

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

**Возведение земляного полотна  
железной дороги**

Методические указания к выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Технология, механизация и автоматизация  
железнодорожного строительства» для студентов специальности  
23.05.06 – Строительство железных дорог, мостов  
и транспортных тоннелей

Белгород  
2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова  
Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено  
научно-методическим советом  
университета

**Возведение земляного полотна  
железной дороги**

Методические указания к выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Технология, механизация и автоматизация  
железнодорожного строительства» для студентов специальности  
23.05.06 – Строительство железных дорог, мостов  
и транспортных тоннелей

Белгород  
2015

УДК 625.1(07)  
ББК 39.20-06я7  
В64

Составители: канд. техн. наук, проф. Г.С. Духовный  
канд. техн. наук, доц. А.А. Логвиненко  
ассистент С.Н. Золотых  
Рецензент канд. техн. наук, доц. Н.В. Селицкая

**Возведение** земляного полотна железной дороги:  
В64 методические указания к выполнению курсового проекта/сост.:  
Г.С. Духовный, А.А. Логвиненко, С.Н. Золотых. – Белгород:  
Изд-во БГТУ, 2015. – 36 с.

В методических указаниях приводятся основные требования к структуре и содержанию курсовой работы по дисциплине «Технология, механизация и автоматизация железнодорожного строительства», изложены порядок определения объемов земляных работ, перечень и области применения механизмов, составление календарного графика строительства участка земляного полотна железной дороги, а также основы организации строительства земляного полотна.

Методические указания предназначены для студентов специальности  
23.05.06 – Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей.  
Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 625.1 (07)  
ББК 39.20-06я7

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2015

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Курсовой проект «Возведения земляного полотна железной дороги» студенты III курса дневной формы обучения выполняют в процессе изучения дисциплины «Технология, механизация и автоматизация железнодорожного строительства»

При работе над курсовым проектом студенты должны научиться самостоятельно решать разнообразные вопросы технологии и организации строительства земляного полотна в различных грунтово-геологических и погодно-климатических условиях.

Цель курсового проекта - привить студентам навыки расчета и составления обоснованных технико-экономических решений при выборе: способов производства работ, ведущих и вспомогательных дорожных машин и транспортных средств, комплектовании строительных подразделений (отрядов, звеньев, бригад), разработке технологических схем по возведению земляного полотна и календарном планировании производства земляных работ. Студентам следует научиться пользоваться необходимой учебной и справочной литературой, нормами и техническими условиями при производстве земляных работ.

При разработке проекта необходимо использовать передовые методы труда, достижения в области организации производства земляных работ, комплексную механизацию и автоматизацию производственных процессов с применением современной дорожно-строительной техники. Особое внимание следует уделить вопросам повышения эффективности качества работ, охраны труда и техники безопасности, а также охраны окружающей среды.

## СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчетной и графической частей.

Расчетная часть оформляется в виде пояснительной записки. Характеристика района строительства, категория железной дороги принимаются по данным КП№1 дисциплины «Изыскания и проектирование железных дорог».

Обязательные разделы данного курсового проекта, выполняются в указанной последовательности.

### 1. Определение характеристик грунтов.

#### 1.1 Определение коэффициента относительного уплотнения грунта.

## **2. Определение параметров земляного полотна и объемов земляных работ.**

2.1 Поперечные профили земляного полотна на участках линейных и сосредоточенных работ.

2.2 Определение объемов различных видов грунта для насыпи на участке линейных работ.

2.3 Определение средней высоты насыпи на участке линейных работ  $h_{cp}$ .

2.4 Определение количества слоев в насыпи земляного полотна.

2.5 Определение попикетного объема различных видов грунта при строительстве земляного полотна на участке сосредоточенных работ.

## **3. Анализ природно-климатических факторов, влияющих на организацию строительства земляного полотна.**

3.1 Построение климатического графика с определением сроков строительства линейных и сосредоточенных работ.

3.2 Определение количества рабочих дней для строительства земляного полотна поточным методом по климатическим условиям.

## **4. Технология производства работ поточным методом на линейном участке работ.**

4.1 Определение рациональной длины захватки.

4.2 Определение размеров боковых резервов.

4.3 Составление 2-х вариантов технологий производства земляных работ на линейном участке.

## **5. Технология производства на участке сосредоточенных работ.**

5.1. Составление графика попикетных объемов с определением средней дальности перемещения грунта.

5.2 Расчет численности механизмов для производства работ.

5.3 Экономическое сравнение 2-х вариантов вывозки грунта выемки в кавальер

## **6. Расчет сроков строительства малых искусственных сооружений.**

### **7. Лнейно - календарный график строительства.**

### **8. Контроль качества и приемка выполненных земляных работ.**

## **9. Охрана труда и техника безопасности при производстве земляных работ. Охрана окружающей среды.**

## **10. Список литературы**

Графическая часть проекта включает:

1. Дорожно-климатический график – формат А4.

2. Сокращенный продольный профиль земляного полотна на участке линейных работ.

3. Поперечные профили земляного полотна.

4. Схема распределения земляных масс, построение кумулятивной кривой на участке сосредоточенных работ – формат А4.

5. Технологическая схема возведения земляного полотна на участке линейных работ, линейно-календарный график строительства, таблица экономического сравнения вариантов отрядов механизмов для участка линейных и сосредоточенных работ – формат А1.

Кроме обязательных разделов в курсовом проекте следует выполнить деталь проекта, назначенную преподавателем и поместить ее в соответствующем разделе.

## СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

### 1. Определение характеристик грунтов

#### 1.1. Определение коэффициента относительного уплотнения грунта

При анализе грунтовых и гидрологических условий необходимо дать оценку пригодности грунтов как дорожно-строительного материала, условий залегания грунтовых вод и для всех видов грунтов (исключая скальные) определить коэффициент относительного уплотнения.

Коэффициент относительного уплотнения рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{отн.упл}} = \delta_{\text{мп}} / \delta_{\text{ест}}, \quad (1)$$

где  $\delta_{\text{мп}}$  – требуемая плотность грунта для различных слоев насыпи в зависимости от вида грунта определяется по формуле (2);

$\delta_{\text{ест}}$  – естественная плотность грунта, (г/см<sup>3</sup>) определяется либо с помощью плотномера-влажмера Ковалева, либо рассчитывается по формуле (5).

$$\delta_{\text{мп}} = \delta_{\text{отн}} \cdot k_{\text{мп}}, \quad (2)$$

где  $k_{\text{мп}}$  – требуемый коэффициент уплотнения (приложение 1).

$\delta_{\text{отн}}$  – оптимальная плотность грунта определяется по формуле:

$$\delta_{\text{отн}} = \frac{\Delta \cdot (1 - V)}{1 + (W_{\text{отн}} / 100) \cdot \Delta}, \quad (3)$$

где  $W_{\text{отн}}$  – оптимальная влажность грунта определяется лабораторным путем или по формуле:

$$W_{\text{отн}} = 2 + \alpha \cdot W_L, \quad (4)$$

где  $\Delta$  – плотность твердой фазы грунта (см. табл. 1),

$\alpha$  – коэффициент пропорциональности (см. табл. 1),

$W_L$  – граница текучести грунта (из задания).

$$\delta_{\text{ест}} = \frac{\Delta \cdot (1 - V)}{1 + (W_L / 100) \cdot \Delta}, \quad (5)$$

где  $V$  – объем воздуха в порах грунта при его оптимальной влажности (в долях единицы); для супесчаных грунтов  $V = 0,06$ ; для суглинистых грунтов  $V = 0,05$ ; для глинистых  $V = 0,04$ ;

$W_L$  – граница текучести грунта.

Таблица 1

**Характеристики грунтов**

Грунты	Плотность твердой фазы грунта, г/см <sup>3</sup> $\Delta$	Значения коэффициента $\alpha$	$W_L$ (определяется лабораторным путем)
супесчаные, суглинистые	2,68	0,53	
смешанные супесчаные суглинистые и глинистые	2,7	0,52	
Глинистые	2,74	0,48	
Песчаные	2,65	0,54	

Значения рассчитанного коэффициента относительного уплотнения сравниваются с коэффициентом относительного уплотнения для различных грунтов (табл. 2)

Таблица 2

**Значение коэффициента относительного уплотнения**

Коэффициент уплотнения грунта насыпи $k_{тр}$	Значение коэффициента $k_{отн,упл}$ для грунтов			
	Пески, супеси, пылеватые суглинки	Суглинки, глины	Лессовидные грунты, черноземы	Шлаки, отвалы перерабатывающей промышленности
1,0	1,1	1,05	1,3	1,26-1,47
0,95	1,05	1,0	1,15	1,20-1,40
0,9	1,0	0,95	1,10	1,13-1,33

На основе произведенных расчетов и категории грунта по трудности разработки по данным ЕНиР [1] табл.2 составляется табл.3.



Таблица 3

**Характеристики грунта земляного полотна**

Наименование грунта земляного полотна	Категория грунта по трудности работки	Граница предела текучести $W_L$	Оптимальная влажность $W_{opt}$	Естественная влажность грунта $W_{ест}$	Требуемый коэффициент уплотнения $K_{тр}$	Коэффициент относительного уплотнения $K_{отн.упл.}$	Естественная плотность грунта $\delta_{ест}$	Оптимальная плотность грунта $\delta_{opt}$	Требуемая плотность грунта $\delta_{тр}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

## 2. Определение параметров земляного полотна и объемов земляных работ

### 2.1. Поперечные профили земляного полотна на участках линейных и сосредоточенных работ

На листе формата А 4 в соответствии с СП-32-104-98 вычерчиваются: поперечный профиль земляного полотна насыпи на участке линейных работ и поперечный профиль выемки и насыпи на участке сосредоточенных работ, на которых обозначаются цифровые значения известных параметров, а буквенные обозначения рассчитываются студентом.

Объемы поправок  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ , показанные на рис. 1 следует учитывать и на рис. 2 – 4.

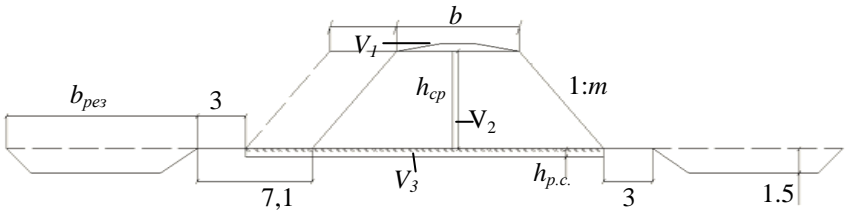


Рис. 1. Поперечный профиль насыпи из супесей ( $W_L < 0,23$ )

$b$  – ширина основной площадки,  $b_{рез}$  – ширина резерва,  $h_{cp}$  – средняя высота насыпи,  $1:m$  – заложение откосов,  $h_{p.c.}$  – толщина растительного слоя,  $V_1$  – объем грунта сливной призмы,  $V_2$  – объем грунта на уширение в кривых,  $V_3$  – объем грунта, связанный со снятием растительного слоя

Примечание: объемы поправок  $V_1, V_2, V_3$  следует учитывать при окончательном определении объемов грунта

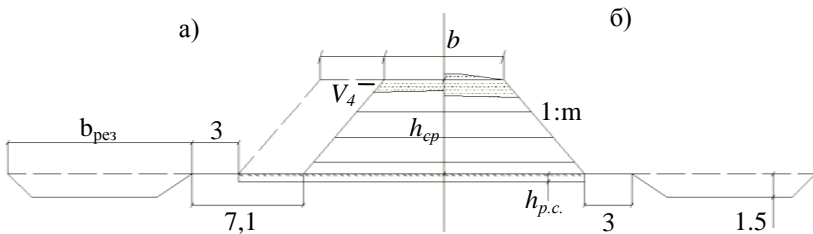


Рис. 2. Поперечный профиль насыпи в глинистых грунтах ( $0,23 < W_L < 0,25$ )  
 а – защитный слой из песчано-гравийной смеси, б – защитный слой из мелких пылеватых песков,  $b$  – ширина основной площадки,  $b_{рез}$  – ширина резерва,  $h_{cp}$  – средняя высота насыпи,  $V_4$  – объем грунта на устройство защитного слоя

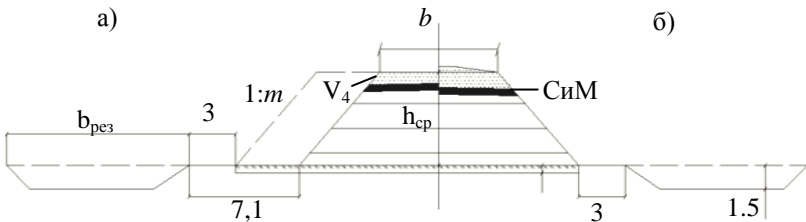


Рис. 3. Поперечный профиль насыпи в глинистых грунтах ( $W_L > 0,25$ )  
 а – защитный слой из песчано-гравийной смеси, б – защитный слой из мелких пылеватых песков,  $b$  – ширина основной площадки,  $b_{рез}$  – ширина резерва,  $h_{cp}$  – средняя высота насыпи,  $V_4$  – объем грунта на устройство защитного слоя

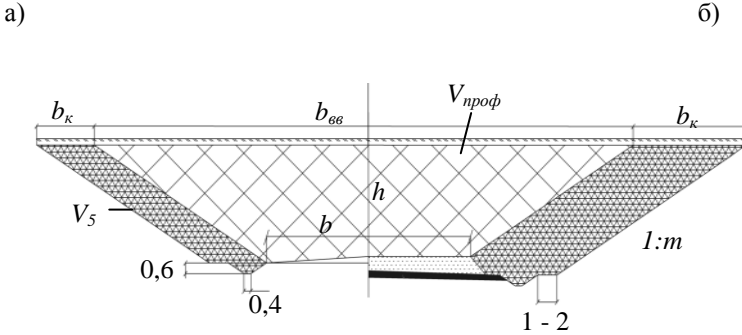



Рис. 4. Поперечный профиль выемки двухпутной дороги  
а – супесчаные грунты с  $W_L < 0,23$ ; б – глинистые грунты с  $W_L > 0,23$

 -  $V_{\text{проф}}$ ,  $b_k$  – ширина кювета,  $b_{\text{ев}}$  – ширина верха выемки,  $b$  – ширина основной площадки,  $h$  – глубина выемки, 0,6, 0,4 – размеры кювета, 1-2 – ширина закюветной полки  
 $1:m$  – заложение откоса  
 $V_5$  – объем грунта связанный с устройством кюветов

## 2.2. Определение объемов различных видов грунта для насыпи на участке линейных работ

Для участков протяженностью 100 м в зависимости от среднего значения профильных значений отметок насыпи на границе каждого из участков вычисляют профильные объемы.

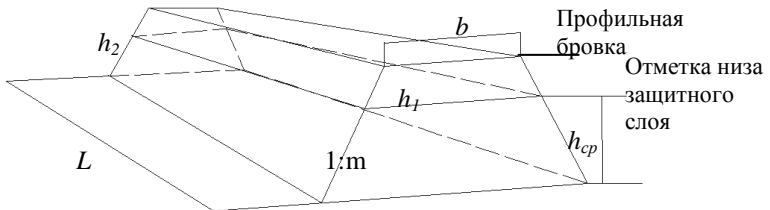


Рис. 5. Определение объемов земляного полотна на участке линейных работ:

$b$  – ширина земляного полотна, м;  $h_1$  и  $h_2$  – рабочие отметки на границах пикета, м;  
 $m$  – показатель заложения (крутизна) откоса;  $L$  – длина расчетного участка, м,  
 $h_{\text{ср}}$  – определяется расчетом

С учетом коэффициента относительного уплотнение грунта и требуемых поправок (очертание поверхности основной площадки, толщина растительного слоя, вид грунта, уширение земляного полотна в зависимости от радиуса кривой) вычисляют исправленные объемы. Суммируя исправленные объемы определяют общий объем земляных работ на участке линейных работ  $V_{л.р.}$  с высотой насыпи  $h_{ср.}$ , возводимой из грунта боковых резервов с учетом потерь грунта при транспортировке ( $k_{мп} = 1,1$ ).

Объем грунта защитного слоя определяется с учетом поправок, связанных с запасом на уплотнение ( $K_{упл.зс}$ ):

- для мелких пылеватых песков 1,1;
- для песчано-гравийных смесей 1,25;

Расчет объемов земляных работ производится в табличной форме табл. 5.

### 2.3. Определение средней высоты насыпи на участке линейных работ $h_{ср}$

За величину  $h_{ср}$  принимается значение средней высоты насыпи, возведенной до низа защитного слоя.

Средняя высота определяется по алгоритму:

1) определяется численное значение средней площади поперечного сечения насыпи:

$$F_{ср} = \frac{V_{л.р.}}{L}, \quad (6)$$

где  $V_{л.р.}$  – объем грунта на участке линейных работ (с учетом поправок),  $m^3$ ;

$L$  – протяженность участка, м.

2) Площадь трапеции поперечного сечения насыпи выражаем через величины  $b$  и  $m$  (рис. 5) искомое  $h_{ср}$ .

3) Решая квадратное уравнение находим численное значение  $h_{ср}$ .

### 2.4. Определение количества слоев в насыпи земляного полотна

Количество слоев насыпи земляного полотна (для их эффективного уплотнения) возводимой из боковых резервов назначается студентом в зависимости от ее средней высоты ( $h_{ср}$ ), особенностей свойств применяемых грунтов и применяемых средств уплотнения.

Количество слоев в устраиваемом защитном слое принимается равным 2.

### **2.5. Определение попикетного объема различных видов грунта при строительстве земляного полотна на участке сосредоточенных работ**

Определение объемов грунта в насыпи и выемки определяется попикетно с учетом поправок (см. пункт 2.1).

При разработке выемки кроме поправок (пункт 2.1), учитывается коэффициент ( $K_e$ ) поправки на объем грунта для обеспечения водоотвода. Значение коэффициента ( $K_e$ ) в зависимости от глубины ( $h_e$ ) выемки представлены в табл. 4.

*Таблица 4*

**Значение коэффициента  $K_e$**

Глубина выемки, м	$K_e$	Глубина выемки, м	$K_e$
2	0,49/1,12	8	0,29/0,57
3	0,44/0,86	9	0,26/0,54
4	0,4/0,77	10	0,25/0,52
5	0,36/0,7	11	0,23/0,49
6	0,33/0,66	12	0,22/0,47
7	0,31/0,62		

примечание: числитель – для супесчаных грунтов с  $W_L < 0,23$   
знаменатель – для глинистых грунтов с  $W_L > 0,23$

Суммируя попикетные объемы с учетом поправок, определяют окончательные объемы грунта выемки и насыпи на участке сосредоточенных работ.

Расчет объемов земляных работ производится в табличной форме табл. 5.

Таблица 5

## Поикетная ведомость объемов грунта

ПК, +	Рабочие отметки		Расстояние	Про- фильные объемы, м <sup>3</sup>		Поправки к профильным объемам					Объемы с учетом поправок		Исправле- нные объемы (К <sub>от.упл.</sub> )	
	насыпь	выемка		насыпь	Выемка	Растительный слой	Защитный слой	Сливная призма	Уширение в кривых (1,02)	Водоотвод в выемке	насыпь	выемка	насыпь	выемка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Участок линейных работ														
0 (1,6)	1,4		100	1288		226	570,5	106,5			934,5		1048,5	
1 (1,2)														
2 (1,7)	1,45		100	1344		229	570,5	106,5			1072,5		1203,34	
Итого объемов грунта в насыпи из боковых резервов V <sub>1</sub>														
Участок сосредоточенных работ														
6 (1,4)	0,7		100	570		165	570,5	106,5			165		182	
7 (0)														
8 (-3,6)		1,8	100		2592	446	892,5	234		2903		6175,5		6299,01
9 (-4,4)		2,5	100		2781	488	892,5	234		2391		5810,5		5926,71
Объем грунта выемки V <sub>1</sub>			Объем грунта насыпи V <sub>2</sub>			Объем грунта из выемки в насыпь V <sub>3</sub> V <sub>3</sub> = V <sub>2</sub> *I, I			Объем грунта из выемки в кавальер V <sub>4</sub> V <sub>4</sub> = V <sub>1</sub> - V <sub>3</sub>			Объем дренирующего грунта* V <sub>5</sub> * K <sub>пл.зс</sub>		

\* в случае применения защитного слоя

### 3. Анализ природно-климатических факторов, влияющих на организацию строительства земляного полотна

#### 3.1. Построение климатического графика с определением сроков строительства линейных и сосредоточенных работ

По значениям среднемесячных температур наружного воздуха для региона строительства на листе миллиметровки формата А 4 строится климатический график, по которому определяются климатические сроки строительства ( $T_{клим}$ ) при производстве линейных и сосредоточенных земляных работ.

#### 3.2. Определение количества рабочих дней для строительства земляного полотна поточным методом по климатическим условиям

Расчетное время строительства земляного полотна (если не указаны директивные сроки) рассчитывается по формуле:

$$T_{стр} = T_{клим} - T_{пр} - T_{рем} - T_{пог} - T_{орг} - T_{р.пот.} \quad (7)$$

где  $T_{пр}$  - количество выходных и праздничных дней,

$T_{рем}$  - количество дней ремонта дорожных машин табл.7,

$T_{пог}$  - количество дней по климатическим условиям табл. 6,

$T_{орг.}$  - количество дней на организацию потока (8 суток),

$T_{р. пот.}$  - количество дней на развертывание частного потока определяется по формуле:

$$T_{р.пот.} = m \cdot n + 1, \quad (8)$$

где  $n$ - количество слоев в насыпи,  $m$  – количество захваток.

Таблица 6

#### Количество нерабочих дней по климатическим условиям

Климатическая зона	Количество дождливых дней, %	
	глинистые и суглинистые грунты	супесчаные грунты
Первая	11	5
Вторая	8	4
Третья	5	3
Четвёртая	4	2
Пятая	3	1

Таблица 7

**Число дней ремонта дорожных машин**

Климатическая зона		Число дней ремонта дорожных машин в год, Т рем, сут
Первая	Европейская часть	10
	Сибирь	13
	Дальний восток	7
Вторая	Европейская часть	18
	Сибирь	12
	Дальний восток	14
Третья	Европейская часть	17
	Сибирь	14
	Дальний восток	17
Четвертая	Европейская часть	21
	Сибирь	14
Пятая	Европейская часть	21
	Сибирь	12

#### 4. Технология производства работ поточным методом на линейном участке работ

##### 4.1. Определение рациональной длины захватки

Минимальная длина захватки на участке линейных работ по климатическим условиям определяется по формуле:

$$L_{min} = \frac{L_{зем.раб.}}{T_{стр}}, \quad (9)$$

где  $L_{зем.раб.}$  – длина участка линейных работ, м;

$T_{стр}$  – количество дней, определяемое по дорожно-климатическим условиям.

Учитывая, что строительство земляного полотна рационально производить в сроки когда естественная влажность грунта близка к оптимальной ( $T_{онт}$ ), что обеспечивает минимальные затраты работ по уплотнению грунта, для принятого региона устанавливаются календарные даты начала и окончания работ после чего определяется  $T_{рац}$  по формуле:

$$T_{рац} = T_{онт} * K_{гр}, \quad (10)$$



где  $K_{ep}$  – коэффициент суммарно учитывающий выходные и праздничные дни, время на развертывание потока и максимальное использование механизмов ( $K_{ep} = 0,75$ )

Тогда рациональная длина захватки  $L_{рац}$  составляет:

$$L_{рац} = \frac{L_{зем.раб.}}{T_{рац}}, \quad (11)$$

#### 4.2. Определение размеров боковых резервов

При возведении насыпи из боковых резервов, размеры резервов следует определять из условия равенства объема грунта резервов объему уплотненного грунта в насыпи с учетом коэффициента потерь при транспортировании ( $K_{мп} = 1,1$ ).

Вычислив размеры резервов, на листе формата А 4 вычерчивается поперечный профиль с указанием размером всех элементов профиля и графически определяют необходимую ширину полосы отвода и среднюю дальность перемещения грунта бульдозером из бокового резерва (рис. 4).

Средняя дальность перемещения грунта бульдозером из резерва (резервов) определяется графически ( $l_1, l_2$ ) как расстояние между центрами тяжести резерва и насыпи.

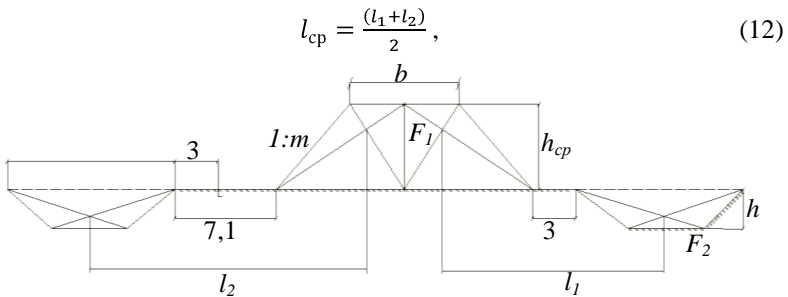


Рис. 6 Схема к расчету средней дальности перемещения грунта из резерва в насыпь

$F_1, F_2$  – площади поперечного сечения насыпи и резерва соответственно,  $h$  – глубина резерва,  $l_1, l_2$  – расстояние между центрами тяжести резерва и насыпи,  $h_{cp}$  – средняя высота насыпи,  $m$  – заложение откосов

При возведении земляного полотна скрепером из боковых резервов дальность перемещения грунта принимается равной половине принятой длины захватки + 50 м.

#### 4.3. Экономическое сравнение 2-х вариантов технологий производства земляных работ на линейном участке

- При возведении земляного полотна из боковых резервов необходимо составить и сравнить два варианта технологий при применении в качестве ведущих механизмов бульдозера и скрепера.

Для устройства слоев насыпи из дренирующего грунта ведущими механизмами будут являться либо автомобиль – самосвал + экскаватор либо скрепер. Из условий максимальной загрузки механизмов длина захватки может изменяться, но должна быть не менее  $L_{рац}$ .

Для сравнения способов производства земляных работ составляется калькуляция (табл.8).

Таблица 8

##### Калькуляция затрат

№ п/п	Обоснование (ЕНиР, расчет)	Технологические операции	Единица измерения	Объем работ на захватку	Производительность в смену	Потребное количество м/смен	Принятое количество машин	Коэффициент загрузки машин	Состав звена
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Для лучшего наполнения ковша скрепера при разработке грунтов применяют тракторы-толкачи. Количество скреперов, обслуживаемых одним трактором-толкачем, приведено в табл.9.

Таблица 9

##### Рекомендуемое количество тракторов-толкачей

Расстояние перемещения грунта, м	Количество скреперов на один толкач при объеме ковша скрепера, м <sup>3</sup>			
	3	4,5...7	8...10	15...18
200...250	3	4	3	3
300...400	4	4	3	3
450...500	4	4	4	4
750...950	-	5	4	4
1000	-	-	6	5

При заполнении граф 2,3,4,6,7 калькуляции затрат (табл.8) следует руководствоваться данными ЕНиР[1].

Производительность машин ( $\Pi$ ) или механизмов в смену определяется по ЕНиР[1]:

$$\Pi = \frac{T \cdot V}{N}, \quad (13)$$

где  $T$  – продолжительность смены, ч (8,2 – при односменной работе);

$V$  – объем или площадь, на которую дана норма времени ( $N$ ).

В тех случаях, когда отдельные процессы выполняются машинами, отличными от тех, которые приняты в схеме и на которые отсутствуют данные ЕНиР, следует определить их производительность расчетами.

После выбора ведущих машин следует подобрать комплектующие, к числу которых относятся машины для разравнивания грунта и планировки земельного полотна, поливомоечные, уплотняющие машины и др. Потребность комплектующих машин должна быть увязана со сменной производительностью ведущих машин. Выбор уплотняющих машин рекомендуется производить в соответствии с данными, приведенными в приложении 3.

При производстве работ по досыпке двух верхних слоев насыпи из привозного грунта для устройства защитного слоя, необходимо увязать емкость ковша экскаватора и грузоподъемность автомобиля-самосвала так чтобы отношение вместимости ковша экскаватора и вместимости кузова автосамосвала составляло 1:6 – 1:8.

Производительность автомобилей-самосвалов при перевозке грунта определяю по формуле:

$$\Pi = \frac{T \cdot k_n \cdot Q}{2 \cdot \sqrt{V} + t}, \quad (14)$$

где  $T$  – продолжительность смены, ч;

$Q$  – грузоподъемность автомобиля-самосвала, т;

$k_n = 0,85$  – коэффициент использования автомобиля-самосвала;

$l$  – дальность возки материала, км;

$V$  – средняя скорость движения, км/ч;

$t$  – среднее время простоев автомобиля-самосвала под погрузкой, разгрузкой и маневрированием, ч (при грузоподъемности кузова 5 т – 0,2 ч; 8 т – 0,25 ч; 10 т – 0,32 ч).

Расчетные средние скорости движения автомобилей составляет: при усовершенствованных покрытиях 35...60 км/ч; переходных покрытиях 27...35 км/ч; грунтовых дорогах – 22 ...30 км/ч.

- Сравнение вариантов отрядов машин ведется по основным технико-экономическим показателям:

1. Себестоимость единицы продукции

$$C = \frac{\sum C_i \cdot n_i \cdot k_n}{q}, \quad (15)$$

где  $C_i$  – стоимость машино-смены  $i$ -го механизма (Приложение 2);

$k_n$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы ( $k_n = 1,3$ );

$q$  – сменный объем грунта,  $m^3$ ;

$n_i$  – количество машин  $i$ -го механизмов.

2. Выработка на одного рабочего в смену

$$B = q/n, \quad (16)$$

где  $n$  – количество механизаторов в звене.

Экономическая эффективность вариантов оценивается сравнительными показателями сменной выработки на 1 механизм в  $m^3$  и стоимости 1  $m^3$  грунта в рублях (табл. 10).

В курсовой проект принимается вариант, где выработка больше, а себестоимость единицы продукции ниже.

Таблица 10

**Сравнение вариантов специализированных отрядов  
для участка линейных земляных работ**

Показатели	Варианты возведения насыпи	
	Вариант 1	Вариант 2
Стоимость:		
суммарная, руб./смену;	91,35	251,94
удельная, руб./ $m^3$ .	0,047	0,13
Выработка, $m^3$ .	322,14	148,68

Составление технологической схемы по строительству насыпи поточным методом на участки линейных работ осуществляется по более экономическому варианту (на основе типовых схем или пользуясь эталоном в методическом кабинете).

## 5. Технология производства на участке сосредоточенных работ

Выполнение сосредоточенных работ должно быть завершено в сроки, не сдерживающие поточность линейных работ. Исходя из этого, студент назначает возможное количество дней ( $n$ ) для выполнения сосредоточенных работ на основе чего определяет минимальный сменный объем:

$$V_{\text{смена}}^{\text{мин}} = \frac{V_{\text{общ}}}{n}, \quad (17)$$

### 5.1. Составление графика попикетных объемов с определением средней дальности перемещения грунта

Схема работ, при которой грунт из выемки перемещается в насыпь, называется продольной возкой. Если насыпь отсыпают, используя грунт из сосредоточенного резерва, а выемку разрабатывают с вывозкой излишнего грунта в кавальер, то такая схема работ называется поперечной возкой.

При производстве работ стремятся к максимальному перемещению объемов грунта из выемки в насыпь (продольная возка). На основе значений попикетных объемов грунта в выемке и насыпи на участке сосредоточенных работ (табл. 5) строят график попикетных объемов на листе миллиметровки формата А 4 (Приложение 4, рис. а). Для построения графика переходят от исправленных объемов (табл.5) к рабочим объемам с учетом коэффициентов:

- для насыпей

$$V_{\text{раб } n} = V_{\text{исп } n} * k_n, \quad (18)$$

где  $k_n$  – коэффициент учитывающий дополнительные объемы работ связанные с устройством краевых частей насыпи и нарезкой сливной призмы  $k_n = 1,1$ .

- для выемки

$$V_{\text{раб } e} = V_{\text{исп } e} * k_e, \quad (19)$$

где  $k_e$  – коэффициент учитывающий недоборы грунта при разработке выемок и перевозке его транспортными средствами  $k_e = 0,9$ .

По графику попикетных рабочих объемов возможно определение средней дальности перемещения грунта из выемки в насыпь:

**Математически**, для чего стрелками указывают, откуда, куда и в каком объеме грунт выемки перемещается в тело насыпи, после чего производится расчет средней дальности продольного перемещения грунта.

$$l_{\text{ср}} = \frac{V_{1p}l_1 + V_{2p}l_2 + V_{3p}l_3 + \dots + V_{pn}l_n}{V_{p1} + V_{p2} + V_{p3} + \dots + V_{pn}} + 50 \quad (20)$$

где  $V_{p1}, V_{p2}, V_{p3} \dots V_{pn}$  – рабочий объем грунта в выемке, при его перевозке в тело насыпи,

$l_1, l_2, l_3 \dots l_n$  – расстояние возки грунта данного объема.

Значение  $l_{\text{ср}}$  увеличивается на 50 м с учетом разворотов и съездов скрепера.

Однако этот способ достаточно трудоемок и не определяет границы участков продольной и поперечной возки.

**Графически** путем построения кривой земляных работ (кумулятивная кривая).

Кривую объемов получают путем преобразования столбчатой диаграммы графика попикетных объемов в кумулятивную кривую, которая строится под графиком попикетных объемов (Приложение 4 рис. б). Для ее построения алгебраически суммируются объемы выемок и насыпей от начала участка (слева направо). При этом объемы выемок берутся со знаком «плюс», объемы насыпей со знаком «минус». Ординаты кривой подсчитываются на всех пикетах и нулевых точках продольного профиля.

Ординаты кривой объемов земляных работ подсчитывают согласно табл. 11.

Таблица 11

**Ведомость подсчетов объемов земляных работ**

Пикеты	Профильные объемы, м <sup>3</sup>		Ординаты кривой		Контроль вычислений
	Насыпь	Выемка	+	-	
0	7129			7841,9	1,1*32548= 35802,8
1	13654			22861,3	
2	9825			33668,8	
3	1940			35802,8	
4		4240		31986,8	0,9*46370- 1,1*32548= 5930,2
5		11436		21694,4	
6		13519		9527,3	
7		8171		2173,4	
8		4139	1551,7		
9		4865	5930,2		
10					

Контроль вычисления ординат и построения кривой объемов производят по формуле:

$$V_i = 0,9 \sum V_B - 1,1 \sum V_H, \quad (21)$$

где  $V_i$  – искомая ордината кривой объемов;

$V_B, V_H$  – соответственно профильные объемы выемок и насыпей от начала профиля до искомой ординаты.

Горизонтальная прямая, пересекающая восходящую и нисходящую ветви кривой, отсекает на ней участок, в пределах которого объем выемки равен объему насыпи (участок равных объемов). Такую прямую называют распределительной линией. Расстояние от распределительной линии до соответствующей вершины кривой равно объему рабочей кубатуры на этом участке.

Грунт из выемки в насыпь перемещается скреперами, для расчета производительности которых определяется средняя дальность продольной возки.

На участках равных объемов строятся 2 прямоугольника с общей вершиной в точке перегиба на нисходящей и восходящей ветке кривой, соответственно, определяются центры тяжести прямоугольников. Линия, параллельная распределительной линии, соединяющая «центры тяжести» является средней дальностью возки грунта на данном продольном участке из выемки в насыпь  $l_{cp}$ :

Значение  $l_{cp}$  увеличивается на 50 м с учетом разворотов и съездов скрепера.

$$l_{cp} = l_{cp1} + 50, \quad (22)$$

## 5.2. Расчет численности механизмов для производства работ

Выбор марки скрепера производится в зависимости от значения  $l_{cp}$  и трудности разработки грунта, после чего определяется его сменная производительность  $П_{скр}$  м<sup>3</sup>/смену. Количество скреперов в звене ( $m$ ) увязывается с требуемым количеством толкачей (табл.9), после чего определяется общая производительность состава звена:

$$П_{звен} = m \cdot П_{скр}, \quad (23)$$

Определяется количество смен для перевозки объема грунта ( $V_{смен}$ ) из выемки в насыпь на расстояние  $l_{cp}$ :

$$N_{смен} = \frac{V_{смен}}{П_{звена}}, \quad (24)$$

При необходимости сокращения сроков выполнения сосредоточенных работ увеличивается состав звена скреперов.

При излишке грунта выемки, грунт вывозится в сосредоточенный кавальер, а при недостатке грунта для отсыпки насыпи, недостающий грунт завозится из сосредоточенного резерва (поперечная возка). Рас-

стояние возки грунта в кавальер или доставки грунта из резерва указаны в задании. При этом сроки окончания работ не должны превышать установленные ( $n$ ) для продольной возки, исходя из чего, аналогично, и определяется количество скреперов.

### 5.3. Экономическое сравнение двух вариантов вывозки грунта выемки в кавальер

Экономическое сравнение вариантов вывозки излишнего грунта выемки в кавальер предусматривает возможность использования в качестве ведущих механизмов либо самоходных скреперов, либо сочетание экскаватор – автомобиль самосвал, и производится по показателю выработки грунта на 1 механизм и стоимость 1 м<sup>3</sup> разрабатываемого и доставляемого грунта. Сравнение производится согласно табл. 12

*Таблица 12*

#### Сравнение вариантов специализированных отрядов для участка сосредоточенных земляных работ

Показатели	Варианты производства работ	
	транспортировка грунта из резерва самоходными скреперами	транспортировка грунта из резерва автосамосвалами
Стоимость:		
суммарная, руб./смену;	592,20	364,00
удельная, руб./м <sup>3</sup> .	0,21	0,13
Выработка, м <sup>3</sup> .	148,13	148,13

## 6. Расчет сроков строительства малых искусственных сооружений

Строительство крупных и средних мостов относится к сосредоточенным работам и выполняется специализированными подразделениями в сроки, обеспечивающие окончание работ к моменту подхода к ним частного потока по выполнению линейных работ.

Строительство малых искусственных сооружений выполняется специализированным частным потоком в сроки, не сдерживающие производство линейных земляных работ.



Общее количество труб уточняется при выдаче задания на курсовой проект.

В данном курсовом проекте для расчета времени по строительству железобетонных труб необходимо пользоваться данными, приведенными в ведомости искусственных сооружений (табл. 14). В зависимости от диаметра круглых и высоты прямоугольных труб, толщины стенок, длина трубы определяется по формуле:

$$Z = B + 2m \cdot (H - d - 2 \cdot \delta), \quad (25)$$

где  $B$  – ширина земляного полотна, м;

$m$  – коэффициент крутизны откосов земляного полотна;

$H$  – высота насыпи, м;

$d$  – расчетный (внутренний) диаметр трубы, м;

$\delta$  – толщина стенки трубы, м. (табл.13)

Таблица 13

**Толщина стенки трубы в зависимости от размера отверстия**

Круглые трубы	Размер отверстия, м	2	1,5	1
	Толщина стенки трубы, см	16	14	10
Прямоугольные трубы	Размер отверстия, м	2 × 1,25	1,5	2 × 2,0
	Толщина стенки трубы, см	12	12	13

Таблица 14

**Ведомость сроков строительства малых искусственных сооружений**

№ п/п	Основные размеры		Колич. смен работы отряда			Всего
	отверстие, м	длина, м	на 1 п.м тела трубы	на устройство двух оголовков	на укрепление русла 1-й трубы	
1	1,0	30	0,20	4,11	5,1	15,21
2	2 × 1,0	z	0,40	5,85	6,5	
3	1,5	z	0,30	5,50	6,3	
4	2 × 1,5	z	0,60	7,72	8,7	
5	2,0	z	0,35	12,30	10,7	
6	2 × 2,0	z	0,70	15,80	11,2	
Прямоугольные железобетонные трубы						
1	2 × 1,25	z	0,98	7,82	8,20	
2	1,5	z	0,53	6,15	6,60	
3	2 × 2,0	z	1,23	9,03	9,70	

## 7. Линейно-календарный график строительства

График строится на листе формата А 1, который дает наглядное представление об адресах (по оси абсцисс) и календарных сроках выполнения основных видов работ (по оси ординат) при строительстве земляного полотна. Линейные работы, выполняемые поточным методом, изображаются в виде наклонной линии, тангенс угла которой обратно пропорционален темпу потока.

Сосредоточенные земляные работы обозначаются прямоугольником, стороны которого по оси абсцисс адрес работ, а по оси ординат календарные сроки производства работ.

В расположенную под графиком сетку заносятся: схематический план трассы с расположением водопропускных труб и их характеристиками; линейные и сосредоточенные работы с объемом их выполнения принятыми в проекте механизмами (приложение 5).

Количество рабочих смен ( $T_{стр}$ ) для выполнения работ указанных на графике определяется с учетом коэффициент:

$$T_{стр} = T_{клим} \cdot 0,75 \quad (26)$$

## 8. Контроль качества и приемка выполненных земляных работ

В этом разделе необходимо осветить основные положения организации технического контроля производства работ по возведению земляного полотна; указать виды контроля; указать основные приборы по определению характеристик грунтов и степени уплотнения земляного полотна.

Следует указать порядок приемки выполненных земляных работ, подлежащих промежуточной приемке с составлением актов на скрытые работы. Сформулировать требования, предъявляемые к законченному земляному полотну.

## **9. Охрана труда и техника безопасности при производстве земляных работ. Охрана окружающей среды**

В пояснительной записке необходимо отразить основные положения по организации работ и охране труда на строительных объектах.

Необходимо отразить основные требования техники безопасности ведения работ по уплотнению насыпи и других видов земляных работ.

Дать обязательные мероприятия по охране окружающей среды.

## Приложения

Приложение 1

### Минимальные значения коэффициентов уплотнения при расчете требуемой плотности песчаных и глинистых грунтов

Вид земляного полотна	Глубина расположения слоя от основной площадки, м		Коэффициент уплотнения К для дорог***	
	I, II категории и дополнительные главные пути	III, IV категории	I, II категории и дополнительные главные пути	III, IV категории
Насыпи: верхняя часть нижняя часть	До 1,0 Более 1,0	До 0,5 Более 0,5	0,98;0,95* 0,95;0,92	0,95;0,92* 0,95**;;0,90
Выемки, основания, насыпи высотой до 0,5 м	Более 1,0	Более 0,5	0,98;0,95*	0,95;0,92*

\* Для насыпей из однородных песков.

\*\* На участках с сильнопересеченным рельефом, на участках периодического подтопления насыпей, а также в пределах участках длиной до 100 м на подходах к мостам.

\*\*\* Для подъездных путей коэффициент уплотнения по всей высоте насыпи устанавливается 0,90. Для скоростных и особонагруженных линий коэффициент уплотнения определяется расчетом.

**Число проходов катков в зависимости от толщины уплотняемого слоя и вида применяемых катков**

Элемент земляного полотна	Уплотняющая машина	Ориентировочная толщина слоя грунта (в плотном теле), см		Число проходов (ударов)	
		Недренирующего грунта	Дренирующего грунта	Недренирующего грунта	Дренирующего грунта
1	2	3	4	5	6
Насыпь, нулевые места и выемки	Каток массой, т: кулачковый прицепной (9-18) на пневмошинах прицепной (12-15) на пневмошинах полуприцепной (25-30) на пневмошинах полуприцепной (40-60) решетчатый прицепной (25-35)	<u>20-25</u> 15-20	-	<u>6-8</u> 8-12	-
		<u>15-20</u> 10-15	<u>20-25</u> 15-20	<u>6-8</u> 8-12	<u>4-6</u> 6-8
		<u>30-35</u> 20-25	<u>35-40</u> 25-30	<u>6-8</u> 8-10	<u>4-6</u> 6-8
		<u>35-40</u> 25-30	<u>40-45</u> 35-40	<u>6-8</u> 8-10	<u>4-6</u> 6-8
		<u>35-40</u> 25-30	<u>40-50</u> 35-40	<u>6-8</u> 8-10	<u>4-6</u> 6-8
		<u>40-50</u> 30-40	<u>50-60</u> 40-50	1	1
	Трамбующая плита на экскаваторе (2 т)	<u>80-90</u> 70-80	<u>100-110</u> 80-90	<u>4-6</u> 6-8	<u>2-4</u> 4-6

Окончание прил. 3

1	2	3	4	5	6
Верх земляного полотна, грунтовое основание дорожной одежды	Каток массой, т: самоходный на пневмошинах (16-30)	$\frac{20-35}{15-25}$	$\frac{25-40}{20-30}$	$\frac{4-6}{8-10}$	$\frac{4-6}{6-8}$
	полуприцепной на пневмошинах (25-30)	$\frac{30-35}{20-25}$	$\frac{35-40}{25-30}$	$\frac{6-8}{8-10}$	$\frac{4-6}{6-8}$
	Виброкаток массой, т: прицепной (3) прицепной (6)	- -	20-40 40-60	- -	3-4 3-4
Насыпь в стесненных условиях	Ручная пневмотрамбовка (0,04-0,05 т)	10-15	15-20	-	-
	Машина: вибрационная площадочного типа (0,1-0,5) гидровибрационная навесная	10-20 - -	15-30 до 250	- 1	- -
Насыпи песчаные гидро- намывные					

*Примечание.* В числителе указаны значения, необходимые для уплотнения грунта до плотности, соответствующей коэффициенту уплотнения не менее 0,95, в знаменателе – до плотности, соответствующей коэффициенту уплотнения не менее 0,98.

### Пример построения кумулятивной кривой

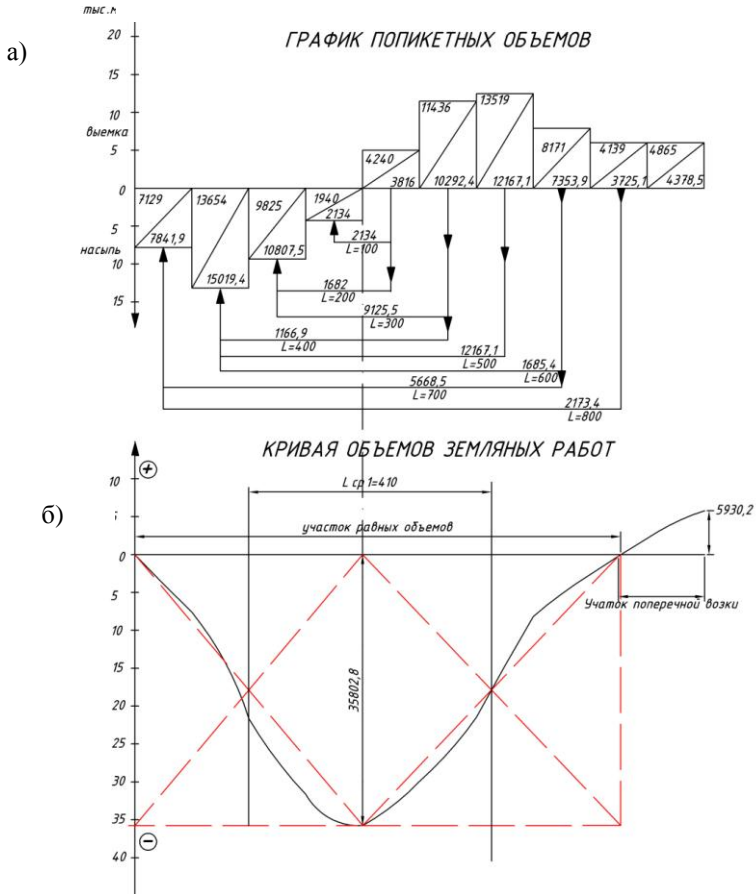


Рис. Графики объемов земляных работ

Примечание.

Рис.а) Числитель исправленные объемы; знаменатель рабочие объемы.

Рис.б)  $l_{cp}$  – средняя дальность возки

## Приложение 2

## Данные по стоимости машин

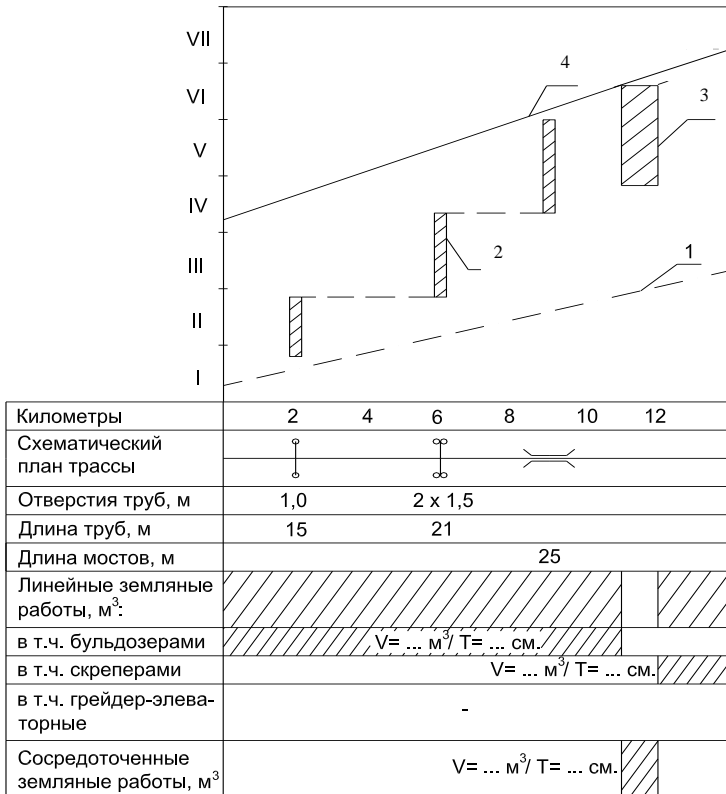
Наименование машины	Стоимость машино-смены, руб
1	2
Автогудронатор емкостью цистерны, т:	
4	40,59
6	41,08
15	47,97
Автоцементовозы	48,95
Погрузчики одноковшовые на пневмоходу	14,19
Экскаваторы одноковшовые емкостью ковша, м <sup>3</sup> :	
0,25	16,65
0,4	23,63
0,5	21,89
0,65	27,06
1,0	38,70
1,25	42,06
2,0	47,64
2,5-3,0	50,87
Бульдозеры мощностью трактора, л.с.:	
108	18,94
130	28,94
180	36,24
310	62,07
Бульдозеры-рыхлители, л.с.:	
108	24,19
130-165	35,70
180	46,60
Скреперы прицепные емкостью ковша, м <sup>3</sup> :	
3	22,80
4,5	34,60
7,0	30,42
8,0	27,60
10	50,02
15	97,09
Скреперы самоходные емкостью ковша, м <sup>3</sup> :	
8	41,25
10	92,66
15	89,87



Окончание прил.2

1	2
Автогрейдеры	19,93
Грейдеры прицепные:	
среднего типа	3,03
тяжелого типа	2,30
Грейдеры-элеваторы	21,24
Катки дорожные прицепные, т:	
вибрационные	6 7,63
гладкие	5 0,56
кулачковые	5 0,66
	9 1,80
	18 3,69
	28 4,67
на пневмоколесном ходу	10 4,67
	12,5 5,41
	25 7,30
	50 16,89
Катки самоходные, т:	
вибрационные	4 7,30
гладкие	10 11,89
	5 12,96
	18 13,86
на пневмоколесном ходу	16 37,88
	18 29,68
	30 53,96
	35 61,91
Грунтосмесительные машины самоходные	78,72
Поливомоечные машины	47,56
Распределители каменной мелочи навесные на автосамосвалах	32,23
Распределители щебня и гравия	29,03
Фрезы дорожные:	
навесные	26,98
прицепные	2,62
Автосамосвалы	57,32

### Линейный календарный график



1 – подготовительные работы;

2 – устройство малых искусственных сооружений;

3 – сосредоточенные земляные работы;

4 – линейные земляные работы;

**Библиографический список**

1. ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы. – М.: Стройиздат, 1988.
2. Пособие по технологии сооружения земляного полотна железных дорог (в развитие СНиП 3.06.02-86). – М.: ПКТИ Трансстрой, 1993.
3. СНиП 32-01-95 Железные дороги колеи 1520 мм. Нормы проектирования. – М.: Госстрой России, 1996.
4. СП 32-104-98 Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм
5. Призманов А.М. Организация и технология возведения железнодорожного земляного полотна: Учебное пособие. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 351 с.
6. Духовный Г.С. Входной контроль качества при строительстве автомобильных дорог: учеб. пособие / Г.С. Духовный, А., Н Котухов, А.А. Логвиненко. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. - 119 с.

## Оглавление

Общие указания.....	3
Состав курсового проекта.....	3
Структура пояснительной записки.....	6
1. Определение характеристик грунтов.....	6
1.1.Определение коэффициента относительного уплотнения грунта.....	6
2.Определение параметров земляного полотна и объемов земляных работ.....	8
2.1.Поперечные профили земляного полотна на участках линейных и сосредоточенных работ.....	8
2.2.Определение объемов различных видов грунта для насыпи на участке линейных работ.....	10
2.3.Определение средней высоты насыпи на участке линейных работ $h_{ср}$ .....	11
2.4. Определение количества слоев в насыпи земляного полотна....	11
2.5. Определение попикетного объема различных видов грунта при строительстве земляного полотна на участке сосредоточенных работ.....	12
3.Анализ природно-климатических факторов, влияющих на организацию строительства земляного полотна.....	14
3.1 Построение климатического графика с определением сроков строительства линейных и сосредоточенных работ.....	14
3.2 Определение количества рабочих дней для строительства земляного полотна поточным методом по климатическим условиям..	14
4.Технология производства работ поточным методом на линейном участке работ.....	15
4.1. Определение рациональной длины захватки.....	15
4.2. Определение размеров боковых резервов .....	16
4.3. Экономическое сравнение двух вариантов технологий производства земляных работ на линейном участке.....	17
5.Технология производства на участке сосредоточенных работ.....	19
5.1. Составление графика попикетных объемов с определением средней дальности перемещения грунта.....	20
5.2. Расчет численности механизмов для производства работ.....	22
5.3. Экономическое сравнение двух вариантов вывозки грунта выемки в кавальер.....	23
6.Расчет срока строительства малых искусственных сооружений.....	23
7.Линейно-календарный график строительства.....	24

8.Контроль качества и приемка выполненных земляных работ.....	25
9.Охрана труда и техника безопасности при производстве земляных работ. Охрана окружающей среды.....	25
Приложения.....	27
Приложение 1 Минимальные значения коэффициентов уплотнения при расчете требуемой плотности песчаных и глинистых грунтов.....	27
Приложение 2 Данные по стоимости машин.....	28
Приложение 3 Число проходов катков в зависимости от толщины уплотняемого слоя и вида применяемых катков.....	30
Приложение 4 Пример построения кумулятивной кривой.....	32
Приложение 5 Линейный календарный график.....	33
Библиографический список.....	34

Учебное издание

## Возведение земляного полотна железной дороги

Методические указания к выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Технология, механизация и автоматизация  
железнодорожного строительства» для студентов специальности  
23.05.06 – Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей

Составители: **Духовный Георгий Самуилович**  
**Логвиненко Анжелика Александровна**  
**Золотых Светлана Николаевна**

Подписано в печать 02.10.15. Формат 60x84/16. Усл.печ.л. 1,2. Уч.-изд.л. 1,3.  
Тираж 50 экз. Заказ Цена  
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46