М.Т. Винклера [2]. В дипломном проектировании объемы земляных работ рассчитываются либо принимаются в соответствии с типовым проектом.

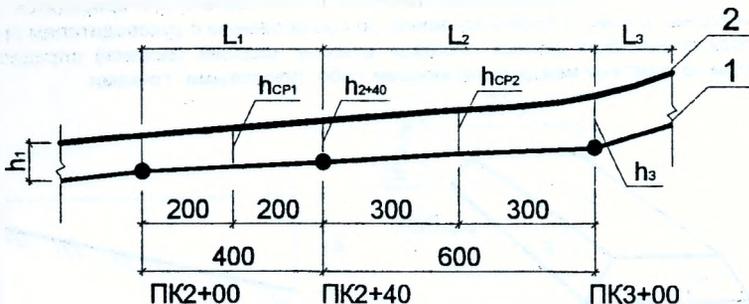


Рисунок 1. Участок продольного профиля автомобильной дороги от ПК2+00 до ПК3+00.

1 – черная линия (линия поверхности земли)  
2 – проектная (красная) линия

Объем насыпи (выемки) на отдельном участке земляного полотна по формуле Ф.Ф. Мурзо [2].

$$V_i = \left[ F_{cp1} + \frac{m(h_{1i} - h_{2i})^2}{12} \right] \cdot L_i, \quad (1)$$

где  $F_{cp1}$  – площадь поперечного сечения насыпи (выемки) по середине  $i$ -го участка,  $m^2$ ;

$h_{1i}$  и  $h_{2i}$  – соответственно высота насыпи либо глубина выемки в начале и в конце  $i$ -го участка, м;

$L_i$  – длина  $i$ -го участка, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов, дол. ед. [3].

По формуле М.Т. Винклера [2]:

$$V_i = \left[ \frac{F_{1i} + F_{2i}}{2} - \frac{m(h_{1i} - h_{2i})^2}{6} \right] \cdot L_i, \quad (2)$$

где  $F_{1i}$  и  $F_{2i}$  – соответственно площадь поперечного сечения сооружения в начале и конце  $i$ -го участка,  $m^2$ .

В выражениях (1) и (2) 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.

При расчете объемов земляных масс следует определить поправку на устройство дорожного корыта, что достаточно подробно излагается в материалах курсового проектирования по кафедре оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии (ОФИГИГ).

## 5.2. Определение объемов работ при планировке и укреплении откосов земляного полотна

Площади откосов земляного полотна рассчитаны в проекте "Проект участка автомобильной дороги", выполненном по кафедре ОФИГИГ, такие же объемы работ

могут быть приняты при разработке технологической карты и они приводятся в качестве исходных данных к проектированию по согласованию с руководителем проекта. При отсутствии таких данных площади откосов насыпей (выемок) определяются расчетом по участкам между пикетажными либо "плюсовыми" точками.

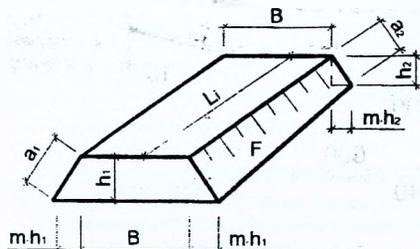


Рисунок 2. Участок насыпи земляного полотна автомобильной дороги длиной  $L_i$

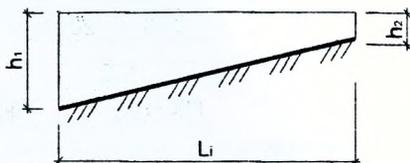


Рисунок 3. Продольное сечение  $i$ -го участка дороги длиной  $L_i$

Площадь поверхности откоса (рис. 2, 3):

$$F_i = \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot L_i \quad (3)$$

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

$$a_1 = h_1 \sqrt{1 + m^2}, \quad (4)$$

$$a_2 = h_2 \sqrt{1 + m^2}. \quad (5)$$

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

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

### 5.3. Определение объемов работ при устройстве дорожного корыта

Устройство дорожных одежд начинают с соответствующей подготовки земляного полотна, которая в зависимости от принятого поперечного профиля одежды заключается в устройстве корыта (при корытном и полукорытном профилях) или же только в профилировании поверхности земляного полотна (при серповидном профиле).

Корыто может устраиваться с присыпными и полуприсыпными обочинами.

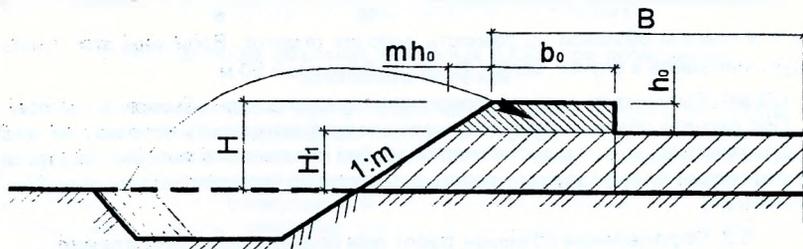


Рисунок 4. Дорожное корыто с присыпными обочинами

$h_0$  – высота слоев дорожной одежды, м;

$H$  – рабочая отметка на заданном участке дороги, м.

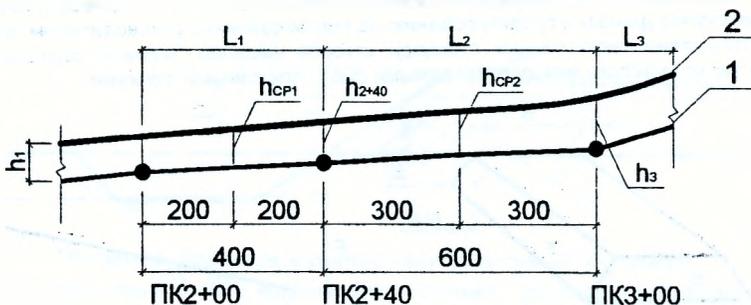


Рисунок 1. Участок продольного профиля автомобильной дороги от ПК2+00 до ПК3+00.

1 – черная линия (линия поверхности земли)  
2 – проектная (красная) линия

Объем насыпи (выемки) на отдельном участке земляного полотна по формуле Ф.Ф. Мурзо [2].

$$V_i = \left[ F_{\text{ср}i} + \frac{m(h_{1i} - h_{2i})^2}{12} \right] \cdot L_i, \quad (1)$$

где  $F_{\text{ср}i}$  – площадь поперечного сечения насыпи (выемки) по середине  $i$ -го участка,  $\text{м}^2$ ;

$h_{1i}$  и  $h_{2i}$  – соответственно высота насыпи либо глубина выемки в начале и в конце  $i$ -го участка, м;

$L_i$  – длина  $i$ -го участка, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов, дол. ед. [3].

По формуле М.Т. Винклера [2]:

$$V_i = \left[ \frac{F_{1i} + F_{2i}}{2} - \frac{m(h_{1i} - h_{2i})^2}{6} \right] \cdot L_i, \quad (2)$$

где  $F_{1i}$  и  $F_{2i}$  – соответственно площадь поперечного сечения сооружения в начале и конце  $i$ -го участка,  $\text{м}^2$ .

В выражениях (1) и (2) слагаемые  $\frac{m(h_1 - h_2)^2}{12}$  и  $\frac{m(h_1 - h_2)^2}{6}$  являются поправками к основным объемам на разность рабочих отметок. Величины этих поправок следует учитывать в случае, если  $|h_1 - h_2| \geq 0,5$  м и  $L_i \geq 50$  м.

Общий объем насыпи (выемки) определяется суммированием объемов по участкам.

При расчете объемов земляных масс следует определить поправку на устройство дорожного корыта, что достаточно подробно излагается в материалах курсового проектирования по кафедре оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии (ОФИГиГ).

## 5.2. Определение объемов работ при планировке и укреплении откосов земляного полотна

Площади откосов земляного полотна рассчитаны в проекте "Проект участка автомобильной дороги", выполненном по кафедре ОФИГиГ, такие же объемы работ

могут быть приняты при разработке технологической карты и они приводятся в качестве исходных данных к проектированию по согласованию с руководителем проекта. При отсутствии таких данных площади откосов насыпей (выемок) определяются расчетом по участкам между пикетажными либо "плюсовыми" точками.

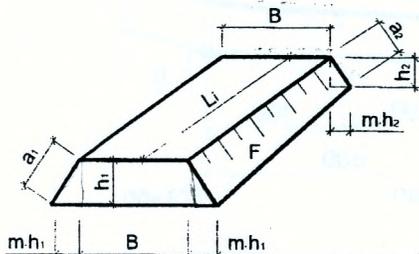


Рисунок 2. Участок насыпи земляного полотна автомобильной дороги длиной  $L_i$

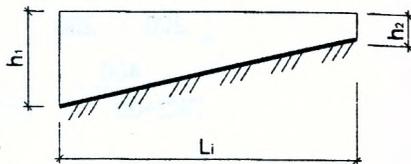


Рисунок 3. Продольное сечение  $i$ -го участка дороги длиной  $L_i$

Площадь поверхности откоса (рис. 2, 3):

$$F_1 = \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot L_i \quad (3)$$

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

$$a_1 = h_1 \sqrt{1 + m^2}, \quad (4)$$

$$a_2 = h_2 \sqrt{1 + m^2}. \quad (5)$$

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

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

### 5.3. Определение объемов работ при устройстве дорожного корыта

Устройство дорожных одежд начинают с соответствующей подготовки земляного полотна, которая в зависимости от принятого поперечного профиля одежды заключается в устройстве корыта (при корытном и полукорытном профилях) или же только в профилировании поверхности земляного полотна (при серповидном профиле).

Корыто может устраиваться с присыпными и полуприсыпными обочинами.

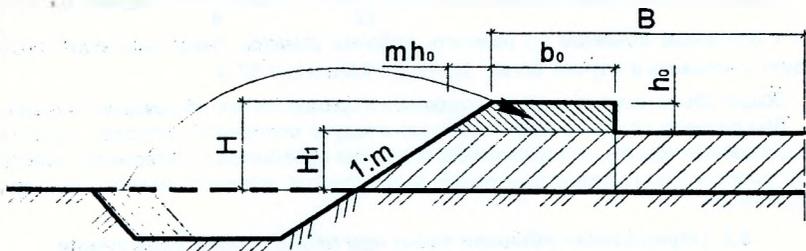
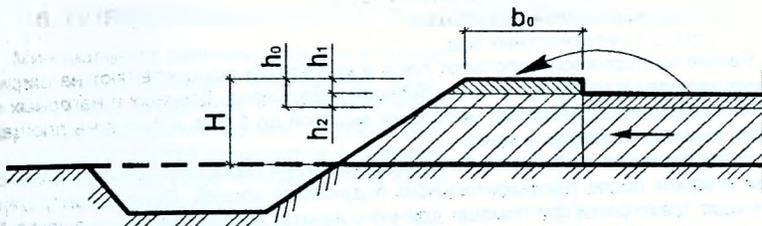


Рисунок 4. Дорожное корыто с присыпными обочинами

$h_0$  – высота слоев дорожной одежды, м;  
 $N$  – рабочая отметка на заданном участке дороги, м.



**Рисунок 5. Дорожное корыто с полуприсыпными обочинами**

Для устройства корыта с присыпными обочинами производят планировку и уплотнение земляного полотна с приданием ему проектного поперечного профиля, а затем присыпают обочины грунтом, перемещаемым при невысоких насыпях из резерва (грейдером, бульдозером), а при высокой насыпи – из карьера [4, 5].

При устройстве полуприсыпных 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 [4, 5].

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

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.

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.

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.

При устройстве присыпных обочин размеры отсыпаемого земляного полотна отличаются от проектных размеров (рис. 4). Проектная высота насыпи  $H$  уменьшается на величину  $h_0$ , а ширина земляного полотна  $B$  увеличивается на  $2mh_0$ . Подсыпку обочин производят в процессе сооружения дорожной одежды или непосредственно перед устройством основания, чтобы не затруднить движение построенного транспорта и не создавать застоев поверхностных вод в корыте.

При устройстве полуприсыпных обочин объем грунта, отсыпаемого в обочины, и соответственно высоту его слоя ( $h_1$ , рис. 5), определяют исходя из условия равенства площадей поперечного сечения отсыпаемой части обочин и разрабатываемой части дорожного корыта с учетом коэффициентов уплотнения грунта.

Расчет объемов работ при устройстве обочин производят в зависимости от технологии их выполнения. При этом следует руководствоваться соблюдением соответствующих "Норм и расценок" на строительные работы [7].

#### **5.4. Определение объемов культуртехнических работ**

К культуртехническим работам при возведении земляного полотна относят:

- срезку 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 [6].

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 косогору [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.

Разработка технологии культуртехнических работ, их объем приводится в задании на проектирование. В дипломном проектировании объемы работ определяются в соответствии с типовым проектом. Нормирование производства культуртехнических работ производят согласно [7, 8].

Объемы работ по срезке растительного слоя грунта ( $m^2$ ) определяют по выражению (примерно):

$$F = B_1 \cdot L, \quad (6)$$

где  $B_1$  – ширина слоя срезаемого растительного слоя грунта (ширина полосы отвода), м;

$L$  – длина участка дороги в соответствии с поперечным профилем, м.

$$B_1 = B + 2m \cdot h + 2 + d, \quad (7)$$

где  $B$  – ширина земляного полотна, м;

$m$  – коэффициент заложения откоса земляного полотна, дол. ед.;

$h$  – рабочая отметка насыпи (выемки) на участке длиной  $L$ , м;

$d$  – расстояние, определяемое размерами боковых разработок (резервов, кюветов и т.п.), м

Нормирование работ по расчистке дорожной полосы и срезке растительного слоя грунта ведут по [7, 8].

При точном 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.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ КАРЬЕРА

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 рис 6. Объем котлована прямоугольной формы в плане:

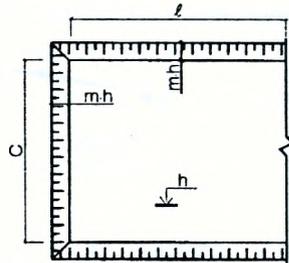


Рисунок 6. План карьера (резерва)

$$V = 4 \cdot \frac{m^2 \cdot h^3}{3} + \frac{m \cdot h^2}{2} \cdot p + F \cdot h \quad (8)$$

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

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

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

$F$  – площадь выемки по дну (основанию),  $m^2$

$$p = (c + l) \cdot 2, \quad (9)$$

где  $c$  – ширина выемки по дну, м;

$l$  – длина выемки по дну, м;

$$F = c \cdot l \quad (10)$$

Ширина выемки ( $c$ ) может быть задана руководителем проекта или принимает 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 (8).

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.

## 7. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

### 7.1. Определение среднего расстояния перемещения грунта из карьера.

Среднее расстояние перемещения грунта определяется по выражению:

$$L_{\text{ср}} = \frac{2 \sum \ell_i \cdot V_i}{\sum V_i} + n \cdot \ell_o, \quad (11)$$

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

$V_i$  – объем перемещаемого грунта в  $i$ -ую точку трассы,  $m^3$ ;

$n$  – количество перемещений транспортного средства в груженом и порожнем состоянии, шт;

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

$V$  – общий объем перемещаемого грунта,  $m^3$ .

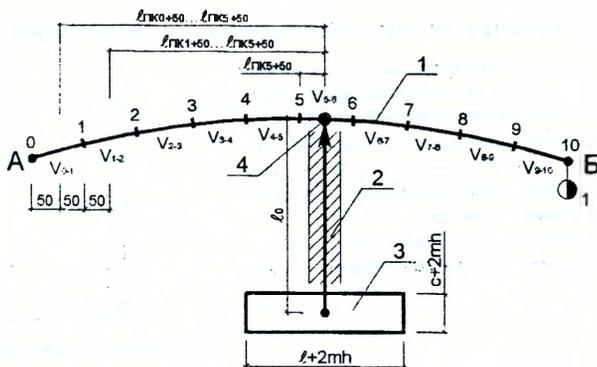


Рисунок 7. Схема перемещения грунта из карьера  
 1 – план трассы с разбивкой на пикеты; 2 – подъездная дорога с карьера;  
 3 – карьер; 4 – заданная (нулевая) точка.

Например, для схемы на рис. 7:

$$L_{\text{ср.}} = \frac{2[(\ell_{ГК0+50...ГК5+50}) \cdot V_{0-1} + (\ell_{ГК1+50...ГК5+50}) \cdot V_{1-2} + \dots]}{V_{0-1} + V_{1-2} + \dots} + n \cdot \ell_0 \quad (12)$$

где  $(\ell_{ГК0+50...ГК5+50}) = 500$  м;

$(\ell_{ГК1+50...ГК5+50}) = 400$  м;

$n = 20$  шт.

## 7.2. Технология разработки грунта в карьере

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.

При выполнении проекта необходимо выбрать не менее двух рациональных вариантов технологии земляных работ и принять к разработке технологию выполнения работ на основании технико-экономического обоснования.

Допускается (с целью сокращения объемов расчетно-проектных работ) изменение только технологии основного строительного процесса, например, разработки грунта, работ по возведению земляного полотна (в соответствии с решением кафедры технологии строительного производства).

Возможно уменьшение объемов проекта для студентов, занятых выполнением научных исследований. Результаты исследования должны быть приведены в расчетной и графической частях курсового (дипломного) проекта.

Выбор строительных машин начинают с выбора ведущей машины, выполняющей основной строительный процесс – разработку грунта. Машины для производства остальных видов работ принимают исходя из условия обеспечения максимальной производительности ведущей машины.

Разработку грунта в карьере целесообразно вести одноковшовыми экскаваторами, оборудованными ковшом-драглайном, прямой или обратной лопатой. Марку экскаватора выбирают в зависимости от принятого объема ковша, который назнача-

ют исходя из требуемой глубины разработки и обеспечения заданных темпов (сроков) производства работ.

Объем ковша драглайна принимают по табл. 1 или табл. 45 [12] в зависимости от длины волочения ковша в забое  $\ell_B$  (рис. 8).

$$\ell_B = \frac{h}{\sin \alpha} \geq \ell_B^H, \quad (13)$$

где  $h$  – глубина разработки грунта, м;

$\alpha$  – угол наклона откоса забоя к горизонту, принимаемый по табл. 2 или табл. 19 [13, 14].

Значения  $\ell_B^H$  приведены в табл. 1.

$$r_1 = a_{ш} + h_{ш} \cdot \text{ctg} \alpha \quad (14) \quad r_2 = r_1 + h \cdot \text{ctg} \alpha \quad (15) \quad R_p = 0,9 \cdot R_p^{\max}. \quad (16)$$

Для экскаватора драглайн:  $\ell_{п} = \frac{1}{5} \cdot \ell_{стр}$  (17)

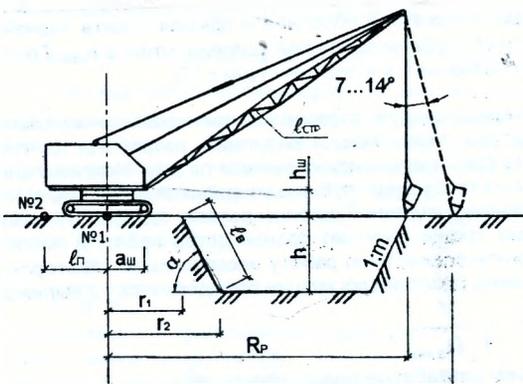


Рисунок 8. Схема разработки грунта экскаваторами драглайн и обратная лопата

$a_{ш}$  – расстояние по горизонтали от шарнира вращения экскаватора до шарнира крепления стрелы ( $a_{ш} \approx 1,0 \dots 1,5$  м);  $\ell_{стр}$  – длина стрелы, м;  $h_{ш}$  – расстояние по вертикали от уровня стоянки экскаватора до шарнира крепления стрелы ( $h_{ш} \approx 1,5 \dots 2,0$  м);  $r_1$  – минимальный радиус резания на уровне подошвы забоя, м;  $r_2$  – минимальный радиус резания на уровне стоянки экскаватора, м;  $R_p$  – рабочий радиус резания, м;  $R_p^{\max}$  – максимальный радиус резания, м;  $\ell_{п}$  – длина пути перемещения экскаватора, м.

Для экскаваторов обратная и прямая лопата значение  $\ell_{п}$  принимают по табл. 20 [22] или табл. 12.

Нормальная длина пути волочения ковша-драглайна в забое, обеспечивающая полное заполнение, м

Таблица 1.

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

Угол наклона ( $\alpha$ ) откоса забоя к горизонту, град

Таблица 2.

Вид грунта	песок	супесь	суглинок	глина
Угол внутреннего откоса забоя, $\alpha$	40...45	40...45	30...35	20...30

Наименьшая глубина забоя экскаватора, оборудованного обратной лопатой ( $h_{\min}$ ), обеспечивающая полное заполнение ковша "с шапкой" и наименьшая ширина выемки по дну ( $b_{\min}$ ), м

Таблица 3.

Грунт	Группа грунта	Емкость ковша, м <sup>3</sup>				
		0,15...0,25	0,4...0,5	0,65...0,75	1...1,25	
		Минимальная ширина выемки по дну, м				
		0,5...0,6	0,6...0,8	0,8...1,0	1,0...1,2	1,2...1,5
несвязные	I, II	0,8...1,0	1,0...1,2	1,2...1,5	1,5...1,8	1,7...2,2
связные	II	1,0...1,6	1,5...1,8	1,8...2,0	2,0	2,3...3,0

Объем ковша экскаватора обратная и прямая лопата назначается по табл. 44 [12] в зависимости от глубины забоя при условии, что  $h \geq h_{\min}$ . Группа грунта по трудности разработки назначается в соответствии с [7].

В первую очередь следует стремиться принимать минимально возможный объем ковша экскаватора, позволяющий выполнить разработку грунта на заданную глубину и обеспечить требуемую ширину выемки по дну. Максимально возможный объем ковша, исходя из требуемой глубины разработки, может быть назначен при необходимости обеспечения заданной ширины выемки (см. расчет экскаваторного забоя) либо необходимых сроков (темпов) производства работ. В последнем случае возможно проектировать совместную работу нескольких экскаваторов. Требуемое количество одновременно работающих машин определяется по выражению:

$$N = \frac{V}{T \cdot P_{3.см.}} \quad (18)$$

где  $V$  – объем разрабатываемого грунта, м<sup>3</sup>;  
 $T$  – заданный срок производства работ, см;  
 $P_{3.см.}$  – сменная эксплуатационная производительность одного экскаватора, м<sup>3</sup>/см.

### 7.3. Определение сменной эксплуатационной производительности одноковшового экскаватора

После выбора марки экскаватора, в соответствии со справочными данными [7,14,15,16], приводят техническую характеристику машины и определяют сменную эксплуатационную производительность:

$$P_{3.см.} = 60g \cdot t_{см.} \cdot n_{ц.} \cdot K_e \cdot K_{в.} \quad (19)$$

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 [7], приложение 3.

Нормативная сменная эксплуатационная производительность экскаватора:

$$P_{3.см.}^н = \frac{E_{н.} \cdot t_{см.}}{H_{м.вр.}} \quad (20)$$

где  $E_{н.}$  – единица измерения, на которую рассчитана норма времени в соответствии с [7];

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

$$N_{м.вр.} = \frac{N_{вр.}}{K} \quad (21)$$

где  $N_{вр.}$  – норма маш.чел-ч;

$K$  – количество рабочих в звене, чел. [7].

Значения расчетной и нормативной эксплуатационных производительностей экскаватора, вычисленные по формулам (19) и (20), должны быть приблизительно одинаковыми.

Нормативная продолжительность производства работ по разработке грунта определяется по выражению:

$$T = \frac{V}{\sum_{i=1}^n \Pi_{э.см.}^H}, \quad (22)$$

где  $V$  – объем грунта, подлежащего разработке экскаваторами,  $m^3$ ;

$\sum_{i=1}^n \Pi_{э.см.}^H$  – суммарная нормативная сменная эксплуатационная производительность комплекта экскаваторов, принятых к производству работ,  $m^3/см.$

#### 7.4. 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 [17], табл. 6.

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

$$m = \frac{P}{\gamma \cdot q \cdot K_в}, \quad (23)$$

где  $P$  – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\gamma$  – объемная масса груза,  $t/m^3$  [7];

$q$  – объем ковша экскаватора,  $m^3$ ;

$K_в$  – коэффициент использования емкости ковша ( $K_в=0,9$ ).

Значение  $m$  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:

$$V_{гр.} = m' \cdot q \cdot K_в, \quad (24)$$

Объем грунта  $V_{гр.}$  не должен превышать вместимости кузова транспортного средства известной из его технической характеристики [17], табл. 5.

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

$$N = \frac{T_ц}{t_n}, \quad (25)$$

где  $T_ц$  – время цикла транспортной единицы, мин;

$t_n$  – время погрузки транспортной единицы, мин.

$$T_ц = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (26)$$

$$t_n = t_1 + t_2,$$

где  $t_1$  – время маневрирования транспорта при постановке под погрузку, мин

( $t_1 \approx 1 \dots 5$  мин);

$t_2$  – время нагрузки транспортной единицы, мин;

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

$t_4$  – время движения транспортной единицы в порожнем состоянии, мин;  
 $t_5$  – время маневрирования транспортной единицы при постановке под разгрузку, мин ( $t_5 \approx 1$  мин);  
 $t_6$  – время разгрузки транспортной единицы, мин ( $t_6 = 1 \dots 2$  мин).

$$t_2 = \frac{V_{гр.}}{П_3}, \quad (27) \quad (t_3 + t_4) = \frac{2 \cdot L}{V_{сп}} \cdot 60, \quad (28)$$

где  $П_3$  – 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  $V_{сп} \approx 20 \dots 25$  км/ч, для автомобильных землевозов  $V_{сп} = 15 \dots 20$  км/ч, для тракторных землевозов  $5 \dots 10$  км/ч [17], табл. 9.

### 7.5. Определение сменной эксплуатационной производительности бульдозеров и скреперов

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

Бульдозеры рекомендуется принимать при 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 рекомендаций [15,16], 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:

$$П_{э.см.} = 3600 \cdot t_{см} \frac{h^2 \ell \sin \alpha}{T_{ц} (1 + K_p) \cdot 2 \operatorname{tg} \beta} K_c K_B K_i K_n, \quad (29)$$

где  $h$  и  $\ell$  – высота и длина отвала, м;

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

$K_p$  – коэффициент первоначального разрыхления грунта в долях (табл. 12 или приложение 2 [7]), дол. ед.;

$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{m_0}$  – тангенс угла естественного откоса грунта, град [9,10,18];

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

$L$  – среднее расстояние перемещения грунта, м;

$K_B$  – коэффициент использования бульдозера по времени в течение смены, [7], приложение 4;

$K_i$  – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность бульдозера (при  $i \geq 0,1$  –  $K_i = 0,6 \dots 0,7$  при движении на подъём; 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 призмы волочения ( $K_n = 0,8 \dots 1,0$ );

$T_{ц}$  – время цикла бульдозера, с;

$$T_{ц} = t_{рез} + t_{пер} + t_{обр} + 2t_{пов} + t_c + t_o, \quad (30)$$

где  $t_{рез}$  – время резания грунта, с;

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

$t_{обр}$  – время обратного (холостого) хода, с;

$t_{пов}$  – время на поворот бульдозера, с ( $t_{пов} = 6$  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.

$$t_{рез.} = \frac{\ell_{рез.}}{V_{рез.}}; \quad (31) \quad t_{пер.} = \frac{\ell_{пер.}}{V_{пер.}}; \quad (32) \quad t_{обр.} = \frac{\ell_{обр.}}{V_{обр.}}; \quad (33)$$

где  $\ell_{рез.}$  – длина пути резани грунта, м;

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

$\ell_{обр.} = L$  – длина обратного (холостого) пути, м;

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

$$\ell_{рез.} = \frac{h^2 \cdot \sin \alpha}{(1 + K_p) \cdot h_{стр.} \cdot 2tg\beta}, \quad (34)$$

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

Скорости движения бульдозеров  $V_{рез.}, V_{пер.}, V_{обр.}$  принимаются по скорости движения базовых тракторов по табл. 4 из условия, что резание грунта осуществляется на I передаче, перемещение грунта – на II или III, холостый ход – IV.

*Скорости движения тракторов на I-IV передачах*

Таблица 4.

Передача	Тракторы					
	ДТ-55А-С2	ДТ-75, Т-74	Т-100	Т-130, Т-140	Т-180	ДЭТ-250
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 разработки 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 [15,16], после чего устанавливается техническая характеристика скрепера [7].

Сменная эксплуатационная производительность скрепера определяется по формуле:

$$P_{з.см.} = 60 \cdot t_{см} \cdot q \cdot \frac{1}{T_c} \cdot \frac{K_n}{1 + K_p} \cdot K_o, \quad (35)$$

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

$K_o$  – коэффициент наполнения ковша (табл. 5);

*Коэффициент наполнения скреперного ковша,  $K_o$ .*

Таблица 5.

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 [7], приложение 2;

$K_b$  – коэффициент использования скрепера во времени в течение смены [7], приложение 4;

$T_{ц}$  – время цикла скрепера, мин.

$$T_{ц} = t_H + t_{гр.} + t_{x.x.} + t_p + t_{нов.} \quad (36)$$

где  $t_H$ ,  $t_{гр.}$ ,  $t_{x.x.}$ ,  $t_p$ ,  $t_{нов.}$  – соответственно время наполнения ковша, движения скрепера в груженом состоянии, холостого хода, разгрузки, на повороты скрепера, мин ( $t_{нов.} = 12...15$  с на один поворот).

$$t_H = \frac{q \cdot K_H \cdot K_{П}}{b \cdot h_1 \cdot V_H (1 + K_P) \cdot K_H}; \quad (37) \quad t_{гр.} = \frac{\ell_{гр.}}{V_{гр.}}; \quad (38)$$

$$t_{x.x.} = \frac{\ell_{x.x.}}{V_{x.x.}}; \quad (39) \quad t_p = \frac{\ell_p}{V_p}; \quad (40)$$

где  $b$  – ширина захвата ковша, м;

$h_1$  – толщина срезаемой стружки, м (принимается по [7] или табл. 6).

*Толщина снимаемой скрепером стружки,  $h_1$*

Таблица 6.

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

**Примечание:** в числителе дана толщина стружки без толкача, а в знаменателе – с толкачом.

$K_H$  – коэффициент потерь грунта при наборе ( $K_H = 1,0...1,2$ );

$K_P$  – коэффициент неравномерности толщины снимаемой стружки ( $K_P = 0,7...1,0$ );

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

$\ell_{гр.}$  – длина пути движения в груженом и порожнем состоянии, м:

$$\ell_{гр.} = \ell_{x.x.} = L - \frac{\ell_H + \ell_p}{2} \quad (41)$$

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

$\ell_H$  – длина пути наполнения ковша, м:

$$\ell_H = t_H \cdot V_H \quad (42)$$

$\ell_p$  – длина пути разгрузки скрепера, м:

$$\ell_p = \frac{q \cdot K_H}{h_2 \cdot b} \quad (43)$$

$h_2$  – толщина слоя отсыпки грунта, м (принимают по [7, 15, 16]), но не более толщины уплотняемого слоя грунта);

$V_{гр.}$ ,  $V_{x.x.}$ ,  $V_i$  – соответственно скорости движения скрепера в груженом и порожнем состоянии и при разгрузке, м/мин.

Скорости  $V_H$ ,  $V_{гр.}$ ,  $V_{x.x.}$ ,  $V_p$  можно принимать по [15, 16] или по скорости движения базового трактора по табл. 4 из условия, что набор грунта осуществляем 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 [15, 16] либо по табл. 7.

**Число скреперов, обслуживаемых одним толкачом**

Таблица 7.

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

Нормативную сменную эксплуатационную производительность ( $P_{э.см.}$ ) бульдозера, грейдера, скрепера, а также продолжительность и трудоемкость производства работ определяют по выражениям (20, 22), которые не должны значительно отличаться от аналогичных нормативных параметров, определяемых согласно [7].

Вспомогательные работы по срезке растительного слоя грунта, разравниванию грунта, планировке откосов насыпей и выемок выполняют преимущественно бульдозерами, грейдерами, скреперами, экскаваторами и другими механизмами, принимаемыми в соответствии с [7, 15, 16], где приводятся также сведения по технологии производства работ и технологические схемы производственных процессов. Для этих операций определяются нормативные эксплуатационные сменные производительности машин, сроки и трудоемкость производства работ. Укрепление откосов земляного полотна (посевом семенами трав, гидропосевом трав, облицовкой железобетонными плитами или секциями из плит, укладкой монолитного бетона, укреплением дерном, камнями и т.п.) выполняют в соответствии с [6, 7, 8].

### 8. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Сравнение вариантов технологии земляных работ в курсовом проекте выполняется при разработке грунта в карьере с перемещением в насыпь, при разработке резервов (куветов) при образовании земляного полотна автомобильной дороги или устройстве земляного полотна в выемках.

Во всех случаях сравнение вариантов технологии земляных работ выполняется по следующей методике:

1. Применяемые машины и механизмы приводятся в табл. 8.

*Ведомость применяемых машин и механизмов*

Таблица 8.

№ п/п	Наименование работ	Наименование и марка машины	
		I вариант	II вариант
1	2	3	4
1	Разработка грунта в карьере	Бульдозер ДЗ-19 (L-15,0 м)	Одноковшовый экскаватор драглайн Э-652
2	Погрузка грунта в транспортные средства	Одноковшовый экскаватор ЭО-2621 А	—
3	Транспортирование грунта в насыпь земляного полотна	Автосамосвалы МАЗ-503 Б	Автосамосвалы МАЗ-503 Б
...	...	...	...
п	и т.д.	—	—

Ведомость применяемых машин и механизмов составляется на основании принятой технологии производства работ и их механизации по вариантам.

2. Потребность в трудовых ресурсах приводится в табл. 9.

*Трудовые ресурсы*

Таблица 9.

№ п/п	Наименование работ	Состав звена по вариантам	
		I вариант	II вариант
1	2	3	4
1	Разработка грунта в карьере	Машинист бр-1	Машинист бр-1
...	...	...	...
п	и т.д.	-	-

3). Сведения о производительности машин.

*I вариант*

- при разработке грунта в карьере бульдозером (L=15,0 м, песок мелкозернистый, грунт II группы [7]) ДЗ-19 –  $P_{з,см I}, M^3/см$ ;
- при разработке карьера экскаватором драглайн Э-652 (ЭО-4111Б) с погрузкой в транспортные средства (грунт I группы [7]) –  $P_{з,см II}, M^3/см$ .

*II вариант*

— ...

Сведения о производительности представляются для тех машин, которые были приняты разными в проектируемых вариантах и была определена их производительность по соответствующим формулам.

4. Расход материалов по обшим вариантам одинаков.

5. Определение технико-экономических показателей сравнения вариантов.

Предварительно составляется ведомость сравнения вариантов в форме таблицы 10.

*Ведомость сравнения вариантов*

Таблица 10.

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	$P_{з,см}$	Обоснование	Н <sub>чел</sub> , час	Расц.	Состав звена (их количество)	Применяемые машины и механизмы	Т <sub>м</sub> , маш.-см	Q, чел.-см	З <sub>р</sub> , руб.	С <sub>маш</sub> , руб.	С <sub>маш</sub> +Т <sub>м</sub> , руб.
							Зв., руб.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I вариант														
1														
...														
п														
$\Sigma C_{м,м} T_{м}$												$\Sigma Q$	$\Sigma Z$	
II вариант														
1														
...														
п														
$\Sigma C_{м,м} T_{м}$												$\Sigma Q$	$\Sigma Z$	$-\Sigma C_{м,м} T_{м}$

Стоимость машино-смены (графа 14) определяется в соответствии с [19].

**Продолжительность выполнения работ** находим на основе построения примерных календарных графиков по вариантам:

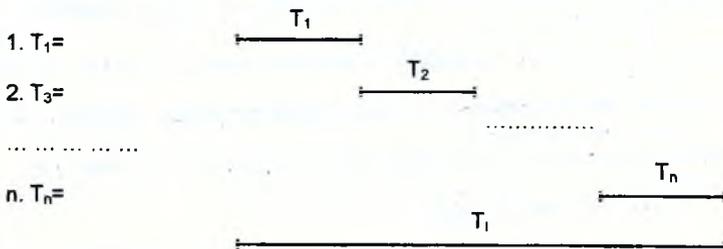


Рис. 9. Примерный график выполнения работ в *i*-ом варианте

Так как разработка грунта в карьере выполняется с целью образования насыпи земляного полотна дороги, то такой процесс должен обязательно учитываться при определении продолжительности выполнения работ как один из основных процессов.

**Трудоемкость единицы объема работ:**

$$Q_i = \frac{\sum Q_i}{P_0}, \quad (44)$$

где  $\sum Q_i$  – общие затраты труда на производство работ по *i*-тому варианту (итоговый результат по графе 12, табл. 10), чел-см;

$P_0$  – общий объем работ (объем грунта, отсыпаемого из карьера, резервов, кюветов и грунта при возведении земляного полотна в выемках), м<sup>3</sup>.

**Прямые денежные затраты:**

$$C_{пр} = \frac{\sum C_{мсм} \cdot T_{ми} \cdot k_1 + \sum Z_{рi} \cdot k_2 + \sum C_{ми}}{P_0}, \quad (45)$$

где  $C_{мсм}$  – стоимость машино-смены *i*-той строительной машины, руб. (см. табл. 10);

$T_{ми}$  – продолжительность производства работ *i*-той машиной, см;

$K_1=1,92$  – коэффициент перехода к базовым ценам по стоимости эксплуатации машин, дол. ед.;

$Z_{рi}$  – зарплата рабочих при выполнении *i*-го процесса вручную, руб. (табл. 10);

$K_2=2,97$  – коэффициент перехода к базовым ценам по заработной плате, дол. ед.;

$\sum C_{мсм} \cdot T_{ми}$  – суммарная стоимость машино-смен строительных машин (графа 15, табл. 10), руб.;

$\sum Z_{рi}$  – сумма зарплат рабочих, занятых на ручных работах (графа 13, табл. 10), руб.

$C_{ми}$  – стоимость строительных материалов в базовых ценах (1991 г), определяемая на основании сборников сметных цен, руб. [20];

В выражении (45)  $\sum C_{ми}$  можно принять равной нулю.

**Накладные расходы** строительной-монтажной организации на единицу объема работ

$$H_B = \frac{K_3 \cdot (\sum C_{мсм} \cdot T_{ми} \cdot k_1 + \sum Z_{рi} \cdot k_2)}{P_0}, \quad (46)$$

где  $K_3$  – норма накладных расходов, дол. ед.:

- для металломонтажных работ  $K_3=1,1$ ;
- для промышленного и гражданского строительства  $K_3=1,364$ ;
- для строительства в сельских районах  $K_3=1,608$ ;
- для крупнопанельного домостроения  $K_3=2,2$

Экономия затрат в варианте за счет сокращения трудоемкости работ:

$$\Delta Q = 0,6 \cdot (Q_I - Q_{II}), \quad (47)$$

где  $Q_I$  – затраты труда в варианте с максимальными затратами чел.-см. (см. табл. 10);

$Q_{II}$  – то же, в варианте с минимальными затратами трудовых ресурсов, чел.-см. (см. табл. 10).

Экономия затрат за счет сокращения продолжительности монтажа, руб.

$$\Delta T = 0,5 \cdot N_{вп} \cdot \left(1 - \frac{T_I}{T_{II}}\right), \quad (48)$$

где  $N_{вп}$  – накладные расходы в варианте с большей продолжительностью производства работ, руб;

$T_I$  – продолжительность работ в варианте с минимальными сроками выполнения земляных работ, см;

$T_{II}$  – то же, с максимальной продолжительностью выполнения работ, см.

Экономия зарплаты на ручной труд при полной механизации строительных процессов равна нулю. Т.е.  $\Delta Z = 0$ . При других условиях производства работ эта величина вычисляется по [21] в соответствии с данными табл. 10 (графа 13).

Полная плановая себестоимость единицы объема работ

$$C_{полн} = C_{пр} + N_{в} - \Delta Q - \Delta T - \Delta Z \quad (49)$$

Вычитание значений  $\Delta Q$ ,  $\Delta T$  и  $\Delta Z$  производится в вариантах с экономией этих затрат.

**Удельные капитальные вложения** на приобретение машин и механизмов:

$$K_{уд} = \sum \frac{C_{ин} \cdot T_{ми} \cdot t_{см} \cdot k_4}{T_{год} \cdot P_0} \quad (50)$$

где  $C_{ин}$  – инвентарно-расчетная стоимость  $i$ -ой машины, руб;

$T_{ми}$  – продолжительность работы  $i$ -й машины на строительном объекте, см;

$t_{см} = 8$  ч (продолжительность смены в часах);

$k_4 = 2,2$  – коэффициент перехода к базовым ценам по стоимости машин, доп. ед.;

$T_{год}$  – нормативное число часов работы машин в году, ч.

Значения  $C_{ин}$ ,  $T_{год}$  принимаются студентом на основании справочных данных [29, 32].

**Удельные приведенные затраты:**

$$P_{уд} = C_{полн} + E_n \cdot K_{уд} \quad (51)$$

где  $E_n = 0,15$  – нормативный коэффициент экономической эффективности от применения новой техники и технологии.

Вычисленные технико-экономические показатели по вариантам сводятся в табл. 11.

*Технико-экономические показатели по вариантам*

Таблица 11.

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Варианты	
			I	II
1	2	3	4	5
1	Продолжительность выполнения работ, T	см		
2	Трудоемкость единицы объема работ, Q	чел-см/м <sup>3</sup>		
3	Прямые денежные затраты, C <sub>пр</sub>	руб/м <sup>3</sup>		
4	Полная плановая себестоимость, C <sub>полн</sub>	руб/м <sup>3</sup>		
5	Удельные капитальные вложения, K <sub>уд</sub>	руб/м <sup>3</sup>		
6	Удельные приведенные затраты, P <sub>уд</sub>	руб/м <sup>3</sup>		

При окончательном выборе варианта технологии производства работ главным показателем являются удельные приведенные затраты. Экономичнее вариант с минимальными приведенными затратами. Экономический эффект от его применения

$$\Xi = \frac{\Pi_{уд}^{max} - \Pi_{уд}^{min}}{\Pi_{уд}^{max}} \cdot 100\% \geq 5\% \quad (52)$$

При  $\Xi < 5\%$  за основу может приниматься вариант с меньшей продолжительностью и трудоемкостью выполнения работ.

Практический пример сравнения вариантов приведен в [21].

## 9. РАСЧЕТ ЭКСКАВАТОРНЫХ ЗАБОЕВ И ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВЫЕМОК

### 9.1. Разработка выемок экскаваторами драглайн обратная лопата

Разработку грунта в выемках одноковшовыми экскаваторами драглайн и обратная лопата ведут торцевыми и боковыми забоями. На рис. 9 представлена схема торцевого забоя при разработке грунта в транспортные средства, которые располагаются в пределах пятна выемки.

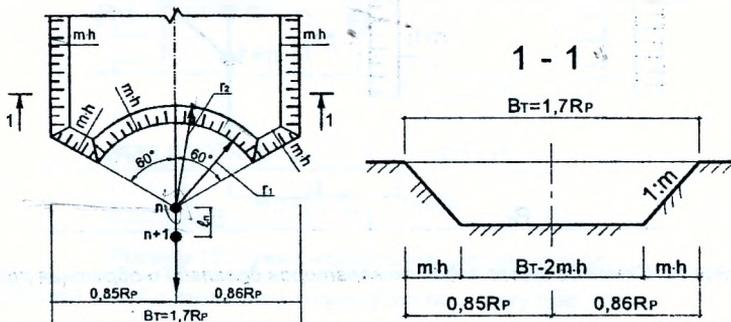


Рисунок 10. Торцевой забой экскаваторов драглайн и обратная лопата

Длина пути перемещения экскаватора драглайн определяется по формуле:

$$l_m = \frac{1}{5} \cdot l_{стр.} \quad (53)$$

где  $l_{стр.}$  – длина стрелы экскаватора драглайн, согласно [7], § E2-1-7.

$r_1$  – минимальный радиус резания на уровне стоянки экскаватора (рассчитывается в соответствии с выражением (14) (см. рис. 8);

$r_2$  – минимальный радиус резания на уровне подошвы забоя (см. рис. 8), м.

Рекомендуемая длина перемещения экскаваторов прямая и обратная лопата приводится в табл. 12 или табл. 20 [22].

Таблица 12. Рекомендуемая длина перемещения экскаваторов

Емкость ковша экскаватора	Длина передвижки экскаватора, м	
	с прямой лопатой	с обратной лопатой
0,15	1,0	1,1
0,25	1,1	1,25
0,40	1,3	1,4
0,65	1,5	1,55
1,00	1,75	1,75
1,50	2,0	2,0
2,50	2,30	2,30

Пионерная траншея, разработанная торцевым забоем, расширяется боковыми проходами.

Расчетная схема бокового забоя приведена на рис. 11.

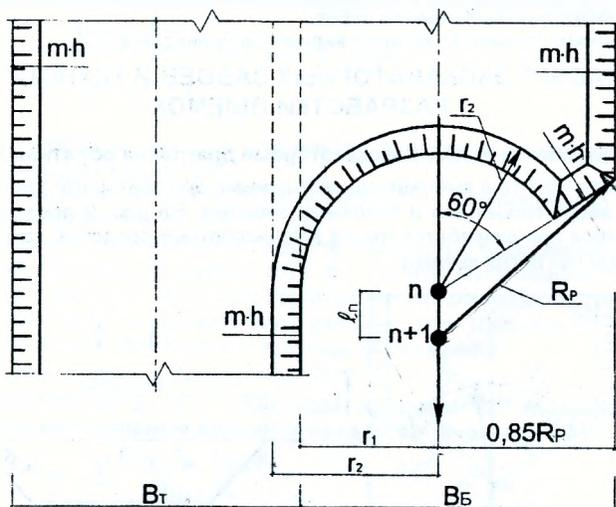


Рисунок 11. Схема бокового забоя экскаваторов драглайн и обратная лопата

Ширина боковой разработки определяется по выражению:

$$B_Б = r_1 + 0,85R_p \quad (54)$$

Разработка грунта экскаватором драглайн может вестись челночными методами: поперечно-челночным и продольно-челночным [23...26]. В этом случае транспортные средства располагаются на подошве забоя, а экскаватором предварительно разрабатывается съезд в котлован (см. п. 9.2).

Возможна разработка грунта одноковшовыми экскаваторами по ярусам, что позволяет применить экскаваторы с меньшим объемом ковша.

Технология отсыпки насыпей автомобильных дорог землеройными и землеройно-транспортными машинами изложена в [4, 5, 12...14, 18, 22...32].

## 9.2. Разработка грунта экскаваторами прямая лопата

Разработка выемок экскаваторами прямая лопата выполняется лобовыми и боковыми проходками. Различают следующие виды лобовых забоев:

а) лобовой нормальный забой (рис. 12);

$$B_n = 2\sqrt{R_p^2 - l_n^2} \quad (55)$$

где  $R_p$  – рабочий радиус резания, м [7, 15, 16];

$l_n$  – длина пути перемещения экскаватора (табл. 12), м.

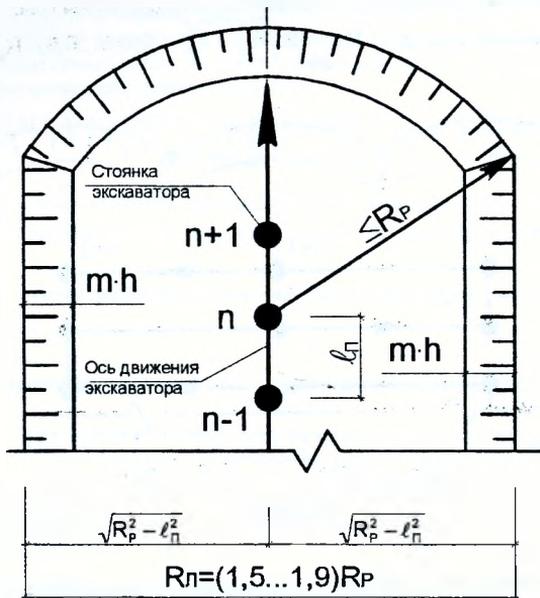


Рисунок 12. Схема нормального лобового забоя

б) лобовой забой с движением экскаватора по зигзагу (рис. 13);

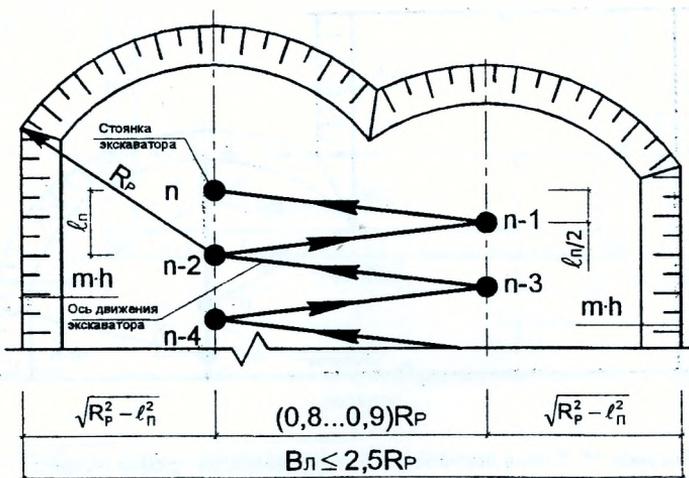


Рисунок 13. Схема лобового забоя с движением экскаватора по зигзагу

$$\text{Ширина проходки: } B_{л} = 2\sqrt{R_p^2 - l_n^2} + (0,8 \dots 0,9) \cdot R_p \quad (56)$$

в) лобовой забой с движением экскаватора поперек забоя (рис. 14).

$$\text{Ширина проходки: } B_{\text{л}} = 2\sqrt{R_p^2 - \ell_n^2} + 2(0,8 \dots 0,9) \cdot R_p \quad (57)$$

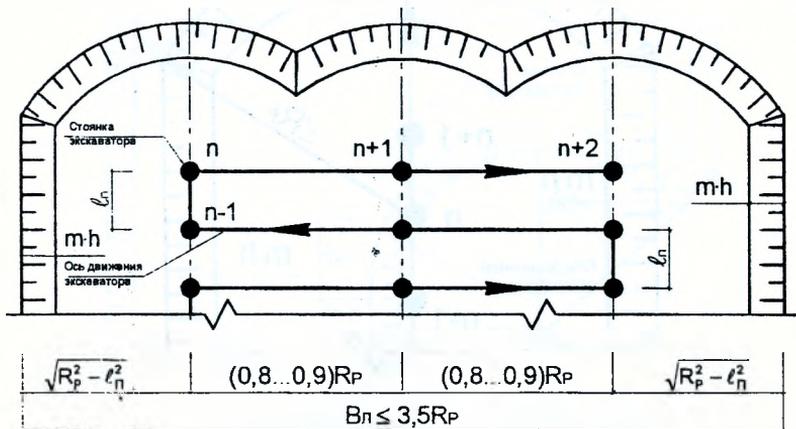


Рисунок 14. Схема лобового забоя с движением экскаватора поперек забоя  
Боковой забой экскаватора прямая лопата представлен на рис. 15.

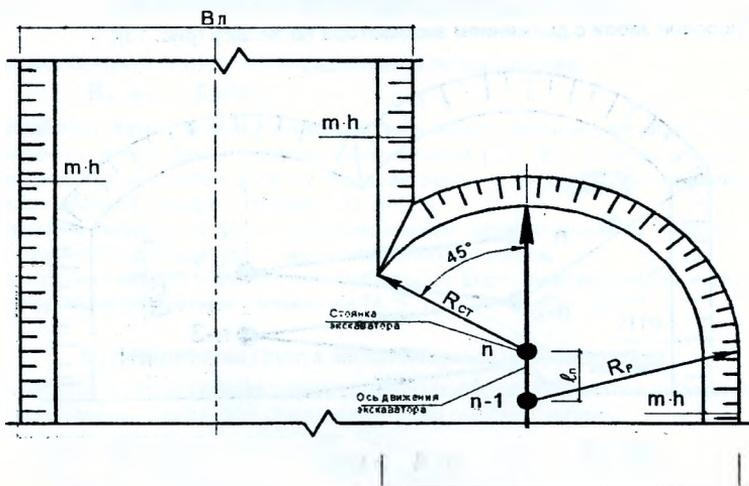


Рисунок 15. Схема бокового забоя экскаватора прямая лопата

$$\text{Ширина проходки: } B_6 = \frac{R_{\text{ст}}}{\sqrt{2}} + \sqrt{R_p^2 - \ell_n^2} \quad (58)$$



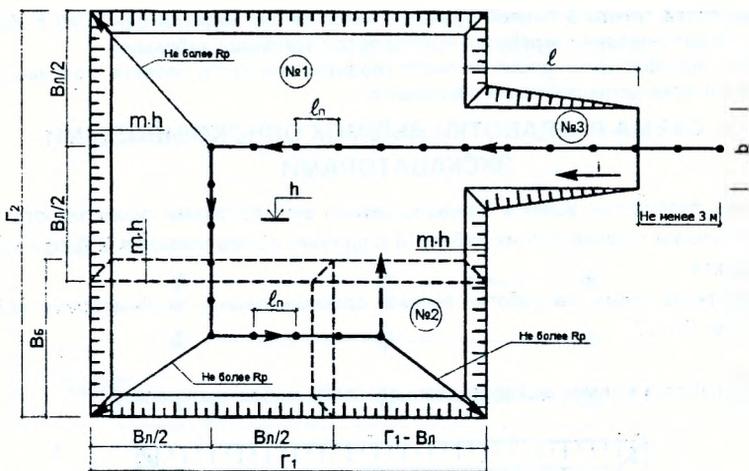


Рисунок 17. Схема разработки выемки экскаватором прямая лопата

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

$$V_e = \frac{h}{6} \cdot (3b + 2mh \frac{m' - m}{m'}) \cdot (m' - m), \quad (59)$$

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.;

$$m' = \frac{1}{i}, \quad (60)$$

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

Величины  $h$  и  $i$  могут быть приняты в соответствии с рекомендациями [33].

Примерно величину  $h$  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 [34].

## 11. РАЗРАБОТКА ГРУНТА СКРЕПЕРАМИ И БУЛЬДОЗЕРАМИ

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 самоходных – 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 (рис. 18):

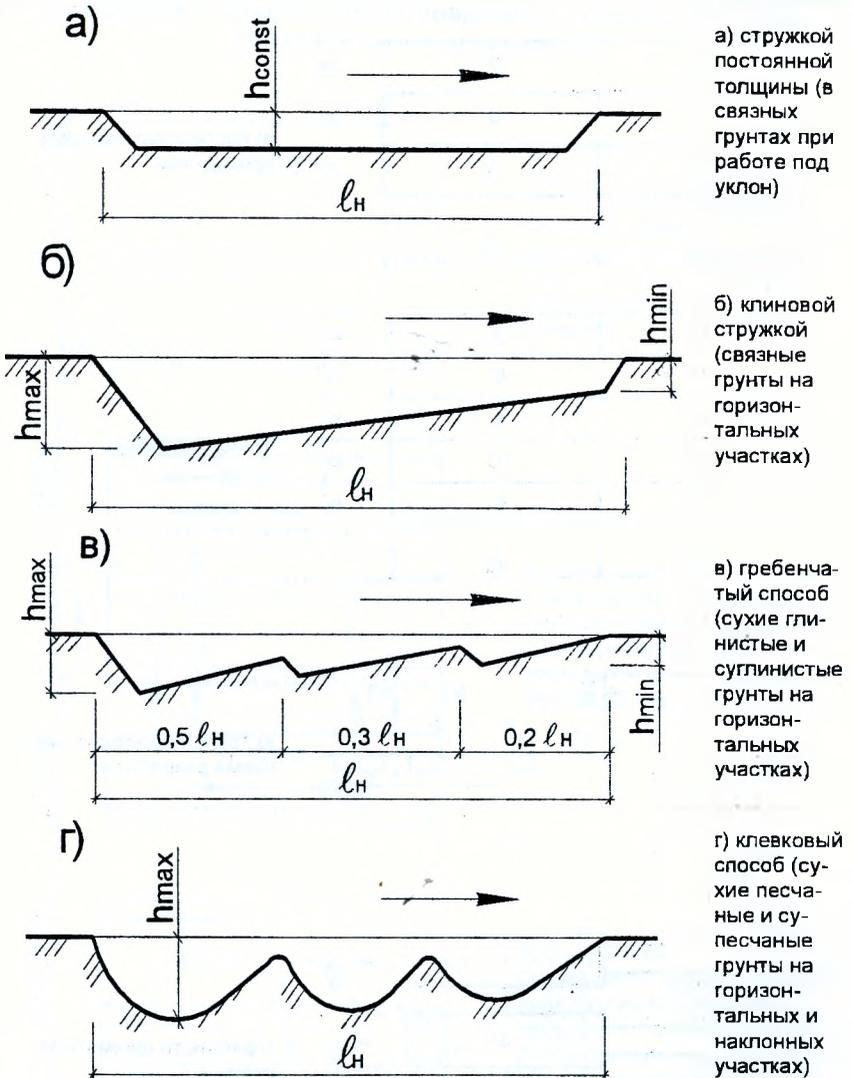
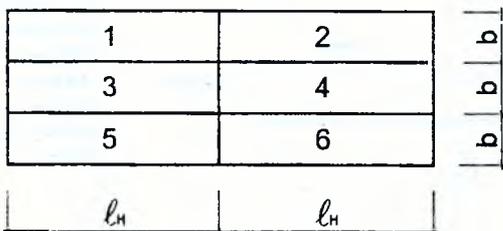
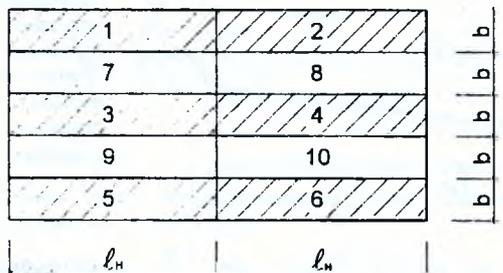


Рисунок 18. Схемы набора грунта скрепером

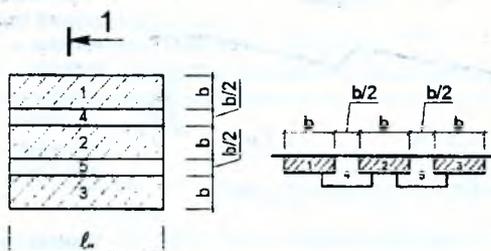
В строительной практике чаще всего используют следующие схемы разработки грунта (рис. 19):



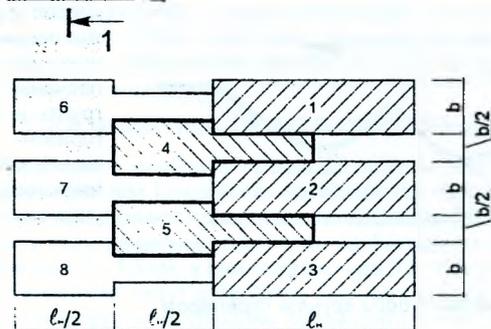
а) последовательными проходками



б) через полосу



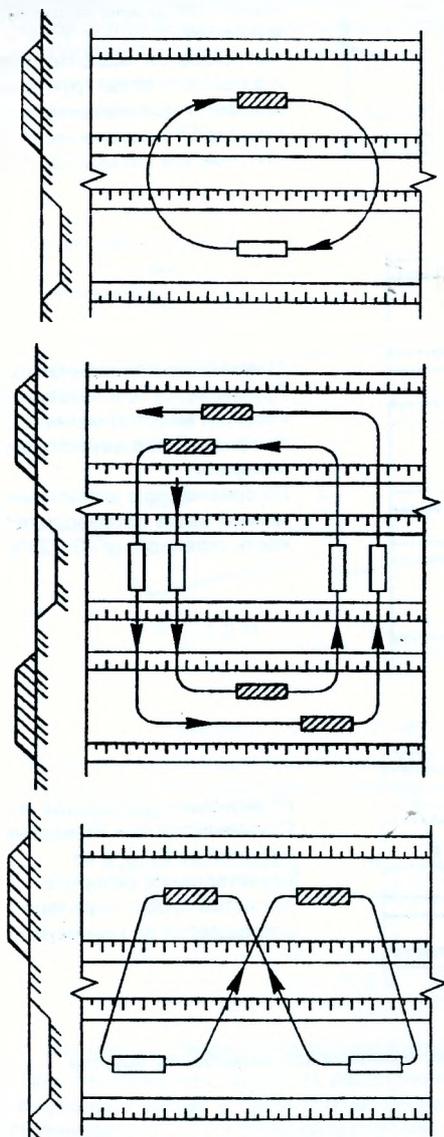
в) траншейно-гребенчатая схема разработки



г) ребристо-шахматная схема

Рисунок 19. Схемы разработки грунта скрепером

В зависимости от вида сооружения, расположения мест разработки и укладки грунта применяют следующие схемы движения скреперов (рис. 20):

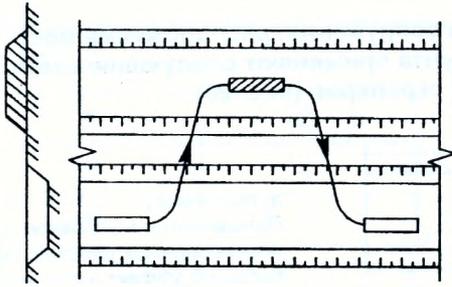


а) по эллипсу  
Применяется в основном на планировочных работах. Наибольший эффект – при возведении линейно-протяженных выемок и насыпей глубиной или высотой до 2 м (не нужно съездов).

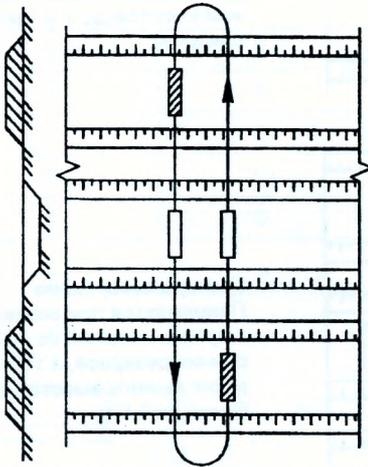
б) спиральная схема  
Применяется при возведении широких насыпей из двухсторонних резервов, а также широких выемок высотой или глубиной до 2,5 м.

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.

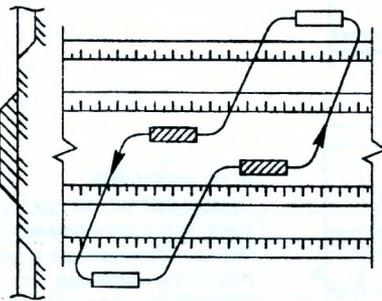
Рисунок 20. Схемы движения скрепера при разработке грунта



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%.



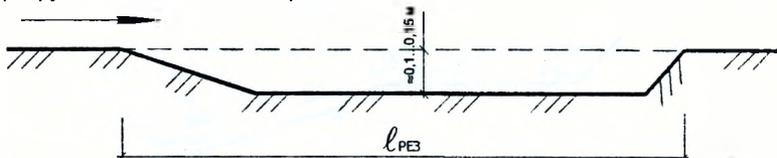
е) челночно-продольная схема  
Применяется при возведении насыпей до 5...6 м из двухсторонних резервов.  
Холостой пробег скрепера сокращается до минимума.

Рисунок 20. Схемы движения скрепера при разработке грунта

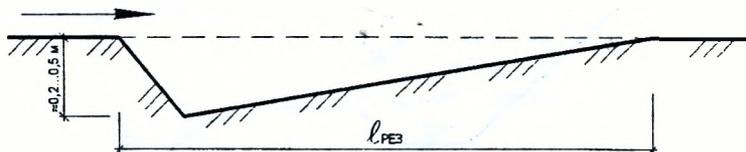
## 12. РАЗРАБОТКА ГРУНТА БУЛЬДОЗЕРАМИ

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 (рис. 21):  
а) стружкой постоянной толщины



б) клиновой стружкой



в) гребенчатым способом

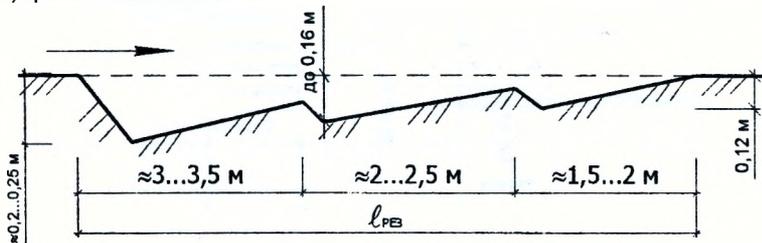


Рисунок 21. Схема срезки грунта бульдозером

Применяют следующие способы разработки грунта:

- последовательными проходками при послойном резании грунта;
- траншейным способом.

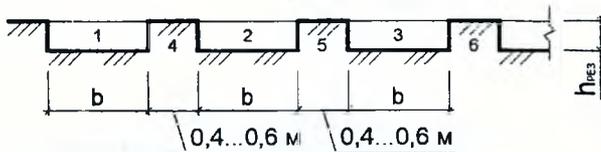


Рисунок 22. Разработка грунта бульдозером траншейным способом

При перемещении грунта на расстояние свыше 40 м применяют разработку с промежуточным валом, а также спаренную работу 2-х бульдозеров [16]. 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 рис. 23.

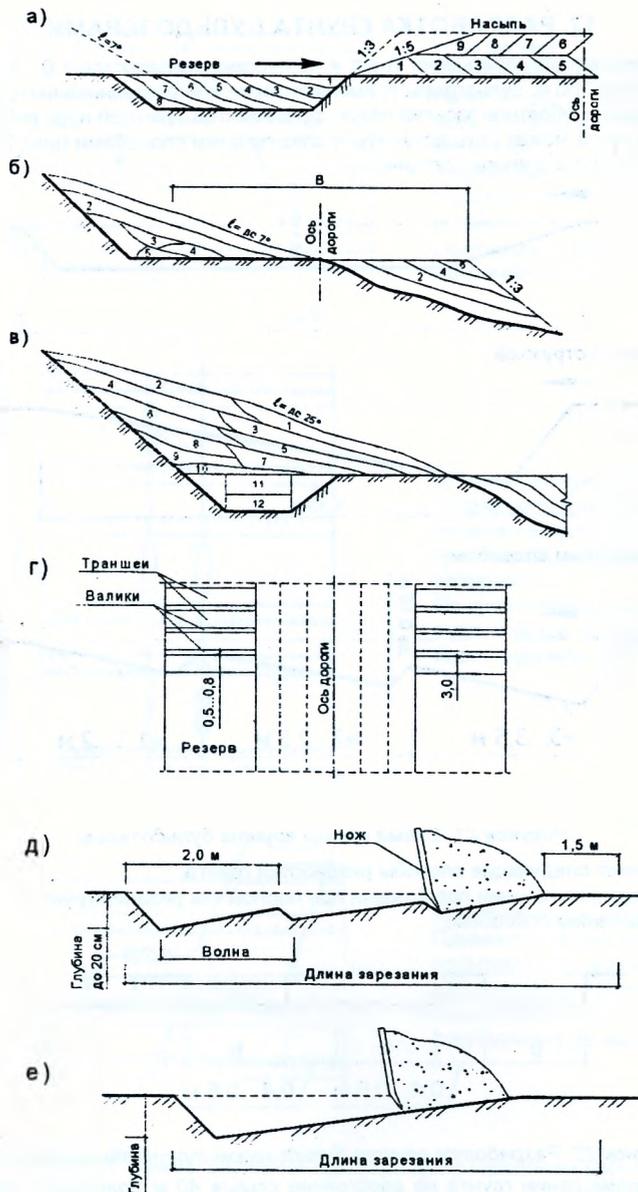


Рисунок 23. Схема разработки грунта бульдозером

а – в резерве; б – на склоне; в – на косогоре (11 и 12 проходы выполняются скреперы); г – план зарезаний в резерве; д – гребенчатое зарезание; е – прямая стружка

### 13. 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 проходов.

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 разрезает 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 (рис. 24).

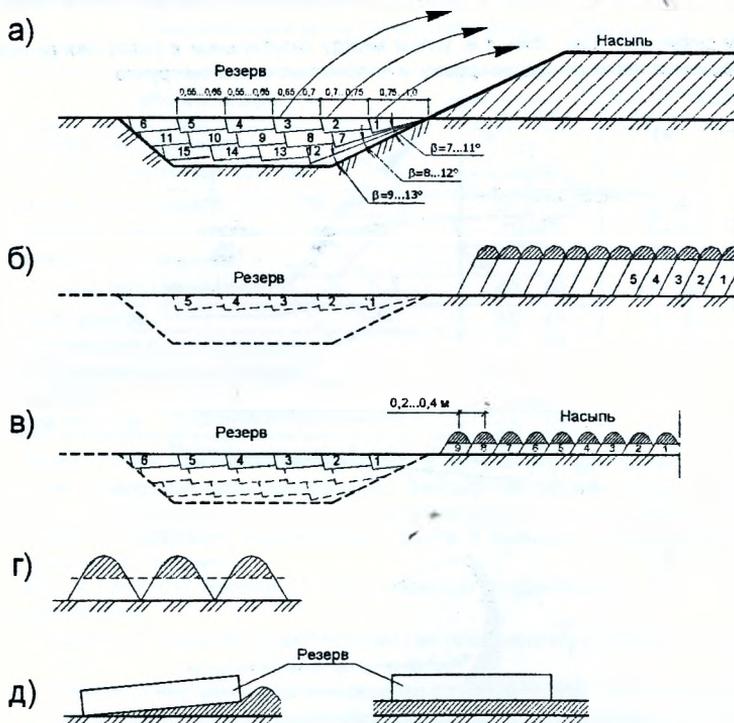


Рисунок 24. Разработка резерва грейдером и укладка грунта в насыпь:

а – схема послойного зарезания от внутренней бровки, б – укладка валов вприжим, в – укладка валов грунта вполуприжим, г – укладка валов вразбежку, д – разравнивание вала

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.

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  $\alpha$  (рис. 25а), т.е. углом между режущей кромкой ножа и направлением движения грейдера;
- углом наклона  $\beta$  (рис. 25б), т.е. углом между режущей кромкой ножа и горизонтом;
- углом резания  $\gamma$  (рис. 25в), т.е. углом между касательной к поверхности ножа, проведенной через режущую кромку, и плоскостью среза грунта.

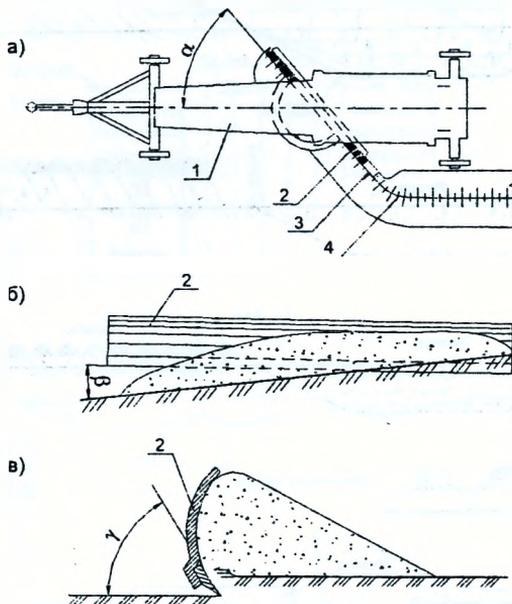


Рисунок 25. Углы установки ножа грейдера

1 – грейдер; 2 – отвал грейдера; 3 – удлинитель; 4 – валик отсыпаемого грунта

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 движе-

нии 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 табл. 13. Углы наклона для первых зарезаний в каждом слое указаны на рис. 24а.

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

*Рациональные углы установки ножа грейдера [4, 5]*

Таблица 13.

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

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 перемещения 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 резерва).

Наиболее рациональной схемой перемещения грунта из резервов в насыпь является схема послонного зарезания от внутренней бровки резерва к наружной (см. рис. 24а), 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. 24б, 24в, 24г, 24д).

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 объемом 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.

## 14. 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 водоустойчивость.

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

- 1) **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;
- 2) **ударные или трамбующие машины** – трамбовки пневматического и взрывного действия, электротрамбовки, молотковые трамбовочные машины, трамбующие плиты;
- 3) **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 не-

значительную 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 доуплотняется 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 грунтового 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 пересохших 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 длительного времени 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 (рис. 26). 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.

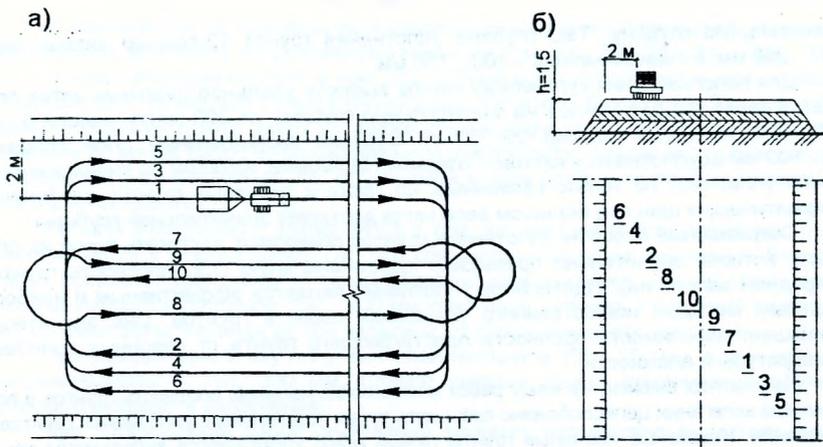


Рисунок 26. Схема движения катка при уплотнении насыпи

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

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 грунтовый 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.

## 15. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

### 15.1. Земляное полотно 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 (сглавинные 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 подстиляется 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 (рис. 27а). 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.

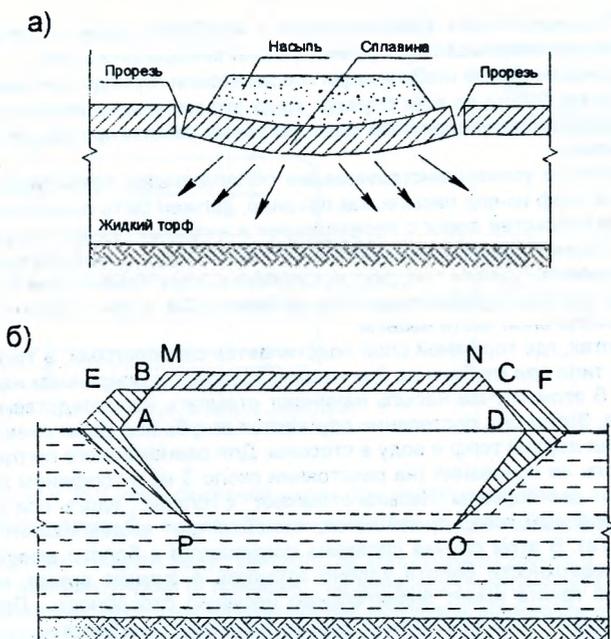
На болотах из сплошного торфа земляные работы по устройству насыпи, частично погруженной в торф, выполняют путем отсыпки грунта на поверхность болота. Под действием веса грунта торф сжимается, и насыпь постепенно погружается в болото до тех пор, пока сжатый под ней торф не окажется в состоянии выдержать 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 (рис. 27б) 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.

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 перемещает по оси дороги, оставляя за собой выторфованную продольную траншею на полную ширину насыпи. Чтобы не допустить заполнения траншеи глыбающим с боков торфом, ее немедленно засыпают грунтом. Грунт в голове насыпи подвозят на автомобилях-самосвалах, а к подошве насыпи в траншею перемещают бульдозером. При большой ширине выторфовывание ведут за два прохода



**Рисунок 27. Устройство дорожного полотна на болоте**  
*а – погружение насыпи на дно болота на слое сплавины; б – погружение насыпи в болото по способу перегрузки*

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.

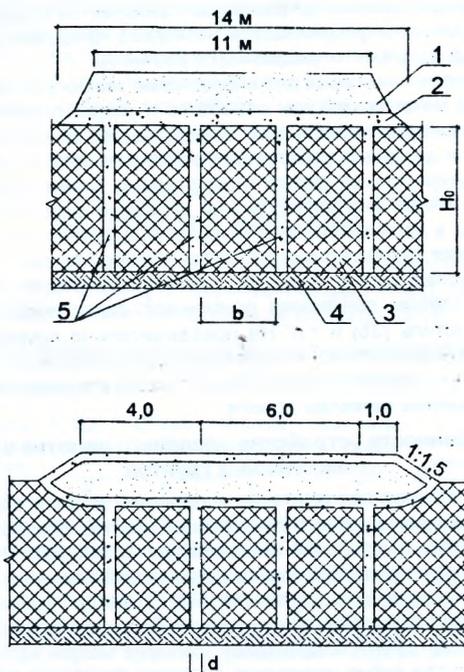
В условиях строительства сельскохозяйственных дорог на болотах с мощным слоем слабоустойчивого торфа (более 2 м) иногда устраивают дорожное полотно на плаву; при этом необходимо максимально использовать несущую способность торфяной залежи, усиливая сопротивление торфа осадке с помощью настилов из жердей 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 прорези, заполненные песком, вертикальные песчаные дрены и др. Вертикальные дрены устраивают в виде песчаных свай диаметром 300...500 мм, пронизывающих всю толщину торфяного слоя (рис. 28). Нижняя

часть дрен достигает минерального дна, а верхняя упирается в горизонтальный дренирующий слой, располагаемый внизу насыпи по всей ее ширине.



**Рисунок 28. Поперечный профиль земляного полотна с устройством вертикальных дрен**

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

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 разрезов, 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 слямям. 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 кротдренером или дренажно-дисковой машиной. Отсыпанный грунт используют в дальнейшем для устройства дорожных насыпей. Дорожные работы обычно выполняют на следующий год после отсыпки грунта.

В настоящее время для устройства земляного полотна постоянных автомобильных дорог на слабом основании применяют синтетические материалы типа "Дорнит" [34], геотекстиль [35] и т.п. На предварительно армированное основание отсыпают слои земляного полотна из дренирующих материалов. В результате достигаются необходимые физико-механические показатели земляного полотна и требуемые эксплуатационные качества дороги.

### **15.2. Особенности устройства земляного полотна в районах засоленных грунтов**

Наличие солей в почве препятствует испарению влаги и просыханию грунта, а расположение засоленных грунтов в пониженных местах способствует обогащению их сильно набухающими глинистыми влагоемкими частицами. Поэтому для дорог в районах засоленных грунтов особое значение имеет обеспечение водоотвода.

Максимальное увлажнение солончаковых грунтов наблюдается в зимне-весенний период, когда выпадает относительно большое количество осадков. Уровень грунтовых вод в это время повышается.

Способ производства работ назначают с учетом характера засоленности грунтов, водноклиматических и других условий. На участках пухлых солончаков и при сильном сульфатном или хлоридно-сульфатном засолении верхний, наиболее засоленный слой грунта, удаляют по всей площади основания насыпи и с поверхности резервов.

Работы на участках с засоленными грунтами следует проводить в сроки, когда влажность грунтов наиболее близка к оптимальной и грунты хорошо поддаются разработке и уплотнению. При отсыпке невысоких насыпей с резервами глубиной менее 500 мм в условиях сильнозасоленных грунтов работы целесообразно проводить в весенний период, когда засоление грунтов в верхний слоях понижается. Засоленные грунты лучше всего уплотнять катками на пневматических шинах или тяжелыми грузовыми автомобилями. Откосы насыпей выполняются более пологими.

В засоленных грунтах следует чаще обыкновенного необходимо устраивать поперечные водоотводы (желательно не реже чем через 500 м).

На такырах применяют бесковветный и безрезервный профиль. Грунт для насыпей при этом берут с каждой стороны дорожной полосы тонким слоем шириной до 30 м.

### **15.3. Особенности устройства земляного полотна в районах поливного земледелия**

Характерной особенностью производства работ по возведению земляного полотна на поливных землях, занятых под ценные культуры, является необходимость всемерного сокращения площади, отводимой под земляное полотно и резервы. Поэтому земляные работы следует организовывать с возможно более широким применением продольной возки грунта, учитывая, что разработка площади под боковыми резервами может ока-

заться значительно менее выгодной, чем некоторое удорожание стоимости земляных работ за счет увеличения дальности перемещения грунта.

Необходимость устройства резервов следует обосновать технико-экономическими расчетами. В тех случаях когда боковые резервы оказываются необходимыми, перед началом производства земляных работ грейдером или бульдозером следует снять наиболее ценный верхний слой почвы со всей площади, на которой должны устраиваться насыпь и резервы, собрать его в валики на обрезах, а по окончании работ распределить ровным слоем по дну резервов. Это дает возможность использовать всю площадь резервов для посева сельскохозяйственных культур.

## 16. СОСТАВЛЕНИЕ КАЛЬКУЛЯЦИИ ЗАТРАТ ТРУДА И МАШИННОГО ВРЕМЕНИ

Калькуляция трудовых затрат составляется в соответствии с требованиями "Единых норм и расценок" [7,8,11] в табличной форме (табл. 14). Основанием для составления калькуляции являются сведения об объемах работ (табл. 1).

### Калькуляция затрат труда и машинного времени

Таблица 14.

№ пп	Наименование работ	Обоснование (§§ ЕНиР, ВНиР)	Ед. изм.	Объем работ	Состав звена	Применяемые машины и механизмы	Затраты труда в чел./час.	
							на единицу измерения	на весь объем
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В зависимости от наименования работ устанавливается параграф соответствующих ЕНиР и заносится в графу 3 (см. табл. 14). В графе 2 приводится перечень нормируемых работ по каждому строительному процессу. В графу 4 записывается единица измерения, на которую в ЕНиР даны нормы времени и расценки. В графе 5 приводятся объемы работ в единицах измерения согласно графы 4 (см. табл. 14). В графах 6, 8 приводятся нормы времени, расценки и состав звена в соответствии с ЕНиР. Затраты труда (графа 9) в чел.-ч (числитель) рассчитываются путем перемножения данных граф 5 и 8, а в человеко-сменах (знаменатель) – путем деления затрат труда в человеко-часах на продолжительность смены в часах (8,0 ч).

При производстве работ в зимний период  $N_{вр}$  следует умножать на поправочный коэффициент, принимаемый по [11] (примерно  $K=1,1$ ).

## 17. СОСТАВЛЕНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

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

Расчеты к построению календарного графика выполняют в табличной форме, приведенной в таблице 15.

### Расчеты к построению календарного графика производства работ

Таблица 15.

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Норма времени, чел.-ч.	Трудоёмкость, 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 проектируе-

мой технологической последовательностью. На графике отражается продолжительность, технологическая последовательность и взаимосвязка отдельных строительных процессов.

Нормативная продолжительность каждого вида работ определяется путем деления затрат труда на количество рабочих в звене и принятое их количество (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:

$$K_n = \frac{T_{пр}}{T_n} \cdot 100\% \quad (61)$$

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

$T_n$  – 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 либо указанного в [37]).

## 18. 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 электросварочных и отделочных работ и т.п. могут быть отражены в дополнение к графической части проекта в указаниях по производству работ.

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

## 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В МАШИНАХ, МЕХАНИЗМАХ, ОБОРУДОВАНИИ, ИНСТРУМЕНТЕ, ИНВЕНТАРЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

### *Материально-технические ресурсы*

Таблица 16.

№ п.п.	Наименование машин, механизмов и оборудования	Тип, марка, ГОСТ	Технические характеристики	Назначение	Количество на звено (бригаду)
1	2	3	4	5	6

При составлении таблицы 16 можно руководствоваться типовыми техническими картами и литературой, приведенной в методических указаниях.

заться значительно менее выгодной, чем некоторое удорожание стоимости земляных работ за счет увеличения дальности перемещения грунта.

Необходимость устройства резервов следует обосновать технико-экономическими расчетами. В тех случаях когда боковые резервы оказываются необходимыми, перед началом производства земляных работ грейдером или бульдозером следует снять наиболее ценный верхний слой почвы со всей площади, на которой должны устраиваться насыпь и резервы, собрать его в валики на отбresaх, а по окончании работ распределить ровным слоем по дну резервов. Это дает возможность использовать всю площадь резервов для посева сельскохозяйственных культур.

## 16. СОСТАВЛЕНИЕ КАЛЬКУЛЯЦИИ ЗАТРАТ ТРУДА И МАШИННОГО ВРЕМЕНИ

Калькуляция трудовых затрат составляется в соответствии с требованиями "Единых норм и расценок" [7,8,11] в табличной форме (табл. 14). Основанием для составления калькуляции являются сведения об объемах работ (табл.1).

### *Калькуляция затрат труда и машинного времени*

Таблица 14.

№ пп	Наименование работ	Обоснование (ССЕНиР, ВНиР)	Ед. изм.	Объем работ	Состав звена	Применяемые машины и механизмы	Затраты труда в чел./час.	
							на единицу измерения	на весь объем
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В зависимости от наименования работ устанавливается параграф соответствующих ЕНиР и заносится в графу 3 (см. табл. 14). В графе 2 приводится перечень нормируемых работ по каждому строительному процессу. В графу 4 записывается единица измерения, на которую в ЕНиР даны нормы времени и расценки. В графе 5 приводятся объемы работ в единицах измерения согласно графы 4 (см. табл. 14). В графах 6, 8 приводятся нормы времени, расценки и состав звена в соответствии с ЕНиР. Затраты труда (графа 9) в чел.-ч (числитель) рассчитываются путем перемножения данных граф 5 и 8, а в человеко-сменах (знаменатель) – путем деления затрат труда в человеко-часах на продолжительность смены в часах (8,0 ч).

При производстве работ в зимний период  $N_{вр}$  следует умножить на поправочный коэффициент, принимаемый по [11] (примерно  $K=1,1$ ).

## 17. СОСТАВЛЕНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

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

Расчеты к построению календарного графика выполняют в табличной форме, приведенной в таблице 15.

### *Расчеты к построению календарного графика производства работ*

Таблица 15.

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Норма времени, чел.-ч.	Трудоёмкость, 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 проектируе-

мой технологической последовательностью. На графике отражается продолжительность, технологическая последовательность и взаимосвязка отдельных строительных процессов.

Нормативная продолжительность каждого вида работ определяется путем деления затрат труда на количество рабочих в звене и принятое их количество (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 переездом звена (бригады) рабочих на другую строительную площадку.

Коэффициент выполнения норм (%) определяется по выражению:

$$K_n = \frac{T_{пр}}{T_n} \cdot 100\%, \quad (61)$$

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

$T_n$  – 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 либо указанного в [37]).

## 18. 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 электросварочных и отделочных работ и т.п. могут быть отражены в дополнение к графической части проекта в указаниях по производству работ.

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

## 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В МАШИНАХ, МЕХАНИЗМАХ, ОБОРУДОВАНИИ, ИНСТРУМЕНТЕ, ИНВЕНТАРЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

### *Материально-технические ресурсы*

Таблица 16.

№ п.п.	Наименование машин, механизмов и оборудования	Тип, марка, ГОСТ	Технические характеристики	Назначение	Количество на звено (бригаду)
1	2	3	4	5	6

При составлении таблицы 16 можно руководствоваться типовыми техническими картами и литературой, приведенной в методических указаниях.

## **20. МЕРОПРИЯТИЯ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ**

Операционный контроль качества выполняемых работ производят в соответствии с требованиями [3, 9, 29, 39].

Перечень работ, подлежащих операционному контролю, может быть задан руководителем проекта либо определен студентом самостоятельно по основным технологическим процессам.

Ведомость операционного контроля качества выполнения операций включает состав, способ, время, а также виды контролируемых служб.

## **21. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ**

Мероприятия по технике безопасности должны обеспечивать безопасное выполнение работ в конкретных условиях строительной площадки. Они разрабатываются в соответствии с требованиями, изложенными в [10, 36, 40, 41].

В технологической карте должны быть указаны: безопасные методы производства работ и последовательность выполнения отдельных операций; оборудование, инструменты и приспособления, необходимые для безопасного ведения работ.

Опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникнуть при выполнении работ, мероприятия по предупреждению их воздействия на работников, средства защиты работников.

При организации строительной площадки, размещении участков работ, рабочих мест, проездов строительных машин и транспортных средств, проходов для людей следует установить опасные для людей зоны, в пределах которых постоянно действуют или потенциально могут действовать опасные производственные факторы. Опасные зоны должны быть обозначены знаками безопасности и надписями установленной формы.

При производстве земляных работ на улицах, проездах, а также в местах, где происходит движение людей или транспорта, должны быть установлены защитные ограждения с учетом требований ГОСТ 23407. На ограждениях устанавливаются соответствующие знаки и надписи, а в темное время суток или в условиях недостаточной видимости – световую сигнализацию.

Крутизна откосов выемок и насыпей должна соответствовать требованиям [41] приложение 5, а также устанавливается проектом. В технологической карте должны быть разработаны мероприятия по обеспечению безопасных работ, выполняемых с применением строительных машин.

Для обеспечения безопасности работ, выполняемых с применением строительных машин (механизмов) предусматривают:

- выбор типов машин, места их установки и режим работы в соответствии с параметрами, предусмотренными технологией;
- мероприятия, исключающие действие вредных и опасных факторов на машиниста и работающих вблизи людей;
- использование технических средств по ограничению пути движения или угла поворота машины и средств связи машиниста с работающими (звуковой сигнализации, радио и телефонной связи) при выполнении машинами работ в условиях ограниченного пространства и обзора рабочей зоны;
- особые условия установки машин в зоне призм обрушения на насыпной грунт.

Более подробно ознакомиться с методикой разработки данного раздела можно в [42].

## **22. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПО ПРОЕКТУ**

Приводятся в пояснительной записке и на листах графической части проекта из раздела 8 настоящих методических указаний.

## 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. Бондарик В.А., Овчинников Э.В. Производство земляных работ. – Мн.: Высшая школа, 1979.– 128 с.
3. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги: СНиП 3.06.03–85.–М.: Госкомстрой СССР, 1986.– 111 с.
4. Славущий А.К. Проектирование, строительство, содержание и ремонт сельскохозяйственных дорог.– М.: Высш. шк., 1972.– 520 с.
5. Славущий А.К., Носов В.П. Сельскохозяйственные дороги и площадки. Учебник для вузов.– М.: Агропромиздат, 1986.– 447 с.
6. Технологические карты на удаление древесно-кустарниковой растительности. – Л.: ВГПТИ "Союзоргтехводстрой", 1984.–77с.
7. Единые нормы и расценки. ЕНиР. Сб. Е2. Земляные работы. Вып.1. Механизированные и ручные работы. Госстрой СССР - М.: Стройиздат, 1988. –224с.
8. Ведомственные нормы и расценки. ВНиР. Сб.В12. Культуртехнические работы. Вып.2.–М.: Прейскурант издат. 1987 – 49с.
9. Строительные нормы и правила. СНиП 3.02-01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Госстрой СССР.– М.: ЦИТП Госстроя СССР: 1988.–128с.
10. Строительные нормы и правила. СНиП III-4-80\*. Техника безопасности в строительстве.– М.: Стройиздат, 1981.–255с.
11. ЕНиР. Общая часть. Госстрой СССР.– М.: Прейскурантиздат, 1987.–38с.
12. Марионков К. С. Основы проектирования производственного строительных работ.– М.: Стройиздат, 1980.–231с.
13. Ясинецкий В. Г., Фенин Н. К. Организация и технология гидромелиоративных работ.–М.: Агропромиздат, 1986.–352с.
14. Ясинецкий В. Г. Организация, планирование и основы управления водохозяйственным строительством.– М.: Колос, 1982.–238с.
15. Рейш А. Е. и др. Машины для земляных работ.–М.: Стройиздат, 1981.–352с.
16. Рейш А. Е. и др. Земляные работы. –М.: Стройиздат, 1984.–320с.
17. Голубицкая Г. А. и др. "Методические указания к курсовому проекту "Производство земляных работ с элементами бетонирования фундаментов" для студентов специальности "Промышленное и гражданское строительство".– Брест:БрПИ, 1990.– 38с.
18. Штоль Г. М., Теличенко В. И. Технология возведения подземной части и сооружений. Учебное пособие.– М.: Высшая школа, 1990.– 288с.
19. Строительные нормы и правила. СНиП IV-3-82. Приложение. Сборник сметных цен эксплуатации. Госстрой СССР.–М.: Стройиздат, 1982.– 40с.
20. Сборник сметных цен на материалы, изделия и конструкции для условий строительства в республике Беларусь, ч.IV. - Минск: Госкомитет по архитектуре и строительству РБ, 1992. – 98с.
21. Методические указания к технико-экономическому сравнению вариантов технологии производства СМР при разработке технологических карт в составе курсового и дипломного проектов: Брест, БрПИ, 1998.– 26с.
22. Ганичев И. А. Технология строительного производства.– М.: Стройиздат, 1972. – 462с.
23. Земляные работы / Ю. И. Беляков и др. – М.: Стройиздат, 1990.–271с.
24. Неклюдов М. К. Механизация уплотнения грунтов. – М.: Стройиздат, 1985. – 168с.
25. Атаев С. С. и др. Технология, механизация и автоматизация строительства.– М.: Высш. шк., 1990 – 595 с.

26. Драченко Б. Ф. и др. Технология строительного производства. – М.: Агропромиздат, 1990 – 512 с.
27. Хамзин С. К., Карасев А. К. Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Высш. шк., 1989. – 216 с.
28. 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.
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. Строительные нормы и правила. СНиП 3.01.01.– 85\*. Организация строительного производства / Госстрой СССР.– М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990.– 56 с.
38. Технология строительного производства в зимних условиях / Под ред. В.А. Евдокимова.– Л.: Стройиздат, 1984.– 36 с.
39. Схемы операционного контроля качества строительно-монтажных работ.– Минск: РТЦ, 1988.– 88 с.
40. 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).
41. 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).
42. Черноиван В.Н., Сташевская Н.А., Щербач В.П. и др. Методические указания к выполнению раздела "Охрана труда" в дипломном проекте.– Брест: БрПИ, 1997.– 34 с.

## Учебное издание

**СОСТАВИТЕЛИ:** Юськович Георгий Иванович  
Черноиван Вячеслав Николаевич  
Юськович Виталий Иванович  
Самкевич Виталий Анатольевич  
Тимошук Валерий Анатольевич  
Ивасюк Юрий Петрович

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового и раздела дипломного проектов  
на тему

**«Технологическая карта на возведение земляного  
полотна автомобильной дороги»**

по курсу *«Технология строительства дорог, мостов и  
транспортных сооружений»* для студентов  
специальности 70 03 01 «Автомобильные дороги»  
дневной и заочной форм обучения.

Ответственный за выпуск: Юськович Г. И.

Редактор: Строкач Т. В.

Корректор: Никитчик Е. В.

Верстка: Боровикова Е. А.

---

Подписано к печати 05.02.2004 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая. Гарнитура Arial.  
Усл. п. л. 2,79. Уч. изд. л. 3,0. Заказ № 126 Тираж 120 экз. Отпечатано на ризографе  
учреждения образования "Брестский государственный технический университет".  
224017. Брест, ул. Московская, 267.