

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра транспорта леса

////////////////////////////////////  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
И СТРОИТЕЛЬСТВО  
ДОРОГ И ПЛОЩАДОК**  
////////////////////////////////////

*Методические указания  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности  
1-75 02 01 «Садово-парковое строительство»*

Минск 2013

УДК 625.72(076.5)  
ББК 39.311я73  
П79

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

**С о с т а в и т е л и :**  
М. Н. Демидко, Н. П. Вырко

**Р е ц е н з е н т ы :**  
доктор технических наук,  
профессор кафедры строительства и эксплуатации дорог  
Белорусского национального технического университета  
*И. И. Леонович;*  
главный специалист отдела промышленного производства  
управления производства и реализации продукции  
Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь  
*А. А. Ермалицкий*

**Проектирование и строительство дорог и площадок :**  
П79 метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / сост. : М. Н. Демидко, Н. П. Вырко. – Минск : БГТУ, 2013. – 70 с.  
ISBN 978-985-530-256-9.

Методические указания содержат сведения о нормах проектирования дорог и площадок, исходные данные (по вариантам) для выполнения лабораторных работ, методику выполнения каждой работы: по определению объемов земляных работ, конструированию и расчету земляного полотна и дорожных одежд, по подбору оптимальных грунтовых и гравийных смесей и других видов покрытия.

УДК 625.72(076.5)  
ББК 39.311я73

ISBN 978-985-530-256-9

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2013

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Проектирование и строительство дорог и площадок» является наиболее важной составной частью в подготовке студентов, обучающихся по специальности «Садово-парковое строительство». Она охватывает вопросы проектирования, строительства и эксплуатации дорожно-транспортной сети садово-паркового объекта и требует творческого подхода при выносе и размещении его на местности. Разработка проекта основывается на теоретических знаниях и практических навыках в области инженерной геодезии; технологии строительства дорог и площадок; организации рельефа местности (ландшафтное проектирование), агротехнической подготовки территорий; размещения малых архитектурных форм и оборудования; устройства и содержания газонов, цветников и т. д.

Цель данного практикума состоит в том, чтобы дать студенту необходимые практические навыки в планировании территории; определении объемов земляных работ; конструировании земляного полотна, дорожной одежды, дорожного водоотвода.

В связи с этим в пособии изложены лабораторные работы по установлению основных параметров дорог и площадок в соответствии с требованиями нормативных документов; по конструированию поперечных профилей земляного полотна и дорожной одежды; подбору оптимальных грунтовых и гравийных смесей для покрытий дорог и дорожек, а также лабораторная работа по устройству дорожно-транспортной сети, т. е. технология строительства дорог с различными видами покрытий.

## Лабораторная работа № 1

# НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОГ И ПЛОЩАДОК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

*Цель работы:* изучение норм и правил проектирования лесных дорог и их применение при разработке проектов дорог.

## Методические указания к выполнению работы

*Классификация лесных дорог.* Автомобильные лесные дороги в зависимости от интенсивности движения делятся на три типа:

- I тип – интенсивность движения более 25 авт./сут.
- II тип – интенсивность движения равна или менее 25 авт./сут.
- III тип – одиночное движение автомобилей.

*Дорожно-тропиночная сеть, площадки, аллеи* подразделяются на классы в зависимости от их функций и типов покрытий. Выделяют шесть классов дорог, дорожек и аллей:

- I класс – главные магистральные дороги, дорожки, аллеи. Это основные маршруты движения посетителей и они воспринимают наибольшие нагрузки. Главная аллея должна обеспечить пропускную способность до 400–600 чел./ч в выходные дни. Ширина дороги – 10–30 м. Покрытие устраивают из прочных, малоизнашиваемых и декоративных материалов – плит, камня и др.

- II класс – второстепенные дороги, дорожки, аллеи. Предназначены для соединения различных узлов объекта и более равномерного распределения посетителей. Это подведение к главным маршрутам движения, площадкам отдыха и спорта, видовым точкам объекта и т. д. Ширина дороги – 4,5–10 м. Покрытие может быть как твердым (плиточным), так и мягким (из специальной смеси). Пропускная способность ниже, чем у главных.

- III класс – дополнительные дорожки, тропы. Это ответвления от главных дорог и дорожек, т. е. они играют роль переходов, подходов

к сооружениям, цветникам. Ширина – 2–5 м. Покрытие – мягкое, плиточное. Пропускная способность ниже, чем в первых двух классах.

- IV класс – велосипедные прогулочные дороги и тропы. Строятся, как правило, в парках и лесопарках. Ширина – 0,75–1,50 м. Покрытие мягкое грунтовое или из песчано-гравийной смеси (ПГС).

- V класс – дороги для конной езды, в экипажах, на санях (предназначены для прогулок, осмотра достопримечательностей и т. д.). Спецпокрытие.

- VI класс – дорожки хозяйственного назначения. Для ограниченного движения автотранспорта, средств механизации работ (поливочные машины и др.). Конструкции и покрытия таких дорог – из прочных материалов, выдерживающих большие нагрузки.

Каждому классу дорог соответствуют свои габариты – протяженность и ширина, поскольку связаны с посещаемостью объекта и интенсивностью движения посетителей.

*Площадки* в садах и парках имеют определенное назначение, используются посетителями в различных целях и подразделяются на следующие категории:

- площадки тихого группового, одиночного отдыха, для тихих игр, в том числе для созерцания пейзажей;

- площадки для активного, «шумного» отдыха – семейного и коллективного, для игр, пикников, зрелищ, проведения массовых мероприятий;

- детские площадки;

- спортивные площадки – футбол, волейбол, гольф и т. д.;

- хозяйственные площадки;

- припавильонные площадки – необходимые для удобного подъезда к различным павильонам.

Характеристика и параметры дорожно-тропиночной сети и площадок приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

### Характеристика и параметры дорожно-тропиночной сети и площадок

Наименование и назначение	Ширина дороги, размер площадки, м	Допустимый уклон поверхности, %		Тип покрытия поверхности
		поперечный	продольный	
Проезды, дороги местного значения	До 4,5	1,5–2,0	0,5–8,0	Асфальто- или цементобетон
Тротуары вдоль дорог, проездов	До 1,5–2	1,5–2,0	0,4–9,0	Плита 50×50 см

Наименование и назначение	Ширина дороги, размер площадки, м	Допустимый уклон поверхности, %		Тип покрытия поверхности
		поперечный	продольный	
Главные парковые дороги, транзитные круглогодического действия	3,5–15 и более	2–3	0,4–9,0	Плиты, специальные смеси, бетон
Дороги второстепенные, прогулочные, сезонного использования	2–3,5, иногда до 7	2–4	0,3–9,0	Специальные смеси, частично плиты
Дополнительные дорожки, тропы	0,75–1,50, иногда до 2,25	3–6	0,3–10,0	Специальные смеси, грунт
Спортивные площадки	По ГОСТ	0,5	0,5	Бетон, асфальт, плита
Детские площадки	По расчетам СНиПа	1–2	1–2	Бетон, асфальт, плита
Хозяйственные площадки	То же	1–2	1–2	То же
Автостоянки	То же	0,5–1,5	0,5–1,5	То же
Участки насаждений, газонов	По генплану	0,3–2,0	0,3–2,0	Растительный покров

Все площадки имеют разное покрытие, в зависимости от назначения и проводимых мероприятий.

*Лесохозяйственные автомобильные дороги.* Лесные автомобильные дороги относятся к автомобильным дорогам не общего пользования и в зависимости от назначения классифицируются согласно СТБ 1627-2006 следующим образом (табл. 1.2).

Таблица 1.2

#### Классификация лесохозяйственных автомобильных дорог

Тип дороги	Категория дороги
I	Магистраль – основной путь, действующий в течение всего срока эксплуатации лесного массива. Она является главной транспортной артерией в лесном массиве, имеет высокие эксплуатационные качества и максимальную интенсивность движения.
II	Ветки – это выход на магистральный путь (дорогу). Они соединяют охотничьи хозяйства и осушаемые площадки с дорогами общего пользования.
III	Дороги специального назначения: дороги мелиоративной сети; противопожарные дороги; дороги для вывозки лесохимического сырья; дороги к временным лесопитомникам, лесосеменным участкам, садам и егерским участкам

Нормы проектирования автомобильных лесохозяйственных дорог приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

**Нормы проектирования автомобильных лесохозяйственных дорог**

Показатель	Тип дороги		
	I	II	III
Интенсивность движения, авт./сут	≥25	<25	Одиночные
Расчетная скорость движения, м/с:			
– местность равнинная	16,7	16,7	11,1
– пересеченная	11,1	8,4	5,5
Ширина земляного полотна, м	6,5	4,5	4,5
Ширина проезжей части, м	3,5	3,5	3,5
Радиус кривых в плане, м:			
– основной	400	400	400
– минимальный	125/60*	125/30	60/20
Наибольшая величина продольного уклона, ‰	60/90	60/100	90/110
Минимальные радиусы вертикальных кривых, м:			
– выпуклых	2500/1000	2500/1000	1000/400
– вогнутых	1500/300	1500/300	1000/100
Расчетное расстояние видимости, м:			
– поверхности дороги	75/50	75/40	50/25
– встречного автомобиля	150/100	150/80	100/50

\* После косой черты приведены данные для пересеченного рельефа местности.

*Определение числа полос движения и ширины проезжей части.* Число полос движения устанавливается в зависимости от расчетной интенсивности и состава движения. В пределах проезжей части дороги число полос тесно связано с определением пропускной способности. Следовательно, при проектировании необходимо решить вопрос о строительстве дороги с одной, двумя или более полосами движения в пределах проезжей части.

В лесной отрасли в основном проектируют однополосную или двухполосную ширину проезжей части.

Теоретическая пропускная способность двухполосной дороги за 1 ч определяется по формуле

$$N_2 = \frac{3600 \cdot v_{cp}}{S_a + S_b}, \quad (1.1)$$

где  $v_{cp}$  – средняя скорость движения автомобиля, м/с;  $S_a$  – длина автотопезда, м;  $S_b$  – расчетное расстояние видимости, м.

Теоретическая пропускная способность однополосной дороги определяется по формуле

$$N_1 = \frac{3600 \cdot v_{\text{ср}}}{2l + v_{\text{ср}} \sum t_{\text{пр}}}, \quad (1.2)$$

где  $l$  – расстояние между разъездами, м;  $\sum t_{\text{пр}}$  – время на разгон, замедление движения и ожидание встречного автопоезда на разъезде, с.

Интенсивность движения, или количество автопоездов, для обеспечения заданного объема вывозки древесины в единицу времени (час) равна

$$N_a = \frac{\delta \cdot Q_{\text{год}} \cdot T}{A \cdot m_1 \cdot Q_{\text{рейс}}}, \quad (1.3)$$

где  $\delta$  – коэффициент (1,1);  $Q_{\text{год}}$  – годовой объем вывозки, м<sup>3</sup>/год;  $T$  – продолжительность смены, ч;  $A$  – количество дней работы в году;  $m_1$  – количество смен работы;  $Q_{\text{рейс}}$  – рейсовая нагрузка на автопоезд, м<sup>3</sup>.

Если  $N_1 > N_a$  – однополосная проезжая часть;  $N_2 > N_a$  – двухполосная проезжая часть. Если  $N_1 < N_a < N_2$  – необходимо технико-экономическое обоснование количества полос движения.

Ширина полосы движения определяется в зависимости от типа автопоезда (автомобиля) –  $d$ , величины предохранительной полосы между колесом автомобиля и кромкой проезжей части –  $a$ , величины зазора безопасности между кузовами автомобилей при встречном движении –  $m$ . Ширина кузова и колеи принимается по табл. 1.4.

Ширину полосы для однополосной проезжей части определяют по формуле

$$П_1 = S + 1 + 0,01 \cdot v, \quad (1.4)$$

где  $S$  – ширина колеи, м;  $v$  – расчетная скорость движения, км/ч.

Ширину полосы для двухполосной проезжей части определяют по формуле

$$П_2 = \frac{d + S}{2} + m + a = \frac{d + S}{2} + 1 + 0,01 \cdot v, \quad (1.5)$$

где

$$m = (0,3 + 0,27\sqrt{v}) \cdot k_{\text{ум}}; \quad (1.6)$$

$$a = k_{\text{ум}} \sqrt{0,1 + 0,027 \cdot v}, \quad (1.7)$$

где  $k_{\text{ум}}$  – коэффициент уменьшения (для двухполосных дорог равен 0,8–1,0; для однополосных – 1,0).



Таблица 1.4

## Техническая характеристика лесовозных автомобилей

Показатель	ЗИЛ-130	ЗИЛ-131	Урал-375Н	Урал-43204	КамАЗ-5320	КамАЗ-5410	МАЗ-6303-26	МАЗ-5434	МАЗ-64255	КрАЗ-255Л	КрАЗ-6437	КрАЗ-260Л
Грузоподъемность, кН	50	35	70	65	80	81	132	68	250	80	115	92
Масса автомобиля без груза, т	4,30	6,46	7,70	8,35	7,08	6,80	11,30	9,05	13,00	11,67	11,94	13,54
Колесная формула	4×2	6×6	6×6	6×4	4×4	6×4	6×4	4×4	6×6	4×6	6×6	6×6
Максимальная мощность двигателя, кВт	110,3	110,3	132,5	154,4	154,4	154,4	243,0	176,5	243,0	176,5	236,5	220,8
Касательная сила тяги при $v = 0-10$ км/ч, Н	14 541	32 508	33 028	30 984	25 889	25 889	–	52 677	–	55 696	82 347	74 112
Расход топлива одиночного автомобиля на 100 км пробега, л	28	40	45	40	35	35	32	54	65	50	60	60
Максимальная скорость движения, км/ч	90	80	75	65	80	80	75	70	76	40	60	60
Габаритная ширина, мм	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	3000	3200	3200
Расстояние между передним бампером и задней осью, м	–	5,00	5,50	–	–	5,00	7,35	–	6,58	6,50	–	6,50
Ширина колеи, мм: – передних колес – задних колес	1800 1790	1820 1820	2020 2020	2020 2020	2025 1850	2025 1850	2023 –	2017 1792	2017 –	2160 2160	2070 1830	2160 2160
Масса нагруженного автомобиля, т	6,95	10,19	14,93	14,56	10,93	10,96	24,50	16,00	24,00	20,26	23,32	22,60

В формулах (1.6) и (1.7) при определении  $t$  и  $a$  скорость принимать в метрах в секунду.

Данные для расчета параметров ширины проезжей части и ширины земляного полотна приведены в табл. 1.5 для каждого из вариантов. Номер варианта определяется по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 1.5

**Исходные данные к расчету по вариантам**

Показатель	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расстояние между разъездами, м	500	500	500	500	500	500	500	600	600	600
Объем вывозки древесины, т·м <sup>3</sup> /год	100	115	69	93	120	210	80	87	161	200
Количество дней работы дороги в году	180	185	190	195	200	205	210	200	180	210
Количество смен работы в сутки ( $m_1$ )	1	1,5	1	2	1,5	1	1	1,5	1,5	1,5
Тип лесовозного автомобиля	ЗИЛ-130	Урал-375Н	Урал-43204	КамАЗ-5410	КамАЗ-5320	МАЗ-5434	МАЗ-64255	КрАЗ-255Л	КрАЗ-260Л	КрАЗ-6437
Результат расчета: – ширина земляного полотна по расчетам, м – ширина земляного полотна по нормам, м										

Ширину земляного полотна определяют по формулам:

– для однополосной дороги

$$B_1 = \Pi_1 + 2 \cdot a, \quad (1.8)$$

– для двухполосной дороги

$$B_2 = \Pi_2 + 2 \cdot a, \quad (1.9)$$

где  $a$  – ширина обочины, м.

## Ход работы

1. Изучить методику выполнения работы.
2. Изучить и законспектировать классификацию лесных (лесо-хозяйственных) дорог, дорожек, аллей, площадок.
3. Изучить параметры площадок и нормы проектирования лесо-хозяйственных дорог (законспектировать).
4. Выполнить расчет интенсивности движения лесовозных автопоездов по формуле (1.3) и на основе расчета уточнить тип лесо-хозяйственной автомобильной дороги.
5. Рассчитать ширину земляного полотна для заданного типа лесовозного автомобиля и сравнить ее с нормативной.

## Лабораторная работа № 2

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПЛОЩАДОК

*Цель работы:* приобретение навыков определения объектов земляных работ при устройстве площадок.

### Методические указания к выполнению работы

*Определение земляных работ по картограмме.* Для того чтобы иметь представление о расположении на проектируемой (строящейся) площадке насыпей и выемок грунта, на кальке составляется картограмма земляных работ (рис. 2.1).

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20

Рис. 2.1. Картограмма земляных работ на горизонтальной площадке (М 1:50 000)

Она служит для определения границ между выемками и насыпями (нулевой линии) с помощью отметок вершин сетки квадратов (рабочих отметок), значения которых записывают на картограмме у каждой вершины квадрата (рис. 2.1, рабочие отметки приведены в табл. 2.1 в соответствии с вариантом).

Используя рабочие отметки, рассчитывают и наносят на кальку (рис. 2.1) точки нулевых работ, в которых пересекаются проектируемая плоскость (площадка) и земная поверхность. Данные точки находятся между смежными точками, рабочие отметки которых имеют противоположные знаки.

Положение точек на линиях сетки квадратов вычисляют по формулам

$$x_0 = \frac{h_{i_1}}{h_{i_1} + h_{i_2}} \cdot d; \quad (2.1)$$

$$y_0 = \frac{h_{i_3}}{h_{i_1} + h_{i_2}} \cdot d, \quad (2.2)$$

где  $x_0, y_0$  – расстояния от точки нулевых работ до смежных вершин сетки квадратов, их подписывают на картограмме вдоль сетки, на которой располагается указанная точка (рис. 2.2);  $h_i$  – рабочие отметки смежных вершин сетки квадратов;  $d$  – расстояние между вершинами сетки квадратов.

Определив положение всех точек нулевых работ, соединяют смежные друг с другом, формируя тем самым изображение линии нулевых работ на картограмме (см. рис. 2.1 и 2.2).

### *Определение объемов земляных работ*

1. Объем земляных работ в квадратах, через которые не проходит линия нулевых работ, определяют по формуле

$$V = \frac{S}{4} \sum_{i=1}^4 h_i, \quad (2.3)$$

где  $S$  – площадь квадрата,  $m^2$ ;  $\sum h_i$  – сумма рабочих отметок вершин данного квадрата,  $m$ .

2. Если линия нулевых работ пересекает квадрат отметок, образуя при этом треугольник, объем земляных работ вычисляют по формуле

$$V = \frac{S'}{3} \sum_{i=1}^3 h'_i, \quad (2.4)$$

где  $S'$  – площадь треугольника,  $m^2$ ;  $\sum h'_i$  – сумма рабочих отметок вершин данного треугольника,  $m$ .

3. Если линия нулевых работ пересекает квадрат и образует при этом многоугольник (рис. 2.2), то для определения объема земляных работ его разбивают на прямоугольник и трапецию. В результате образуется дополнительная точка, рабочую отметку которой необходимо знать для вычисления объема земляных работ (на рис. 2.2 такие отметки показаны кружками). Эту точку определяют по формуле

$$h_x = \frac{h_{i_2} - h_{i_1}}{d} \cdot x_0, \quad (2.5)$$

где  $h_{i_2}, h_{i_1}$  – рабочие отметки вершин сетки квадратов, между которыми находится точка с определенной рабочей отметкой.

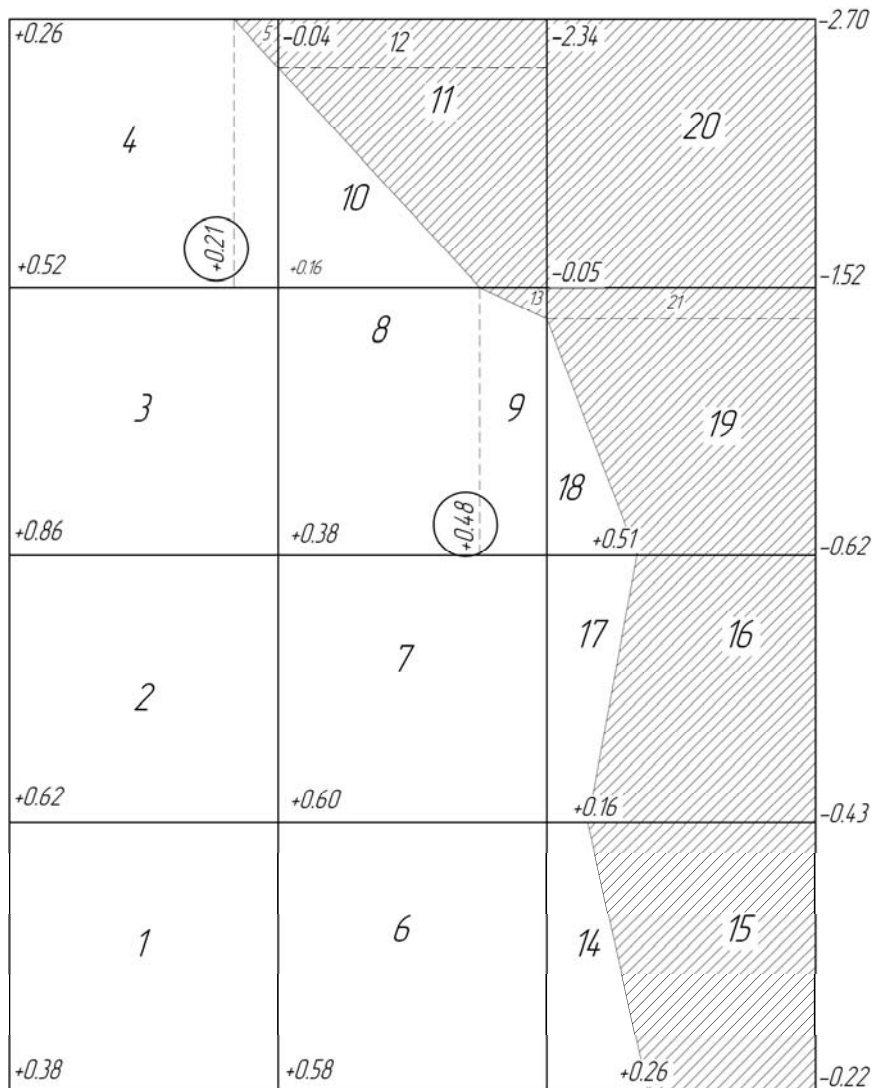


Рис. 2.2. Пример оформления картограммы земляных работ

Вычисленные объемы земляных работ на каждом элементарном участке площадки записывают в ведомость (табл. 2.2).

Допускаемые расхождения объемов насыпи и выемки не должны превышать 3% от общего объема земляных работ.

## Ход работы

1. Вычертить на листе А4 (калька) картограмму площадки в масштабе 1:50 000.

2. В каждую вершину угла квадрата вписать рабочие отметки согласно варианту (табл. 2.1).

Таблица 2.1

### Исходные данные

Номер вершины	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Отметки вершин, м									
1	0,30	0,39	-0,80	0,86	0,40	-0,70	0,75	-0,96	-1,00	-1,20
2	0,40	0,50	-1,10	0,73	0,94	-1,40	0,98	-1,10	-0,50	-0,95
3	0,90	-0,52	0,90	0,56	0,86	1,10	-1,20	0,90	0,86	0,77
4	0,86	-0,73	0,83	-0,70	0,73	1,00	-1,30	0,83	0,73	0,68
5	-0,70	-0,83	0,79	-0,80	-0,52	0,90	-1,10	0,79	-0,42	-0,40
6	0,96	0,79	-0,90	0,69	0,50	-0,38	1,40	-0,95	0,50	-0,50
7	0,04	0,14	-0,83	0,72	0,50	-0,39	0,90	-0,80	0,50	0,70
8	0,86	0,19	0,76	0,90	0,39	0,38	0,70	0,40	0,38	0,70
9	-0,62	-0,50	0,83	-0,74	0,59	0,42	-0,39	0,80	0,60	0,60
10	-0,38	-0,90	0,76	-0,63	-0,32	0,93	-0,42	0,76	-0,35	0,60
11	0,60	0,93	-0,14	0,69	0,44	-0,80	0,39	-0,14	0,54	-0,45
12	0,90	0,42	-0,19	0,72	0,48	-0,50	0,90	-0,29	0,49	-0,75
13	-0,95	0,38	0,25	0,69	0,44	0,19	0,75	0,26	0,45	0,80
14	-0,38	-0,39	0,24	0,72	-0,29	-0,49	-0,50	0,24	-0,30	0,85
15	-0,60	-0,90	0,43	-0,10	-0,27	-0,40	-0,79	0,40	-0,37	0,95
16	0,04	1,00	-0,25	0,42	0,16	-0,80	0,39	-0,20	0,19	-0,87
17	-0,46	1,20	-0,31	0,55	0,17	-0,87	0,75	-0,44	0,18	-0,47
18	-0,70	1,30	0,25	-0,53	-0,23	0,19	0,80	0,35	-0,43	-0,54
19	-0,91	-1,20	0,70	-0,63	-1,00	0,40	-0,69	0,80	-0,58	0,60
20	-0,33	-0,98	0,14	-0,30	0,80	-0,70	0,24	-1,00	1,30	0,63

*Примечание.* Номер варианта определяется по последней цифре номера зачетной книжки.

3. Определить положение нулевой линии, как изложено выше.
4. Пронумеровать каждый квадрат и фигуру, как показано на рис. 2.2.
5. Определить средние рабочие отметки для каждой фигуры и вписать их в табл. 2.2 (ведомость объемов земляных работ).

Таблица 2.2

**Ведомость объемов земляных работ**

Выемка				Насыпь			
Номер фигуры	Средняя рабочая отметка, м	Площадь фигуры, м <sup>2</sup>	Объем земляных работ, м <sup>3</sup>	Номер фигуры	Средняя рабочая отметка, м	Площадь фигуры, м <sup>2</sup>	Объем земляных работ, м <sup>3</sup>
1							
2							
3							
и т. д.							
<i>Итого</i>			$\sum V_{в}, \text{ м}^3$	<i>Итого</i>			$\sum V_{н}, \text{ м}^3$

6. Определить дополнительные рабочие отметки, если это необходимо.
7. Определить площадь каждой фигуры и вписать в ведомость.
8. Вычислить объем земляных работ, используя формулы (2.3) и (2.4).
9. Заполнить ведомость объемов земляных работ.
10. Вычислить процент расхождения объемов насыпей и выемок от общего объема земляных работ.



## Лабораторная работа № 3

# КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

*Цель работы:* приобретение навыков конструирования и расчета дорожных одежд на прочность.

### Методические указания к выполнению работы

*Виды и типы дорожных одежд.* Дорожной одеждой называют конструкцию проезжей (пешеходной) части дороги, состоящую из одного или нескольких слоев, предназначенную для обеспечения движения автомобилей с расчетной скоростью и комфортного перемещения посетителей по дорожкам парков, площадок и т. д.

Дорожные одежды в зависимости от свойств материалов, из которых они устроены, делятся на жесткие (с покрытием из цементобетона, железобетонных плит и т. д.) и нежесткие (все остальные).

Дорожные одежды подразделяются на однослойные и многослойные. В многослойных одеждах имеются два основных конструктивных слоя: покрытие и основание. В необходимых случаях под основанием делается подстилающий слой из песка или других местных дренирующих материалов.

Конструкция дорожной одежды, применяемая на садово-парковых дорожках, приведена на рис. 3.1.

*Материалы для строительства дорожных одежд.* При строительстве дорог, дорожек и площадок применяются как естественные, природные материалы, так и искусственные.

По характеру структурных связей различают два класса грунтов:

- скальные – с жесткими структурными связями между минералами или зернами слагающих их горных пород, залегающих в виде сплошного или трещиноватого массива;

- нескальные – без жестких структурных связей между слагающими их частицами горных пород.

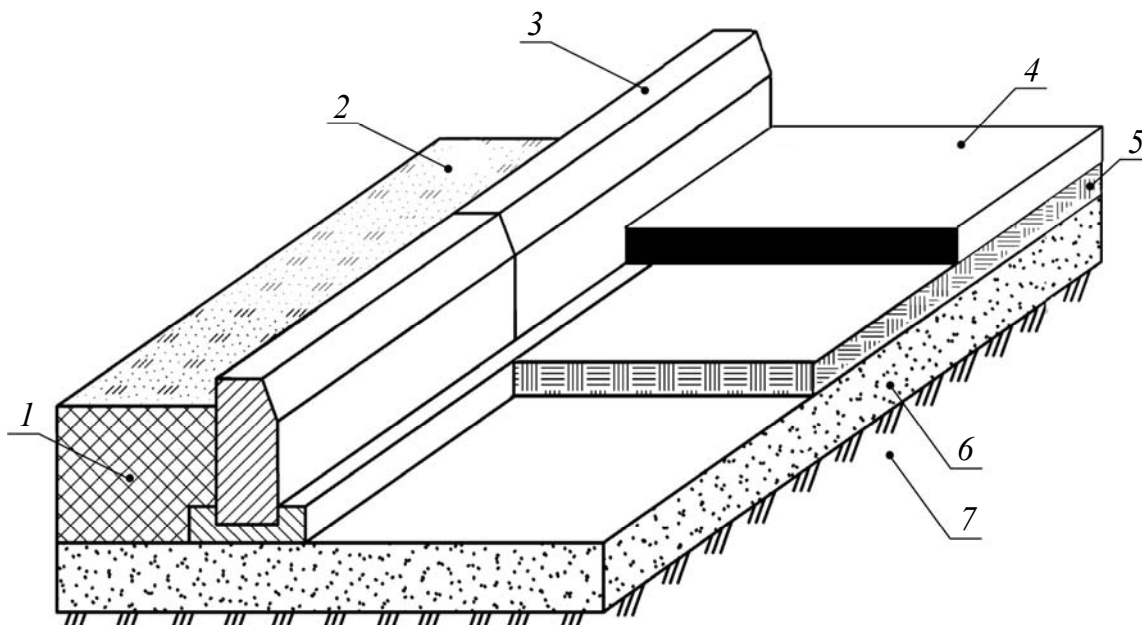


Рис. 3.1. Дорожная одежда садово-парковой дорожки:  
 1 – почвенный грунт; 2 – дерновый покров;  
 3 – бортовой камень; 4 – покрытие; 5 – основание;  
 6 – подстилающий слой; 7 – земляное полотно

Скальные грунты подразделяются на разновидности по величине предела их прочности при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии  $R_c$  (табл. 3.1), а также по степени размягчаемости, растворимости, температуре и т. д.

Таблица 3.1

### Классификация скальных грунтов

Разновидность скального грунта	Предел прочности на сжатие $R_c$ , МПа
Очень прочные	$R_c > 120$
Прочные	$120 \geq R_c > 50$
Средней прочности	$50 \geq R_c > 15$
Малопрочные	$15 \geq R_c > 5$
Пониженной прочности	$5 \geq R_c > 3$
Низкой прочности	$3 \geq R_c \geq 1$
Весьма низкой прочности	$R_c < 1$

Нескальные грунты подразделяются на крупнообломочные, песчаные и глинистые (табл. 3.2, 3.3), а в зависимости от размеров частицы нескальных грунтов подразделяются на гранулометрические элементы (табл. 3.4).

Таблица 3.2

**Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов**

Тип грунта	Распределение частиц по крупности, % от массы воздушно-сухого грунта
<b>Крупнообломочные:</b> – валунный грунт (преобладают неокатанные частицы) – галечниковый грунт (если преобладают неокатанные частицы – щебенистый) – гравийный грунт (если преобладают неокатанные частицы – дресвяный)	Крупнее 200 мм – более 50% Крупнее 10 мм – более 50% Крупнее 2 мм – более 50%
<b>Песчаные:</b> – гравелистый – крупный – мелкий – пылеватый	Крупнее 2 мм – более 25% Крупнее 0,5 мм – более 50% Крупнее 0,25 мм – более 75% Крупнее 0,1 мм – менее 75%

Таблица 3.3

**Классификация глинистых грунтов**

Тип грунта	Число пластичности	Разновидность по зерновому составу	Содержание песчаных частиц, % от массы
Супесь	1–4	Легкая крупная	Размером 2–0,25 мм – более 50%
	1–4	Легкая	Более 50%
	4–7	Пылеватая	20–50%
	4–7	Тяжелая пылеватая	Менее 20%
Суглинок	7–12	Легкий	Более 40%
	7–12	Легкий пылеватый	Менее 40%
	12–17	Тяжелый	Более 40%
	12–17	Тяжелый пылеватый	Менее 40%
Глина	17–27	Песчанистая	Более 40%
	17–27	Пылеватая	Менее 40%
	>27	Жирная	Не нормируется

*Примечания:* 1. Наименование грунта принимают исходя из результатов рассева пробы по первому удовлетворяющему показателю таблиц, последовательно суммируя проценты содержания частиц грунта в порядке убывания размеров сит.

2. При содержании в грунте 25–50% частиц более 2 мм к наименованию грунта добавляют слово «гравелистый» при окатанных или «щебенистый» при неокатанных.

Под термином *грунт* применительно к задачам дорожного строительства следует понимать любую горную породу, почву, а также твердые отходы хозяйственной деятельности человека, используемые как основание или материал для возведения земляного полотна и инженерных сооружений.

Грунты подразделяются на классы, группы, подгруппы, типы, виды и разновидности в соответствии с ГОСТ.

Для характеристики дорожно-строительных материалов применяются такие свойства, как водопоглощение, морозостойкость, сопротивление сжатию и т. д.

*Водопоглощение* – способность материала впитывать воду при нормальном атмосферном давлении. Водопоглощение очень прочных и прочных материалов составляет 0,5–1%, средней прочности – 1,5–3%, малопрочных – 3,5–8%, пониженной, низкой и весьма низкой прочности – 9–15%. Последние требуют укрепления (стабилизации) вяжущими (битум, цемент и т. д.).

Таблица 3.4

**Гранулометрические элементы нескальных грунтов**

Название	Размер частиц, мм	Разновидности	Размер частиц, мм
Валуны	>200	Крупные Средние Мелкие	>800 400–800 200–400
Галька (окатанная) и щебень	40–200	Крупные Средние Мелкие	100–200 60–100 40–60
Гравий (окатанный) и дресва	2–40	Крупные Средние Мелкие Очень мелкие	20–40 10–20 4–10 2–4
Песок	0,05–2	Грубый Крупный Средний Мелкий Тонкий	1–2 0,5–1,0 0,25–0,50 0,10–0,25 0,05–0,10
Пыль	0,05–0,005	Крупная (грубая) Мелкая (тонкая)	0,01–0,05 0,005–0,010

*Морозостойкость* – способность материала выдерживать резкие перепады температур, промораживание и оттаивание без каких-либо признаков разрушения. Каменные породы считаются морозостойкими, если они теряют в массе до 5% первоначального значения; средней морозостойкости – если потери составляют 5–10%; малой – более 10%. Материалы пониженной, низкой и весьма низкой прочности теряют более 15% первоначальной массы.

Предел прочности на сжатие каменных материалов приведены в табл. 3.1.

Изнашивание прочных пород должно быть не более 5% от объема; у осадочных – 6–7%; у мягких – 15–20%.

Гравий, у которого износ не более 15%, считается прочным; если свыше 20% – мягким; свыше 30% – слабым.

Для строительства дорожек и площадок используют различные материалы, которые можно разделить на *четыре* группы: природные каменные и искусственные материалы, вяжущие и упругие материалы.

К *природным каменным* материалам относятся брусчатка, базальтовые бортовые камни (бордюры), плита каменная из естественных пород (гранит, мрамор и т. д.), а также валунный камень, галечники, гравий, песок, щебень.

К *искусственным* материалам относятся отходы промышленных материалов (шлаки, кирпичный бой), керамзит, кирпич, железобетонные плиты, поребрик и др.

*Вяжущие* материалы – битум (марки БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 200/300, БНД 130/200, СГ 70/130, СГ 130/200, МГ 70/130, МГ 130/200); цемент (марки 400, 500); бетон (марки М300, М400, М500); асфальтобетон (горячий, теплый, холодный); оптимальные грунтовые смеси и т. д.

*Упругие* материалы применяют при строительстве спортивных площадок (различные искусственные покрытия, лигнин, опилки и т. д.).

### *Типы покрытий автомобильных дорог, садово-парковых дорожек и площадок*

Таблица 3.5

**Типы дорожных покрытий автомобильных дорог**

Тип покрытия	Наименование покрытия	Категория дороги, на которой допускается данный тип покрытия
Капитальное	Цементо- и асфальтобетонные, укладываемые в горячем и теплом состоянии. Из прочных щебеночных материалов подобранного состава, обработанных в смесителе вязкими битумами или дегтем. Мостовые из брусчатки на каменном или бетонном основании	Iа, Iб, Iв, Iл, II, III

Тип покрытия	Наименование покрытия	Категория дороги, на которой допускается данный тип покрытия
Облегченное	Из щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическими вяжущими. Из грунта, обработанного вязкими битумами	II, III, Iл, IIл
Переходное	Щебеночные, грунтощебеночные, гравийные, шлаковые, колеиные из сборного железобетона, пластобетона, асфальтобетона и др. Из грунтов, обработанных жидкими органическими вяжущими	IV, V, IIIл, IVл
Низшее	Грунтовые, укрепленные различными местными материалами. Грунтогравийные. Грунтовые оптимальные. Деревяногрунтовые	V, VI, IIIл, IVл, ветки, усы

*Примечание.* Iл – лесная дорога первой категории, Ia, Ib, Iv, II, III, IV, V, VI – автомобильные дороги общего пользования.

Таблица 3.6

### Типы покрытий дорожек и площадок

Тип покрытия	Характеристика покрытия
Плиточное	Наибольшее применение получило для устройства тротуарных бетонных дорожек. В настоящее время плитку производят разнообразной по цветовой гамме, размерам и конфигурации (волна, шестигранник, кирпич, сноп, брук, уголок, рыбка и др.). Она долговечна, прочна, морозостойка. Подходит как для автомобильных подъездов, так и для пешеходных дорожек
Из монолитного бетона	Применяют для устройства дорожек, но в ограниченных размерах, особенно на криволинейных участках. Применение различных пластификаторов (активные добавки) повышает морозостойкость, прочность
Из натурального камня	Используется для устройства площадок, дорожек в городах, парках, садах. Это наиболее привлекательный и декоративный тип покрытия. Оно чрезвычайно разнообразно по фактуре поверхности, рисунку, цвету, форме и выполняется в виде блоков-брусков, типа «брусчатки». Укладывается разными способами: веером, сеткой, в перевязку. Камни «брусчатки» по форме приближаются к параллелепипеду длиной 15–30 см, шириной 12–15 см, высотой (толщиной) 10–15 см
Из кирпича	Применяется для устройства дорожек, площадок. Такое покрытие устраивают из клинкерного кирпича размером 220×110×75 (65) мм
Из дерева	Используются доски, деревянный брус, бруски (рейки), торцовые шашки, кругляки из бревен. Это покрытие отличается своей недолговечностью в эксплуатации и используется очень ограниченно

Тип покрытия	Характеристика покрытия
Из специальных смесей	Используется для устройства дорожек, площадок, тропинок. На практике используют следующие покрытия: гравийно-цементные; песчано-гравийные; из высевок различных видов каменных пород; оптимальные грунтовые смеси (песчаных частиц – 62–82%, глинистых – 3–10%, пылеватых – 15–25%); цементно-песчаные смеси (цемент – 5%, песок – 25–30%; грунт – 60–70%)
Из прочного влагостойкого пластика, резины, компаундов	Эти покрытия используются для спортивных и детских площадок. Различают следующие виды покрытий: <i>Тартан</i> . Серо-зеленого или коричневого цвета, укладывается на асфальтобетонное основание 10–12 см толщиной. <i>Рекортан</i> . Пористая масса красного цвета толщиной 2–3 см, наносимая на асфальтобетонное основание толщиной 10–12 см. <i>Спортан</i> . Листовое покрытие темного цвета толщиной 1,5–2,0 см. Листы накладываются на асфальтобетонное покрытие с помощью мастик. <i>Арман</i> . Плиточное покрытие с различным цветом плиток толщиной 2 см. Укладывается на асфальтобетонное основание. Улучшает сцепление с подошвой обуви спортсмена
Из синтетических материалов	Используется для футбольных полей, заменяет спортивные газоны из злаковых трав

Некоторые типы покрытий дорожек и площадок показаны на рис. 3.2 и 3.3.



Рис. 3.2. Плиточная дорожка

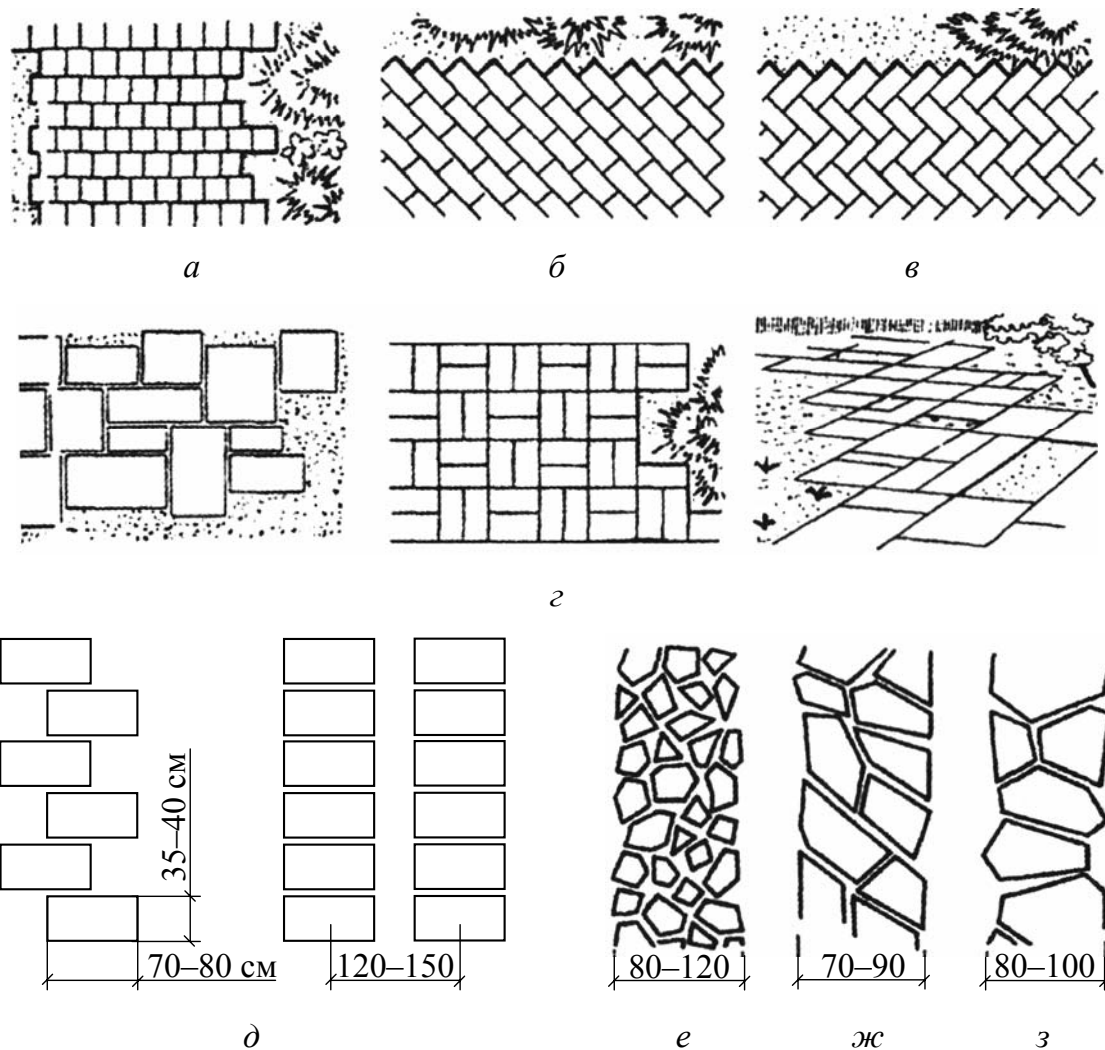


Рис. 3.3. Типы покрытий для парковых дорожек и площадок:  
*а, б, в* – из плитки-брусчатки или кирпича клинкерного;  
*г, д* – из бетонных плиток различной формы;  
*е, ж, з* – из обломков плит (или камня)

*Типовые поперечные профили автомобильных лесных дорог, дорожек и площадок, их конструкция.* В зависимости от технологии строительства и применяемых материалов различают следующие основные типы поперечных профилей дорожных одежд: серповидный, корытный, полукорытный и полосный (колейный).

*Серповидный профиль* покрытия (рис. 3.4) устраивается по всей ширине полотна от бровки до бровки, наибольшая толщина по оси дороги устанавливается по расчету, а на бровках – 4–5 см. Данный тип поперечного профиля применяют на грунтовых дорогах, улучшенных скелетными добавками, для устройства гравийного, грунтощебеночного, грунтогравийного покрытий, для покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими, для дорожек, тропинок.



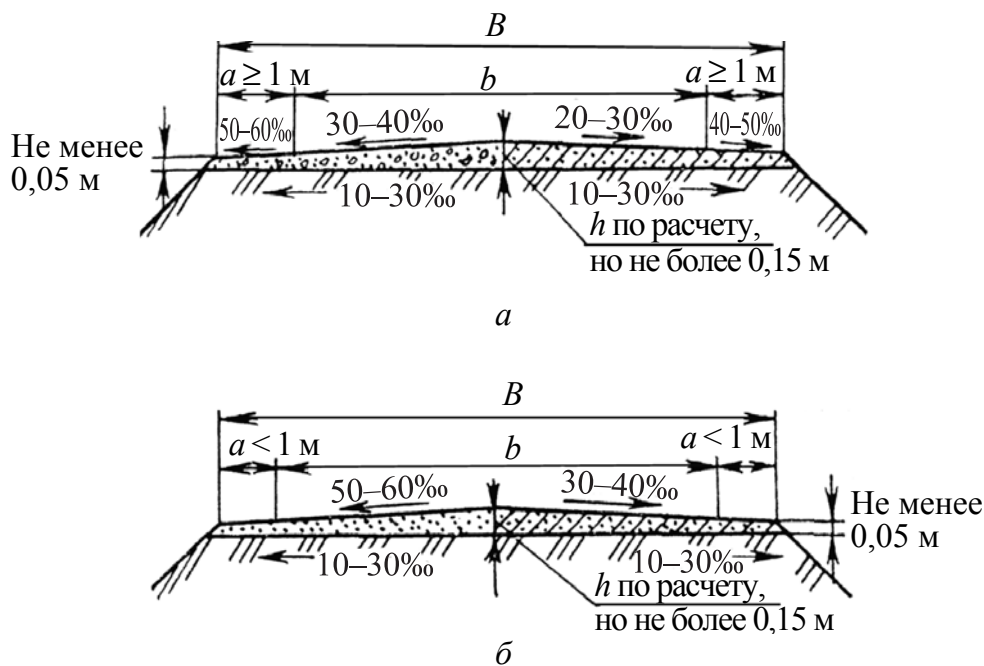


Рис. 3.4. Серповидный поперечный профиль на однополосных дорогах:  
 а – с шириной обочин более 1 м; б – с шириной обочин менее 1 м

*Полукорытный профиль* (рис. 3.5) – это промежуточный вид между серповидным и корытным (гравийное покрытие; грунт, укрепленный вяжущими и т. д.). Выбор типа поперечного профиля определяется технико-экономическими показателями.

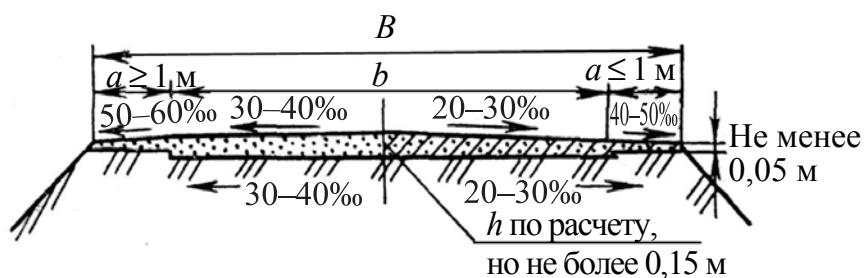


Рис. 3.5. Полукорытный поперечный профиль дорожных одежд автомобильных лесных дорог

*Корытный профиль* (рис. 3.6) применяют в том случае, если покрытие устраивается из дорогостоящих материалов (асфальто- и цементобетонные покрытия, щебеночные, черного щебня и т. д.). Данный тип профиля является основным при устройстве дорожек, площадок. Конструкция парковых дорог, дорожек и площадок приведена на рис. 3.7–3.9.

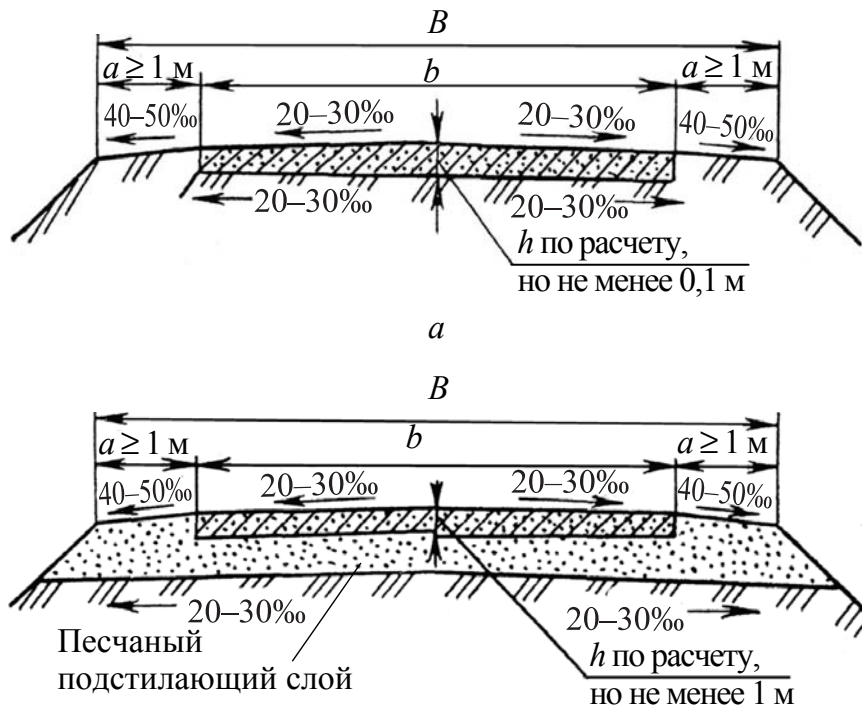


Рис. 3.6. Корытный поперечный профиль дорожных одежд автомобильных лесных дорог:

*a* – при дренирующих грунтах земляного полотна;  
*б* – при недренирующих грунтах земляного полотна

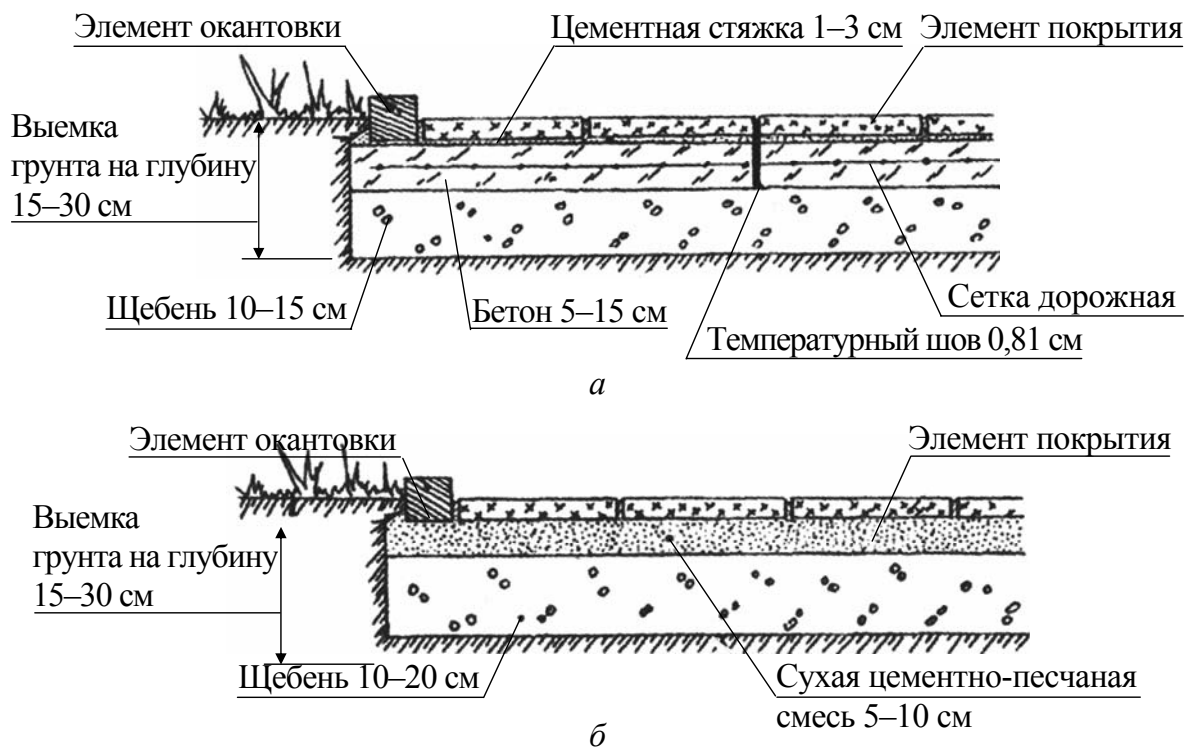


Рис. 3.7. Конструкции садово-парковых дорог из плит:  
*a* – на бетонном основании и по слою цемента (цементная стяжка);  
*б* – на основании из уплотненного щебня (кирпич, гранит)  
и по сухой цементно-песчаной смеси

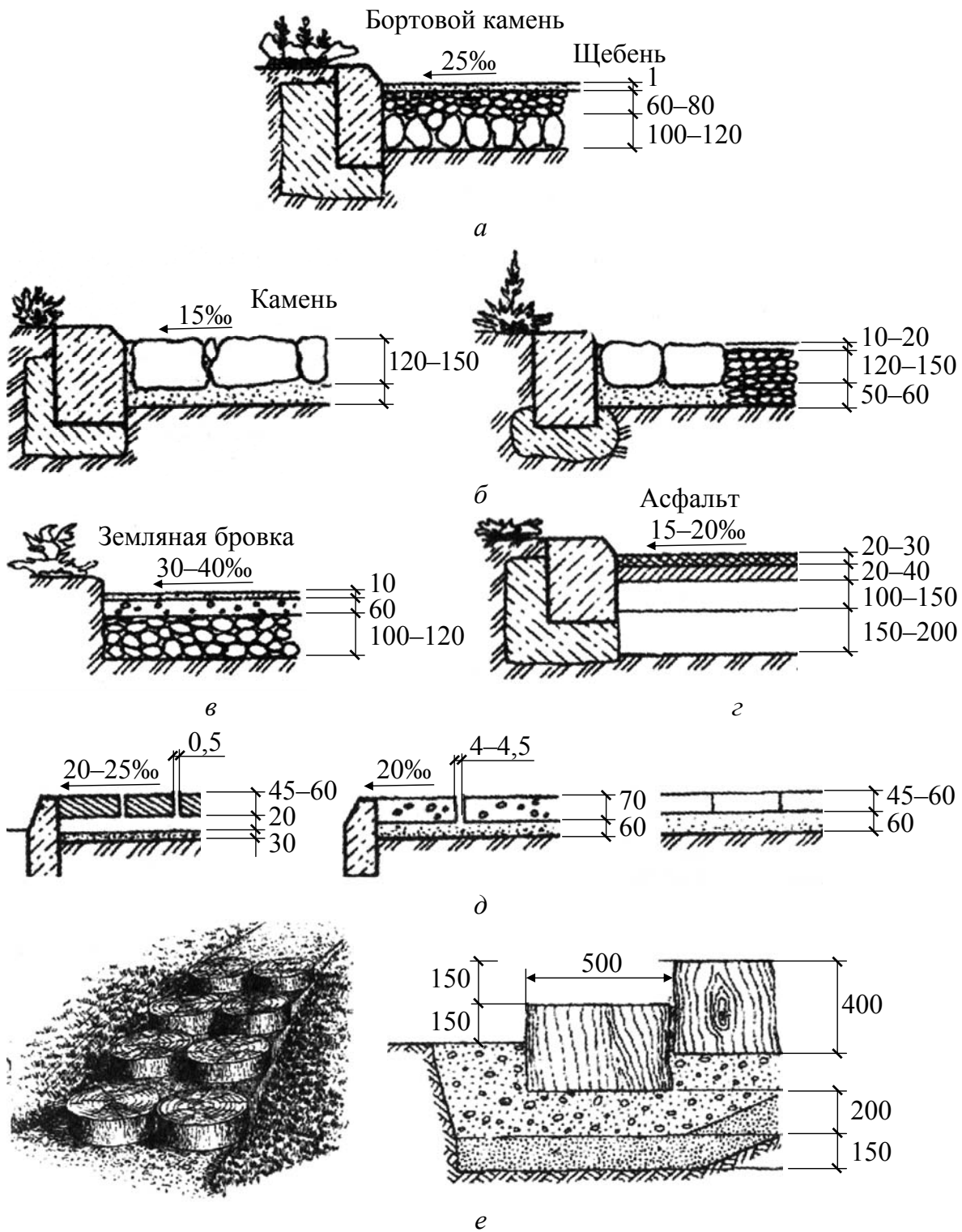


Рис. 3.8. Конструкции дорожек из различных материалов (размеры приведены в миллиметрах):

- а, в* – основание из щебня (фракция 4–6 см), покрытие из высевок (гранит фракции 0,1–0,5 см); *б* – основание из крупнозернистого песка, покрытие из камня; *в* – комбинированное покрытие из камня и окатанной гальки; *г* – покрытие из асфальта с основанием из бетона; *д* – покрытие из плитки на песчаном основании; *е* – покрытие из спилов дерева (кругляков), пропитанных антисептиком, на песчаном основании

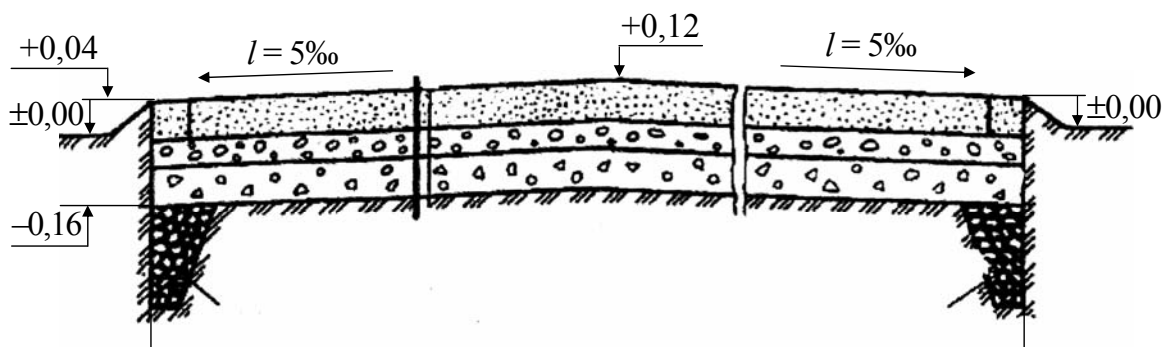


Рис. 3.9. Конструкция простейшей спортивной площадки (разрез) с устройством дренажа и покрытием из специальной смеси из высевок

**Организация поверхностного стока вод. Устройство дренажа.** Организация стока поверхностных вод – это комплекс инженерных мероприятий, предусматривающих обеспечение отвода поверхностных вод с дорог, дорожек, площадок, а также с территории отдельных участков, осушение и орошение территории, где предусматривается устройство площадок или других объектов. Для отвода воды с поверхности дорог, дорожек и площадок им придается поперечный уклон, как показано на рис. 3.4–3.9.

Для понижения уровня грунтовых вод, осушения территории устраивают дренаж, основным элементом которого является дрена. Конструкция различных типов дрена приведена на рис. 3.10.

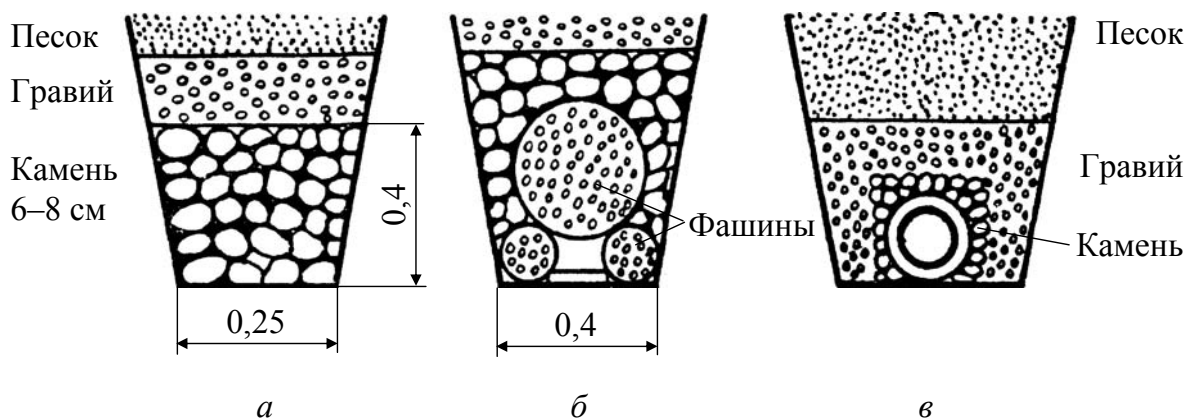


Рис. 3.10. Конструкции дрена: а – из каменного материала; б – из фашины; в – с укладкой трубы

**Дрена** – техническое сооружение, с помощью которого удаляются грунтовые воды с определенной площадки или понижается их уровень (например, на спортивной площадке или футбольном поле).

Существуют три системы организации стока воды с территории: открытая, закрытая и смешанная системы водоотвода.

*Открытая система* – когда вода отводится с помощью наземной сети канав, лотков, кюветов. Применяют при устройстве дорог, дорожек, на территории поселков, дачных участков, а также крупных по величине парков.

*Закрытая система* – когда сток воды отводят с помощью подземной сети трубопроводов – водосточной сети. Она применяется в основном на городских объектах скверов, на площадях бульваров, вдоль магистралей, в зонах зрелищных и смотровых комплексов парков. Вода отводится в городскую водосточную сеть.

*Смешанная система* включает сочетание закрытых подземных водопроводов и открытых канав и лотков.

Укрепление берегов водоемов, канав, дренажных каналов, а также мест, подвергающихся затоплению, производится разными способами: устройством каменной кладки по поверхности откосов; посевом трав в бетонных клетках 20×20 см; применением нетканых синтетических материалов; устройством одерновки: сплошной, в клетку, в стенку. Устройства укрепления подводной и надводной частей водоемов приведены на рис. 3.11.

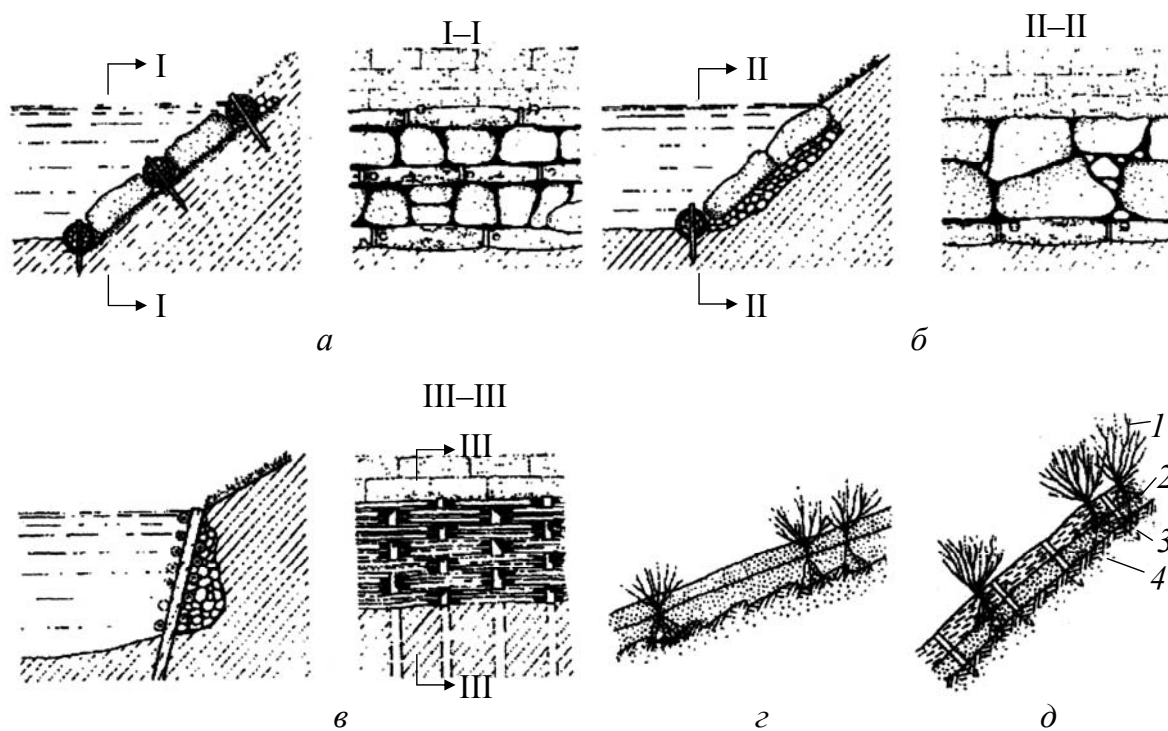


Рис. 3.11. Укрепление подводной (а–в) и надводной (г, д) частей водоема:

I–I, II–II, III–III – разрезы по точкам;

а, б – с помощью укладки камня; в – устройство «банкетки» из колец и прута;

г – укрепление откоса посадкой кустарников; д – набивка кол в кол с посадкой черенков ивы; 1 – черенки; 2 – растительная земля; 3 – колышек;

4 – обработанный береговой откос

## Ход работы

1. Изучить методику проектирования, конструирования лесных (лесовозных) автомобильных дорог, садово-парковых дорожек и площадок.

2. Вычертить конструкцию дорожной одежды, приведенную на рис. 3.1.

3. Изучить материалы для строительства дорожной одежды. Дать их характеристику.

4. Изучить типы покрытий автомобильных дорог, садово-парковых дорожек и площадок, типы поперечных профилей и вычертить в масштабе 1:50 конструкции покрытий, их поперечные профили в соответствии с вариантом (номер варианта принимается по последней цифре номера зачетной книжки), дать их описание.

Таблица 3.7

**Исходные данные**

Наименование	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дорожная одежда (рис. 3.1)	Вычертить всем									
Плиточная дорожка (рис. 3.2)	Вычертить всем									
Типы покрытий для парковых дорожек и площадок (рис. 3.3)	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	<i>и</i>	<i>к</i>
Типовые поперечные профили дорожных одежд автомобильных лесовозных дорог (рис. 3.4–3.6)	3.4, <i>a</i>	3.4, <i>б</i>	3.5	3.6, <i>a</i>	3.6, <i>б</i>	3.4, <i>a</i>	3.4, <i>б</i>	3.6, <i>a</i>	3.6, <i>б</i>	3.5
Конструкции садово-парковых дорог из плит (рис. 3.7)	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>
Конструкция дорожек из различных материалов (рис. 3.8)	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>д</i>	<i>д</i>	<i>е</i>	<i>е</i>	<i>д</i>
Конструкция спортивной площадки (рис. 3.9)	Вычертить всем									
Конструкция различных типов дренажей (рис. 3.10)	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>б</i>	<i>a</i>	<i>б</i>

## Лабораторная работа № 4

# КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

*Цель работы:* детально изучить конструкцию земляного полотна и правила конструирования его с учетом различных природно-климатических условий.

*Инструмент:* линейка, треугольник, транспортир, ручка, чистые листы бумаги формата А4, миллиметровая бумага формата А3 или А4.

*Исходные данные* (таблица):

1. Типовые поперечные профили земляного полотна (насыпь, выемка, полунасыпь-полувыемка).

**Исходные данные**

Показатель	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конструируемый поперечный профиль земляного полотна	РЗ	В	Н/В	Н	В	Н/В	Н	В	Н/В	РЗ
Ширина земляного полотна, м	12,0	10,5	8,5	5,5	12,0	10,5	8,5	5,5	12,0	10,5
Глубина выемки, м	–	2	–	–	4	–	–	3	–	–
Высота насыпи, м	–	–	–	4	–	–	3	–	–	–
Расположение насыпи (выемки)	Г	К	К	Г	Г	К	К	Г	К	К
Заложение откосов ( <i>m</i> )	1,5	1,5	1,0	1,75	1,5	1,5	1,75	1,0	1,0	1,5
Уклон склона, ‰	20	25	30	40	20	25	30	40	20	30
Поперечный профиль водоотводной канавы				РЗ						РЗ
Грунт земляного полотна	П	СП	Гл	П	СГ	СГ	СП	Гл	Гл	СГ

*Примечание.* В – выемка; Н/В – полунасыпь-полувыемка; Н – насыпь; Г – горизонтальный участок дороги; К – косогор; РЗ – резерв; П – песок; СП – сушь; Гл – глина; СГ – суглинок.

2. Параметры земляного полотна в соответствии с нормами проектирования и вариантом (номер варианта принимается по последней цифре номера зачетной книжки).

3. насыпь или выемка расположены на горизонтальном участке или на косогоре (в соответствии с вариантом).

4. Заложение откоса земляного полотна и склона (по варианту).

5. Боковые водоотводные или другие виды канав принимать в соответствии с вариантом.

## Ход работы

1. Изучить типовые поперечные профили и дать описание и определение всех элементов земляного полотна, а также их назначение (рис. 4.1 и 4.2).

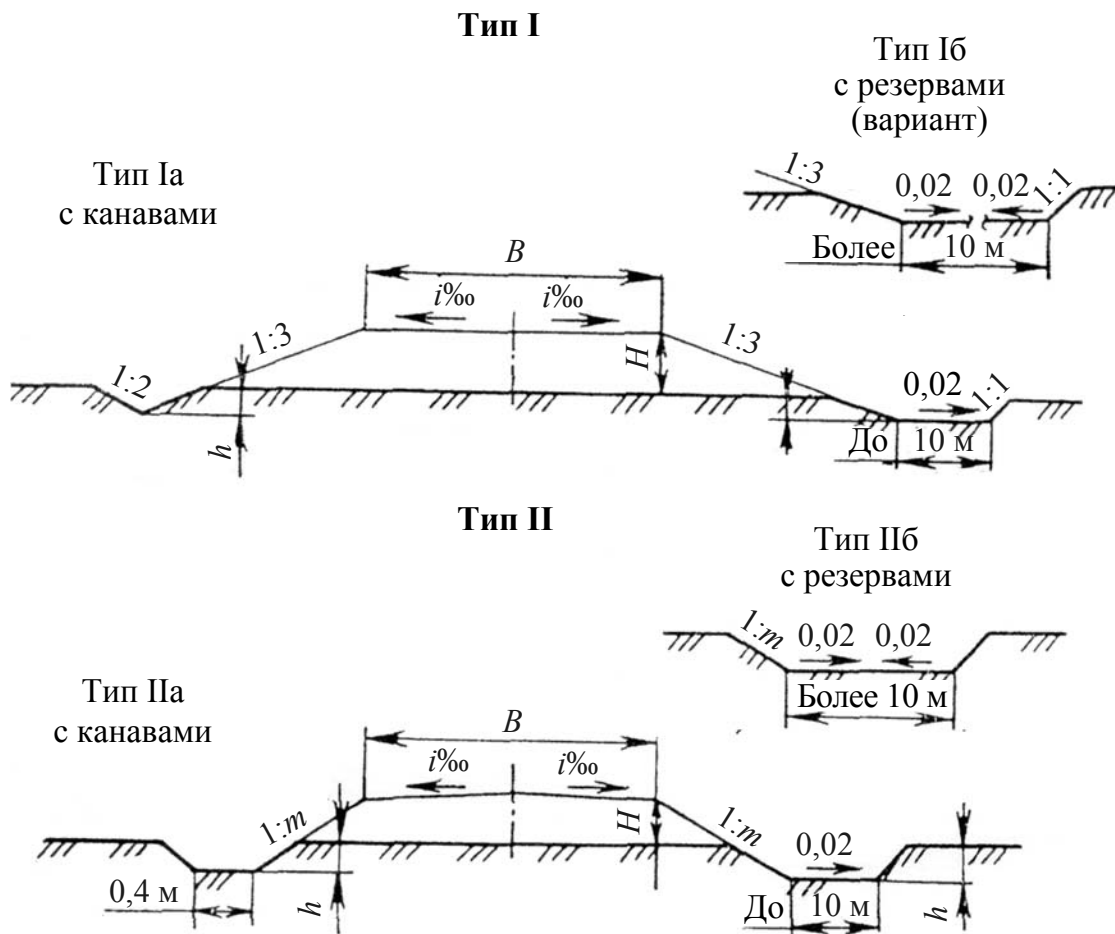


Рис. 4.1. Поперечные профили земляного полотна (начало, см. также с. 33–35)



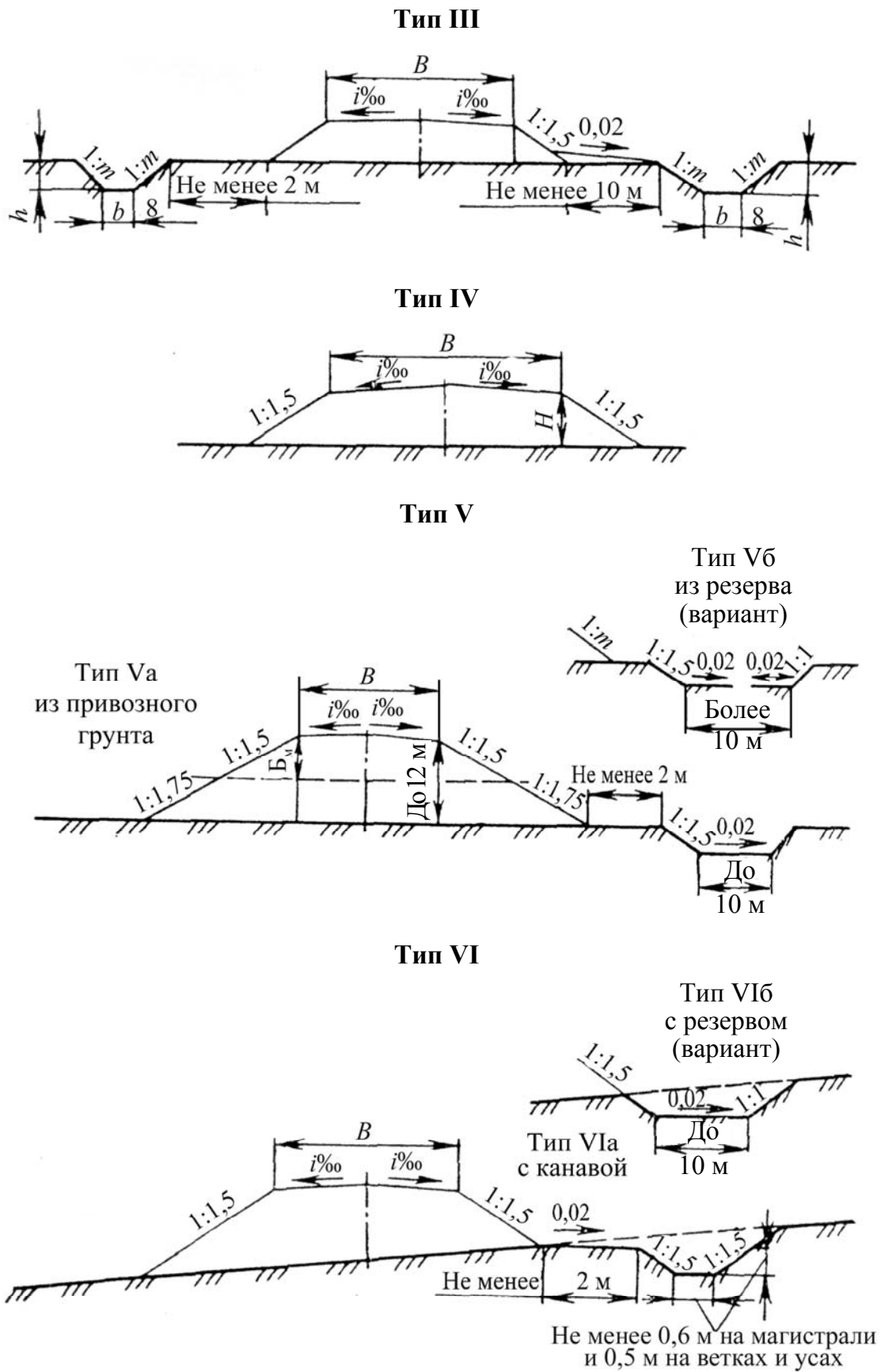
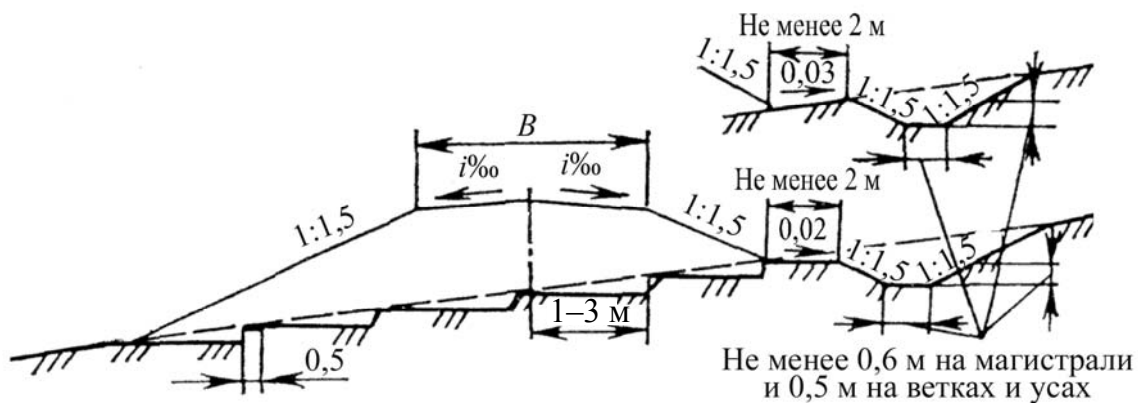
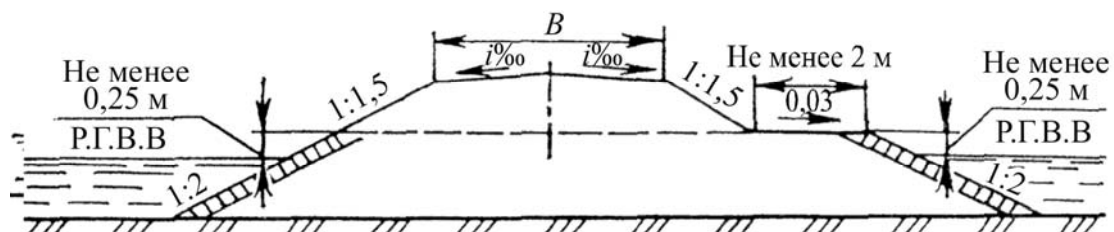


Рис. 4.1. Поперечные профили земляного полотна  
(продолжение, см. также с. 32, 34–35)

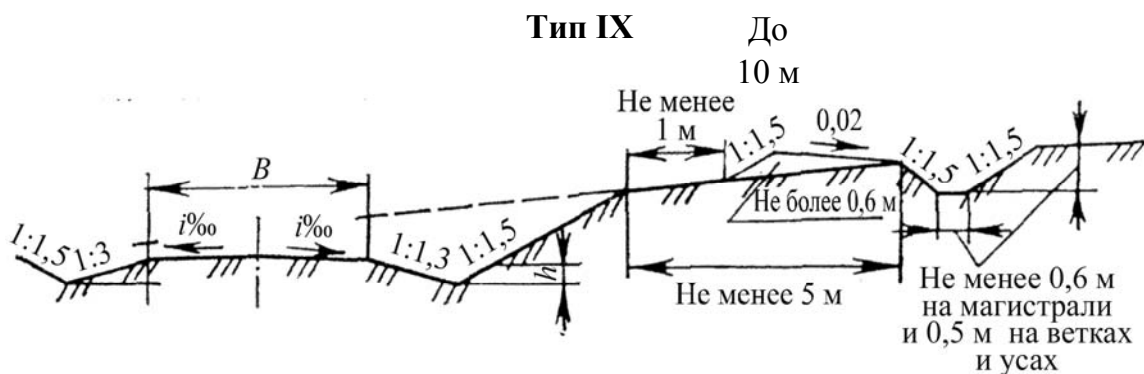
### Тип VII



### Тип VIII



### Тип IX



### Тип X

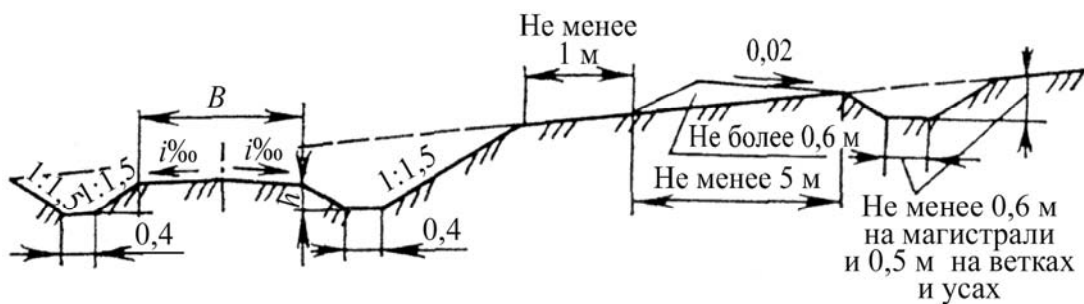
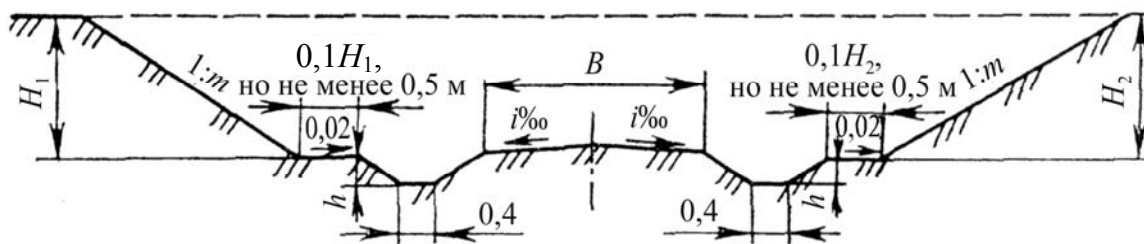


Рис. 4.1. Поперечные профили земляного полотна  
(продолжение, см. также с. 32–33, 35)

### Тип XI



### Тип XII

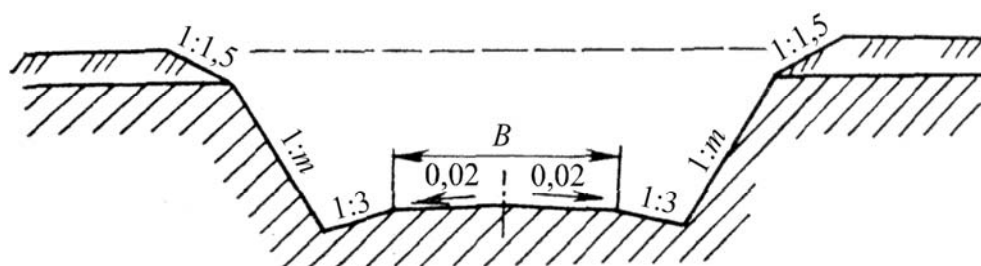
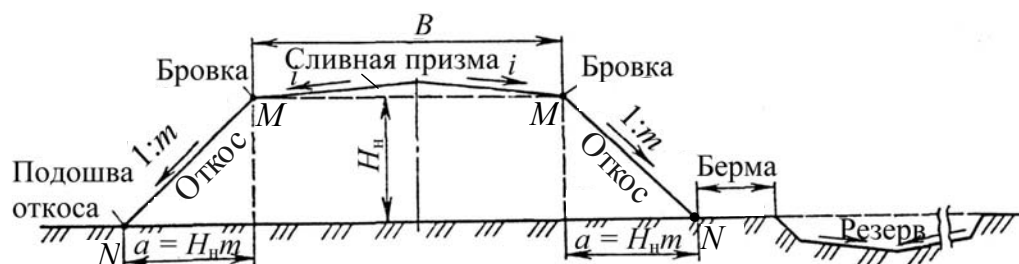
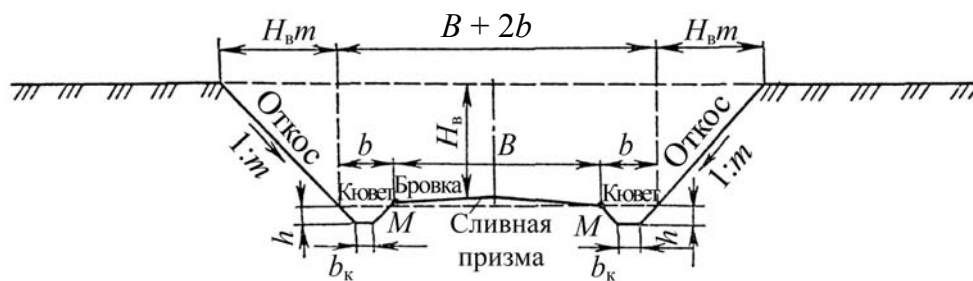


Рис. 4.1. Поперечные профили земляного полотна  
(окончание, см. также с. 32–34)



*a*

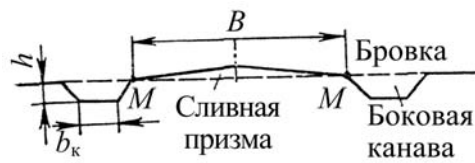


*б*

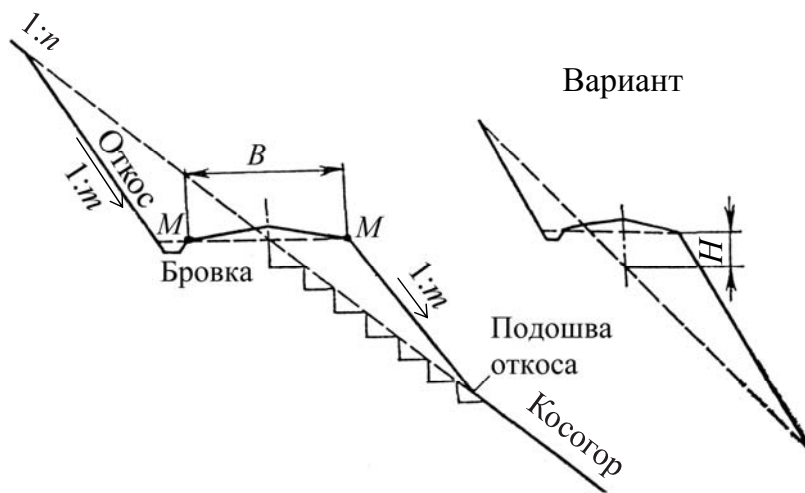
Рис. 4.2. Поперечные профили земляного полотна:  
*a* – насыпь; *б* – выемка  
(начало, см. также с. 36)



в



г



д

Рис. 4.2. Поперечные профили земляного полотна:  
 в – выемка на косогоре; г – нулевое место;  
 д – полунасыпь-полувыемка  
 (окончание, см. также с. 35)

2. В масштабе 1:50 вычертить поперечный профиль земляного полотна в соответствии с вариантом.

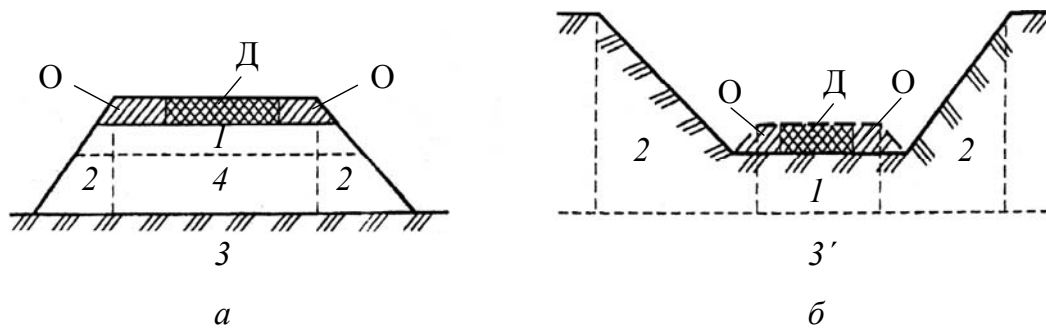


Рис. 4.3. Элементы поперечного профиля земляного полотна:  
*a* – насыпь; *б* – выемка;  
*1* – верхняя часть земляного полотна (рабочий слой); *2* – откосные части;  
*3* – основание насыпи; *3'* – основание выемки; *4* – ядро насыпи;  
*О* – обочина; *Д* – дорога

3. На вычерченном поперечном профиле земляного полотна показать конструктивные элементы (рабочая часть, откосная часть, ядра насыпи), изображенные на рис. 4.3.

## Лабораторная работа № 5

# ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ГРУНТОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

*Цель работы:* научить студентов производить подбор оптимальной грунтовой смеси графическим и аналитическим способами.

*Исходные данные:* треугольник Фере; состав оптимальной смеси (нормативный) по вариантам табл. 5.1 (номер варианта принимать по последней цифре номера зачетной книжки); гранулометрический состав дорожного грунта (табл. 5.2); гранулометрический состав карьерного грунта (табл. 5.3).

Таблица 5.1

**Состав оптимальной грунтовой смеси (нормативный), %**

Фракции	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песчаные	65	67	69	70	72	74	76	78	80	82
Пылеватые	25	18	18	23	20	22	18	15	16	15
Глинистые	10	15	13	7	8	4	6	7	4	3

Таблица 5.2

**Гранулометрический состав дорожного грунта, %**

Фракции	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песчаные	30	21	20	30	20	30	22	36	40	30
Пылеватые	40	49	60	50	60	57	58	57	50	55
Глинистые	30	30	20	20	20	13	20	7	10	15

Таблица 5.3

**Гранулометрический состав карьерного грунта (крупнозернистый песок), %**

Фракции	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песчаные	90	92	90	80	89	92	91	84	93	88
Пылеватые	7	5	8	18	3	2	4	6	3	5
Глинистые	3	3	2	2	8	6	5	10	4	7

## Ход работы

**Графический способ.** На треугольнике Фере нанесем предельные значения оптимальной смеси в соответствии с вариантом (табл. 5.1), как показано на рис. 5.1. Также нанесем точки, характеризующие гранулометрический состав дорожного грунта, в нашем случае точку Д, и карьерного грунта – точку К (табл. 5.3) в соответствии с вариантом. Соединим точки Д и К прямой линией, которая должна пересечь оптимальную зону (рис. 5.1, точка О). Если прямая линия не пересекает оптимальную зону, то при смешивании дорожного и карьерного грунтов оптимальная смесь не получится. В данном случае нужно искать другой карьер или же находить добавочный третий грунт.

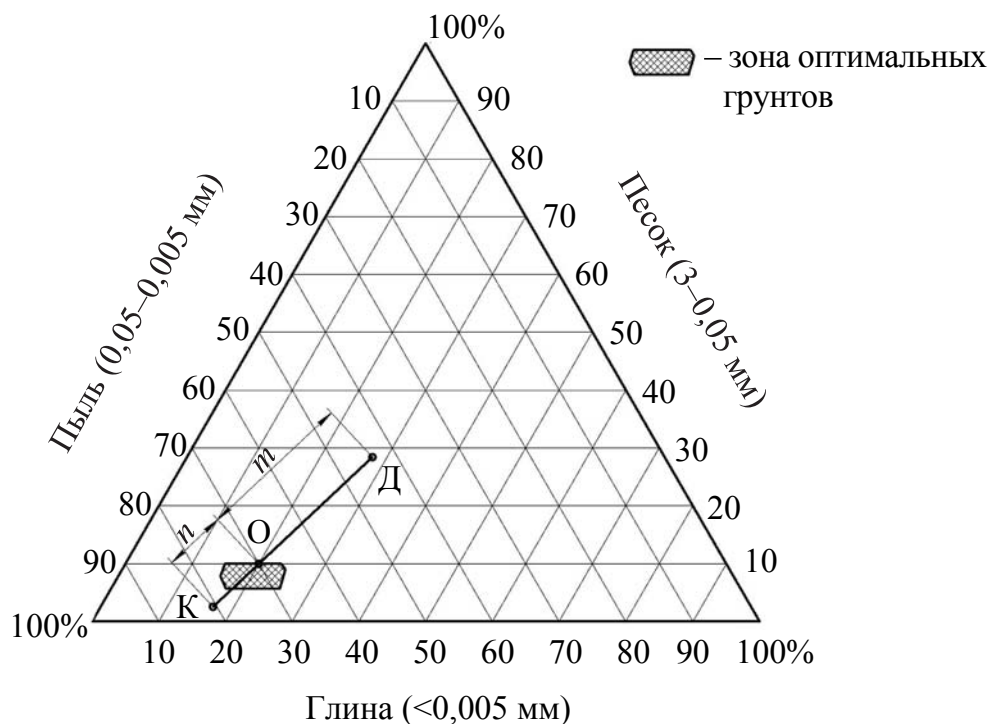


Рис. 5.1. Равносторонний треугольник для расчета оптимальных грунтовых смесей

Для определения добавок карьерного грунта на прямой, соединяющей дорожный и карьерный грунты, в зоне оптимальной грунтовой смеси выбираем точку, например точку О, которая будет характеризовать конкретную оптимальную смесь. Если точка О делит отрезок КД на две части  $p$  и  $t$ , количество дорожного и карьерного грунта, необходимого для получения оптимальной смеси, обратно

пропорционально расстоянию выбранной точки до смешиваемых материалов. В процентах потребное количество карьерного материала, которое необходимо добавить к дорожному грунту, чтобы после перемешивания получить оптимальную смесь, определяем по формуле

$$P = \frac{m}{m+n} \cdot 100, \text{ или } P = \frac{ДО}{КД} \cdot 100, \quad (5.1)$$

где  $P$  – количество грунта из карьера, которое требуется добавить к грунту земляного полотна, %;  $t$  (ДО) – расстояние от точки Д, характеризующей гранулометрический состав дорожного грунта, до точки О – границы оптимальной смеси на треугольнике Фере, ед. длины;  $n$  (КО) – расстояние от точки К, характеризующей гранулометрический состав карьерного грунта, до точки О – верхней границы оптимальной зоны смеси на треугольнике Фере, ед. длины; КД – длина линии, соединяющей точки К и Д, ед. длины.

Определяем потребное количество грунта из карьера ( $m^3$ ) для получения оптимальной смеси по объему на 1 км дороги по формуле

$$V = \beta \cdot P \cdot B \cdot H \cdot \frac{\rho_{d1}}{\rho_{d2}}, \quad (5.2)$$

где  $\beta$  – коэффициент уплотнения (1,15–1,25);  $B$  – ширина проезжей части дороги, м;  $H$  – толщина улучшаемого слоя, м;  $\frac{\rho_{d1}}{\rho_{d2}}$  – отношение плотности дорожного и карьерного грунтов. При добавке песка и гравия это отношение принимается равным 0,90–0,95, а при добавке суглинков – 1,05–1,25.

**Аналитический способ.** Данный способ сводится к установлению соотношения между размером добавки (карьерный грунт) и грунтом дороги. Это соотношение определяют по недостающей в грунте фракции (обычно песчаной).

Для начала вычисляем коэффициент  $H$ , характеризующий соотношение фракций, по формуле

$$H = \frac{П_{оп} - П_{д}}{П_{к} - П_{оп}}, \quad (5.3)$$

где  $П_{оп}$  – содержание песчаных частиц в оптимальной смеси, %;  $П_{д}$  – содержание песчаных частиц в грунте дороги, %;  $П_{к}$  – содержание песчаных частиц в карьерном грунте, %.



По известному значению  $H$  определяем содержание в оптимальной смеси глинистой фракции по формуле

$$\Gamma_2 = \frac{\Gamma_1 + \Gamma_3 H}{H + 1}, \quad (5.4)$$

где  $\Gamma_1$  – содержание глинистых частиц в грунте дороги, %;  $\Gamma_3$  – содержание глинистых частиц в оптимальной смеси, %.

Затем находим содержание пылеватых частиц в оптимальной смеси по формуле

$$\Pi_{\text{л}} = 100 - (\Pi_{\text{оп}} + \Gamma_2), \quad (5.5)$$

Процент добавки карьерного грунта к дорожному грунту для получения оптимальной смеси подобранного состава определяем по формуле

$$P = \frac{100 \cdot (a_0 - 35)}{a_0 - a_1}, \quad (5.6)$$

где  $a_0$  – количество пылеватых и глинистых частиц в дорожном грунте, %;  $a_1$  – количество пылеватых и глинистых частиц в карьерном грунте, %.

Состав подобранной оптимальной смеси по аналитическому способу, процент и объем добавки карьерного грунта заносим в табл. 5.4.

Таблица 5.4

### Результаты исследований

Показатель	Численные значения
Состав подобранной оптимальной смеси, %: – песчаных частиц – пылеватых частиц – глинистых частиц	
Процент добавки карьерного грунта: – по графическому способу – по аналитическому способу	
Объем добавки на 1 км дороги, м <sup>3</sup> (при ширине проезжей части $B = 8$ м и толщине улучшаемого слоя $H = 0,2$ м): – по графическому способу – по аналитическому способу	

Сравниваем результаты исследований и делаем выводы.

## Лабораторная работа № 6

# ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ

*Цель работы:* приобретение навыков по созданию оптимальных гравийных смесей.

*Исходные данные:* основные исходные данные для выполнения лабораторной работы представлены в табл. 6.1–6.3 в десяти вариантах. Номер варианта студент определяет по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 6.1

**Зерновой состав оптимальных гравийных смесей покрытий дорог и дорожек**

Размер частиц, мм	Содержание частиц, %	
	смесь № 1	смесь № 2
70–20	30–65	25–55
20–2,5	20–35	20–35
<2,5	10–40	20–45

Зерновой состав гравия из карьеров № 1 и 2 представлен в табл. 6.2.

Таблица 6.2

**Зерновой состав гравия (мм) карьеров № 1 и 2**

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Карьер № 1 ( $k_1$ ):										
70–20	30	10	20	38	15	29	10	38	16	35
20–2,5	20	40	23	15	27	56	20	15	20	5
<2,5	50	50	57	47	58	15	70	47	64	60
Карьер № 2 ( $k_2$ ):										
70–20	36	75	38	70	40	45	70	30	51	32
20–2,5	46	15	50	15	50	45	25	60	39	60
<2,5	18	10	12	15	10	10	5	10	10	8
Номер оптимальной гравийной смеси	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ширина земляного полотна, м	6,5	7,0	8,0	9,0	5,0	8,5	5,5	8,0	5,0	8,5
Ширина проезжей части, м	3,5	3,5	7,0	7,0	3,5	7,0	3,5	7,0	3,5	7,0
Толщина покрытия по оси дороги	18	19	22	21	25	18	19	20	19	20

Таблица 6.3

Стоимость работ, отнесенная к 1 м<sup>3</sup> карьерного материала

Исходные данные	Условные обозначения	Вариант									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Грунт земляного полотна									
		супесь	суглинок легкий	песок мелкий	супесь легкая	супесь тяжелая	суглинок легкий	песок	песок мелкий	супесь	суглинок легкий
Карьер № 1: – разработка и по- грузка гравийного материала в карье- ре, тыс. руб./м <sup>3</sup>	$k_1$  $a_1$										
		0,11	0,16	0,14	0,09	0,12	0,13	0,14	0,12	0,13	0,15
– перевозка гра- вия на расстояние 1 км по карье- рной дороге № 1, тыс. руб./м <sup>3</sup> ·км	$S_1$	0,29	0,36	0,28	0,34	0,30	0,31	0,29	0,32	0,33	0,35
Карьер № 2: – разработка и по- грузка гравийного материала в карье- ре, тыс. руб./м <sup>3</sup>	$k_2$  $a_2$										
		0,15	0,13	0,16	0,17	0,12	0,14	0,15	0,11	0,16	0,10
– перевозка гравия на расстояние 1 км по карьерной доро- ге № 2, тыс. руб./м <sup>3</sup> ·км	$S_2$	0,25	0,30	0,28	0,29	0,30	0,26	0,31	0,28	0,27	0,33
– транспортировка гравия на расстоя- ние 1 км по дороге, тыс. руб./м <sup>3</sup> ·км	$z$	По всем вариантам принять $z = 0,08$									
– общая длина стро- ящейся дороги, км	$L$	13,0	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	14,0	13,0	12,5	13,0
– длина карьерной дороги № 1, км	$l_1$	4	3	4	5	3	4	2	5	3	4
– длина карьерной дороги № 2, км	$l_2$	3	2	5	3	4	2	5	3	4	3
– переменное рас- стояние транспор- тировки гравия по дороге, км	$x$	Необходимое для построения графика									

## Ход работы

1. Определить процент добавки карьерного материала карьера  $k_1$  и  $k_2$  для создания оптимальной гравийной смеси.
2. Определить зоны снабжения гравием из карьера № 1 и 2 на строящейся дороге.
3. Определить необходимое количество гравия из карьеров № 1 и 2, необходимое для создания покрытия из оптимальной гравийной смеси.

## Методические указания к выполнению работы

*Определение процента добавки карьерного материала для создания оптимальной гравийной смеси.* Для определения процента добавки используем равносторонний треугольник (треугольник Фере), на который нанесем поле оптимальной смеси и точки  $K_1$  и  $K_2$ , соответствующие зерновому составу карьерных материалов, приведенному в табл. 6.2 (каждый студент для своего варианта).

Поле оптимальной гравийной смеси также нанесем на треугольник Фере по данным табл. 6.1 (каждый для своей смеси, заданной вариантом).

Соединим точки  $K_1$  и  $K_2$ . Если линия соединения проходит через поле оптимальной смеси, то из двух материалов карьеров № 1 и 2 можно подобрать оптимальную гравийную смесь. Если линия не проходит через поле оптимальной смеси, то необходимо изыскивать другой карьер.

Далее находим точку, в нашем случае точку  $O$  (рис. 6.1), которая характеризует будущую оптимальную гравийную смесь. Из рис. 6.1 видно, что в гравийном материале карьера № 1 имеется много крупных частиц и не хватает мелких, а в карьере № 2 наоборот. Следовательно, в первом случае нужно уменьшить количество крупных частиц (карьер № 1) и добавить их из карьера № 2. Этого можно добиться, отгрохотав крупные частицы в гравийном материале карьера № 1 и мелкие – карьера № 2 или смешав гравийные материалы в соответствующем процентном отношении.

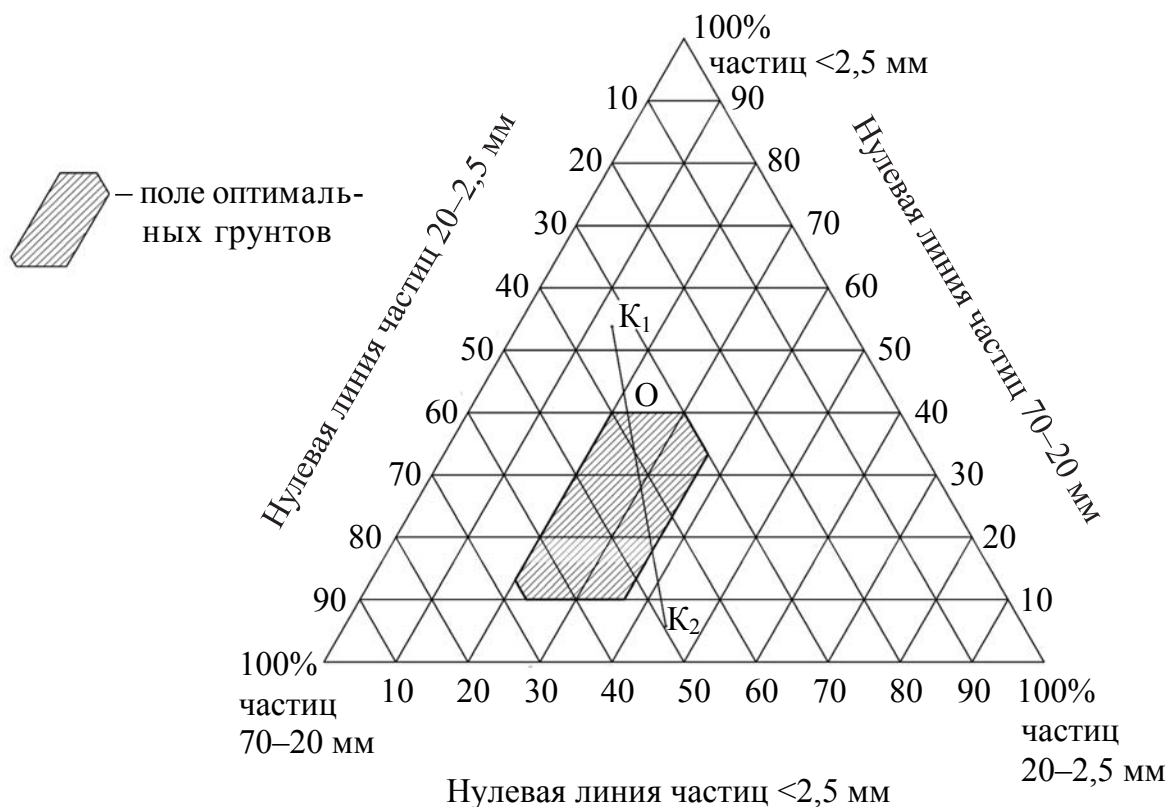


Рис. 6.1. Диаграмма подбора оптимальной смеси

Необходимое количество добавок (в процентах) гравийного материала из карьера № 1 определяем по формуле

$$P_1 = \frac{OK_1}{K_1K_2} \cdot 100, \quad (6.1)$$

а для карьера № 2:

$$P_2 = \frac{OK_2}{K_1K_2} \cdot 100, \quad (6.2)$$

где  $OK_1$  – расстояние от точки O до точки  $K_1$ , мм;  $K_1K_2$  – расстояние, измеренное между точками  $K_1$  и  $K_2$ , мм;  $OK_2$  – расстояние от точки O до точки  $K_2$ , мм.

ПРИМЕР. На рис. 6.1 расстояние  $OK_1 = 12,5$  мм;  $OK_2 = 29$  мм;  $K_1K_2 = 41,5$  мм. Тогда процент добавки составит:

$$P_1 = \frac{12,5}{41,5} \cdot 100 = 30,1\%;$$

$$P_2 = \frac{29}{41,5} \cdot 100 = 69,9\%$$

Сумма  $P_1 + P_2$  должна быть равна 100%.

*Определение зоны снабжения карьерными гравийными материалами на строящемся участке дороги.* Снабжение строящегося участка дороги карьерными материалами в нашей работе производится из двух карьеров № 1 и 2. Задача состоит в том, чтобы определить на строящемся участке дороги точку, в которой стоимость создания 1 м<sup>3</sup> оптимальной гравийной смеси из обоих карьеров была бы одинаковой. Для этих целей используем аналитический и графический методы расчета.

**Аналитический метод.** Составим уравнение стоимости транспортировки гравия, которое имеет вид

$$C = a + S \cdot l + z \cdot x, \quad (6.3)$$

где  $a$  – затраты на разработку и погрузку гравийного материала в первом № 1 и втором № 2 карьерах, тыс. руб./м<sup>3</sup>;  $S$  – стоимость перевозки 1 м<sup>3</sup> гравия по карьерной дороге, тыс. руб./м<sup>3</sup>·км;  $l$  – длина карьерной дороги, т. е. от карьера до строящейся дороги, км;  $z$  – стоимость транспортировки 1 м<sup>3</sup> гравия на расстояние 1 км по дороге, тыс. руб./м<sup>3</sup>·км;  $x$  – переменное расстояние транспортировки гравия по дороге, км.

Подставляя численные значения из табл. 6.2 (для своего варианта), получим следующие уравнения:

$$- \text{для карьера № 1} - C_1 = a_1 + S_1 \cdot l_1 + z \cdot x;$$

$$- \text{для карьера № 2} - C_2 = a_2 + S_2 \cdot l_2 + z \cdot x.$$

Далее расчет будем вести следующим образом.

Допустим:  $a_1 = 0,27$  тыс. руб./м<sup>3</sup>;

$$a_2 = 0,32 \text{ тыс. руб./м}^3;$$

$$S_1 = 0,12 \text{ тыс. руб./м}^3 \cdot \text{км};$$

$$S_2 = 0,13 \text{ тыс. руб./м}^3 \cdot \text{км};$$

$$l_1 = 2 \text{ км};$$

$$l_2 = 3 \text{ км};$$

$$z = 0,08 \text{ тыс. руб./м}^3 \cdot \text{км};$$

Подставляя численные значения в уравнения стоимости, получим:

$$- \text{для карьера № 1} - C_1 = 0,27 + 0,12 \cdot 2 + 0,08 \cdot x = 0,51 + 0,08 \cdot x;$$

$$- \text{для карьера № 2} - C_2 = 0,32 + 0,13 \cdot 3 + 0,08 \cdot x = 0,71 + 0,08 \cdot x.$$

Для определения границы между карьерами № 1 и 2 приравняем  $C_1$  к  $C_2$  и составим дополнительное уравнение:

$$l_1 + l_2 = L_{1-2};$$

где  $L_{1-2} = 7$  км – расстояние между карьерами (рис. 6.2).

Далее запишем

$$0,51 + 0,08 \cdot x = 0,71 + 0,08 \cdot x,$$

или

$$0,51 + 0,08 \cdot l_1 = 0,71 + 0,08 \cdot l_2,$$

т. е. принимаем предельные значения  $x$ :  $l_1 + l_2 = 7$ .

В итоге получим систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,51 + 0,08 \cdot l_1 = 0,71 + 0,08 \cdot l_2; \\ l_1 + l_2 = 7. \end{cases}$$

Решая данную систему, получим:

$$l_1 = 4,75 \text{ км};$$

$$l_2 = 2,25 \text{ км}.$$

**Графический метод.** Для графического решения поставленной задачи необходимо использовать прямоугольную систему координат. По оси абсцисс отметим длину дороги  $L$ , а по оси ординат – стоимость  $1 \text{ м}^3$  гравия, т. е. значения  $a_1$  и  $a_2$ . Отложим стоимость материала (гравия) при выезде на дорогу ( $0,51$  и  $0,71$ ), затем от каждого полученного отрезка влево и вправо строим наклонные линии, характеризующие прирост стоимости по мере увеличения расстояния перевозки гравия по дороге (рис. 6.2).

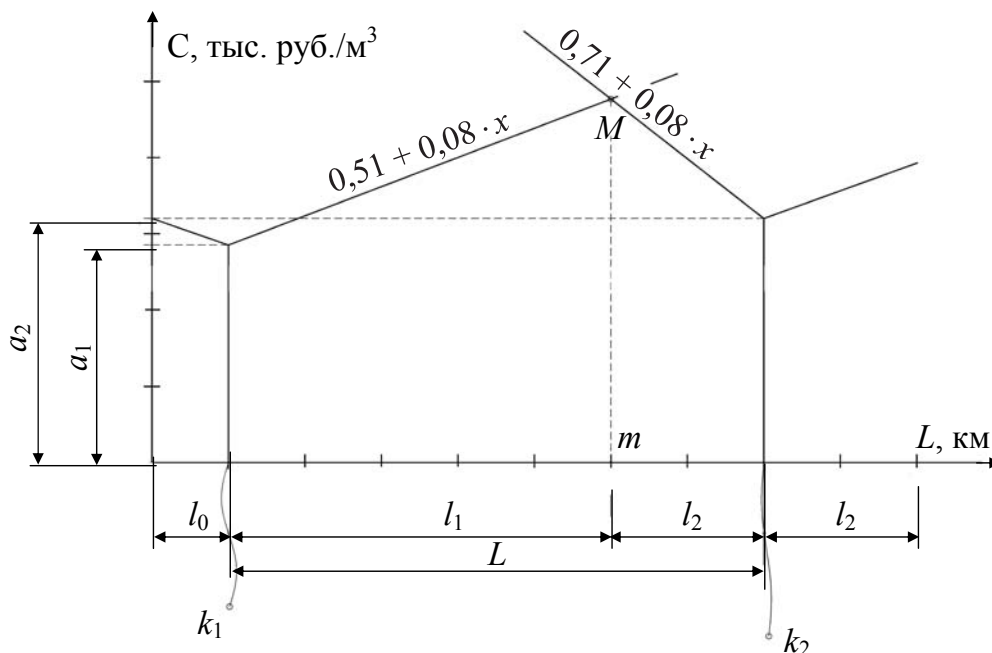


Рис. 6.2. Графическое определение дальности вывозки карьерных материалов

Пересечение двух смежных карьеров № 1 и 2 (точка  $M$ ) дает возможность определить положение предельных расстояний транспортировки гравийного материала из карьера. Так, например, на рис. 6.2 видно, что из карьера № 2 влево целесообразно транспортировать гравийный материал до точки  $m$  на расстояние  $l_2 = 2,25$  км, а из карьера № 1 вправо на расстояние  $l_1 = 4,75$  км.

*Определение потребного количества гравия из карьеров № 1 и 2, необходимого для создания оптимальной гравийной смеси.* Для решения этой задачи прежде всего разработаем конструкцию дорожной одежды и вычертим ее поперечный профиль в масштабе. Исходные данные для выполнения этого чертежа приведены в табл. 6.2. Поперечный профиль дорожной одежды принимаем корытный (рис. 6.3).

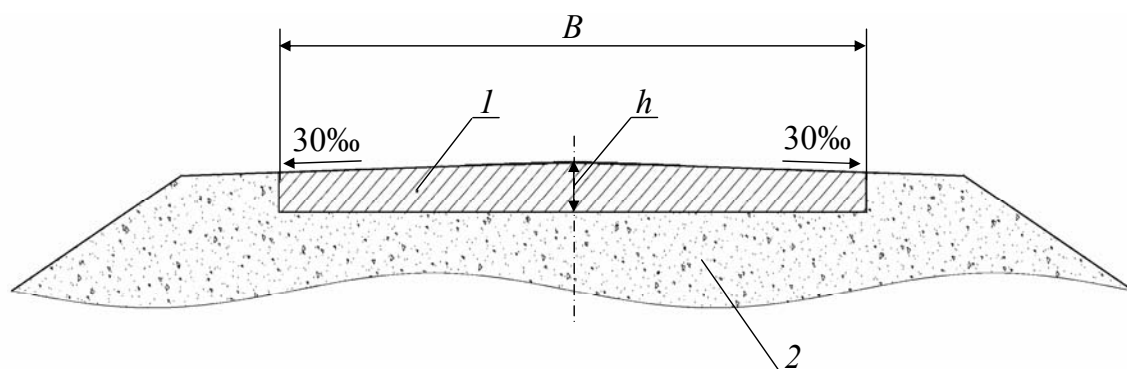


Рис. 6.3. Поперечный профиль дорожной одежды:  
 $l$  – дорожная одежда;  $2$  – земляное полотно;  
 $B$  – ширина земляного полотна;  
 $h$  – толщина дорожной одежды

Потребное количество карьерных материалов (гравия) из карьера № 1 и 2 определяют по формулам:

$$- \text{для карьера № 1} - V_1 = 1000 \cdot \omega \cdot L_1 \cdot P_1 \cdot \alpha \cdot \beta;$$

$$- \text{для карьера № 2} - V_2 = 1000 \cdot \omega \cdot L_2 \cdot P_2 \cdot \alpha \cdot \beta,$$

где  $\omega$  – площадь поперечного сечения покрытия,  $\text{м}^2$ ;  $L_1, L_2$  – протяженность зон снабжения из первого № 1 и второго № 2 карьеров, км;  $P_1, P_2$  – процент добавок карьерного материала (см. формулы (6.1) и (6.2));  $\alpha$  – коэффициент уплотнения ( $\alpha = 1,20-1,25$ );  $\beta$  – коэффициент потерь карьерного материала ( $\beta = 1,02$ ). Результаты исследований сводим в табл. 6.3.



Таблица 6.3

## Результаты исследований

Исходные данные и результаты исследований	Значения
Номер варианта	
Номер зачетной книжки	
Номер смеси	
Зерновой состав гравия, мм Карьер № 1: 70–20 20–2,5 <2,5 Карьер № 2: 70–20 20–2,5 <2,5	
Стоимость работ, отнесенная к 1 м <sup>3</sup> карьерного материала: Карьер № 1 – разработка и погрузка гравия в карьере, тыс. руб./м <sup>3</sup> – перевозка гравия по карьерной дороге, тыс. руб./м <sup>3</sup> ·км Карьер № 2 – разработка и погрузка гравия в карьере, тыс. руб./м <sup>3</sup> – перевозка гравия по карьерной дороге, тыс. руб./м <sup>3</sup> ·км	$a_1 =$ $S_1 =$ $a_2 =$ $S_2 =$
Стоимость перевозки 1 м <sup>3</sup> гравия на 1 км по дороге, тыс. руб./м <sup>3</sup> ·км	$z = 0,08$
Общая длина дороги, км	$L =$
Длина карьерной дороги, км: – для карьера № 1 – для карьера № 2	$l_1 =$ $l_2 =$
Расстояние между карьерами, км	$L_{1-2} =$
Необходимое количество добавок гравийного материала, %: – из карьера № 1 – из карьера № 2	$P_1 =$ $P_2 =$
Уравнения стоимости: – для карьера № 1 – для карьера № 2	
Длина зоны снабжения гравием, км: – из карьера № 1 – из карьера № 2	$l_1 =$ $l_2 =$
Потребное количество гравия для создания оптимальной смеси, м <sup>3</sup> : – из карьера № 1 – из карьера № 2	$V_1 =$ $V_2 =$

## Лабораторная работа № 7

# УСТРОЙСТВО ДОРОЖНО-ТРОПИНОЧНОЙ СЕТИ

*Цель работы:* изучение устройства и технологии строительства дорожно-тропиночной сети.

*Исходные данные:*

1. Типовые поперечные профили дорожных одежд.
2. Конструкции садово-парковых дорог и площадок (поперечные профили).
3. Параметры дорожной конструкции в соответствии с вариантом, который принимается по последней цифре номера зачетной книжки (таблица).
4. Поперечные уклоны поверхности покрытия.

**Исходные данные по вариантам**

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина строящейся дороги, км	10	12	13	14	16	18	15	10	11	12
Ширина земляного полотна, м	6,5	7,0	8,0	5,5	5,0	5,5	6,5	8,0	7,0	6,5
Ширина проезжей части, м	3,5	3,5	7,0	3,5	3,5	3,5	3,5	7,0	3,5	3,5
Количество слоев в дорожной одежде	1	2	2	2	2	2	2	3	3	1
Толщина слоя, см:										
– 1-го	15	10	12	11	10	10	8	13	11	16
– 2-го	–	16	20	15	20	18	21	16	15	–
– 3-го	–	–	–	–	–	–	–	19	18	–
Слой износа, см	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Поперечный профиль дорожной одежды	С	ПК	К	К	К	К	К	К	К	С
Продолжительность $T$ строительного периода, дней	250	260	270	210	180	220	245	250	210	230
Праздничные дни $t_{пр}$	4	5	4	4	3	4	5	5	4	4
Выходные дни $t_b$	13	12	15	16	13	14	15	18	16	17

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Развертывание полотна $t_{рп}$ , дней	5	6	4	5	6	6	4	5	6	6
Типы покрытия дороги, дорожки	Г	ОГС	ОГРС	Щ	ЩЗ	ГУВ	ЩН	ПД	П	Г

*Примечание.* С – серповидный профиль; ПК – полукорытный; К – корытный; Г – грунтовое; ОГС – оптимальная грунтовая смесь; ОГРС – оптимальная гравийная смесь; Щ – щебеночное; ЩЗ – щебеночное с заклиной; ГУВ – грунт, укрепленный вяжущими; ЩН – щебеночное набивное; ПД – плиточная дорожка; П – площадка.

## Ход работы

1. Изучить и законспектировать технологию строительства всех дорог и дорожек, приведенную в данной работе.
2. Вычертить поперечный профиль дорожной одежды в соответствии с вариантом (масштаб 1:50).
3. Вычертить технологическую схему строительства дорожной одежды площадки аналогично приведенной на рисунке для своего варианта.
4. Рассчитать ресурсы на строительство дорожной одежды (по варианту).

## Методические указания к выполнению работы

*Общие положения.* Садовые дорожки и тропинки в настоящее время отличаются по типу покрытия, типу мощения, применяемому материалу и технологии укладки.

Строительство должно производиться согласно разработанному и утвержденному проекту с соблюдением общестроительных норм и правил.

Дорожно-тропиночная сеть должна быть вынесена согласно проекту и разбивочным чертежам в натуру. Разметка сети и устройство корыта производится после вертикальной планировки территории

и насыпки растительного грунта. Вся территория после этого должна быть спланирована. Трассы основных дорог выносятся по осям с привязкой к основным базисным линиям.

Затем проверяют продольные уклоны в соответствии с проектом вертикальной планировки.

На местности колышками закрепляются точки пересечения дорожек, тропинок, поворотов, радиусов закруглений (начало и конец круговой кривой) и переломов рельефа; устраивается «корыто» и производится планировка полотна дорожки с учетом требуемых уклонов; отбиваются границы дороги и с помощью шаблона, вырезанного из толстой фанеры, создается поперечный профиль. На больших дорогах (основных), аллеях профиль создается автогрейдером или бульдозером с профильным ножом на отвале.

Типовые поперечные профили, конструкции автомобильных лесных дорог, дорожек и площадок приведены на рис. 3.2–3.9.

*Типовые поперечные профили автомобильных лесных дорог, дорожек и площадок, их конструкция.* В зависимости от технологии строительства и применяемых материалов различают следующие основные типы поперечных профилей дорожных одежд: серповидный, корытный, полукорытный и полосный (колейный) (рис. 3.4–3.6).

*Серповидный профиль* покрытия устраивается по всей ширине полотна от бровки до бровки, наибольшая толщина по оси дороги устанавливается по расчету, а на бровках – 4–5 см. Данный тип поперечного профиля применяют на грунтовых дорогах, улучшенных скелетными добавками, для устройства гравийного покрытия, для покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими, для дорожек, тропинок.

*Корытный профиль* применяют в том случае, если покрытие устраивается из дорогостоящих материалов (асфальто- и цементобетонные покрытия, щебеночные, черного щебня и т. д.). Данный тип профиля является основным при устройстве дорожек, площадок.

*Полукорытный профиль* – это промежуточный вид между серповидным и корытным (гравийное покрытие; грунт, укрепленный вяжущими и т. д.). Выбор типа поперечного профиля определяется технико-экономическими показателями. Типовые поперечные профили дорожных одежд автомобильных лесных дорог приведены в лабораторной работе № 3 (рис. 3.4–3.6). Конструкции

садово-парковых дорог из плит, простейшей спортивной площадки (разрез) с устройством дренажа и покрытием из специальной смеси из высевок, а также конструкции дорожек из различных материалов приведены на рис. 3.8–3.9).

*Устройство грунтовых дорожек.* Для устройства данного типа выполняются следующие технологические операции:

1. Устройство «корыта» глубиной (смотрите исходные данные) с перемещением грунта на обочину, если он может по физико-механическим свойствам быть использован для строительства полотна дорожки. Если он не соответствует требованиям, то его перемещают в отвал или кавальер. Для устройства корыта применяют автогрейдер или бульдозер.

2. Уплотнение дна корыта моторными катками за 5–6 проходов по одному следу. Дну корыта придают поперечный уклон от оси к бровке 40–50‰.

3. Перемещение грунта с обочин в корыто, если он соответствует требованиям, или продвозка его автосамосвалами из карьера.

4. Разгрузка и разравнивание грунта в корыте автогрейдером или бульдозером.

5. Увлажнение (орошение) грунта водой с промачиванием его на глубину 5–6 см (если нужно).

6. Устройство до начала уплотнения по краям дорожки опорных бровок из растительной земли или дерна под шнур шириной 50 см. Растительную землю разравнивают, где нужно, подсыпают и тщательно уплотняют трамбовками.

7. Засевание готовой бровки двойной нормой семян газонной травы или лентой дерна шириной 10–15 см и толщиной 5–10 см и закрепление деревянными колышками (спицами).

8. Профилирование и уплотнение поверхности полотна моторными катками от края к середине за 5–6 проходов по одному следу.

*Примечание.* Грунтовая поверхность полотна дорожки считается готовой, если тонкие круглые предметы (спицы, проволока, гвозди и т. д.) вытаскиваются из грунта без нарушения целостности верхнего слоя.

*Устройство дорожек с покрытием из оптимальной грунтовой смеси.* Оптимальная грунтовая смесь – это смесь, содержащая 65–82% песчаных частиц; 15–25% пылеватых и 3–10% глинистых.

Таким образом, чтобы устроить покрытие из оптимальной смеси, необходимо к грунту полотна дорожки добавить карьерный грунт в таком количестве, чтобы при их смешивании получить оптимальную грунтовую смесь.

На автомобильных дорогах низших типов покрытие устраивают серповидного профиля, а на дорожках садово-парковых объектов – корытного типа (профиля) с устройством опорных бровок из растительной земли, как описано в пунктах 6 и 7 (с. 53).

Подготовив таким образом полотно дорожки, приступают к устройству покрытия.

Технология строительства и рекомендуемые дорожно-строительные машины следующие:

1. Устройство профильных поверхностей полотна дорожки с приданием поперечного уклона 30–40‰; автогрейдер.
2. Рыхление поверхности земляного полотна на необходимую глубину (по расчету); дорожная фреза.
3. Подвозка карьерного грунта; самосвал.
4. Разгрузка и распределение (разравнивание) привезенного грунта по поверхности земляного полотна ровным слоем; автогрейдер.
5. Перемешивание привозного грунта с местным (при сухом грунте необходимо увлажнение); дорожная фреза.
6. Добавление гравийных и других каменных частиц по необходимости; автосамосвал.
7. Профилирование поверхности земляного полотна; автогрейдер.
8. Уплотнение смеси за 10–13 проходов по одному следу; пневмокаток.

*Примечание.* В районах с избыточным увлажнением рекомендуется в верхние слои оптимальной смеси добавлять 15–25% гравия с частицами 2–20 мм или каменной мелочи, металлургических шлаков.

*Устройство дорог и дорожек из оптимальной гравийной смеси.* При строительстве гравийные материалы могут быть использованы как для слоев основания, так и для покрытия. Зерновой состав укладываемых гравийных материалов часто не соответствует оптимальной гравийной смеси (ОГрС). ОГрС может быть получена:

- 1) из карьеров, зерновой состав материала которых соответствует составу ОГрС;
- 2) из гравийных материалов двух карьеров, перемешиваемых на дороге;

3) из материала карьера, перемешиваемого на дороге с предварительно разрыхленным, уложенным в валик грунтом земляного полотна.

Технологию строительства дорожной одежды рассмотрим на примере: дорожная одежда однослойная, покрытие из ОГрС, создаваемой перемешиванием на дороге гравийных материалов двух карьеров ( $k_1$  и  $k_2$ ).

Строительство включает следующие рабочие операции:

1. Разработка и погрузка гравийного материала (ГМ) в карьере  $k_1$ ; экскаватор ЭО-6112ВС.
2. Подвозка ГМ; автомобиль-самосвал (например, МАЗ-503).
3. Разравнивание ГМ; автогрейдер ДЗ-148.
4. Разработка и погрузка ГМ в карьере  $k_2$ ; экскаватор ЭО-6112ВС.
5. Подвозка ГМ; автосамосвал МАЗ-503.
6. Разравнивание ГМ из карьера  $k_1$  и перемешивание его с ГМ из карьера  $k_2$ ; автогрейдер ДЗ-148.
7. Подвозка воды и поливка ОГрС (влажность должна быть 7–12%); поливочная машина ПД-21А.
8. Подкатка ОГрС; легкий вальцовый каток ДУ-50.
9. Проверка ровности и поперечного профиля покрытия.
10. Окончательная планировка; автогрейдер ДЗ-148.
11. Укатка покрытия; каток на пневмошинах ДУ-16В (количество проходов по одному следу – 15–25 раз, скорость – 1,5–2 км/ч).

Технологическая схема строительства показана на рис. 7.1–7.3.

*Примечание.* Поперечный профиль покрытия может быть: серповидным, полукорытным или корытным.

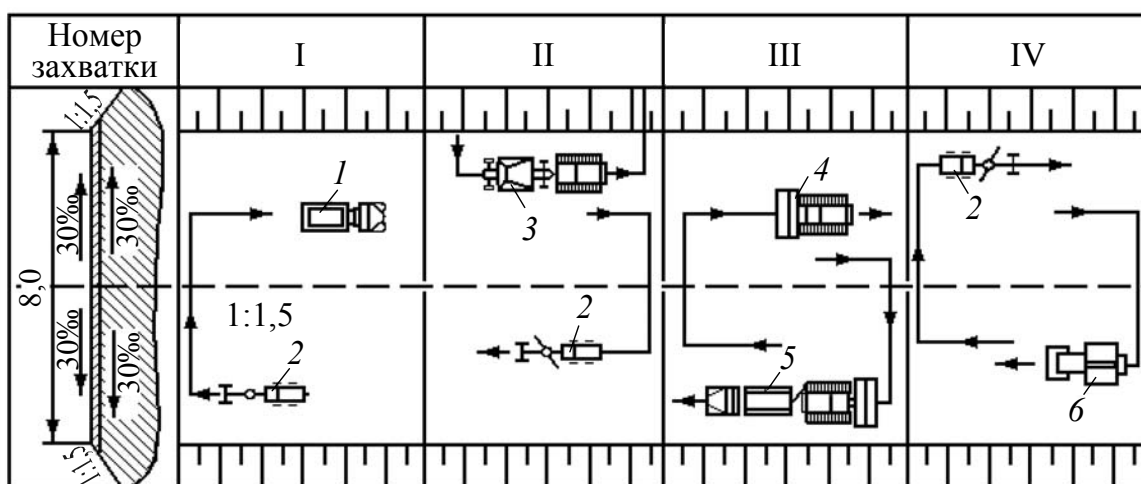


Рис. 7.1. Схема устройства дорожной одежды из оптимальной смеси:

- 1 – автосамосвал; 2 – автогрейдер; 3 – скрепер; 4 – фреза;  
5 – автоцистерна; 6 – каток

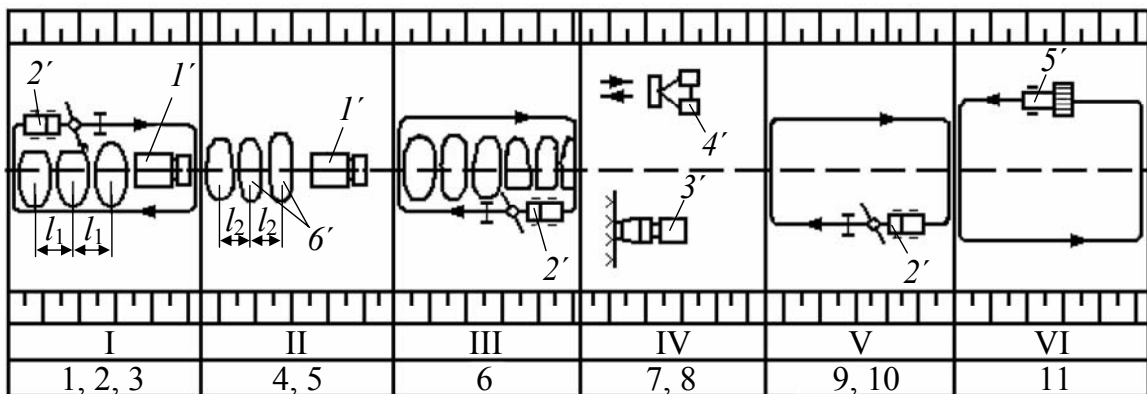


Рис. 7.2. Технологическая схема строительства покрытия из оптимальной гравийной смеси:

$1'$  – полуприцеп-самосвал;  $2'$  – автогрейдер;  $3'$  – поливочная машина;  $4'$  – легкий вальцовый каток;  $5'$  – полуприцепной тяжелый каток;  $6'$  – кучи гравийного материала; I–VI – захватки

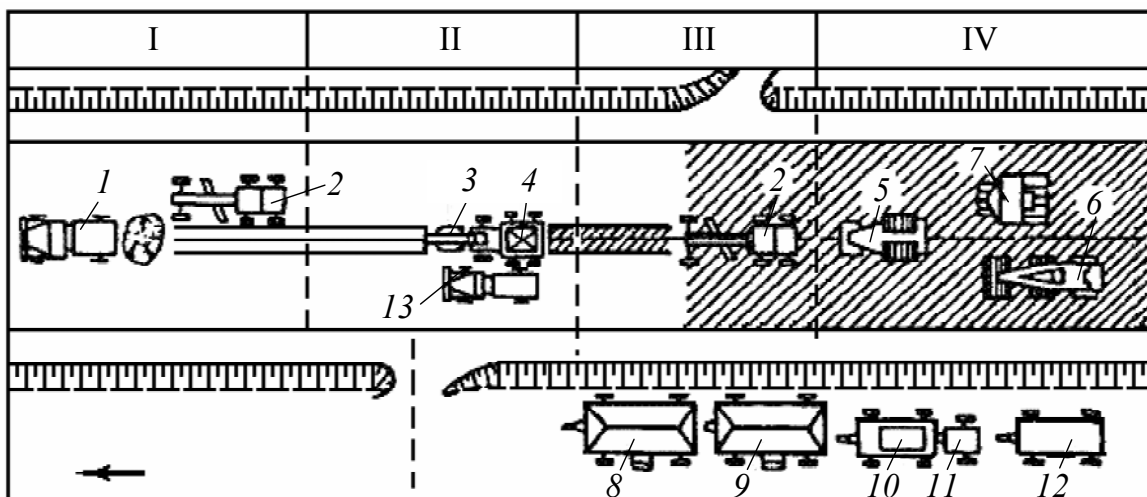


Рис. 7.3. Устройство покрытия или основания из гравия, щебня, обработанных битумом с использованием передвижного смесителя:  $1$  – самосвал;  $2$  – автогрейдер;  $3$  – погрузчик;  $4$  – передвижной смеситель;  $5, 6$  – каток с гладкими вальцами массой 6–8 и 12–15 т;  $7$  – самоходный каток на пневмошинах;  $8, 9$  – вагончики для ИТР и рабочих;  $10$  – душевая;  $11$  – емкость для воды;  $12$  – туалет;  $13$  – автобитумовоз; I–IV – захватки

*Устройство щебеночных дорожных одежд (покрытий) дорог и автомобильных дорог.* Щебень используют для устройства оснований и покрытий дорожных одежд. Применяют три способа устройства щебеночных слоев: из грунтощебня, способ заклинки и способ пропитки щебня битумом.

При строительстве, учитывая высокую стоимость щебня, применяют корытный или полукорытный профиль дорожной одежды с подстилающим слоем из песка на всю ширину корыта.



**Покрyтия из гpyнтощебня.** Создают по принципу плотных смесей: щебенки, соприкасаясь и опираясь друг на друга, образуют несущий скелет, а гpyнт (песок, супесь) заполняет пространство между ними. Объем гpyнта должен быть равен объему пустот между щебенками. Пустотность в процентах (%) может быть определена по формулам:

$$n = \frac{100 \cdot V_{\text{п}}}{V} = \frac{100 \cdot (V - V_{\text{щ}})}{V} = 100 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{G}{\rho} : \frac{G}{\rho_{\text{щ}}} \right) \right]; \quad (7.1)$$

$$n = 100 \cdot \left( 1 - \frac{\rho_{\text{щ}}}{\rho} \right), \quad (7.2)$$

где  $V_{\text{п}}$  – объем пустот;  $V$  – объем навески щебня;  $G$  – масса навески щебня;  $V_{\text{щ}}$  – объем твердых частиц щебня;  $\rho$  – плотность щебня, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{щ}}$  – объемная масса щебня, г/см<sup>3</sup>.

Пустотность щебня примерно равна 37%, следовательно, для создания гpyнтощебня необходимо брать 63% щебня и 37% гpyнта.

В зависимости от вида гpyнта земляного полотна и условий строительства гpyнтощебеночная смесь может быть создана:

- смешением щебня с гpyнтом земляного полотна;
- смешением щебня с привозным гpyнтом;
- смешением щебня и привозного гpyнта с гpyнтом земляного полотна.

Чаще используют два первых способа, как более простых.

Технологию строительства рассмотрим на примере гpyнтощебня путем смешения щебня с гpyнтом земляного полотна:

1. Рыхление поверхности земляного полотна; автогрейдер ДЗ-122А с кирковщиком.
2. Укладка гpyнта в валик на обочину; автогрейдер ДЗ-122А.
3. Подвозка щебня; автосамосвал МАЗ-503.
4. Распределение щебня и перемешивание его с гpyнтом, планировка; автогрейдер ДЗ-122А.
5. Увлажнение смеси; водополивочная машина ЛД-21А.
6. Подкатка смеси; легкий вальцевой каток ДУ-50.
7. Проверка поперечного профиля и ровности с устранением дефектов.
8. Укатка; тяжелый каток ДУ-29.

Если щебень перемешивают с привозным гpyнтом, то сначала подвозят щебень, распределяют его, затем подвозят гpyнт, распределяют и перемешивают со щебнем, а по третьему способу еще и с гpyнтом земляного полотна.

**Метод заклинки.** Устраивают по следующей технологии:

1. Укладка слоя щебня размером 20–40 мм.
2. Осаживание щебня катком.
3. Уплотнение щебня с поливкой водой.
4. Распределение щебня (россыпь) размером 10–20 мм.
5. Уплотнение щебня катком.
6. Уплотнение щебня с поливкой водой.
7. Распределение (россыпь) щебня размером 3–10 мм.
8. Уплотнение слоя щебня с поливкой водой, проверка ровности и поперечного профиля, устранение дефектов.

Поливка водой производится для уменьшения трения между щебенками. Суммарный расход воды 30–40 л/м<sup>2</sup>. Щебня размером 10–20 мм берут 1,5–2 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup>; размером 3–10 мм – 1 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> покрытия. Общая толщина слоя не должна превышать 18–20 см.

**Метод пропитки.** Устройство покрытия данным методом аналогично вышеописанному. Разница состоит в том, что поливку водой заменяют поливкой битумом, разогретым до температуры 80–150°С в зависимости от вязкости битума, причем поливку производят два раза по слоям щебня 20–40 и 10–20 мм. Расход битума 1–1,2 л/м<sup>2</sup> на 1 см толщины пропитываемого слоя, которую принимают при облегченной пропитке 4–5 см, при глубокой – 7–8 см. Температура воздуха не ниже 10°С.

**Устройство дорожной одежды дорог и дорожек с покрытием из грунта, укрепленного вяжущими.** Выбор типа вяжущего материала и пригодность грунта для укрепления зависит от его физико-механических и химических свойств.

Укрепление грунта вяжущими материалами в зависимости от местных грунтовых и климатических условий, наличия дорожно-строительных машин может производиться двумя способами:

– смешением на дороге вяжущего с грунтом земляного полотна дорожными фрезами;

– смешением вяжущего с грунтом в стационарных или передвижных смесительных установках.

Технологический процесс (рабочие операции) следующий:

1. Устройство корыта в земляном полотне с размещением грунта на обочинах; автогрейдер.

2. Профилирование дна корыта с приданием поперечного уклона 30–40‰; автогрейдер.

3. Уплотнение дна корыта за 3–4 прохода по одному следу; самоходный каток легкого типа.
4. Вывозка песка для подстилающего слоя; автосамосвал МАЗ-503.
5. Разравнивание песка подстилающего слоя; автогрейдер.
6. Уплотнение песка подстилающего слоя за 5–6 проходов по одному следу; самоходный каток.
7. Перемещение грунта с обочин в корыто с разравниванием по ширине корыта; автогрейдер.
8. Введение вяжущего в грунт (битум – разлив, цемент – россыпь); автогудронатор или распределитель.
9. Перемешивание с грунтом до однородного цвета (битум – коричневый, цемент – серый); дорожная фреза.
10. Разравнивание и профилирование смеси; автогрейдер.
11. Уплотнение смеси и обочин за 10–12 проходов по одному следу; самоходный каток.

*Примечание.* Расход цемента для песка и супеси составляет 6–8%, для легких суглинков – 8–12%, а расход битума соответственно 4–5 и 6–8% от массы грунта.

*Устройство щебеночно-набивных дорожек.* Для устройства данного типа выполняются следующие технологические операции:

1. Подготовка основания (выравнивание и вертикальная планировка).
2. Устройство вдоль границ подготовленного основания опорных бровок (рис. 3.8) или бордюрных камней. Для этого роют каналы глубиной 10 см и шириной 12 см.
3. Планировка лога, т. е. дна, каналы.
4. Укладка на дно канавы бетонной смеси («подушки»), на которую устанавливают бортовой (бордюрный) камень, вдавливая его в бетонную смесь (раствор).
5. Выравнивание поверхности бортовых камней деревянными трамбовками вручную.
6. Заделка швов между бортовыми камнями цементным раствором.
7. Добавление бетонного раствора в основание камня и его уплотнение.
8. Подвозка щебня после установки бордюра и подготовки полотна; самосвал МАЗ-503.
9. Разравнивание и планирование поперечного и продольного профиля дорожки; автогрейдер ДЗ-99-1-4 (легкий).
10. Увлажнение профилированной поверхности дороги (10 л/м<sup>2</sup> поверхности); поливочно-моечная машина ПМ-130.

11. Укатка поверхности дорожки за 5–7 проходов от краев к середине с перекрытием каждого следа на 1/3; самоходный каток ДУ-50. Толщина уплотненного слоя не должна превышать 15 см. Достаточность уплотнения проверяется так: брошенный кусочек щебня (щебенка) под вальцами катка раздавливается.

12. Рассыпание на поверхность дорожки каменных высевок из прочных каменных пород, увлажнение ( $10 \text{ л/м}^2$ ) и уплотнение за 5–7 проходов по следу; легкий каток (до 1 т).

13. Выдержка во влажном состоянии устроенного покрытия дорожки 4–5 дней для дальнейшего цементирования высевок. Повторная прикатка отдельных мест катком массой 1 т.

*Примечание.* Готовность покрытия определяется тем же способом, что и для грунтовых.

*Устройство дорожек из монолитного бетона.* Технологический процесс устройства дорожек из монолитного бетона заключается в обеспечении четких контуров поверхности укладки бетона и включает: подготовительно-контрольные работы; распределение и уплотнение бетонной смеси; отделку поверхности покрытия; устройство температурных (деформационных) швов; уход за свежеложенным бетоном; контроль качества.

Технологические операции следующие:

1. Устройство основания из крупнозернистого песка (щебня, гравия, грунта, обработанного вяжущими и т. д.) толщиной 15–20 см.

2. Установка деревянной опалубки или рельс-форм. Выравнивание их в плане и продольном профиле.

3. Крепление опалубки, стыковых соединений, прокладок и штырей в швах расширения.

4. Смазка боковых стенок рельс-форм для предотвращения их схватывания с бетоном. Рельс-формы устанавливаются с каждой стороны полосы бетонирования краном. Правильность установки в плане с одной стороны проверяют нивелиром, а с другой – по шаблону, а также теодолитом. Разница отметок положения рельс-форм не должна превышать 5 мм. По рельс-формам передвигается планировочная и бетонораспределительная техника.

5. Окончательное профилирование и уплотнение выравниваемого слоя профилировщиками ножевого или фрезерного типа за один проход, а песчаного основания толщиной 15–20 см – за два.

6. Установка деревянных прокладок швов расширения вместе со штырями. Прокладки закрепляют металлическими шпильками, забиваемыми с обеих сторон через 0,8–1 м.

7. Доставка бетонной смеси к месту укладки автосамосвалами. Время доставки смеси не менее 2 ч.

8. Укладка бетонной смеси в покрытие распределителями бункерного или шнекового типа. Бетонную смесь, доставленную автосамосвалом и выгруженную в бункер распределителя, укладывают во время стоянки бетоноукладчика с перекрытием предыдущего ряда на  $1/3$  ширины нижнего отверстия бункера. Для укладки следующей поперечной полосы машина передвигается вперед.

9. Выравнивание за 1–2 прохода, уплотнение смеси и отделка поверхности покрытия бетоноотделочной машиной, которая движется вслед за бетоноукладчиком по рельс-формам. Работа выполняется по участкам длиной не менее 12–15 м.

10. Дополнительное уплотнение бетонной смеси вибратором у рельс-форм и прокладок швов расширения до подхода бетоноотделочной машины.

11. Повторный проход бетоноотделочной машины.

12. Проверка ровности покрытия в поперечном и продольном направлениях трехметровой металлической рейкой.

13. Нарезка температурных швов (швы сжатия и швы расширения) машиной ДНШС-60 и заливка их битумом (закладка изоловой или полиэтиленовой ленты, битумированной бумаги). Ленты погружаются в паз (поперечные швы на  $1/4$ , а продольные – на  $1/3$  толщины покрытия). После твердения бетона по заложенной ленте прорезают паз и заполняют битумной мастикой.

14. Организация ухода за цементобетонным покрытием после его постройки: нанесение водонепроницаемой пленки, засыпка поверхности песком, поливка водой, чтобы он не высыхал и не перегревался.

В настоящее время для строительства бетонных покрытий дорог применяется комплект машин марки ДС-100 или ДС-110.

На монолитный бетон садовых дорожек может быть нанесен рисунок, добавлен цветной гравий с зернами 1–3 мм, цветная галька, битая плитка и т. д.

*Устройство плиточных дорожек.* При устройстве дорожек из бетонных плиток основание делают из щебня или чистого песка.

Технологические операции следующие:

1. Подготовка полотна (выравнивание, профилирование).

2. Доставка по подготовленному полотну щебня или чистого песка самосвалами.

3. Распределение и разравнивание щебня, песка с соблюдением поперечных и продольных уклонов.

4. Укатка щебня (песка).

5. Подвозка бетона или цементно-песчаной смеси. Разравнивание и уплотнение их.

6. Укладка плитки различной формы (рис. 3.2, 3.3 лабораторной работы № 3). Заливка швов раствором цемента или засыпка цементно-песчаной смесью.

*Примечание.* При укладке вручную нижняя сторона плитки смачивается водой и накладывается на поверхность бетона, затем осторожно приводится в нужное положение рукояткой молотка (молоток резиновый).

7. Проверка ровности укладки плит специальным шаблоном или уровнем. Плитки небольших размеров укладывают вручную, крупные плиты весом более 50 кг укладываются с помощью специальных приспособлений и механизмов. Вертикальное смещение плиток не должно превышать 1,5 см. Осадка плиток производится трамбованием через положенную доску.

*Примечание.* Песчаное основание должно иметь боковые упоры из земляной, плотно утрамбованной бровки или бетонного камня (поребрика). При укладке необходимо обеспечить плотное прилегание плиток к бровке и друг к другу.

Конструкция устройства садово-парковой плиточной дорожки приведена на рис. 3.7 лабораторной работы № 3.

*Покрытие из брусчатки* устраивается в той же последовательности, согласно рисунку («веер», «сетка», «вперевязку» и пр.; рис. 3.2, 3.3 лабораторной работы № 3).

*Покрытие из кирпича* создается на песчаной подушке – основании, которое выравнивается, планируется с учетом уклона для стока воды. Кирпичи укладывают различным рисунком. При укладке кирпичи утрамбовываются. Швы между ними заполняются слегка влажным песком или тощим бетоном под один уровень с поверхностью.

Все законченные покрытия рекомендуется выдерживать в течение 3–4 дней без эксплуатации.

*Устройство площадок.* К площадкам относятся: футбольное поле, площадки для волейбола, баскетбола, тенниса, городков, занятий гимнастикой. Выбор покрытия для них зависит от размера

и назначения. Под площадки отводят, как правило, сухие, проветриваемые и инсолируемые участки. Поверхности их должен быть придан уклон для отвода атмосферных осадков. Чтобы верхний мягкий покров спортивных площадок не пылил и содержался постоянно в оптимально влажном состоянии, необходимо прокладывать водопровод для полива площадок.

Для заливки катка на зиму водопровод закладывают ниже глубины промерзания грунтов.

Площадки и поля для спортивных игр, как правило, располагаются в соответствии с ориентацией по сторонам света. Длинная ось площадки размещается по меридиану ( $\pm 15-20^\circ$ ).

Конструкции спортивных площадок состоят из нескольких слоев (многослойная «одежда») и специального оборудования.

Одежда состоит из основания, которое располагается на земляном полотне и состоит из нескольких несущих слоев различных по назначению материалов или сочетаний из них и верхнего покрытия из специальной смеси инертных, вяжущих и нейтральных материалов.

Обязательным для спортивных площадок является наличие инженерных сетей, которые должны способствовать восстановлению верхнего слоя (покрытия) при любых климатических условиях. Это дренаж с элементами ливневой канализации, поливочный водопровод и освещение. В связи с этим в условиях малодренирующих подстилающих грунтов по границам площадок закладывают кольцевой дренаж, состоящий из собирательных дрен и водоприемных колодцев.

Отвод воды из собирательных колодцев производится через трубопроводы в ливневую канализацию.

Технологический процесс по устройству площадок состоит из следующих рабочих операций:

1. Горизонтальная и вертикальная планировка площадки с приданием соответствующих проектных уклонов.

2. Устройство дренажа и подготовка основания.

3. Подвозка материала автосамосвалами для устройства упруговлагодомоющего слоя.

4. Разравнивание, планирование данного слоя автогрейдером (бульдозером).

5. Укатка упруговлагодомоющего слоя катком проходами 5–7 раз по одному следу. Толщина слоя 8–10 см.

6. Установка по границам площадки облегченного бетонного поребрика или деревянной опалубки размером 10×15 см, высотой, равной толщине всех слоев конструкции.

Поробрик устанавливают на цементном растворе, а опалубку – из обрезных антисептированных досок размером 20×120 см и толщиной 4 см. Доски укладывают «на ребро» и прибивают гвоздями к кольшкам, которые предварительно забивают в грунт на расстояние 1 м друг от друга. Длина кольшков составляет 30–40 см, толщина 8–10 см, нижняя часть заострена. Кольшки забивают в грунт по внешней стороне площадки, после чего к ним крепят доску.

7. Укладка на тщательно спланированное и уплотненное основание упруговлагодомого слоя.

8. Полив упруговлагодомого слоя водой и уплотнение катком массой до 2 т с проходами катка не менее 5–6 раз по одному следу. Чтобы материал не прилипал к вальцам катка, на данный слой укладывают инертные материалы (мелкий щебень, фракций 2 мм) толщиной 1–2 см.

9. Подвозка автосамосвалами среднего промежуточного слоя из инертных материалов.

10. Разравнивание слоя с приданием проектных уклонов.

11. Поливка водой из расчета 10–12 л/м<sup>2</sup>.

12. Уплотнение катками массой 3–5 т с проходами 5–7 раз по одному следу.

Промежуточный инертный слой состоит из щебня марки М-800. Толщина слоя 10–12 см, фракции зерен – 20–35 мм.

13. Подвозка спецсмеси.

14. Разгрузка, разравнивание, планирование верхнего слоя из спецсмеси. Толщина слоя 4 см.

15. Уплотнение верхнего слоя катком за 5–7 раз проходами по одному следу. Верхний слой состоит из специальной смеси из упруговлагодомых материалов.

Спецсмесь готовится из расчета: глины – 30%; земли – 20%; извести гашеной – 20%; строительных высевок, шлака или песка – 30%. Смесь пропускается через грохот и наносится слоем 10 см в рыхлом состоянии. После укатки толщина слоя должна составлять 7 см.

*Расчет ресурсов на строительство дорожной одежды.* Расчет потребного количества дорожно-строительных материалов (м<sup>3</sup>) определяют для каждого слоя по формуле

$$V = 1000 \cdot \omega_{\text{п}} \cdot L \cdot \alpha \cdot \beta, \quad (7.3)$$

где  $\omega_{\text{п}}$  – поперечная площадь дорожной одежды, м<sup>2</sup>;  $L$  – длина строящейся дороги, км;  $\alpha$  – коэффициент уплотнения,  $\alpha = 1,20$ – $1,25$ ;  $\beta$  – коэффициент потерь,  $\beta = 1,02$ .



Таким образом, для строительства дорожной одежды на участке длиной  $L = \dots$  км требуется  $V = \dots$  м<sup>3</sup> оптимальной гравийной смеси и  $V = \dots$  м<sup>3</sup> крупного песка.

Находим темп потока, к которому приравниваем длину захватки:

$$l_{\text{пт}} = \frac{L}{T - t_{\text{рп}} - t_{\text{в}} - t_{\text{пр}}}, \quad (7.4)$$

где  $T$  – продолжительность строительного периода, дни;  $t_{\text{рп}}$  – развертывание потока, дней;  $t_{\text{в}}$  – выходные дни;  $t_{\text{пр}}$  – праздничные дни.

При строительстве дороги ее разбивают на участки одинаковой длины, которые называют захватками.

*Захватка* – участок дороги, на котором в течение смены работает однотипное звено машин (бульдозеров, автогрейдеров, катков и т. д.), последовательно выполняющих ту или иную операцию технологического процесса.

Длину захватки (км) определяют по формуле

$$l_3 = \frac{n \cdot \Pi}{a}, \quad (7.5)$$

или

$$l_3 = \frac{n \cdot \Pi \cdot L}{V_{\text{по}}}, \quad (7.6)$$

где  $n$  – количество операций, выполняемых ведущей машиной;  $\Pi$  – производительность ведущей машины, м<sup>3</sup>/смену;  $a$  – средний объем работ, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{по}}$  – производственный объем работ, м<sup>3</sup>.

**ПРИМЕР.** Производительность бульдозера (м<sup>3</sup>/смену) при разработке и перемещении грунта определяют по формуле

$$\Pi = \frac{3600 \cdot T \cdot q \cdot k_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}}, \quad (7.7)$$

где  $T$  – продолжительность рабочей смены, ч;  $q$  – объем грунта, который можно накатить перед отвалом бульдозера, м<sup>3</sup>;  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования бульдозера во времени,  $k_{\text{в}} = 0,85$ ;  $T_{\text{ц}}$  – время цикла, с,  $T_{\text{ц}} = t_{\text{рез}} + t_{\text{г}} + t_{\text{х}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{с}} + n \cdot t_{\text{пер}}$ ;  $t_{\text{рез}}$  – время набора грунта,  $t_{\text{рез}} = 15\text{--}20$  с;  $t_{\text{г}}$  – время на перемещение и разгрузку грунта,  $t_{\text{г}} = 40\text{--}60$  с;  $t_{\text{х}}$  – время холостого хода,  $t_{\text{х}} = 30\text{--}40$  с;  $t_{\text{пер}}$  – время на переключение передач,  $t_{\text{пер}} = 10\text{--}15$  с;  $t_{\text{с}}$  – запасное время,  $t_{\text{с}} = 2\text{--}3$  с;  $n$  – количество переключаемых передач,  $n = 4$ .

Объем грунта ( $\text{м}^3$ ), который можно накопить перед отвалом бульдозера, определяют по формуле

$$q = \frac{l \cdot H^2}{2 \cdot \text{tg}\varphi}, \quad (7.8)$$

где  $l$  – длина отвала, м;  $H$  – высота отвала по хорде, м;  $\varphi$  – угол естественного откоса грунта, град.

Производительность бульдозера при разработке и перемещении грунта может быть определена с использованием ЕНиР (Единые нормы времени и расценки) по формуле

$$\Pi = \frac{T \cdot \text{И}}{N_{\text{вр}}}, \quad (7.9)$$

где  $T$  – продолжительность рабочей смены, ч;  $\text{И}$  – измеритель работы ( $\text{м}^3$ ,  $\text{м}^2$  и т. д.);  $N_{\text{вр}}$  – норма времени на измеритель.

Если ведущая машина выполняет две различные операции, то ее производительность определяют по формуле

$$\Pi = \frac{\Pi_1 \cdot \Pi_2}{\Pi_1 + \Pi_2}, \quad (7.10)$$

где  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  – производительность ведущей машины при выполнении работ на разных операциях,  $\text{м}^3/\text{смену}$ .

**ПРИМЕР.** Ведущая машина – бульдозер ДЗ-27С, производственный объем на участке протяженностью 5 км –  $32\,000 \text{ м}^3$ , средняя дальность перемещения грунта – 50 м, высота насыпи – 0,8 м, грунт II группы.

**Решение.** Темп потока определяем по формуле (7.4):

$$l_{\text{тп}} = \frac{5000}{61 - 4 - 18 - 6} = 151,5 \approx 150 \text{ м},$$

и приравниваем его к длине захватки.

Уточняем длину захватки по производительности ведущей машины – бульдозера, которая при выполнении операции разработки и перемещения грунта по ЕНиР (§ 2-1-15, табл. 2, п. 2б, д) равна

$$\Pi_1 = \frac{8 \cdot 100}{0,38 + 0,32 \cdot 4} = 481,9 \approx 482 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

На разравнивание грунта по ЕНиР (§ 2-1-20, табл. 2, п. 3д)

$$П_2 = \frac{8 \cdot 100}{0,41} = 1951,2 \approx 1950 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

Общую производительность бульдозера при выполнении двух операций определяем по формуле (7.10):

$$П = \frac{482 \cdot 1950}{482 + 1950} = 386,5 \approx 387 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

Зная производительность бульдозера на разработке, перемещении и разравнивании грунта определим длину захватки при работе фактически трех машин по формуле (7.6):

$$l_3 = \frac{3 \cdot 387 \cdot 5\,000}{32\,000} = 181,4 \approx 180 \text{ м}.$$

Далее производят расчет необходимых трудовых материально-технических ресурсов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вырко, Н. П. Сухопутный транспорт леса: учеб. для студентов ВУЗов / Н. П. Вырко. – Минск: Выш. шк., 1987. – 437 с.
2. Вырко, М. П. Сухопутный транспорт лесу: подруч. для студентаў ВНУ / М. П. Вырко. – Минск: БДГУ, 2003. – 493 с.
3. Вырко, Н. П. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог: учебник для студентов специальности «Лесоинженерное дело» / Н. П. Вырко. – Минск: БГТУ, 2005. – 446 с.
4. Грачева, А. Н. Основы зеленого строительства. Озеленение и благоустройство территорий: учеб. пособие / А. В. Грачева. – М.: ФОРУМ, 2009. – 352 с.
5. Теодоронский, В. С. Ландшафтная архитектура территорий: учеб. пособие / В. С. Теодоронский, Б. В. Степанов. – 4-е изд. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 100 с.

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
Лабораторная работа № 1. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОГ И ПЛОЩАДОК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ .....	4
Лабораторная работа № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПЛОЩАДОК .....	12
Лабораторная работа № 3. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ .....	17
Лабораторная работа № 4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ .....	31
Лабораторная работа № 5. ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ГРУНТОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ	38
Лабораторная работа № 6. ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ .....	42
Лабораторная работа № 7. УСТРОЙСТВО ДОРОЖНО-ТРОПИНОЧНОЙ СЕТИ .....	50
ЛИТЕРАТУРА .....	68

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ И ПЛОЩАДОК

Составители:

**Демидко** Марина Николаевна  
**Вырко** Николай Павлович

Редактор *Т. Е. Самсанович*  
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*  
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Подписано в печать 21.06.2013. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 4,1. Уч.-изд. л. 4,2.  
Тираж 100 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.  
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.