

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ  
СООБЩЕНИЯ» В Г. РТИЩЕВО  
(ФИЛИАЛ СамГУПС В Г. РТИЩЕВО)**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**  
**по выполнению**  
**курсового проекта по междисциплинарному**  
**курсу:**  
**«СТРОИТЕЛЬСТВО И**  
**РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ**  
**ДОРОГ»**

**Автор: преподаватель  
филиала Сам ГУПС  
в г.Ртищево  
Гундарева Евгения  
Владимировна**

**2017 г.**

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1.	Определение объёмов земляных работ	5
1.1	Обработка продольного профиля	5
1.2	Определение положения нулевых точек	5
1.3	Определение положения высокой насыпи	6
1.4	Определение геометрических объёмов выемок и насыпей	6
1.5	График попикетных объёмов земляных работ	7
2.	Распределение земляных масс	8
2.1	Кривая объёмов земляных работ	8
2.2	Определение рабочей и профильной кубатуры по участкам работ	10
2.3	Определение средней дальности перемещения грунта	11
3.	Определение типоразмеров ведущих машин, состава землеройных комплексов и технико-экономических показателей их работы.	12
3.1	Общие положения	12
3.2	Определение типоразмеров ведущих машин	12
3.3	Определение состава землеройных комплексов	13
3.4	Определение технико-экономических показателей работы землеройных комплексов	14
4.	Календарный график производства работ	15
5.	Технология основных работ по сооружению земляного полотна	15
5.1	Разработка выемок с отвалом грунта в кавальеры и возведение насыпей из резервов драглайном	16
5.2	Разработка выемок, карьеров, резервов одноковшовыми экскаваторами и возведение насыпей автосамосвалами	16
5.3	Разработка выемок и возведение насыпей скреперами	17
5.4	Разработка выемок и возведение насыпей бульдозерами	19
5.5	Технология уплотнения насыпей	20
6.	Охрана труда при производстве земляных работ	21
7.	Охрана окружающей среды и природопользование	22
	Приложения	23
	Рекомендуемая литература	28

## ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие разработано в помощь студентам специальности 08.02.10 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» при выполнении заданий курсового проекта по междисциплинарному курсу «Строительство и реконструкция железных дорог». Предназначено для закрепления теоретического материала по проектированию производства работ по сооружению земляного полотна железной дороги нормальной колеи 1520 мм на участке 10 км в обычных условиях в нескальных и немёрзлых грунтах при использовании типовых поперечных профилей. Это даёт возможность в полном объёме использовать комплексную механизацию, применяя различные виды землеройных машин, изученных в теоретическом материале междисциплинарного курса.

Целью курсового проекта является: закрепление студентами теоретических знаний; приобретение навыков самостоятельного решения конкретных инженерных задач строительного производства.

Учитывая ограниченное время на выполнение курсового проекта, в методическом пособии изложена только организация основных работ по сооружению земляного полотна без планировочно-отделочных работ.

Курсовой проект должен разрабатываться в соответствии с нормами строительного проектирования [1], [2], [3], едиными нормами и расценками для определения количества ведущих и вспомогательных машин землеройных комплексов и расчёта технико-экономических показателей их работы [4] и другими источниками, приведёнными в списке литературы, а также новыми, вводимыми в действие, нормами и правилами.

Содержание курсовой работы:

- титульный лист;

Задание на курсовой проект (выданное руководителем);

- оглавление;

- введение;

- техническая часть;

- список литературы;

- графическая часть.

Пояснительная записка проекта выполняется на стандартных листах писчей бумаги формата А4 (210x297 мм), его объём 30-35 страниц.

Текстовая часть включает все пояснения и обоснования принимаемых проектных решений, расчётные формулы и вычисления. Результаты повторяющихся вычислений следует представлять в виде таблиц.

Техническая часть курсового проекта состоит из семи разделов:

1. Определение объёмов земляных работ.

2. Распределение земляных масс.

3. Определение типоразмеров ведущих машин, состава землеройных комплексов и технико-экономических показателей их работы.
4. Календарный график производства работ.
5. Технология основных работ по сооружению земляного полотна.
6. Охрана труда при производстве земляных работ.
7. Мероприятия по охране окружающей среды и природопользования.

Графическая часть курсового проекта включает один лист чертежей. На нём вычерчивается продольный профиль участка земляного полотна, график поикетных объёмов насыпей и выемок, помассивный график объёма земляных работ с распределением земляных масс и разбивкой на рабочие участки, технологическая карта, разрабатываемая в составе курсового проекта для одного из производственных участков земляных работ и характерные поперечные профили. Чертёж календарного графика работ в текстовой части курсовой работы выполняется на масштабнo-координатной бумаге формата А4.

Графический материал и аналитические расчёты являются основным содержанием курсового проекта по сооружению земляного полотна.

Приступая к выполнению курсового проекта, студенту необходимо предварительно ознакомиться с полным содержанием методического пособия, подготовить рекомендуемую литературу. При выполнении каждого раздела курсового проекта вначале следует изучить соответствующий раздел методического пособия, ознакомиться с материалами, приведёнными в имеющихся литературных источниках, рассмотреть примеры расчётов и приложений, относящихся к разделу.

Составление пояснительной записки и работа над чертежами должны вестись параллельно, так как выбор решений, представляемых на чертежах, должен быть обоснован соответствующими расчётами (пояснениями) в текстовой части, где также содержится обоснование принятых технических решений, ссылки на нормативную и другую справочную литературу.

Исходные данные для выполнения курсовой работы определяет преподаватель (приложения 1, 2, 3).

## 1. Определение объёмов земляных работ.

Объёмы земляных работ в дорожном строительстве определяют по рабочим отметкам продольного профиля с учётом размеров и формы земляного полотна.

Все сооружения земляного полотна делятся на две группы: типовые и сооружения, требующие индивидуального проектирования. В пособии рассматриваются только типовые земляные сооружения.

### 1.1. Обработка продольного профиля.

Продольный и поперечный профили земляного полотна являются рабочими чертежами, по которым определяются объёмы земляных работ. Для подсчёта объёмов выемок и насыпей продольный профиль разбивается на расчётные участки, границами которых служат нулевые точки (места перехода выемок в насыпи, и наоборот), места изменения ширины земляного полотна, крутизны откосов насыпей.

Определение границ расчётных участков для подсчёта геометрических объёмов конструктивных элементов земляного полотна получило название *обработка продольного профиля*.

### 1.2. Определение положения нулевых точек.

Нулевой точкой называется точка перехода выемки в насыпь, и наоборот.

Положение нулевых точек на продольном профиле определяется расстоянием (X) от ближайшего пикета слева:

$$X = \frac{100 \cdot H_{\text{л}}}{H_{\text{л}} + H_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где 100 – расстояние между пикетами (м);  $H_{\text{л}}$  – рабочая отметка на пикете слева от нулевой точки (м);  $H_{\text{пр}}$  – то же, справа от нулевой точки.

Определение положения нулевых точек даёт возможность определить границы расчётных участков (табл. 1.2.1.).

Таблица 1.2.1.

Определение границ расчётных участков

Участок №	Вид сооружения	Границы участка	Длина, м
1.	Выемка	ПК0 - ПК3 + 20	320
2.	Насыпь	ПК3 + 20 – ПК8 + 30	510
3.	Выемка	ПК8 + 30 – ПК14 + 80	650
4.	Насыпь	ПК14 + 80 – ПК16 + 90	210
5.	Выемка	ПК16 + 90 – ПК27 + 20	1030
6.	Насыпь	ПК27 + 20 – ПК30	280
Итого:		ПК0 – ПК30	3000

### 1.3. Определение положения высокой насыпи.

При переходе нормальной насыпи (высота до 6 м) в высокую (высота более 6 м) изменяется очертание поперечного профиля за счёт образования нижней уположенной части с показателем крутизны откоса 1,75. Поэтому при подсчёте объёмов насыпей предварительно определяют границы расположения на продольном профиле высоких насыпей.

Положение начала высокой насыпи находят из выражения:

$$X = L \left( \frac{H_0 \cdot H_{\text{л}}}{H_{\text{пр}} - H_{\text{л}}} \right), \quad (2)$$

где  $L$  – расстояние между рабочими отметками  $H_{\text{л}}$  и  $H_{\text{пр}}$  (м);  $H_0$  – предельная высота нормальной насыпи ( $H_0 = 6$  м);  $H_{\text{л}}$  – ближайшая слева рабочая отметка от начала высокой насыпи;  $H_{\text{пр}}$  – то же, рабочая отметка справа.

Аналогично определяется положение на продольном профиле конца высокой насыпи:

$$X = L \left( \frac{H_{\text{л}} \cdot H_0}{H_{\text{л}} - H_{\text{пр}}} \right). \quad (3)$$

### 1.4. Определение геометрических объёмов выемок и насыпей.

Используя методику профессора С.П. Першина, выполнить вычисления в табличной форме.

Определить:

*Основные объёмы сооружения (выемки, насыпи) по формуле*

$$V_0 = \frac{L}{2} [B \cdot (H_1 + H_2) + (H_1 + H_2)^2 - H_1 \cdot H_2], \quad (4)$$

где  $B$  – ширина выемки по низу, насыпи – по верху (м);  $L$  – длина расчётного участка (м);  $H_1$  и  $H_2$  – рабочие отметки на границах расчётного участка (м).

*Поправки к основным объёмам (дополнительные объёмы):*

- объём сливной призмы в насыпях по формуле

$$V_{\text{сп}} = F_{\text{сп}} \cdot L = 0,075 \cdot L(b + 2,3), \quad (5)$$

где  $F_{\text{сп}}$  – площадь поперечного сечения сливной призмы ( $\text{м}^2$ );  $L$  – длина расчётного участка (м);  $b$  – ширина основной площадки земляного полотна (м);

- разность объёмов кюветов и сливной призмы в выемках:

при типовых размерах кювета разность объёмов равна

$$V_{\text{сп}} = L(2 \cdot F_{\text{k}} \cdot F_{\text{сп}}) = L[1,56 - 0,075(b + 2,3)], \quad (6)$$

где  $F_{\text{k}}$  – площадь поперечного сечения кювета, при типовых размерах кюветов она равна  $0,78 \text{ м}^2$ ;  $L$  – расстояние между левыми и правыми рабочими отметками  $H_{\text{л}}$  и  $H_{\text{пр}}$  (м);

- поправку к объёму на уположение высоких насыпей с откосами в нижней части 1:1,75 по формуле

$$V_{\text{увн}} = 0,125 \cdot L[(H_1 + H_0)^2 + (H_1 - H_0)^2]; \quad (7)$$

- дополнительный объём на уширение земляного полотна в кривых участках

$$V_{\text{кр}} = 0,5 \cdot a(H_1 + H_2)L, \quad (8)$$

где  $a$  – уширение земляного полотна в кривых (м);

- поправку к объёму за счёт косогорности местности (круче 1:10)

$$V_{\text{кг}} = K_{\text{кг}}(V_0 + S \cdot L), \quad (9)$$

где  $K_{\text{кг}}$  – коэффициент пропорциональности, определяемый из формулы

$$K_{\text{кг}} = \frac{m^2}{n^2 - m^2}, \quad (10)$$

где  $m$  – показатель крутизны откосов земляного полотна, для высоких насыпей  $m$  принимается по нижней части (т.е. 1,75);  $n$  – показатель косогорности местности;  $V_0$  – основной объём, подсчитанный без учёта косогорности, по формуле (4);  $S$  – дополнительная площадь поперечного сечения земляного полотна за счёт косогорности местности;

- объём, занимаемый телом водопропускной трубы, определяется по формуле

$$V_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot L_{\text{тр}}, \quad (11)$$

где  $F_{\text{тр}}$  – площадь сечения трубы по наружному обмеру ( $\text{м}^2$ );  $L_{\text{тр}}$  – расчётная длина трубы в теле насыпи (м):

- для нормальной насыпи (до 6 м):

$$L_{\text{тр}} = b + 2 \cdot m(H - 0,5 \cdot d_{\text{н}}); \quad (12)$$

- для высокой насыпи (более 6 м)

$$L_{\text{тр}} = b + 2 \cdot m \cdot H_0 + 2 \cdot m'(H - H_0 - 0,5 \cdot d_{\text{н}}), \quad (13)$$

где  $H$  – рабочая отметка в месте расположения трубы (м);  $d_{\text{н}}$  – наружный диаметр круглой трубы или высота прямоугольной (м).

Толщина стенок круглой трубы из сборных железобетонных звеньев ориентировочно составляет от 0,15 до 0,18 м; прямоугольной трубы – от 0,12 до 0,15 м.

Объём, занимаемый трубой, вычитают; остальные дополнительные объёмы прибавляют к основному объёму сооружения.

Определение геометрических объёмов выемок и насыпей выполняется в программе Microsoft Office Excel в табличной форме, пример приведён в приложении 4.

### 1.5. График поикетных объёмов земляных работ.

На основе расчётов (см. приложение 4) объёмы являются профильными (геометрическими). Общая сумма всех геометрических объёмов выемок и насыпей на участке называется *профильной кубатурой*. Её следует различать с рабочей

кубатурой, к которой относится только объём разрабатываемого на данном участке грунта (в выемках, резервах и карьерах).

Для определения объёма профильной кубатуры на участке пользуются графиком попикетных объёмов земляных работ. Он даёт наглядное представление о размещении профильной кубатуры вдоль оси земляного полотна и облегчает решение задачи распределения земляных масс. График вычерчивается под продольным профилем земляного полотна. Горизонтальная ось принимается за нулевую линию графика. Она разбивается на отрезки по числу пикетов на продольном профиле. На каждом отрезке откладывают в условно принятом масштабе в виде вертикальных столбиков профильные объёмы выемок и насыпей, подсчитанные попикетно. При этом объёмы выемок располагают вверх, а насыпей – вниз от нулевой линии. Рекомендуются закрашивать диаграмму на участках выемок красным цветом, а на участках насыпей – жёлтым, как и на продольном профиле.

По графику попикетных объёмов земляных работ подсчитывают помассивные объёмы, т.е. объёмы каждой отдельной выемки и насыпи, а также объём профильной кубатуры ( $V_{пр}$ ) по всей длине продольного участка:

$$V_{пр} = \Sigma V_n + \Sigma V_v, \quad (14)$$

где  $\Sigma V_n$  – суммарный объём всех насыпей ( $m^3$ );  $\Sigma V_v$  – суммарный объём всех выемок ( $m^3$ ).

## 2. Распределение земляных масс

Схема работ, при которых грунт из выемок перемещается в насыпи (вдоль трассы земляного полотна), получила название *продольной возки*. Если насыпи отсыпают, используя грунт из резервов и карьеров, а выемки разрабатывают в кавальеры и отвалы, имеет место *поперечная возка*.

Выбор той или иной схемы работ на каждом конкретном участке является основной задачей распределения земляных масс. При этом с целью сокращения затрат необходимо учитывать дальность возки грунта на каждом участке работ. Определение рационального соотношения между продольным и поперечным перемещениями грунта на участке выполняют с помощью кривой объёмов земляных работ.

### 2.1. Кривая объёмов земляных работ.

Кривую объёмов земляных работ (земляных масс) получают путём преобразования столбчатой диаграммы графика попикетных объёмов в кумуляту. Для её построения алгебраически суммируются объёмы выемок и насыпей от начала участка (слева направо). При этом объёмы выемок считаются со знаком «плюс», объёмы насыпей – со знаком «минус».

Ординаты кривой подсчитываются на всех пикетах и нулевых точках продольного профиля. При их вычислении необходимо учитывать, что рабочий

объём грунта, получаемый из выемок, будет меньше профильного за счёт недоборов и потерь грунта при транспортировании. С другой стороны, для возведения насыпей потребуется объём грунта большей профильной кубатуры, так как для удобства уплотнения грунта и производства планировочно-отделочных работ насыпь отсыпают с запасом грунта по высоте и на откосах, а затем лишний грунт срезают.

Принимая во внимание эти и другие факторы, влияющие на рабочий объём грунта, при построении кривой объёмов профильную кубатуру выемок учитывают с коэффициентом 0,9; профильную кубатуру насыпей с коэффициентом 1,1.

Контроль вычисления ординат и построения кривой объёмов производят по формуле

$$V_i = 0,9 \cdot \Sigma V_{\text{в}} - 1,1 \cdot \Sigma V_{\text{н}}, \quad (15)$$

где  $V_i$  – искомая ордината кривой объёмов земляных работ;  $V_{\text{в}}$ ,  $V_{\text{н}}$  – соответственно профильные объёмы выемок и насыпей от начала профиля до искомой ординаты.

Для удобства работы рекомендуется ординаты кривой объёмов земляных работ подсчитывать в ведомости (приложение 5).

Кумулятивная кривая строится на помассивном графике объёмов земляных работ под графиком попикетных объёмов земляных работ.

Кривая объёмов земляных работ обладает следующими свойствами:

1) значение ординаты любой точки кривой представляет собой алгебраическую сумму объёмов выемок и насыпей, расположенных от начала кривой до данной точки. При этом объёмы выемок принимаются со знаком «плюс», объёмы насыпей – со знаком «минус». Таким образом, знак и величина ординаты дают представление о балансе земляных масс: знак «плюс» означает избыток рабочей кубатуры, знак «минус» – её дефицит;

2) восходящие ветви кривой соответствуют положению выемок на продольном профиле, нисходящие ветви – положению насыпей;

3) вершины кривой (точки перегиба) соответствуют нулевым точкам на продольном профиле;

4) любая горизонтальная прямая, пересекающая восходящую и нисходящую ветви кривой, отсекает на ней участок, в пределах которого объём выемки равен объёму насыпи (участок равных объёмов). Эту прямую называют распределительной линией. Расстояние от распределительной линии до соответствующей вершины кривой равно объёму рабочей кубатуры на этом участке;

5) площадь сегмента, ограниченного кривой объёмов и распределительной линией, равна произведению рабочей кубатуры на среднюю дальность перемещения грунта из выемки в насыпь на данном участке.

Перечисленные свойства кривой позволяют решать задачи распределения земляных масс.

## 2.2. Определение рабочей и профильной кубатуры по участкам работ.

С помощью кривой объёмов земляных работ земляное полотно может быть разбито на несколько участков, отличающихся по способу перемещения грунта: с продольной или поперечной возкой.

Участки с продольной возкой получают, отсекая на кривой сегменты равных объёмов. При этом положение распределительных линий выбирают таким, чтобы получить наименьший объём рабочей кубатуры, а также возможно меньшее среднее расстояние перемещения грунта.

Иногда роль распределительной линии выполняет нулевая линия кривой объёмов. Проведя одну или несколько распределительных линий, разбивают земляное полотно на ряд участков (с продольной и поперечной схемой работ).

Если характер кривой позволяет рассмотреть несколько вариантов разбивки земляного полотна на массивы грунта, необходимо провести их сравнение и выбрать лучший из них.

В курсовой работе необходимо выполнить:

- сравнение объёмов рабочей кубатуры;
- соотношение длины участков с продольной и поперечной схемами земляных работ;
- сравнение коэффициентов распределения земляных масс, которые определяются по формуле:

$$K = \frac{V_{\text{пр}}}{V_p}, \quad (16)$$

где  $V_{\text{пр}}$  – объём профильной кубатуры на участке ( $\text{м}^3$ );  $V_p$  – объём рабочей кубатуры.

Рабочая кубатура и длина каждого из расчётных участков определяются путём замеров на чертеже. Профильная кубатура при известном объёме рабочей кубатуры на участке может быть подсчитана по формулам:

- для участка с продольным перемещением грунта:

$$V_{\text{пр}} = 2,0202 \cdot V_p; \quad (17)$$

- для участков с поперечным перемещением грунта:
- из резервов (карьеров) в насыпь:

$$V_{\text{пр}} = \frac{V_p}{1,1}; \quad (18)$$

- из выемок в кавальеры (отвалы):

$$V_{\text{пр}} = \frac{V_p}{0,9}. \quad (19)$$

Пример вариантов распределения земляных масс представлен в приложении 6.

Анализ графиков попикетных и помассивных объёмов земляных работ показывает, что суммарный объём выемок ( $179\,462 \text{ м}^3$ ) превышает суммарный объём насыпей ( $37\,136 \text{ м}^3$ ). Следовательно, лишний грунт будет перемещаться в кавальер. Так как сумма объёмов выемок больше, чем сумма объёмов насыпей, то

распределение земляных масс производится по принципу удовлетворения потребителей.

Целесообразно выемку ПК0 – ПК3 + 37 разрабатывать комплексом машин с ведущей машиной-экскаватором «драглайн» с перемещением грунта в кавальер в объёме 12 238,02 м<sup>3</sup>.

Насыпь ПК3 + 37 – ПК8 + 36 целесообразно возвести с перемещением грунта из выемки ПК0 – ПК3 + 37 объёмом 15 637,72 м<sup>3</sup>.

Выемку ПК8 + 36 – ПК14 + 85 объёмом 61 291,1 м<sup>3</sup> целесообразно разрабатывать комплексом машин с ведущей машиной-экскаватором «прямая лопата» с перемещением грунта в кавальер автосамосвалами.

Насыпь ПК14 + 85 – ПК16 + 84 объёмом 5245,64 м<sup>3</sup> целесообразно возводить перемещением грунта из выемки ПК8 + 36 – ПК14 + 85.

Выемку ПК16 + 84 – ПК25 объёмом 54 877,88 м<sup>3</sup> целесообразно разрабатывать комплексом машин с ведущей машиной-экскаватором «драглайн» с перемещением грунта в кавальер.

Насыпь ПК25 – ПК30 объёмом 30 109,16 м<sup>3</sup> целесообразно возводить комплексом машин с ведущей машиной-скрепером с перемещением грунта из выемки ПК16 + 84 – ПК25 в насыпь ПК25 – ПК30.

Принятое решение на распределение земляных масс между источниками и потребителями грунта и выбор способов комплексной механизации сводятся в ведомость (приложение 7).

### 2.3. Определение средней дальности перемещения грунта.

Среднее расстояние перемещения грунта на участках с продольной схемой работ определяется с помощью кривой распределения земляных масс. Для этого на сегментах равных объёмов строят равновеликие им прямоугольники. Сторона такого прямоугольника параллельна распределительной линии и представляет собой расстояние между центрами тяжести соответствующих земляных массивов. Это расстояние с учётом коэффициента развития землевозной дороги, является средней дальностью возки грунта на данном продольном участке ( $L_B$ ):

$$L_B = K_d \cdot L_{cp}, \quad (20)$$

где  $K_d$  – коэффициент развития землевозной дороги;  $L_{cp}$  – расстояние между центрами тяжести массивов грунта, определяемое графически (м).

На участках с поперечной схемой работ среднее расстояние перемещения грунта определяется с учётом поперечных размеров земляных сооружений (выемок и кавальеров, насыпей и резервов). Если на поперечном участке используется бестранспортная схема работ, среднее расстояние перемещения грунта принимается равным расстоянию между осью выемки (насыпи) и осью кавальера (резерва). В случае применения транспортных схем необходимо учитывать размещение на участке въездов и съездов:

$$L_{\text{в}} = L_{\text{ср}} + S_{\text{ср}}, \quad (21)$$

где  $S_{\text{ср}}$  – расстояние между осями сооружений (м).

### **3. Определение типоразмеров ведущих машин, состава землеройных комплексов и технико-экономических показателей их работы.**

#### **3.1. Общие положения.**

На предварительном этапе выбора способа производства работ решаются основные вопросы, определяющие состав и объём работ, технологическую последовательность и способы выполнения отдельных процессов, типы применяемых машин и т.д. Оптимальное решение для заданных условий можно получить из нескольких равноценных решений.

#### **3.2. Определение типоразмеров ведущих машин.**

Комплекты машин для производства земляных работ называют по типу ведущей машины: бульдозерный, скреперный, экскаваторный и др. Каждый из них имеет определённую область эффективного использования, что следует учитывать при назначении комплектов на тот или иной производственный участок.

Земляные работы при сооружении железнодорожного земляного полотна должны выполняться с максимальным применением комплексной механизации всех видов работ.

Выбор типоразмеров ведущих машин определяется условиями производства земляных работ:

- требуемая расчётная производительность ( $\text{м}^3/\text{смену}$ );
- объём земляных работ ( $\text{м}^3$ );
- дальность транспортировки грунта (км);
- величина рабочих отметок ( $\text{м}^3$ ).

Скреперными комплектами возводят насыпи из резервов и разрабатывают выемки, перемещая грунт в кавальеры при рабочих отметках до 6 м. Выемки с перемещением грунта в насыпь (продольная схема работ) разрабатывают при любых рабочих отметках. Дальность транспортирования грунта прицепными скреперами до 500 м, самоходными (полуприцепными) – до 5000 м.

Экскаваторные комплекты могут быть двух типов: экскаваторно-отвальные и экскаваторно-транспортные. Экскаваторно-отральные комплекты создают на базе драглайна для возведения из боковых резервов насыпей высотой до 4 м и разработки в кавальеры выемок глубиной не более 12 м. Драглайны работают совместно с бульдозерами, которые разравнивают грунт и перемещают его за пределы действия рабочего оборудования драглайна.

Экскаваторно-транспортные комплексы формируют как на базе прямой лопаты, так и обратной лопаты или драглайна. Этими комплектами разрабатывают выемки, карьеры, резервы с перевозкой грунта в насыпи при любых рабочих отметках и дальности возки до 5 км, а при отсутствии местных грунтов на более дальние расстояния.

В качестве транспортных средств можно использовать автосамосвалы, землевозные тележки (думперы), землевозные железнодорожные вагоны (думпкары), а также прицепные и самоходные скреперы.

Типоразмер экскаватора-драглайна характеризуется параметрами: ёмкостью ковша ( $m^3$ ); длиной стрелы (м); углом наклона стрелы ( $\alpha^\circ$ ).

Типоразмер экскаватора «прямая лопата» и экскаватора-драглайна при работе их в комплекте с автосамосвалами характеризуется ёмкостью ковша ( $m^3$ ) и определяется в зависимости от объёма земляных работ на объекте ( $m^3$ ).

Типоразмер самоходного и прицепного скреперов характеризуется ёмкостью ковша ( $m^3$ ) и определяется в зависимости от дальности транспортировки грунта и объёма земляных работ.

Типоразмер бульдозера характеризуется мощностью двигателя базового трактора (л.с.) и определяется в зависимости от дальности транспортировки грунта (при продольной схеме производства работ) или высоты насыпи (при поперечной схеме).

Например: в качестве ведущих машин землеройных комплексов выбирают комплект № 1 – экскаватор-драглайн Э-652 с ковшом ёмкостью  $0,8 m^3$ , длиной стрелы 10 м и углом её наклона  $45^\circ$ , так как наибольшая глубина выемки – 4,1 м; объём земляных работ на объекте  $12\ 238 m^3$ .

### **3.3. Определение состава землеройных комплексов.**

Комплект машин подбирается с расчётом обеспечения максимальной производительности ведущей машины, наименьшей трудоёмкости и стоимости работ.

В состав комплекса включаются машины, обеспечивающие все технологические операции по сооружению земляного полотна:

- разработку грунта в отвал или с погрузкой в транспортные средства;
- перемещение грунта из выемок в насыпи, кавальеры;
- послойное разравнивание грунта в насыпях, кавальерах;
- послойное уплотнение грунта в насыпях.

Потребность в ведущих машинах комплекса определяется условием выполнения работ в установленные сроки с учётом оптимального насыщения фронта работ машинами.

Количество ведущих машин определяется по формуле:

$$N = \frac{V}{V_{дн} \cdot T}, \quad (22)$$

где  $V$  – общий объём грунта ( $\text{м}^3$ );  $V_{\text{дн}}$  – дневная выработка ( $\text{м}^3/\text{дн}$ );  $T$  – срок выполнения работ (количество рабочих дней машины).

Дневная выработка машины определяется по формуле:

$$V_{\text{дн}} = \frac{100 \cdot n_{\text{см}} \cdot 8}{N_{\text{вр}}}, \quad (23)$$

где  $n_{\text{см}}$  – число смен 1-2;  $N_{\text{вр}}$  – норма времени ведущей машины по [4].

Количество необходимых транспортных средств определяется по формуле:

$$N = \frac{T_{\text{л}} + T_{\text{уст.л}} + T_{\text{р}} + T_{\text{уст.р}} + T_{\text{м}} + T_{\text{пр}}}{T_{\text{п}} + T_{\text{уст.п}}}, \quad (24)$$

где  $T_{\text{л}}$   $T_{\text{п}}$  – продолжительность погрузки автосамосвала ( $0,2 \div 0,4$  мин);  $T_{\text{уст.л}}$  – продолжительность установки автосамосвалов под погрузку ( $0,2 \div 0,3$  мин);  $T_{\text{р}}$  – продолжительность разгрузки автосамосвала ( $0,4 \div 0,5$  мин);  $T_{\text{уст.р}}$  – продолжительность установки автосамосвалов под разгрузку ( $0,2 \div 0,4$  мин);  $T_{\text{м}}$   $T_{\text{п}}$  – продолжительность технологических перерывов (манёвры, разъезды) ( $0,4 \div 0,5$  мин).

Продолжительность пробега автосамосвала в оба конца ( $T_{\text{пр}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot L}{V_{\text{ср}}}, \quad (25)$$

где  $L$  – длина расчётного участка;  $V_{\text{ср}}$  – средняя скорость движения автосамосвала в оба конца ( $25$  км/ч).

Пример составления комплекса ведущей машины представлен в приложении 8.

### **3.4. Определение технико-экономических показателей работы землеройных комплексов.**

К основным технико-экономическим показателям работы землеройных комплексов (приложение 9) относятся:

- расчётная эксплуатационная производительность ведущей машины ( $\text{м}^3/\text{смену}$ );
- выработка на одного рабочего ( $\text{м}^3/\text{смену}$ );
- трудоёмкость работ на единицу продукции (чел.-дн.).

Производительность экскаваторов при разработке грунта при устройстве выемок и насыпей определяется в зависимости от типа и вместимости ковша, глубины забоя, группы грунта и способа его разработки.

Производительность самоходного и прицепного скреперов определяется в зависимости от вместимости ковша, расстояния перемещения грунта, его группы и вида с учётом влажности.

Производительность бульдозера определяется в зависимости от его марки, расстояния перемещения и группы грунта с учётом его состояния, а также подъёма пути перемещения грунта.

Выработка на одного рабочего ( $\text{м}^3/\text{смену}$ ) определяется по формуле:

$$B = \frac{\Pi}{N}, \quad (26)$$

где  $\Pi$  – производительность комплекта машин (ведущей машины);  $N$  – количество рабочих в комплексной бригаде в соответствии с технологической схемой.

Производительность комплекта машин определяется в зависимости от условий производства

$$\Pi = \frac{100 \cdot n_{\text{см}} \cdot 8}{N_{\text{вр}}}, \quad (27)$$

где  $n_{\text{см}}$  – число смен 1-2;  $N_{\text{вр}}$  – норма времени ведущей машины (по ЕНиР2-1).

#### **4. Календарный график производства работ.**

Календарный график – один из основных документов организации строительства и производства работ. В нём устанавливается технологическая последовательность работ, их взаимная увязка во времени, сроки выполнения отдельных процессов и всего комплекса работ, потребность в ресурсах (людских, технологических, материальных).

Основой для составления календарного графика являются решения по формированию и выбору комплектов машин.

Для построения календарного графика производства работ по сооружению земляного полотна необходимо определить продолжительность работы (количество рабочих дней) ведущих землеройных машин на рабочих участках. Количество рабочих дней машины определяем по формуле:

$$T = \frac{V \cdot N_{\text{вр}}}{100 \cdot n_{\text{см}} \cdot 8 \cdot n_{\text{м}}}, \quad (28)$$

где  $V$  – общий объём грунта ( $\text{м}^3$ );  $n_{\text{м}}$  – количество ведущих машин.

Календарный график строится на масштабной-координатной бумаге по данным технологических расчётов.

#### **5. Технология основных работ по сооружению земляного полотна.**

Технология основных земляных работ разрабатывается в соответствии с Техническими указаниями по технологии сооружения железнодорожного земляного полотна в зависимости от вида землеройного комплекта и включает:

- схему работы землеройного комплекта с указанием расстановки и движения землеройных и транспортных машин и порядка выполнения работ;
- схему организации забоя или резания грунта;
- основные технические указания по технологии работ;
- основные правила охраны труда.

Для написания раздела курсовой работы необходимо использовать сборник [4], где представлены подробное описание технологии основных земляных работ и техническая характеристика землеройных и вспомогательных машин.

### **5.1. Разработка выемок с отвалом грунта в кавальеры и возведение насыпей из резервов драглайном.**

Технологический процесс состоит из разработки драглайном грунта в выемке или резерве, перемещения его непосредственно в насыпь или кавальер, послойного разравнивания бульдозером и уплотнение грунтоуплотняющими машинами в насыпи, при необходимости с разворотом автосамосвалов на насыпи.

Разработка грунта в выемках и резервах драглайном ведётся двумя способами: проходками с торцевыми (лобовыми) забоями и проходками с боковыми забоями. По сравнению с боковым забоем, лобовой обеспечивает значительно большую глубину копания. Однако при работе с боковым забоем значительно уменьшается объём бульдозерных работ, связанных с дополнительным перемещением грунта в земляные сооружения.

Насыпь отсыпают послойно участками длиной от 50 до 100 м.

При двухсторонних резервах экскаватор работает поочерёдно в каждом из резервов, разрабатывая их в такой же последовательности, как и при одностороннем резерве.

При двухстороннем расположении кавальеров экскаватор разрабатывает сначала одну половину выемки, отваливая грунт в кавальер, расположенный с этой же стороны, затем – другую. При этом драглайн отсыпает грунт непосредственно в кавальер или в промежуточный отвал, из которого грунт перемещается в кавальер бульдозером.

Проходки драглайна должны быть такой ширины, чтобы средняя величина угла поворота стрелы не превышала 90°-120°. Расстояние между стоянками должно быть не более 1/3 длины стрелы драглайна.

Разработку грунта следует начинать с нижней стороны земляного полотна для обеспечения постоянного водоотвода из забоев. Для предотвращения нарушения структуры грунта в основании выемки забой разрабатывают с недобором до верха сливной призмы 0,15-0,25 м. Недобор грунта удаляется при производстве планировочных работ.

### **5.2. Разработка выемок, карьеров, резервов одноковшовыми экскаваторами и возведение насыпей автосамосвалами.**

Технологический процесс состоит из разработки в забое грунта с погрузкой его в автосамосвалы и перемещения из выемки или карьера в насыпь, послойного разравнивания бульдозером и уплотнения грунтоуплотняющими машинами.

Разработка выемок и карьеров экскаватором «прямая лопата» производится:

- боковым забоем (продольными проходками), когда транспортные средства размещаются сбоку от экскаватора, в одном или разных уровнях с ним;

- лобовым забоем (лобовыми проходками), когда экскаватор образует траншею, а грунт выгружается в транспортные средства, размещаемые сзади экскаватора на дне траншеи, в одном уровне с ним.

По сравнению с работой в боковых забоях при работе в лобовых увеличивается продолжительность цикла и уменьшается производительность экскаватора.

Продольные уклоны проходок не должны превышать уклонов, допустимых для транспортных средств. От забоя должен быть обеспечен надёжный отвод воды, для чего устраивают продольные канавы или временные кюветы с уклоном не менее 2‰ со стоком воды к ним в поперечном направлении от каждой проходки.

При глубине выемки до 5 м её разрабатывают в один ярус, при большей глубине – в два и более ярусов. Разработку каждого яруса начинают с низовой стороны для обеспечения отвода воды из забоя. В обычных условиях уклон дна проходок должен быть в пределах от 3 до 8 ‰.

Грунт в выемке разрабатывают с недобором для предотвращения нарушения его естественной структуры. Доступный недобор при работе экскаватора «прямая лопата» 0,1-0,2 м от верха сливной призмы. Недобор грунта удаляется при производстве планировочных работ.

Движение гружёных автосамосвалов при отсыпке слоёв насыпи должно производиться по слою, выровненному бульдозером. При кольцевой езде автосамосвалов отсыпается половина ширины слоя, а по другой – движутся гружёные автосамосвалы.

В случае возведения высоких насыпей с оставлением прогалов для водопропускных труб и на подходах к мостам, а также при невозможности проезда порожних автосамосвалов около насыпи, отсыпка слоёв выполняется с разворотом автосамосвалов на насыпи.

При ширине слоя не менее 11 м гружёные автосамосвалы разворачиваются около места выгрузки грунта, отсыпку ведут одновременно по всей ширине слоя. По длине насыпь делят на две захватки, на одной из которых ведётся отсыпка грунта автосамосвалами с разравниванием его бульдозером, на другой – уплотнение грунта катками.

Для отсыпки вышележащих слоёв, ширина которых менее 11 м, насыпь разбивается на захватки длиной 30-50 м, при этом на первой захватке слои отсыпаются до проектной отметки. Разгрузка самосвалов в данном случае ведётся задним ходом.

### **5.3. Разработка выемок и возведение насыпей скреперами.**

Технологический процесс состоит из разработки в выемки или резервы грунта, перемещении и укладки его в насыпь или кавальер послойного уплотнения.

Разработка выемок с перемещением грунта в насыпи (продольная транспортировка) производится при любых рабочих отметках.

Прицепные скреперы с ковшом ёмкостью 8 м<sup>3</sup> должны работать в сцепе с трактором 100-130 л.с.; скреперы с ковшом ёмкостью 10 м<sup>3</sup> с трактором 140-130 л.с.; скреперы с ковшом ёмкостью 15 м<sup>3</sup> с трактором 300 л.с.

Самоходные скреперы с ковшом ёмкостью 9,11 и 15 м<sup>3</sup> при наборе грунта подталкиваются гусеничными тракторами мощностью не менее 140-180 л.с. или колёсными, мощностью не менее 200-300 л.с., оборудованными специальным подталкивающим устройством.

Наполнение ковша скрепера следует производить на прямолинейном участке. При наличии уклона слои набора грунта должны быть наклонными под углом 3-7°. При наполнении ковша скрепера резание грунта осуществляется по обычной, гребёнчатой, ребристо-шахматной схемам и клевками. Выемки (резервы) разрабатываются скрепером послойно на всю ширину с небольшим уклоном (5...8°) в сторону набора грунта. При резании грунта применяются различные способы срезания стружки. Более предпочтительным является способ, когда срезается, по возможности, слой постоянной толщины. При всех способах резания набор грунта следует производить на первой скорости с максимально возможной толщиной стружки.

Разработку грунта ведут послойно, начиная с участков, прилегающих к бровкам выемки (резерва). Разгрузку грунта также необходимо выполнять послойно, горизонтальными рядами, при движении скрепера по прямой.

В зависимости от расположения забоев и мест отсыпки грунта движение скреперов может быть организовано по различным схемам. Рациональную схему движения принимают с учётом следующих требований:

- путь движения при наполнении и разгрузке ковша должен быть прямолинейным, а путь транспортирования – кратчайшим;
- забой должен быть такой длины, чтобы ковш скрепера загружался полностью, и был рассчитан на движение скрепера с трактором-толкачом;
- длина фронта разгрузки должна быть достаточной для полной выгрузки ковша;
- уклон пути на въездах и съездах должен соответствовать тяговой силе скрепера и обеспечивать безопасность движения. При транспортировке грунта скреперами из выемок в насыпи применяются схемы по эллипсу, восьмёрке, зигзагу и продольно-челночная.

При продольном перемещении грунта чаще всего используется так называемая *вытянутая эллиптическая (кольцевая)* схема движения скреперов с устройством дороги за пределами возводимого земляного полотна. Скреперные дороги устраивают, как правило, с односторонним движением с минимальным числом поворотов, подъёмов и спусков. Расстояние между съездами и въездами на земляные сооружения зависит от рабочих отметок на участке. Въезды на насыпь и съезды при высоте её до 1,5-2 м рекомендуется устраивать прямыми, при большей высоте – косыми.

Ширина проезжей части скреперных дорог принимается не менее 4,5 м при ёмкости ковша до 10 м<sup>3</sup> и не менее 5,5 м при ёмкости ковша свыше 15 м<sup>3</sup>; крутизна – не более 1:5 или 1:6 для въездов и 1:2 или 1:3 для съездов.

После отсыпки слоя грунта он уплотняется пневмокотком весом 25-30 т, перед пропуском которого отсыпанный слой должен быть спланирован бульдозером.

Землевозные дороги следует содержать в исправном состоянии.

#### **5.4. Разработка выемок и возведение насыпей бульдозерами.**

Технологический процесс сооружения земляного полотна бульдозерами состоит из разработки грунта в выемке (или резерве) и перемещения его в насыпь (или кавальер) послойного разравнивания, уплотнения грунта грунтоуплотняющими машинами.

Разработку выемки бульдозером следует вести, начиная от откосов, слоями толщиной до 30-40 см по всей длине забоя и ширине выемки. Для обеспечения заданной крутизны откоса выемки, разработку каждого нижележащего слоя начинают с отступом от края предыдущего слоя на величину не менее  $m \times h$  ( $m$  – показатель крутизны откоса;  $h$  – толщина слоя).

Резание, особенно плотных грунтов, следует производить по гребёнчатой схеме. В тяжёлых грунтах набор осуществляется «плавающим», т.е. незакреплённым отвалом; в лёгких грунтах отвал следует закреплять в положении, обеспечивающим определённую глубину резания.

Возведение насыпи бульдозерами из резервов производится попеременно на двух смежных захватах. При этом на одной из них ведётся отсыпка грунта с разравниванием его горизонтальными слоями по всей ширине насыпи, а на другой – уплотнение грунта грунтоуплотняющими машинами.

Насыпь, возводимая с перемещением грунта из выемки, по длине делится на две захватки. Отсыпка слоя начинается с дальней от выемки захватки. После отсыпки и разравнивания грунта на этой захватке он уплотняется, а на смежной с ней захватке – отсыпается. Уплотнение грунта рекомендуется выполнять навесными на тракторе трамбуемыми машинами.

С увеличением высоты, возводимой из резерва насыпи, значительно снижается производительность бульдозера и увеличивается объём грунта, необходимый для устройства въезда его на насыпь. Въезд необходимо устраивать сплошным на всём протяжении насыпи с уклоном не круче 1 ÷ 5 %. Потребный для устройства въезда грунт является дополнительной присыпкой к насыпи и в дальнейшем не используется.

## 5.5. Технология уплотнения насыпей.

Уплотнение насыпей должно производиться послойно в процессе производства работ специальными грунтоуплотняющими машинами. Эффективность уплотнения зависит от вида и влажности грунта, толщины уплотняемого слоя, режима работы грунтоуплотняющих машин, температурных условий.

Наибольший экономический эффект достигается при уплотнении грунтов, имеющих оптимальную влажность. В процессе производства работ не следует допускать переувлажнения грунта. В дождливый период года отсыпанный грунт необходимо немедленно разравнивать и уплотнять, придавая поверхности слоя уклон 1-2 ‰ в сторону откосов.

Легковыветриваемые размягчаемые скальные грунты (мергели, аргиллиты, алевролиты и т.п.), а также крупнообломочные грунты необходимо отсыпать слоями толщиной не более 0,4 м (при размере отдельных камней не более 0,3 м) и уплотнять по следующей технологии:

- в верхней метровой части насыпи каждый слой уплотняется шестью-восемью проходами пневматических катков типа ДУ-16 (Д-551), решётчатых ЗУР-25 или машинами ударного типа за один проход со скоростью 150 м/ч.

Слабовыветриваемые скальные грунты рекомендуется отсыпать слоями толщиной не более 1,5-2 м.

Уплотнение насыпей катками рекомендуется производить на участках длиной не менее 200 м. Уплотнение машинами ударного действия можно эффективно производить при фронте работ не менее 25 м.

Если ширина насыпи меньше указанных размеров, поворот уплотняющих машин выполняется на специальных разъездах, нулевых местах или вне пределов насыпи с использованием въездов и съездов.

При фронте уплотнения до 50 м работа уплотняющих машин ударного действия возможна без разворота, по челночной схеме, при условии принятия специальных мер безопасности по обеспечению видимости при движении назад.

Перед началом уплотнения грунт разравнивается бульдозером или автогрейдером слоем принятой толщины. Особое внимание должно быть уделено уплотнению грунтов на участках въездов, съездов и концевых участков захваток.

Работа грунтоуплотняющих машин должна быть чётко увязана с работой основных машин для возведения насыпи.

*Уплотнение насыпей катками. Уплотнение пневмокотками.* Пневмокотки весом 25-30 т с давлением на колесо 4-5 т рекомендуется применять для уплотнения насыпей, возводимых из талых песчаных и глинистых грунтов.

*Пневмокотки типа ЗУ-25* позволяют уплотнять слои грунта по всей ширине насыпи, включая бровочные части, не нарушая при этом требования охраны труда. Они оснащены автосцепкой на переднем и заднем дышле, что позволяет

реверсировать их работу на площадках шириной 8 м путём быстрой перецепки тягача.

Давление в шинах всех колёс катка должно быть одинаковым и составлять при уплотнении глин, суглинков и каменных материалов 6-8 атм., супесей-3-4 атм. и песков-2 атм. Для уплотнения несвязных грунтов следует применять катки, вес которых меньше конструктивного, с балластом на 40 %.

В качестве тягачей прицепных пневмокатков используются тракторы мощностью 100-130 л.с.

*Уплотнение решётчатыми катками.* Для уплотнения насыпей из всех видов грунтов, в том числе связанных с влажностью не более оптимальной, применяются прицепные решётчатые 25-тонные катки ЗУР-25.

Наиболее рационально уплотнять решётчатыми катками скальные и крупнообломочные грунты, а также грунты с включениями мёрзлых комьев при производстве работ зимой.

При уплотнении песчаных и супесчаных грунтов каток ЗУР-25 рекомендуется разгрузить до 20 т (снять четыре балластных блока симметрично продольной оси катка), чтобы уменьшить величину разрыхления верхней части слоя при уплотнении. В качестве тягача к решётчатому катку используются тракторы мощностью 100-130 л.с.

*Уплотнение виброкатками.* Прицепные виброкатки Д-480, Д-630 и Д-613А (статическая масса, соответственно 3, 6 и 12 т) используются для уплотнения, в основном, песчаных, крупнообломочных, скальных, а также увлажнённых глинистых грунтов.

Виброкаток Д-631А используется также для уплотнения основной площадки выемок в слабых грунтах.

Для перемещения виброкатков используются тракторы мощностью 75-100 л.с.

*Уплотнение насыпей машинами ударного действия.* Грунтоуплотняющие машины ударного и виброударного действия предназначаются для уплотнения всех видов грунтов, независимо от фронта работ, в летний и зимний периоды.

Конструкции дизель-трамбовочной машины УМТС-2 и виброударных машин позволяют уплотнять слои по всей ширине насыпи без нарушения требований охраны труда. Рабочие органы этих машин сдвигаются поперёк тракторного хода до 1 м за след гусеницы, что может вызвать обрушения откоса.

При уплотнении насыпей необходимо сохранять постоянную высоту подъёма плит у машины Д-471 и не допускать передвижения отдельных трамбовок у дизель-трамбовочных и виброударных машин при прекращении работы.

## **6. Охрана труда при производстве земляных работ.**

При производстве земляных работ необходимо руководствоваться СНиП 04.80 «Техника безопасности в строительстве».

При работе с землеройными машинами необходимо соблюдать все основные правила охраны труда.

## **7. Охрана окружающей среды и природопользование.**

В транспортном строительстве сформирован экосистемный подход, являющийся частью науки транспортной экологии, предметом которой является изучение взаимодействия природы и транспорта. Остальную содержательную часть составляет разработка инженерных методов и мероприятий по защите окружающей среды. Они уменьшают риск техногенных аварий и катастроф, связанных с созданием и эксплуатацией транспортных объектов.

Железнодорожный транспорт является одним из самых крупных землепользователей, которому из государственного фонда отводят определённые площади для размещения линейных коммуникаций и объектов производства. При строительстве железнодорожных путей и примыкающих к ним сооружений нарушаются большие площади при разработке земельных и балластных карьеров. Все возникающие при строительстве дорог экологические проблемы сгруппированы по следующим направлениям принятия строительных решений:

- землепользование;
- архитектурно-планировочное;
- конструктивное;
- технологическое.

## ПРИЛОЖЕНИЯ.

### Приложение 1

#### Исходные данные

№ варианта и продольного профиля	Категория дороги	№ варианта и продольного профиля	Тип грунта
1	2	3	4
1	1	16	Суглинок лессовидный
2	2	17	Песок без примесей
3	3	18	Глина мягкая жирная
4	4	19	Супесь лёгкая
5	1	20	Суглинок тяжёлый
6	2	21	Глина ломовая
7	3	22	Суглинок лёгкий
8	4	23	Глина сланцевая
9	1	24	Супесь тяжёлая
10	2	25	Песок гравелистый
11	3	26	Суглинок лессовидный
12	4	27	Песок без примесей
13	1	28	Глина мягкая жирная
14	2	29	Супесь лёгкая
15	3	30	Суглинок тяжёлый

### Приложение 2

#### Поперечные размеры земляного полотна однопутных железных дорог

Ширина основной площадки земляного полотна, м	Категория дороги		
	1 и 2	3	4
	7,6	7,3	7,1
Уширение земляного полотна (м) в кривых радиусом			
3000, 4000	0,2		
2500, 2000, 1800	0,3		
1500, 1200, 1000, 800, 700	0,4		
600, 500, 400, 350, 300, 250, 200, 180	0,5		

**Приложение 3**

**Варианты и характеристики грунтов на участке земляного полотна**

Наименование грунтов	Ср. плотность, кг/м <sup>3</sup>	Средний коэффициент разрыхления		Группа грунта при разработке			
		K <sub>p</sub>	K <sub>o</sub>	Экскаватором	Скрепером	Экскаватором	Скрепером
Суглинок лессовидный	1700	1,2	1,04	1	1	1	1
Песок без примесей	1600	1,1	1,02	1	2	2	2
Глина мягкая жирная	1800	1,25	1,06	2	2	2	2
Супесь лёгкая	1650	1,12	1,04	1	1	1	1
Суглинок тяжёлый	1750	1,26	1,06	2	2	2	2
Глина ломовая	1950	1,28	1,07	4	-	3	3
Суглинок лёгкий	1700	1,18	1,03	1	1	1	1
Глина сланцевая	2000	1,3	1,08	4	-	3	-
Супесь тяжёлая	1750	1,17	1,05	2	2	2	2
Песок гравелистый	1700	1,15	1,03	1	2	2	2

**Приложение 4**

**Ведомость подсчёта профильных объёмов выемок и насыпей**

ПК+	L, м	B, м	H, м	H1+H2	(H1+H2) <sup>2</sup>	H1xH2	V0, м	Поправки к объёму, м				Профильный объём, м	
								V <sub>сп</sub> , V <sub>спк</sub>	V <sub>убн</sub>	V <sub>кр</sub> , V <sub>кг</sub>	V <sub>тр</sub>	насыпи	выемки
0		12	0										
	100			4,56	20,7	0	3775	81	0	0	0	0	3856
1		16	4,56										
	100			11,34	128,6	30,9	13955	81	0	0	0	0	14036
2		16	6,78										
	100			8,25	68,1	9,9	9504	81	0	0	0	0	9585
3		12	1,47										
	37			1,47	2,2	0	366	30	0	0	0		396
37		12	0										
	63			2,54	6,4	0	1163	47	0	0	0	1210	0
4		7,6	2,54										
	100			4,41	19,4	4,7	2410	74	0	110	22	2572	0
5		7,6	1,87										
	100			3,46	11,9	2,9	1765	74	0	87	0	1926	0
6		7,6	1,59										
	100			6,93	48	8,5	4610	74	0	178	0	4862	0

**Приложение 5**

**Ведомость подсчёта ординат кривой объёмов**

ПК	Профильные объёмы		Ординаты кривой		Контроль вычислений
	насыпь	выемка	минус	плюс	
1	2	3	4	5	6
0				0	$27\,875,73 \cdot 0,9 = 25\,088,16$
1				3471,01	
2		3856,68		16 104,26	
3		14 036,94		24 731,47	
3 + 37		9585,79		25 088,16	
		396,32			
Итого		27 875,73			
	1210,35				$25\,088,16 - 15\,637,71 \cdot 1,1 = 7886,68$
	2572,72				
4	1925,72			23 756,78	
5	4862,74			20 926,79	
6	4804,41			18 808,49	
7	261,77			13 459,49	
8				8174,64	
8 + 36				7886,68	
Итого	15637671				

**Приложение 6**

**Варианты распределения земляных масс по участкам работ**

№ участка	1-й вариант			
	Длина участка, м		Кубатура, м <sup>3</sup>	
	поперечная	продольная	рабочая	профильная
1	130		12 238,02	13 597,8
2		710	15 637,71	31 591,3
3	480		61 291,1	68 101,22
4		360	5245,64	10 597,24
5	820		54 877,88	60 375,53
6		500	30 109,53	60 826,53
	2-й вариант			
1	340		27 875,73	30 973,03
2		750	15 637,71	31 591,3
3	390		50 899,03	56 554,48
4		270	5245,64	10 597,24
5	750		79 741,4	88 601,56
6		500	30 109,16	60 826,53



**Приложение 8**

**Комплекс ведущей машины-экскаватора «прямая лопата»**

Комплекс экскаватор «прямая лопата»				
Комплект машин		Состав комплексной бригады		
Наименование машины	Количество	Профессия	Разряд	Количество рабочих, чел.
Экскаватор «прямая лопата» ЭО-5122 с ковшом ёмкостью 1,6 м <sup>3</sup>	1	Машинист экскаватора	6	1
Автосамосвалы КрАЗ-256Б грузоподъёмностью 10 т	5	Шофёр автосамосвала	-	5
Бульдозер на тракторе Т-100	1	Машинист бульдозера	5	1
Пневмокоток массой 25-30 т	1	Машинист пневмокотка	5	1
Итого	8	-	-	8

**Приложение 9**

**Технико-экономические показатели работы землеройных комплексов**

Показатели	Единицы измерения	Комплексы					
		1		2			3
		РУ-1	РУ-5	РУ-2	РУ-4	РУ-6	РУ-3
Производительность	м <sup>3</sup> /смену	667	952	286	286	354	615
Выработка на одного рабочего	м <sup>3</sup> /смену	222	317	95	95	177	77
Трудоёмкость единицы продукции	чел.-дн./1000 м <sup>3</sup>	0,054	0,087	0,042	0,027	0,086	0,4

## Рекомендуемая литература

1. СНиП 3.01.01-85. Организация строительного производства. Строительные нормы и правила. – М.: Стройиздат, 1995.
2. СНиП 3.06.04-91. Мосты и трубы. Строительные нормы и правила. – М.: Стройиздат, 1991.
3. СНиП 04.80 «Техника безопасности в строительстве». – М.: Стройиздат, 1980.
4. Строительно-технические нормы МПС РФ. Железные дороги колеи 1520 мм/СТН-Ц-01-95. – М.: Транспорт, 1995.
5. Единые нормы и расценки. Сб. Е2: Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные работы. – М.:, 1988.
6. Пособие по технологии сооружения земляного полотна железных дорог. Корпорация «Трансстрой». Проектно-технологический институт транспортного строительства. – М.:, 1993.
7. Грицык В.И. Расчёты земляного полотна (Проектирование. Возведение. Содержание. Ремонты): Учебное пособие для вузов. – М.: УМК МПС России, 2003.
8. Железнодорожное строительство: Технология и механизация: Учеб. Для вузов/ Под ред. С.П. Першина. – М.: Транспорт, 2005.
9. Жинкин Г.Н., Луцкий С.Я., Спиридонов Э.С. Строительство железных дорог: Учеб. Для вузов. – М.: Транспорт, 1995.
10. Организация планирования железнодорожного строительства: Учеб. Для вузов/ Г.Н. Жинкин, Э.С. Спиридонов, И.В. Прокудин и др. – М.: Маршрут, 2006.
11. Першин С.П. Железнодорожное строительство. Технология и механизация. – М.: Транспорт, 1991.
12. Строительство железных дорог: Учебное пособие для вузов/ В.И. Грицык, Г.Н. Жинкин, И.А. Грачёв и др. – М.: УМК МПС России, 2003.