

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра технических систем в агробизнесе, природообустройстве  
и дорожном строительстве

**Дьяченко А.В., Орехова Г.В.**

## **Технология дорожно-строительных работ**

методические указания для выполнения практических занятий  
и самостоятельной работы  
для обучающихся по направлению подготовки  
23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы

Брянская область 2019

УДК 625.08 (076)

ББК 39.311

Д 93

Дьяченко, А. В. Технология дорожно-строительных работ: методические указания для выполнения лабораторных занятий и самостоятельной работы для обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы / А. В. Дьяченко, Г. В. Орехова. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. - 126 с

Методические указания предназначены для выполнения практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Технология дорожно-строительных работ» для обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы. Целью методических указаний является выполнение практических занятий по дисциплине студентами очной формы обучения, практических занятий и самостоятельной работы студентами заочной формы обучения.

Рецензент: к.э.н., доцент каф. ТОЖ и ПП Исаев Х.М.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского государственного аграрного университета, протокол № 2 от 25 октября 2019 года.

© Брянский ГАУ, 2019 г.

© Дьяченко А.В., 2019 г.

© Орехова Г.В., 2019 г.

## Содержание

Предисловие .....	4
<i>Практическое занятие №1</i>	
Определение объемов линейно протяженных сооружений и работ по рекультивации карьеров .....	5
<i>Практическое занятие №2</i>	
Улучшение свойств гравийных и гравийно-песчаных смесей .....	17
<i>Практическое занятие №3</i>	
Выбор землеройных машин по техническим и экономическим показателям .....	27
<i>Практическое занятие №4</i>	
Составление ведомости объемов земляных работ с разработкой графика распределения земляных масс .....	43
<i>Практическое занятие №5</i>	
Построение линейного календарного графика возведения земляного полотна .....	65
<i>Практическое занятие №6</i>	
Определение скорости строительного потока и количества материалов для его обеспечения .....	75
<i>Практическое занятие №7</i>	
Определение количества машин, необходимых для обеспечения транспортных работ .....	83
<i>Практическое занятие №8</i>	
Обоснование места расположения производственного предприятия .....	97
<i>Практическое занятие №9</i>	
Определение границ использования карьеров .....	111
Литература.....	124

## Предисловие

Целью дисциплины «Технология дорожно-строительных работ» является изучение механизированных технологических процессов строительства автомобильных дорог и принципов эффективного выбора и использования строительных и дорожных машин.

Изучение организационно-технологических процессов дорожного строительства предусмотрено в ряде учебных дисциплин, главной из которых является «Технология дорожно-строительных работ». По учебному плану на эту дисциплину отводятся лекции, практические и лабораторные занятия. Кроме этого студенты обязаны выполнить курсовой проект.

Данные методические указания предназначены для проведения практических занятий; оно также может быть использовано при выполнении курсового проекта (работы) и выпускной квалификационной работы. Комплекс задач охватывает необходимый программный материал; при этом учтены методология решения аналогичных задач в проектах производства работ (ППР), проектах организации строительства (ПОС), действующие в настоящее время нормативные документы, используемые машины и новейшие технологии.

В учебном пособии представлены 9 практических занятий, на выполнение которых отводится 26 ч. Каждая практическая работа содержит вводную информацию, перечень задач, которые студенту необходимо решить, и пример расчета. Для всех практических занятий дано 25 вариантов исходных данных. Их количество при необходимости может быть расширено путем соответствующей интерполяции. По аналогии с приведенными практическими работами могут быть составлены и другие, учитывающие разрабатываемые технологические процессы.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И РАБОТ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ

### **Введение**

*Земляное полотно* - это дорожное сооружение, служащее основанием для размещения конструктивных слоев дорожной одежды и других элементов дороги. Земляное полотно строят в виде насыпей или выемок, а на косогоре - в виде полунасыпи-полувыемки. В состав земляного полотна входят также система поверхностного водоотвода (лотки, кюветы, канавы) и различного типа специальные удерживающие сооружения, предназначенные для обеспечения устойчивости самого земляного полотна или склонов, на которых оно располагается.

Земляное полотно возводят по типовым поперечным профилям. При наличии неблагоприятных условий земляное полотно возводят по индивидуальным проектам. К таким условиям относят насыпи высотой более 12 м и выемки глубиной более 12 м, наличие слабых грунтов в основании насыпей, болота глубиной более 4 м, оползневые склоны и т.д.

Геометрический профиль насыпи земляного полотна имеет вид трапеции (равнобокой - земляного полотна на равнине, неравнобокой - при устройстве на слабопересеченной местности) или сложной фигуры, состоящей из трапеции и треугольника (при устройстве на косогоре и сильно пересеченной местности).

Геометрический профиль выемки представляет собой перевернутую трапецию большим основанием кверху. На нижнем (меньшем) основании выемки сооружают дорожную одежду в виде приподнятой проезжей части, отделенной от откосов выемки кюветом.

При подсчете объемов земляных работ делают допущение, что тело земляного полотна ограничено равными плоскостями и отдельные неровности его фактической поверхности не оказывают значительного влияния на величину объема земляного полотна.

В практике строительства приходится определять объемы линейно-

протяженных сооружений: насыпи и выемки земляного полотна автомобильной дороги, траншеи, котлована и др.

Основными исходными данными для подсчета объемов земляных работ служат продольные и поперечные профили сооружений. Основным принципом определения объемов работ является разбивка земляного полотна на элементарные площадки, в пределах которых определяются объемы геометрических фигур по известным математическим выражениям. В характерных точках продольного профиля дороги, местах изменения уклона местности или проектной (красной) линии сооружение разбивается вертикальными плоскостями на участки, в пределах которых получаются геометрические тела-призматоиды (рис. 1.1).

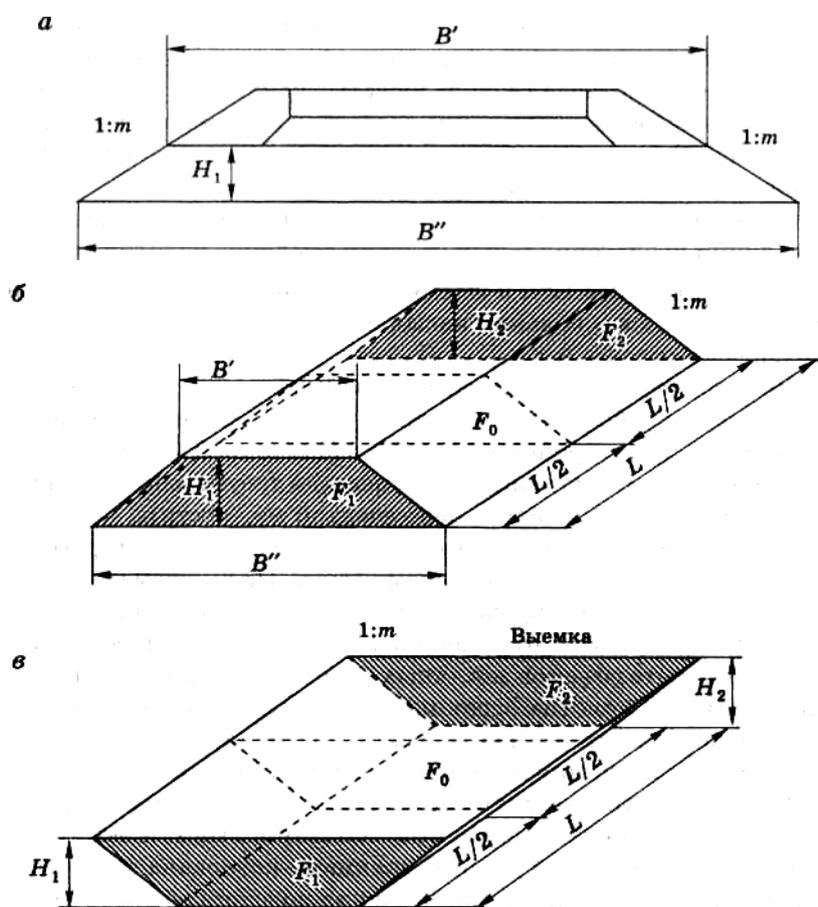


Рис. 1.1. Схемы расчета объемов земляных работ: *a* - поперечный профиль земляного полотна с дорожной одеждой автомобильной дороги; *б* - призматок насыпи; *в* - призматок выемки

Высота призматоида равна длине участка между сечениями, а основаниями служат профили сооружения в местах сечений. Этот способ расчета объема земляных работ называется *способом поперечных профилей*.

Общий объем сооружения определяется как сумма объемов призматоедов. При поперечных уклонах местности, не превышающих 0,1, объем призматоеида может быть определен по формуле Ф.Ф. Мурзо:

$$V = \left[ F_0 + \frac{m \cdot (H_1 - H_2)^2}{12} \right] \cdot L,$$

где  $F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2}$ ,  $F_1, F_2$  площади поперечного сечения в середине, начале и конце сечения соответственно, м<sup>2</sup>;  $m$  - коэффициент заложения откоса;  $H_1, H_2$  - рабочие отметки в начале и конце участка, м;  $L$  - длина участка, м.

При  $L < 50$  и  $(H_1 - H_2) < 0,5$  можно пользоваться упрощенными формулами:

$V = F_0 \cdot L$  (дает заниженный результат);

$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot L$  (дает завышенный результат);

*Рекультивацией* называют процесс восстановления земель, временно занимаемых при строительстве дороги, до состояния, пригодного для сельскохозяйственного использования.

По окончании строительства автомобильной дороги должна быть выполнена рекультивация всех временно занимаемых земель, нарушенных при земляных работах, в том числе площадей:

- выработанных боковых и сосредоточенных резервов грунта;
- временных земельных и объездных дорог;
- участков, нарушенных размещением стоянок и маневрированием в процессе работы землеройных машин и транспортных средств;
- участка временного размещения жилых и хозяйственных сооружений личного состава производственных подразделений.

Восстановление нарушенных земель для сельскохозяйственного использования проходит в два этапа:

1) технический, заключающийся в приведении нарушенных площадей в порядок с приданием им требуемых уклонов, планировке, нанесении требуемого слоя плодородного растительного грунта;

2) биологический, заключающийся в восстановлении структуры и плодородия почвы посредством организации правильной обработки, культивации почвенного слоя и правильного севооборота.

Котлованы с постоянными откосами по всему периметру на площадке с уклоном не более 0,01 называются *обелисками*. Объем котлована определяют по формуле:

$$V_{\text{к}} = 0,5H(F_1 + F_2),$$

где  $H$  - средняя глубина котлована, м;  $F_1, F_2$  - соответственно площади нижнего и верхнего оснований котлована, м<sup>2</sup>.

Объем котлована может быть определен по формуле

$$V_{\text{к}} = \frac{H}{6} [(2a + a_1) b + (2a_1 + a) b_1],$$

где  $H$  - средняя глубина котлована, м;  $a, b$  - длина сторон котлована понижу, м;  $a_1, b_1$  - длина сторон котлована поверху, м;

$$a = a'' + 0,5 \cdot 2; \quad b = b'' + 0,5 \cdot 2,$$

где  $a'', b''$  - размеры фундамента с рабочим зазором 0,5 м с каждой стороны, м;

$$a_1 = a + 2 \cdot H \cdot m; \quad b_1 = b + 2 \cdot H \cdot m,$$

где  $m$  - коэффициент заложения откоса.

При рекультивации земель, отведенных под сосредоточенные резервы, производят уполаживание откосов с заложением 1 : 6 (рис. 1.2). Для расчета количества растительного грунта необходимо определить боковые площади резерва с уполаженными откосами и площадь котлована понизу.

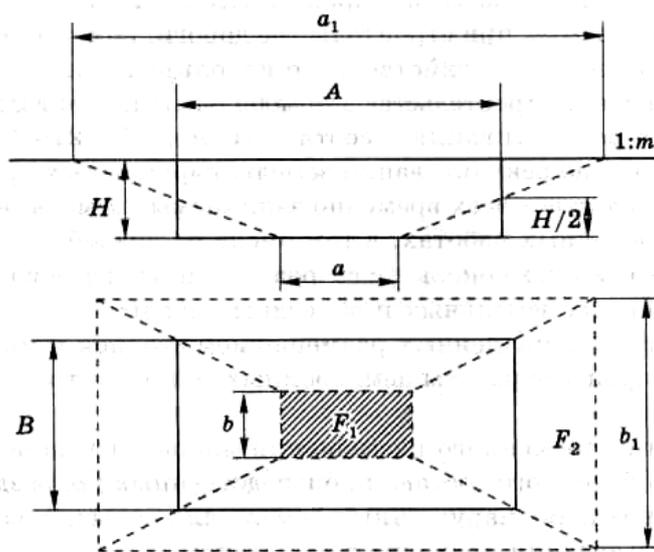


Рис. 1.2. Схема уполаживания откосов карьера при рекультивации земель

### Задание

1. Определить объемы насыпи и выемки на участке строительства.
2. Определить количество растительного грунта, необходимого для рекультивации сосредоточенного резерва.
3. Определить продолжительность выполнения работ по перевозке растительного грунта скрепером при рекультивации земель.

Исходные данные приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 Исходные данные к практической работе № 1

№ варианта	Категория дороги	Толщина дорожной одежды, м	Рабочие отметки, м										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	II	0,6	1,6	2,5	3,2	2,6	2,2	2,8	0,6	0,3	-1,2	-1,8	-2,4
2	1-6	0,62	-1,6	-1,8	0,2	1,8	2,4	2,6	3,7	2,2	1,5	3,1	3,0

Продолжение таблицы 1.1

3	II	0,64	2,6	3,7	4,5	4,0	3,5	1,8	1,6	-0,6	-1,8	-0,5	1,0
4	I-B	0,65	2,4	1,5	0,8	0,3	-0,9	-1,5	-1,4	0,8	2,4	3,8	4,5
5	III	0,66	2,5	3,1	2,8	1,3	0,6	-0,6	-1,4	-3,1	-1,0	1,4	2,6
6	IV	0,68	-2,3	-0,7	1,2	2,5	3,6	4,0	2,5	1,2	0,8	0,2	-1,5
7	V	0,70	-0,1	-2,1	-3,1	0,4	2,6	3,8	4,8	3,2	2,2	3,8	5,0
8	IV	0,72	-0,3	-1,8	-2,8	1,0	3,4	5,5	3,7	2,8	1,9	3,1	4,5
9	III	0,74	5,0	5,2	3,0	2,2	1,2	0,3	-1,6	-2,8	-3,1	0,5	2,7
10	II	0,76	2,5	1,4	1,5	-0,4	-1,6	-2,8	0,9	1,9	2,3	3,8	5,1
11	I-B	0,75	1,6	1,0	2,6	3,0	-0,6	-1,6	-3,6	1,6	2,6	3,4	1,6
12	II	0,78	2,5	3,5	4,5	2,0	-2,4	-1,6	-0,8	2,5	3,4	4,6	2,4
13	1-6	0,80	1,6	2,5	3,2	2,6	2,2	2,8	0,6	0,3	-1,2	-1,8	-2,4
14	1-6	0,82	-1,6	-1,8	0,2	1,8	2,4	2,6	3,7	2,2	1,5	3,1	3,0

№ варианта	Категория дороги	Толщина дорожной одежды, м	Рабочие отметки, м										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	II	0,84	2,6	3,7	4,5	4,0	3,5	1,8	1,6	-0,6	-1,8	-0,5	1,0
16	I-B	0,86	2,4	1,5	0,8	0,3	-0,9	-1,5	-1,4	0,8	2,4	3,8	4,5
17	III	0,85	2,5	3,1	2,8	1,3	0,6	-0,6	-1,4	-3,1	-1,0	1,4	2,6
18	IV	0,88	~2,3	-0,7	1,2	2,5	3,6	4,0	2,5	1,2	0,8	0,2	-1,5
19	V	0,90	-0,1	-2,1	-3,1	0,4	2,6	3,8	4,8	3,2	2,2	3,8	5,0
20	IV	0,92	-0,3	-1,8	-2,8	1,0	3,4	5,5	3,7	2,8	1,9	3,1	4,5
21	III	0,94	5,0	5,2	3,0	2,2	1,2	0,3	-1,6	-2,8	-3,1	0,5	2,7
22	II	0,95	2,5	1,4	1,5	-0,4	-1,6	-2,8	0,9	1,9	2,3	3,8	5,1
23	I-B	0,96	1,6	1,0	2,6	3,0	-0,6	-1,6	-3,6	1,6	2,6	3,4	1,6
24	II	0,98	2,5	3,5	4,5	2,0	-2,4	-1,6	-0,8	2,5	3,4	4,6	2,4
25	1-6	1,00	3,2	2,1	1,5	-1,6	-2,8	-3,5	-2,1	1,4	2,8	3,6	2,1

**Пример расчета**

*Исходные данные*

Вариант - 26.

Категория дороги - II.

Толщина дорожной одежды - 0,6 м.

Рабочие отметки участка дороги приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Рабочие отметки дороги

№ пикета	Рабочая отметка, м	№ пикета	Рабочая отметка, м	№ пикета	Рабочая отметка, м
0	1,5	4	2,4	8	-1,0
1	2,7	5	2,3	9	-1,3
2	3,0	6	0,8	10	-1,4
3	2,5	7	0,5		

### Порядок расчета

1. Определяют площадь поперечного сечения в начале участка (нулевой пикет).

1.1. Определяют верх земляного полотна дороги с учетом толщины дорожной одежды по формуле:

$$B' = B + 2 \cdot h \cdot m = 13 + 2 \cdot 0,6 \cdot 1,5 = 14,8 \text{ м},$$

где  $B$  - ширина дорожного полотна в зависимости от категории дороги, м (для дороги II категории  $B = 13$  м);  $h$  - толщина дорожной одежды, м (исходные данные);  $m$  - коэффициент заложения откоса (принимают равным 1,5).

1.2. Определяют ширину насыпи понизу с учетом рабочей отметки:

$$B'' = B' + 2 \cdot H \cdot m = 14,8 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 19,3 \text{ м},$$

где  $H$  - рабочая отметка насыпи дорожного полотна в начале участка, м.

1.3. Определяют площадь поперечного сечения на нулевом пикете:

$$F_0 = \frac{B' + B''}{2} \cdot H = \frac{14,8 + 19,3}{2} \cdot 1,5 = 25,6 \text{ м}^2.$$

2. Определяют площадь поперечного сечения в конце участка (первый пикет).

2.1. Определяют ширину насыпи понизу с учетом рабочей отметки:

$$B'' = B' + 2 \cdot H \cdot m = 14,8 + 2 \cdot 2,7 \cdot 1,5 = 22,9 \text{ м},$$

где  $H$  - рабочая отметка насыпи дорожного полотна в конце участка, м.

2.2. Определяют площадь поперечного сечения на первом пикете:

$$F_2 = \frac{B' + B''}{2} H = \frac{14,8 + 22,9}{2} 2,7 = 50,9 \text{ м}^2.$$

3. Определяют среднюю площадь призматоида по формуле:

$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{25,6 + 50,9}{2} = 38,25 \text{ м}^2.$$

4. Определяют объем насыпи от нулевого до первого пикета по формуле Ф.Ф. Мурзо:

$$V = \left[ F_0 + \frac{m(H_1 - H_2)^2}{12} \right] L = \left[ 38,25 + \frac{1,5(1,5 + 2,7)^2}{12} \right] 100 = 4046 \text{ м}^3.$$

Результаты расчетов объема грунта в насыпи заносят в табл. 1.3

На тех пикетах, где рабочая отметка переходит из положительной в отрицательную или наоборот, необходимо определить точку перехода через ноль. На этих пикетах объем сооружения представляет собой треугольную призму.

Таблица 1.3. Результаты расчета грунта в насыпи

№ пикета	Рабочая отметка		Площадь в начале участка			Площадь в конце участка			$F_0$	$m$	$L$	$V$
	$H_1$	$H_2$	$B'$	$B''$	$F_1$	$B'$	$B''$	$F_2$				
0 1	1,5	2,7	14,8	19,3	25,6	14,8	22,9	50,9	38,25	1,5	100	4046
1 2	2,7	3,0	14,8	22,9	50,9							

2												
3												
3												
4												
4												
5												
5												
6												
6												
7												
7												
Σ												ΣV <sub>H</sub>

5. Определяют расстояние от начала участка до точки перехода от насыпи к выемке на основании подобия треугольников (рис. 1.3):

$$\frac{H}{l} = \frac{H_2}{(100-l)},$$

где  $l$  - расстояние от начала участка до точки перехода, м.



Рис. 1.3. Расчетная схема определения перехода насыпи в выемку

6. Аналогичным образом определяют объемы грунта в выемке и результаты записывают в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Результаты расчета грунта в выемке

№ пикета	Рабочая отметка		Площадь в начале участка			Площадь в конце участка			$F_0$	$m$	$L$	$V$
	$H_1$	$H_2$	$B'$	$B''$	$F_1$	$B'$	$B''$	$F_2$				
8												
8												
9												
9												
10												
$\Sigma$												$\Sigma V_6$

7. Определяют объем привозного грунта, необходимого для отсыпки насыпи, с учетом перемещения части грунта из выемки в насыпь:

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{н}} - V_{\text{в}}, \text{ м}^3.$$

8. На основании полученного объема определяют размеры сосредоточенного резерва.

Глубину резерва принимают равной 2,5...3,0 м.

Соотношение длины и ширины принимают равным  $A:B = 2:1$ .

Составляют равенство:

$$V_{\text{пр}} = H_{\text{рез}} \times A \times B.$$

Принимают, что  $A = 2B$ , следовательно,

$$V_{\text{пр}} = H_{\text{рез}} \times 2B \times B;$$

$$V_{\text{пр}} = 2H_{\text{рез}} \cdot B^2;$$

$$B = \sqrt{\frac{V_{\text{пр}}}{2H_{\text{рез}}}}.$$

Затем находят величину  $A = 2B$ .

9. Определяют количество растительного грунта, необходимого для рекультивации сосредоточенного резерва.

9.1. Определяют длину откосной части сосредоточенного резерва после придания откосу требуемого уклона:

$$l_{\text{отк}} = H_{\text{рез}} \sqrt{1 + m^2} = 3\sqrt{1 + 6^2} = 18,3 \text{ м},$$

где  $H_{\text{рез}}$  - средняя глубина сосредоточенного резерва, м ( $H_{\text{рез}} = 2,5 \dots 3,0$  м);  
 $m$  - заложение откоса после придания ему требуемого уклона (принимают  $m = 6$ ).

9.2. Определяют площадь откосной части:

$$S_{\text{отк}} = 2(A + B)l_{\text{отк}}, \text{ м}^2,$$

где  $A$  - длина сосредоточенного резерва, м;  $B$  - ширина сосредоточенного резерва, м.

9.3. Определяют площадь котлована понизу:

$$S_{\text{дна}} = (A - H_{\text{рез}}m)(B - H_{\text{рез}}m), \text{ м}^2.$$

9.4. Определяем общую площадь рекультивации:

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{отк}} + S_{\text{дна}}, \text{ м}^2.$$

9.5. Определяют объем растительного грунта, необходимый для распределения по откосной поверхности и дну сосредоточенного резерва:

$$V_{\text{раст.гр}} = S_{\text{общ}} \cdot h_{\text{раст.гр}},$$

где  $h_{\text{раст.гр}}$  - толщина слоя растительного грунта, см ( $h_{\text{раст.гр}} = 10...20$  см).

10. Определяют продолжительность выполнения работ по перевозке растительного грунта скрепером при рекультивации земель. Вместимость ковша скрепера приведена в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Технические характеристики скреперов

Скреперы	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Грузоподъемность, т
<i>Самоходные</i>		
ДЗ-87-1	4,5	9,0
ДЗ-11П	8,0	15,0
ДЗ-13Б	16,0	30,0
ДЗ-115А	15,0	30,0
ДЗ-107	25,0	50,4
ДЗ-155-1	15,0	30,0
Скреперы	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Грузоподъемность, т
<i>Прицепные</i>		
ДЗ-111А	4,5	9,0
ДЗ-77А	8,8	16,0
ДЗ-79	15,6	27,0
ДЗ-137	25,0	45,0
ДЗ-149-5	8,8	16,5
ДЗ-161	16,0	30,0

10.1. Определяют объем грунта, перевозимого скрепером за одну смену:

$$V_{\text{скр}} = V_{\text{ковша}} \cdot n,$$

где  $n$  - количество рейсов в смену (назначается преподавателем каждому студенту).

10.2. Определяют количество смен, необходимых для доставки растительного грунта и рекультивации сосредоточенного резерва:

$$T = \frac{V_{\text{раст.гр}}}{V_{\text{скр}}}.$$

## *Заключение*

По формуле Ф.Ф. Мурзо рассчитаны объемы насыпи и выемки на строящемся участке дороги. Определен объем растительного грунта, необходимый для рекультивации земель.

### *Практическое занятие №2*

## УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ГРАВИЙНЫХ И ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ

### **Введение**

Выбор технологической схемы переработки гравийно-песчаного материала зависит от промываемости и зернового состава исходной горной массы, ассортимента выпускаемой продукции, способа добычи. Схемы переработки могут быть разнообразными:

- для легкопромываемой гравийно-песчаной массы с сортировкой на товарные сорта на грохотах (если необходимо, с промывкой);
- легкопромываемой гравийно-песчаной массы с дроблением крупного гравия и валунов (перед сортировкой на товарные сорта или после предварительного отсева песка в схему включают промывку в промышленных машинах);
- труднопромываемой гравийно-песчаной массы с дроблением крупного гравия и валунов, промывкой щебня и гравия.

Месторождения песка характеризуются значительными колебаниями зернового состава и загрязненности:

- с массовой долей гравийно-валунного материала не выше 50 %, включающего до 10...12 % средне- и труднопромываемой глины, предел прочности валунов при сжатии - не выше 150 МПа;
- с массовой долей гравийно-валунного материала не более 5 %, предел прочности валунов при сжатии - выше 150 МПа.

Обычно камнедробильно-сортировочные заводы перерабатывают сырье с содержанием 90...95 % песка крупностью 0...5 мм и 5...10 % гравия наибольшей крупностью 70... 100 мм.

*Сортировка* - одна из основных операций технологии переработки камня и гравийно-песчаных материалов. В зависимости от назначения различают сортировку подготовительную, классификационную, контрольную и избирательную. Сортировку производят на грохотах.

*Подготовительная сортировка* - удаление материала тех размеров, который не дробится.

*Классификационная сортировка* - разделение щебня (гравия) на товарные сорта, направляемые потребителям.

*Контрольную сортировку* осуществляют перед отгрузкой щебня (гравия), долго хранившегося на открытых складах.

*Избирательная сортировка* позволяет выбрать из потока компонент, отличающийся от основного материала по физическим или механическим свойствам.

*Дробление* - процесс разрушения крупных гранулометрических элементов горных пород на более мелкие. Чтобы получить больше щебня мелких размеров, породу дробят последовательно в нескольких дробилках, отсортировывая на грохотах материал необходимых размеров после каждого дробления. Дробление осуществляют с помощью щековых, конусных и роторных дробилок ударного действия.

*Промывка* щебня, гравия, песка - простой способ получения качественного материала, заключающийся в отделении от основного материала пылевато-глинистых фракций, снижающих адгезионные свойства щебня, гравия, песка. Для промывки применяют: барабанные, вибрационные, корытные машины и цилиндрические гравиемойки.

*Улучшение грунтов* - это повышение физико-механических свойств грун-

тов путем улучшения их гранулометрического состава (создание оптимальных грунтовых смесей, обладающих наименьшей пористостью и наибольшей прочностью), а также введения скелетных добавок.

Кроме дробления, сортировки и промывки существуют *специальные способы улучшения материалов*:

- обогащение по прочности;
- обогащение щебня (гравия) в тяжелых средах;
- получение щебня кубовидной формы;
- классификация песков;
- обогащение песков.

Обогащение по прочности производят в отсадочных машинах. Отсадка - это процесс разделения зерен, имеющих различную плотность, на грохотах в попеременно восходящем и нисходящем потоках воды.

Обогащение в тяжелых средах основывается на том, что скорость движения зерна под воздействием силы тяжести в жидкостях с незначительным коэффициентом вязкости определяется величиной и формой этого зерна, эффективной плотностью (разностью в плотности жидкости и зерна). Суспензия представляет собой грубодисперсную взвесь, состоящую из воды и тонкоизмельченного вещества.

Щебень, имеющий форму зерен, близкую к тетраэдрической или кубовидной, способствует лучшей удобнораскладываемости, подвижности бетонных смесей и более рациональному расходу вяжущего вещества.

Следует учитывать разницу в определении отдельных гранулометрических элементов, относящихся к щебню, гравию и песку. Каждая из этих единиц может быть представлена как частичка грунта и как элемент дорожно-строительного материала.

*Щебень как грунт* - это неокатанная частица размером от 10 до 200 мм.

*Щебень как дорожно-строительный материал* - это неокатанная частица размером от 5 до 70 мм.

*Гравий как грунт* - это окатанная частица размером от 2 до 10 мм.

*Гравий как дорожно-строительный материал* - это окатанная частица размером от 5 до 70 мм.

*Песок как грунт* - это частицы различной степени окатанности размером от 0,05 до 2,0 мм.

*Песок как дорожно-строительный материал* - это частицы различной степени окатанности и формы (после дробления - остроугольные) размером от 0,05 до 5,0 мм.

Таким образом, между щебнем и гравием как грунтовыми частицами различие существует не только в окатанности поверхности, но и в размере. А как элементы дорожно-строительного материала они отличаются друг от друга только видом поверхности.

Песок как дорожно-строительный материал имеет более высокую границу размера (5 мм). Это вызвано тем, что при просеивании частиц через грохоты с отверстиями 5 мм получение песчаных фракций происходит значительно быстрее и производительнее, чем через грохоты с отверстиями 2 мм.

Кроме того, гравийные частицы размером от 2 до 5 мм, добавленные в песок, улучшают его качество; те же частицы, удаленные из гравия, улучшают его физические и механические свойства.

Смеси подразделяются на виды в зависимости от содержания в них зерен размером более 5 мм (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Песчано-гравийные смеси

Содержание зерен крупнее 5 мм, %	Наименование
Менее 5	Песчаная
5...20	Песчано-гравийная
20...50	Гравийно-песчаная
50...80	Гравийная
Волее 80	Гравий

Зерновой состав гравийных и гравийно-песчаных смесей, применяемых для устройства оснований, должен соответствовать приведенному в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Зерновой состав гравийной и гравийно-песчаной смеси для необработанных оснований

№ смеси*	Количество частиц, проходящих через сито с отверстиями, % по массе							
	70	40	20	10	5	2,5	0,63	<0,63
1	100	40...60	30 ...40	20...35	15...25	10...15	5...10	0...3
2	100	60...80	40...60	35 ... 50	20...35	15...20	5...15	0...5

\*1 – гравийная смесь; 2 — гравийно-песчаная смесь.

Зерновой состав нефракционированного гравия, который предполагается использовать в строительстве, должен находиться в пределах оптимальных кривых. В противном случае материал необходимо улучшить.

Существуют следующие способы улучшения свойств гравийных и гравийно-песчаных смесей.

1. В гравийный материал, требующий улучшения, добавляют материал, также выходящий за пределы оптимальных кривых (к крупному материалу добавляют мелкий, и наоборот).
2. Улучшаемый материал просеивают, крупные частицы отбрасывают.
3. В улучшаемый материал добавляют крупные частицы, отсеянные от других смесей.

### Задание

1. Определить область нахождения материалов.
2. Произвести расчет содержания крупного и мелкого заполнителя в смеси, соответствующей пределам гравийной или гравийно-песчаной смеси.
3. Определить полные просевы для искусственно составленной смеси.

Исходные данные приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Исходные данные к практической работе № 2

№ варианта	№ смеси	Материал	Полные просевы на ситах, %							
			70	40	20	10	5	2,5	0,63	0,05
1	1	Исходный	100	35	20	15	5	1	0	0
		Добавляемый	100	100	80	50	45	30	15	5
2	1	Исходный	100	40	25	20	10	5	0	0
		Добавляемый	100	85	55	45	35	20	15	5
3	1	Исходный	100	35	15	15	10	5	3	0
		Добавляемый	100	100	100	80	55	35	20	5
4	1	Исходный	100	30	20	15	10	5	5	0
		Добавляемый	100	90	75	55	35	20	15	5
5	1	Исходный	100	38	18	15	14	8	3	0
		Добавляемый	100	85	65	50	40	30	20	5
6	1	Исходный	100	36	16	14	12	7	2	0
		Добавляемый	100	80	60	55	45	35	30	3
7	1	Исходный	100	34	16	15	12	6	3	0
		Добавляемый	100	65	45	40	30	20	15	5
8	1	Исходный	100	35	20	15	5	1	0	0
		Добавляемый	100	70	50	45	35	25	20	5
9	1	Исходный	100	40	25	20	10	5	0	0
		Добавляемый	100	75	55	50	40	30	25	5
10	1	Исходный	100	35	15	15	10	5	3	0
		Добавляемый	100	95	80	60	50	40	30	10
11	1	Исходный	100	30	20	15	10	5	5	0
		Добавляемый	100	70	55	45	40	30	15	3
12	1	Исходный	100	38	18	15	14	8	3	0
		Добавляемый	100	75	65	55	40	30	20	5
13	2	Исходный	100	100	80	50	45	30	15	5
		Добавляемый	100	35	20	15	5	1	0	0
14	2	Исходный	100	85	55	45	35	20	15	5
		Добавляемый	100	40	25	20	10	5	0	0
15	2	Исходный	100	100	100	80	55	35	20	5
		Добавляемый	100	35	15	15	10	5	3	0
16	2	Исходный	100	90	75	55	35	20	15	5
		Добавляемый	100	30	20	15	10	5	5	0
17	2	Исходный	100	85	65	50	40	30	20	5
		Добавляемый	100	38	18	15	14	8	3	0
18	2	Исходный	100	80	60	55	45	35	30	3
		Добавляемый	100	36	16	14	12	7	2	0

Продолжение таблицы 2.3

№ варианта	№ смеси	Материал	Полные просевы на ситах, %							
			70	40	20	10	5	2,5	0,63	0,05
19	2	Исходный	100	65	45	40	30	20	15	5
		Добавляемый	100	34	16	15	12	6	3	0
20	2	Исходный	100	70	50	45	35	25	20	5
		Добавляемый	100	35	20	15	5	1	0	0
21	2	Исходный	100	75	55	50	40	30	25	5
		Добавляемый	100	40	25	20	10	5	0	0
22	2	Исходный	100	95	80	60	50	40	30	10
		Добавляемый	100	35	15	15	10	5	3	0
23	2	Исходный	100	70	55	45	40	30	15	3
		Добавляемый	100	30	20	15	10	5	5	0
24	2	Исходный	100	75	65	55	40	30	20	5
		Добавляемый	100	38	18	15	14	8	3	0
25	2	Исходный	100	35	15	15	10	5	3	0
		Добавляемый	100	95	80	60	50	40	30	10

**Пример расчета**

*Исходные данные*

Вариант - 26.

Номер смеси - 1.

Полные просевы исходного материала и материала, используемого для улучшения исходного (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Полные просевы материала

Материал	Полные просевы на ситах, %							
	70	40	20	10	5	2,5	0,63	Менее 0,05
Исходный	100	35	15	10	5	0	0	0
Добавляемый	100	100	100	95	90	75	30	2

*Порядок расчета*

1. Определяют область нахождения материалов.

Производят построение суммарной кривой гранулометрического состава по исходным данным. Суммарная кривая отражает не отдельные фракции, а сумму фракций частиц менее определенного диаметра (рис. 2.1).

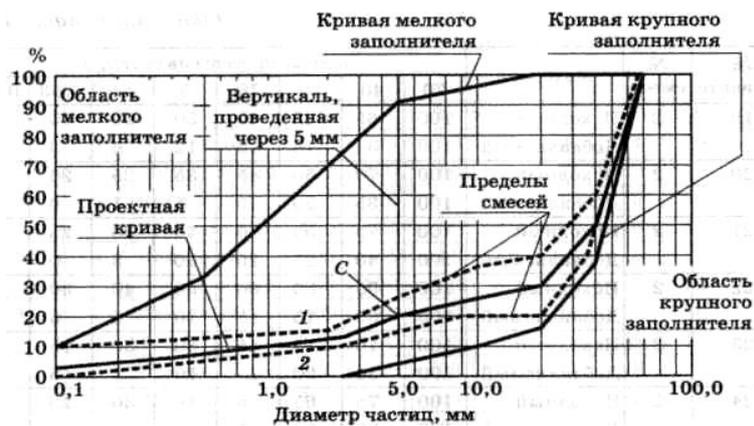


Рис. 2.1. График полных просевов

1.1. Строят прямоугольную систему координат: по оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит (от 0,1 до 100 мм), по оси ординат - процентное содержание фракций по совокупности (%). Оси подписывают.

По оси абсцисс откладывают три отрезка одинаковой длины (длину одного отрезка рекомендуют принимать равной 5 см). В начале координат ставят цифру 0,1, в конце первого отрезка - 1,0, в конце второго отрезка - 10,0, в конце третьего - 100,0.

По оси ординат откладывают десять отрезков одинаковой длины (длину одного отрезка рекомендуют принимать равной 1 см). Напротив каждого отрезка ставят цифры от 0 до 100 с шагом 10.

Каждый отрезок по оси абсцисс разбивают на отрезки, соответствующие логарифмам чисел от 2 до 9, умноженные на длину отрезка (в нашем примере на 5 см):

- $\lg 2 \cdot 5 = 0,301 \cdot 5 = 1,5 \text{ см};$
- $\lg 3 \cdot 5 = 0,477 \cdot 5 = 2,4 \text{ см};$
- $\lg 4 \cdot 5 = 0,602 \cdot 5 = 3,0 \text{ см};$
- $\lg 5 \cdot 5 = 0,699 \cdot 5 = 3,5 \text{ см};$
- $\lg 6 \cdot 5 = 0,778 \cdot 5 = 3,9 \text{ см};$
- $\lg 7 \cdot 5 = 0,845 \cdot 5 = 4,2 \text{ см};$
- $\lg 8 \cdot 5 = 0,903 \cdot 5 = 4,5 \text{ см};$
- $\lg 9 \cdot 5 = 0,954 \cdot 5 = 4,8 \text{ см}.$

От начала координат последовательно откладывают полученные отрезки, из которых проводят вертикальные линии.

Аналогичным образом разбивают второй и третий отрезки. Каждая вертикальная линия соответствует значениям отверстий в сите в данном диапазоне. Например, на первом отрезке - 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 и т.д.

1.2. Производят построение кривых, соответствующих зерновому составу смеси, в соответствии с заданием (пунктирные кривые 1 и 2 на рис. 2.1). На полученную систему координат наносят точки, соответствующие полным просевам на данных ситах. По исходным данным (см. табл. 2.4) аналогичным образом строят суммарные кривые гранулометрических составов исходного и добавляемого материала. В результате получаем кривые, одна из которых лежит выше пределов обозначенной смеси (кривая мелкого заполнителя), а другая - ниже (кривая крупного заполнителя).

1.3. Определяют принадлежность материала к крупному или мелкому заполнителю. Если суммарная кривая расположена выше нанесенных пределов, то материал относится к мелкому заполнителю, ниже - к крупному.

2. Производят расчет содержания крупного и мелкого заполнителя в смеси, соответствующей пределам гравийной или гравийно-песчаной смеси. Расчет осуществляют графоаналитическим методом.

2.1. Проводят вертикальную линию через сито с отверстием, равным 5 мм. Обозначают точки пересечения этой линии с кривой мелкого (верхняя суммарная кривая) и крупного (нижняя суммарная кривая) заполнителей.

2.2. На проведенной вертикальной линии выбирают точку (например С) посередине кривых, обозначающих полные просевы гравийных и гравийно-песчаных смесей, применяемых для устройства необработанных оснований.

2.3. Определяют содержание добавки мелкого заполнителя по формуле:

$$P_1 = \frac{g_2 - g_0}{g_2 - g_1} 100 = \frac{90 - 20}{90 - 5} 100 = 82 \%,$$

где  $g_2$  - полный просев на сите (5) мелкого материала;  $g_1$  - полный просев на том же сите крупного материала;  $g_0$  - полный просев смеси первого и второго материала (точка С).

2.4. Определяют содержание добавки крупного заполнителя по формуле:

$$P_2 = \frac{g_0 - g_1}{g_2 - g_1} 100 = \frac{20 - 5}{90 - 5} 100 = 18 \%.$$

3. Определяют полные просевы для искусственно составленной смеси.

Полные просевы определяют по формуле

$$g_i = g_1 \frac{P_1}{100} + g_2 \frac{P_2}{100}.$$

Результаты расчета полных просевов на каждом сите заносят в табл. 2.5.

4. Определяют расхождение полных просевов искусственно составленной смеси с требуемыми пределами.

4.1. Результаты расчета (гр. 7 табл. 2.5) переносят на суммарную кривую гранулометрического состава.

Таблица 2.5. Результаты расчета

Размеры сит, мм	Требуемые пределы полных просевов смеси	Полные просевы для материалов, %		Полные просевы для материалов при их содержании в смеси, %		Сумма полных просевов для смеси, %
		исходный, $g_1$	добавляемый, $g_2$	исходный $P_1 = 82$	добавляемый, $P_2 = 18$	
1	2	3	4	5	6	7
70,0	100	100	100	$82 \cdot (100/100) = 82$	$18 \cdot (100/100) = 18$	$82 + 18 = 100$
40,0	40...60	35	100	28,7	18,0	46,7
20,0	20...40	15	100	12,3	18,0	30,3
10,0	20...35	10	95	8,2	17,1	25,3
5,0	15...25	5	90	4,1	16,2	20,3
2,5	10...15	0	75	-	13,5	13,5
0,63	5...10	0	30	-	5,4	5,4
<0,05	0...3	0	2	-	0,3	0,3
				$g_1 \cdot (P_1/100)$	$g_2 \cdot (P_2/100)$	$g_i$

Данные искусственно составленной смеси должны входить в требуемые пределы. Допускается расхождение до 5 %. Если проектная кривая лежит вне требуемых пределов более чем на 5 %, предусматриваются следующие коррективы в расчете.

1. Проектная кривая выходит за требуемые пределы в нижней части графика, т.е. в область крупного заполнителя, - точку С поднимают немного выше ее среднего положения.

2. Проектная кривая выходит за требуемые пределы в верхней части графика,

ка, т.е. в область мелкого заполнителя, - точку С опускают немного ниже ее среднего положения.

### ***Заключение***

Результаты расчета свидетельствуют о том, что для улучшения исходного материала, лежащего в области мелкого заполнителя, необходимо создать искусственную смесь, состоящую из 82 % песка и 18 % гравия.

### ***Практическое занятие №3***

## **ВЫБОР ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ПО ТЕХНИЧЕСКИМ И ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

### **Введение**

Для возведения земляного полотна автомобильной дороги используют землеройные машины: бульдозеры, скреперы, экскаваторы, автогрейдеры. Выбор ведущего типа машины зависит от высоты насыпи, глубины выемки, типа грунта и дальности его перемещения.

*Землеройно-транспортными* называют машины с ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное отделение от массива и перемещение грунта к месту укладки при поступательном движении.

*Бульдозер* представляет собой навесное оборудование на базовый гусеничный или пневмоколесный трактор, включающее отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и гидравлическую систему управления отвалом (рис. 3.1).

Бульдозеры используют для послойной разработки и перемещения грунтов.

По типу привода рабочего оборудования различают бульдозеры с гидравлическим и канатно-блочным управлением.

По классу, который означает номинальную силу тяги базового трактора, различают бульдозеры следующих видов:

- малогабаритные - класса до 0,9, мощностью 18,5...37,0 кВт;

- легкие - класса 1,4...4,0, мощностью 37...96 кВт;
- средние - класса 6...15, мощностью 103...154 кВт;
- тяжелые - класса 25...35, мощностью 220...405 кВт;
- сверхтяжелые - класса 50...100, мощностью 510...880 кВт.

По тяговому классу строится типоразмерный ряд гусеничных бульдозеров: 4, 6, 10, 25, 35. Соответствующая мощность двигателя - 55, 96, 129, 243...272, 250...342 кВт.

Техническая характеристика гусеничных бульдозеров представлена в табл. 3.1.

Рабочий цикл бульдозера:

- 1) при движении машины вперед отвал с помощью системы управления заглубляется в грунт, срезает ножами слой грунта и перемещает образовавшуюся грунтовую призму впереди себя волоком по поверхности земли к месту разгрузки;
- 2) после отсыпки грунта отвал поднимается в транспортное положение, машина возвращается к месту набора грунта, после чего цикл повторяется.

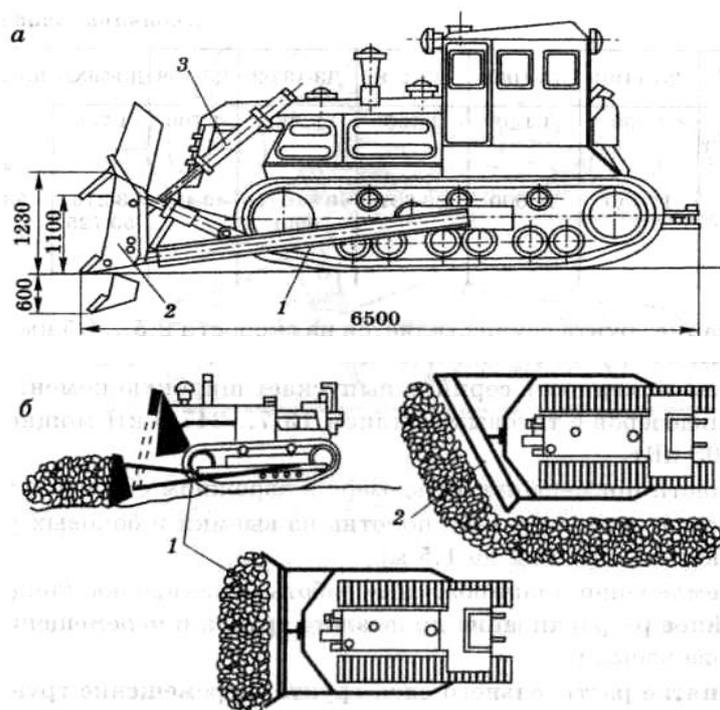


Рис. 3.1. Бульдозер с гидравлической системой управления:  
*а* - схема бульдозера (1 - рама; 2 - отвал; 3 - гидроцилиндр управления отвала); *б* - схема работы бульдозера с поворотным отвалом (2 - установка отвала при разработке грунта; 2 - установка отвала при засыпке траншеи)

Таблица 3.1. Техническая характеристика гусеничных бульдозеров

Показатель	ДЗ-110В	ДЗ-109Б	ДЗ-118	ДЗ-132-2	ДЗ-158	ДЗ-59ХЛ	ДЗ-124ХЛ
Базовый трактор	Т-130МГ-1	Т-130МГ-1	ДЭТ-259М	ДЭТ-250М2	Т-25.01	Т-330	Т-330
Тяговый класс	10	25	25	25	35		
Ширина отвала, мм	3220	4 120	4 310	4 590/ 4 550	4 200 (4 320)	4 730	4 860
Высота отвала, мм	1 300	1 140	1 550	1 700	1 700	1 750	1 880
Масса эксплуатационная, кг	17 740	18 000	38 781	40 810(41 090)	42 455	53 276/ 50 725	53 532

Резание грунта осуществляется на скорости 2,5...4,5 км/ч, перемещение грунта - 4,5...6,0 км/ч.

Промышленность серийно выпускает широкую номенклатуру бульдозеров с тяговым усилием 13,7...247,0 кН мощностью 37...405 кВт.

Области применения бульдозера в дорожном строительстве:

- возведение земляного полотна из выемки и боковых резервов в насыпь высотой до 1,5 м;
- землеройно-планировочные работы: планировка площадок, послойное разравнивание привозного грунта и перемещение его к голове насыпи;
- снятие растительного слоя грунта, перемещение грунта на небольшие расстояния (10...30 м);
- сооружение полувыемки-полунасыпи на косогоре;
- окучивание материалов при выполнении складских операций;
- уборка валунов и пней, корчевка и валка мелколесья;
- вспомогательные работы.

*Скрепер* является самоходной, прицепной или полуприцепной землеройно-транспортной машиной, рабочим органом которой служит ковш на пневмо-

колесах, снабженный в нижней части ножами для срезания грунта (рис. 3.2). Скреперы предназначены для послойного копания, послойной отсыпки, разравнивания и частичного уплотнения грунтов и транспортирования грунта на расстояние 3-5 км.

Рабочий цикл скрепера состоит из следующих последовательно выполняемых операций:

1) резание грунта и наполнение ковша, при этом нож ковша опущен в грунт, а подвижная заслонка находится в приподнятом состоянии. Скорость движения скрепера при наполнении ковша составляет 2...4 км/ч;

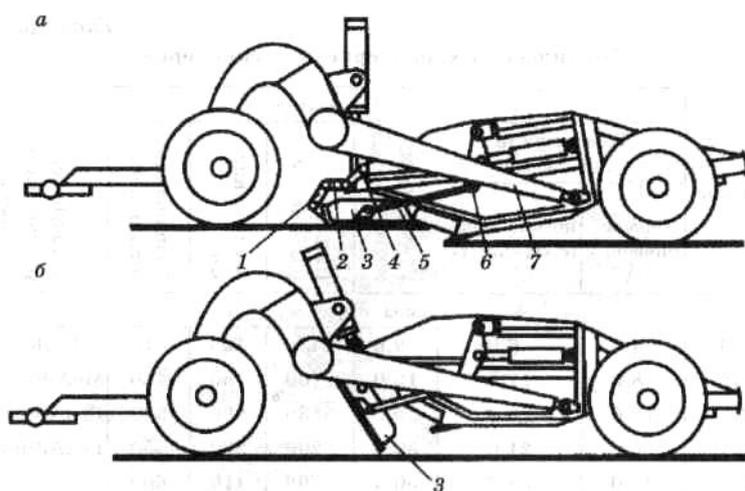


Рис. 3.2. Прицепной скрепер ДЗ-111: *а* - при копании грунта; *б* - при выгрузке и разравнивании грунта: 1 - складывающиеся рычаги; 2 - рычаги заслонки; 3 - лыжа заслонки; 4 - педаль; 5 - тяга; 6 - шарнир; 7 - передняя рама

2) наполненный грунтом ковш на ходу поднимается в транспортное положение, а подвижная заслонка опускается, препятствуя высыпанию грунта из ковша.

3) транспортирование грунта в ковше к месту укладки; скорость при транспортном передвижении составляет 0,5...0,8 от максимальной скорости трактора или тягача;

4) выгрузка и укладка грунта. При разгрузке подвижная заслонка вновь поднимается, а грунт принудительно вытесняется из приспущенного ковша выдвигаемой вперед его задней стенкой, причем регулируемый зазор между ре-

жущей кромкой ковша и поверхностью земли определяет толщину укладываемого слоя грунта;

5) обратный (холостой) ход машины в забой.

Главным параметром скрепера является геометрическая вместимость (объем) ковша. В настоящее время выпускают скреперы с емкостью ковша 3; 4,5; 8; 10; 15; 25; 40 м<sup>3</sup>.

Техническая характеристика скреперов представлена в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Техническая характеристика скреперов

Скреперы	Показатели						
	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>		грузоподъемность, т	ширина резания, мм	заглубление, мм	толщина слоя отсыпки, мм	тягач/буксирующий базовый трактор
	геометрическая	номинальная (с «шапкой»)					
<i>Самоходные</i>							
ДЗ-87-1	4,5	6,0	9,0	2430	135	415	Т-150К
ДЗ-11П	8,0	11,0	15,0	2700	150	450	МоАЗ-546П
ДЗ13Б	16,0	23,0	30,0	3430	200	510	БелАЗ-7422
ДЗ115А	15,0	21,0	30,0	3200	200	450	БелАЗ - 5 31
ДЗ107	25,0	33,6	50,4	3796	410	600	-
ДЗ155-1	15,0	20,0	30,0	3430	200	500	БелАЗ-7422
<i>Прицепные</i>							
ДЗ-111А	4,5	6,0	9,0	2430	125	400	Т-4АП2
ДЗ-77А	8,8	11,0	16,0	2754	225	400	Т-130М
ДЗ-79	15,6	20,5	27,0	3040	200	500	Т-330
ДЗ-137	25,0	33,6	45,0	3550	250	550	Т-500
ДЗ-149-5	8,8	11,0	16,5	2850	150	400	К-701
ДЗ-161	16,0	23,0	30,0	3430	200	500	Т-25

Скреперы классифицируют на машины с малой (до 3 м<sup>3</sup>), средней (3...10 м<sup>3</sup>) и большой (свыше 10 м<sup>3</sup>) вместимостью ковша. Их применяют для доставки грунта из выемок или резервов в насыпь.

*Автогрейдеры* (рис. 3.3) представляют собой самоходные планировочно-профилировочные машины, основным рабочим органом которых служит полноповоротный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования.

Автогрейдеры применяют:

- для послойной разработки и перемещения грунтом на расстояние до 100 м при планировочных и профилировочных работах на строительстве земляного полотна;
- сооружения невысоких насыпей и профильных выемок;
- засыпки траншей, канав;
- очистки дорог от снега в зимнее время.

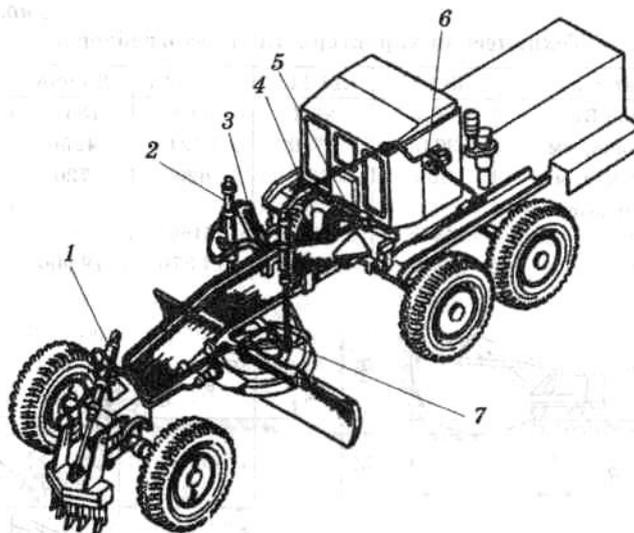


Рис. 3.3. Автогрейдер: 1, 2, 3 - гидродвигатели управления кирковщиком, наклоном и поворотом отвала; 4 - базовый тягач; 5 - распределитель; 6 - насос; 7 - поворотная колонка

Автогрейдеры разделяют по массе:

- на легкие – до 9 т, мощность 55...65 кВт;
- средние – 9... 13 т, мощность 65...110 кВт;
- тяжелые – 13...19 т, мощность 110...185 кВт.

Колесная схема автогрейдеров определяется формулой А х Б х В,

где А – число осей с управляемыми колесами; Б – число осей с ведущими колесами; В – общее число осей. Колесная схема отечественных автогрейдеров легкого и среднего типов – 1х2х3, тяжелого типа – 1х3х3. Легкие автогрейдеры обеспечивают наибольшую глубину резания до 0,2 м, средние – до 0,25 м, тяжелые – до 0,5 м.

Техническая характеристика автогрейдеров представлена в табл. 3.3.

Кроме основного рабочего отвала автогрейдер снабжается дополнительным сменным оборудованием:

- удлинителем и уширителем отвала для перемещения и планирования грунтов;
- откосниками (укрепляемыми на отвале) для планирования откосов насыпей (выемок) и очистки канав;

Таблица 3.3. Техническая характеристика автогрейдеров

Показатель	ДЗ-99А	ДЗ-143	ДЗ-122А	ДЗ-98А	ДЗ-140
Мощность, кВт	66,2	99,4	99,4	184,0	220,0
Длина отвала, мм	3040	3740	3724	4250	4830
Высота отвала, мм	500	620	620	720	800
Длина бульдозерного отвала, мм	2235	2475	2480	-	2475
Масса, кг	9500	13 500	14 370	19 500	26 600

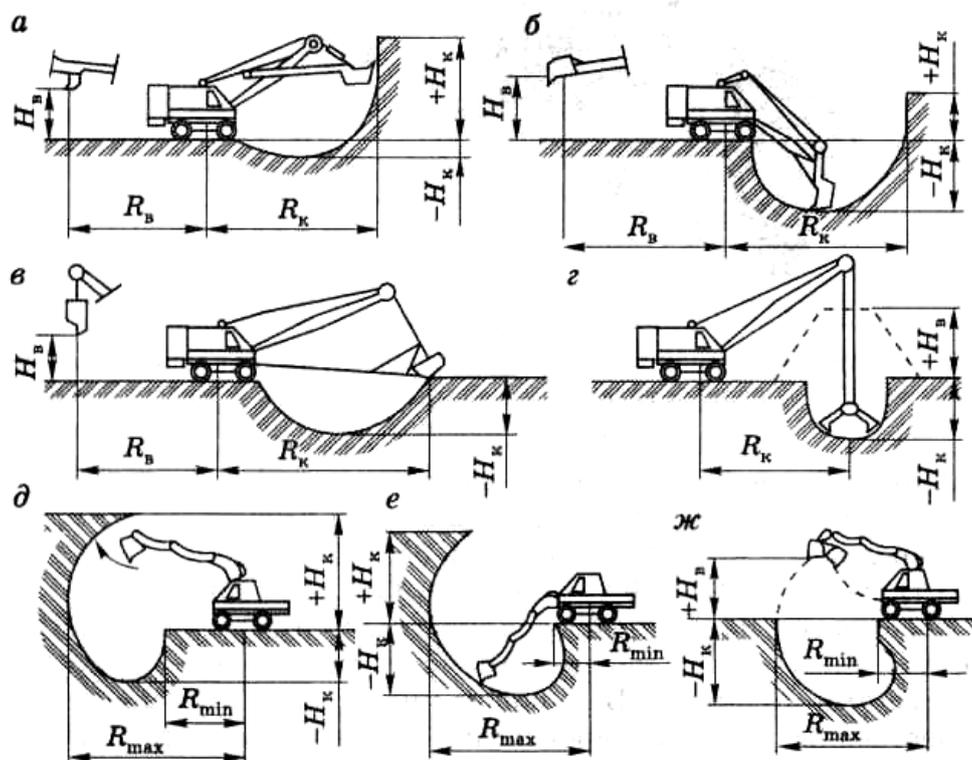


Рис. 3.4. Профили забоев экскаваторов с различным рабочим органом: а - экскаватор прямая лопата с канатным приводом рабочего органа; б - экскаватор

обратная лопата с канатным приводом рабочего органа;  $\epsilon$  - драглайн;  $\zeta$  - экскаватор с грейферным рабочим органом;  $\delta$  - полноповоротный гидравлический экскаватор прямая лопата;  $e$  - полноповоротный гидравлический экскаватор обратная лопата;  $ж$  - полноповоротный гидравлический экскаватор с грейферным ковшом;  $R_K$  - расстояние копания;  $R_B$  - расстояние выгрузки;  $H_K$  - высота копания;  $H_B$  - высота выгрузки;  $R_{max}$  - максимальное расстояние от центра экскаватора до дальней точки копания;  $R_{min}$  - минимальное расстояние от центра экскаватора до ближней точки копания

- кирковщиком с шириной захвата 930 ... 1400 мм для взлома дорожных покрытий и рыхления плотных грунтов на глубину до 0,25 м;
- бульдозерным отвалом;
- двухотвальным снегоочистителем, который устанавливается спереди машины и управляется гидроцилиндром.

*Экскаваторы* - это самоходные землеройные машины с ковшовым оборудованием, предназначенные для разработки грунтов с перемещением их на сравнительно небольшие расстояния в отвал или в транспортное средство с доставкой на любое экономически целесообразное расстояние. Профили забоев экскаваторов с различным рабочим органом представлены на рис. 3.4.

По ходовому оборудованию экскаваторы разделяются:

- на гусеничные (емкость ковша 0,4...16,0 м<sup>3</sup>);
- пневмоколесные (0,4...0,65 м<sup>3</sup>);
- на шасси автомобилей и тракторов (0,15...0,65 м<sup>3</sup>);
- шагающие (до 100 м<sup>3</sup>).

Технические характеристики экскаваторов представлены в табл. 3.4.

Рабочий цикл одноковшового экскаватора при разработке грунтов состоит из следующих операций:

- 1) копание грунта (заполнение ковша грунтом);
- 2) подъем ковша с грунтом из забоя;
- 3) поворот ковша к месту разгрузки;

- 4) разгрузка грунта из ковша в отвал или транспортное средство;
- 5) поворот порожнего ковша к забою и опускание его в исходное положение для следующей операции копания.

Таблица 3.4. Техническая характеристика одноковшовых экскаваторов

Показатель	Гидравлические				Канатные		
	Амкодор 702, ТО-49	ЭО-3323	ЭО-5124 (ЭО-5124-2)	ЭО-6123 (ЭО-6123-1)	ЭО-3122	ЭО-3221	ЭО-4321В
Эксплуатационная масса с оборудованием обратная лопата, т	6,3	14,0	39,0 (38,0)	67,5 (61,2)	14,3	14,0	19,5
Вместимость основного ковша с оборудованием обратная лопата, м <sup>3</sup>	0,28	0,63	1,6	2,5	0,63	0,63	0,8
Мощность двигателя, кВт	57,4	55,0	125	75x2	55,0	55,0	73,6
Наибольший угол подъема, град.	13	-	20	20	22	22	22
Вместимость сменных ковшей, м <sup>3</sup>	-	0,25...1,2	1,0...3,0	1,6...5,0	0,25...1,2	0,25...0,8	0,5...1,25
Ход*	ПН	ПН	ГС	ГС	ГС	ГС	ПН
Эксплуатационная масса с оборудованием обратная лопата, т	25,0	25,6	12,4	12,7	24,5 (22,3)	32,0	
Вместимость основного ковша с оборудованием обратная лопата, м <sup>3</sup>	1,0	1,0	0,4	0,4	0,65	1,0	
Мощность двигателя, кВт	95,6	95,6	36,8	36,8	60	103	
Наибольший угол подъема, град.	22	22	22	22	22	20	
Вместимость сменных ковшей, м <sup>3</sup>	0,3...2,0	0,3...2,0	0,4	0,4	0,65	1,0	
Ход*	ГС	ГС	ПН	ГС	ГС	ГС	

\* ПН – пневмоколесный; ГС – гусеничный

Экскаватор с рабочим оборудованием прямая лопата разрабатывает грунт в забое, расположенном выше уровня стоянки машины. Экскаватор с оборудованием обратная лопата предназначен для рытья траншей и небольших котлованов, расположенных ниже уровня стоянки. Экскаватор с оборудованием

драглайн разрабатывает грунт ниже уровня своей стоянки и применяется для рытья котлованов, водоемов и траншей, а также для разработки различных выемок под водой. Ковш драглайн - совкового типа, он связан со стрелой системой тросов.

По вместимости ковша экскаваторы подразделяются на восемь групп: 0,15 м<sup>3</sup>; 0,25 м<sup>3</sup>; 0,4 м<sup>3</sup>; 0,65 м<sup>3</sup>; 1,0 м<sup>3</sup>; 1,6 м<sup>3</sup>; 2,5 м<sup>3</sup>; 4,0 м<sup>3</sup>.

Одноковшовые экскаваторы применяют при выполнении сосредоточенных земляных работ:

- при отсыпке насыпи из отдельных резервов;
- выторфовывании;
- разработке глубоких выемок;
- работе в карьерах;
- рытье котлована под трубу.

Производительность одноковшового экскаватора снижается по мере увеличения плотности грунта. Кроме того, она зависит от способа разработки грунта (при работе «на вымет» производительность повышается, при погрузке на транспортные средства - снижается), вместимости ковша и конструктивного решения его кромки. Производительность экскаватора можно повысить, уменьшив угол поворота стрелы и увеличив вместимость ковша. Для этого необходимо максимально заполнять ковш грунтом (с «шапкой»), а также совмещать процесс резания грунта с поворотом стрелы.

Производительность одноковшового экскаватора определяют по формуле:

$$\Pi_{\text{ч}} = 60 \cdot T \cdot g \cdot n \cdot k_{\text{II}} \cdot k_{\text{B}}, \quad (3.1)$$

где  $\Pi_{\text{ч}}$  - часовая эксплуатационная производительность, м<sup>3</sup>/ч;  $T$  - продолжительность смены, ч;  $g$  - геометрическая емкость ковша, м<sup>3</sup>;  $n$  - число рабочих циклов в минуту;  $k_{\text{II}}$  - коэффициент наполнения ковша грунтом в плотном теле;  $k_{\text{B}}$  - коэффициент использования сменного времени (при загрузке автомобилей самосвалов в боковом забое  $k_{\text{B}} = 0,73 \dots 0,74$ , в лобовом  $k_{\text{B}} = 0,68$ );

$$n = \frac{60}{t_{ц}}$$

где  $t_{ц}$  - рабочая длительность цикла, с

$$k_{п} = \frac{k_{н}}{k_{р}}$$

где  $k_{н}$  - коэффициент наполнения ковша рыхлым грунтом;  $k_{р}$  - коэффициент, учитывающий разрыхление грунта.

Эффективность применения комплектов землеройных и землеройно-транспортных машин заключается в анализе и сравнении изменения критерия эффективности в зависимости от основных факторов, характеризующих объекты строительства. Сравнительную эффективность определяют по критерию суммарных приведенных затрат на 1 м<sup>3</sup> готового земляного сооружения по формуле:

$$Z_y = \frac{Z_e}{V} + \frac{Z_r + K_э \cdot C_k}{\Pi_ч \Phi} + \frac{\sum C_{м.ч}}{\Pi_ч} + \frac{Z}{1000} + Z_{рем} + Z_{тр}, \quad (3.2)$$

где  $Z_e$  - единовременные затраты на перебазировку и организацию работы всех машин комплекта, руб.;  $V$  - объем работ на объекте, м<sup>3</sup>;  $Z_r$  - годовые затраты комплекта на выполнение объема работ  $V$ , руб.;  $K_э$  - нормативный коэффициент эффективности ( $K_э = 0,15$ );  $C_k$  - инвентарно-расчетная стоимость комплекта, руб.;  $\Pi_ч$  - среднечасовая производительность экскаватора, м<sup>3</sup>/ч;  $\Phi$  - годовой фонд рабочего времени, маш.-ч;  $\sum C_{м.ч}$  - себестоимость машино-часа каждой машины комплекта, руб./маш.-ч;  $Z$  - заработная плата рабочих, не занятых управлением машин, руб./1000 м<sup>3</sup>;  $Z_{рем}$  - затраты на ремонт и содержание дорог, руб./м<sup>3</sup>;  $Z_{тр}$  - затраты на транспортировку грунта, руб./м<sup>3</sup>.

### Задание

1. Определить эксплуатационную производительность ведущей землеройной машины в составе сравниваемых комплектов.

2. Определить приведенные удельные затраты комплекта машин.
3. Произвести сравнение эффективности комплектов по критерию суммарных приведенных затрат.
4. Подобрать марки машин (ведущей и комплектующих) по обозначенной мощности.

Исходные данные приведены в табл. 3.5. Состав комплектов и их характеристики приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.5. Исходные данные к практической работе № 3

№ варианта	Номера сравниваемых комплектов	Вид грунта*	Объем грунта, м	Схема работы в забое**	Продолжительность работы в году, дней
1	1, 2	П	3x10x100	Б	200
2	2,3	СП	3,5x10x100	Л	220
3	1,3	сг	4x10x100	Б	240
4	2, 4	г	4,5x10x100	Л	260
5	1. 4	жг	5x10x100	Б	280
6	2, 5	П	3x12x100	Л	300
7	1, 5	СП	3,5x12x100	Б	210
8	2, 6	СГ	4x12x100	Л	230
9	1, 6	г	4,5x12x100	Б	250
10	3, 4	ЖГ	5x12x100	Л	270
11	4, 5	п	3x14x100	Б	290
12	3, 5	СП	3,5x14x100	Л	205
13	4,6	СГ	4x14x100	Б	215
14	3, 6	г	4,5x14x100	Л	225
15	5, 6	ЖГ	5x14x100	Б	235
16	1, 2	п	3x16x100	Л	245
17	3,4	СП	3,5x16x100	Б	255
18	5, 6	СГ	4x16x100	Л	265
19	2, 3	г	4,5x16x100	Б	275
20	4, 5	ЖГ	5x16x100	Л	285
21	1,6	п	3x18x80	Б	295
22	4, 5	СП	3,5x18x80	Л	305
23	2, 3	СГ	4x18x80	Б	310
24	3, 5	г	4,5x18x80	Л	315
25	2,4	ЖГ	5x18x80	Б	320

\* П - песок; СП - супесь; СГ - суглинок; Г - глина; ЖГ - жирная глина.

\*\* В - боковой забой; Л - лобовой забой.

Таблица 3.6. Техничко-экономические показатели комплектов машин

Показатель	Единица измерения	Номер комплекта					
		1	2	3	4	5	6
Состав комплекта:							
экскаватор	м <sup>3</sup>	0,63	0,65	0,8	1,0	1,0	1,6
бульдозер	кВт	96	103	154	220	250	130
автогрейдер	кВт	66,2	99,4	184,0	220,0	99,4	66,2
Единоновременные затраты	руб.	185	220	260	300	400	500
Годовые затраты	руб.	3788	4256	4673	5021	5565	6103
Инвентарная расчетная стоимость	руб.	30 685	36 490	45 514	54 321	58 904	61 221
Себестоимость комплекта	руб./маш.-ч	3,20	3,78	4,21	4,67	4,98	5,17
Заработная плата работников, не занятых управлением машин	руб./м <sup>3</sup>	7,55	7,78	7,65	6,78	7,32	6,96
Затраты на ремонт и содержание дорог	руб./м <sup>3</sup>	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Затраты на транспортировку грунта	руб./м <sup>3</sup>	0,16	0,15	0,14	0,15	0,16	0,14

### Пример расчета

#### *Исходные данные*

Вариант - 26.

Номера сравниваемых комплектов -1, 2.

Вид грунта - песок.

Объем грунта - 4х10х100 м.

Схема работы в забое - боковой забой. Продолжительность работы комплекта машин в течение года - 250 дней.

### Порядок расчета

1. Определяют эксплуатационную производительность экскаватора по формуле (3.1).

1.1. Определяют продолжительность цикла (в секундах) первого комплекта с учетом данных табл. 3.7:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{ц}} + t_{\text{ц}} + t_{\text{ц}} + t_{\text{ц}} = 3 + 4 + 2 + 3 = 12, \quad (3.3)$$

где  $t_H$  - время наполнения ковша;  $t_{\text{п}}$  - время подъема ковша и поворота платформы;  $t_p$  - время разгрузки ковша;  $t_0$  - время обратного поворота платформы.

1.2. Определяют количество рабочих циклов в минуту:

$$n = \frac{60}{t_{\text{ц}}} = \frac{60}{12} = 5. \quad (3.4)$$

Таблица 3.7. Продолжительность отдельных операций, с

Операция цикла	Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>		
	0,65(0,5-1,0)	1,0 (1,0-1,2)	1,6(1,25-1,0)
Наполнение ковша	3	4	6
Подъем груженого ковша с поворотом платформы	4	6	6
Выгрузка грунта	2	3	3
Обратный поворот платформы	3	5	5

1.3. Определяют коэффициент наполнения ковша грунтом в плотном теле с учетом данных табл. 3.8:

$$k_{\text{п}} = \frac{k_H}{k_p} = \frac{1,0}{1,1} = 0,9 \quad (3.5)$$

1.4. Определяют эксплуатационную производительность экскаватора в смену (по формуле (3.1)):

$$П_{э1} = 60 \cdot 7,8 \cdot 0,63 \cdot 5 \cdot 0,9 \cdot 0,73 = 969 \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (3.6)$$

Аналогичным образом определяют производительность экскаватора сравниваемого комплекта.

2. Определяют приведенные удельные затраты комплекта машин сравниваемых вариантов по формуле (3.2).

2.1. Определяют объем работ, выполненных экскаватором:

$$V = 4 \cdot 10 \cdot 100 = 4000 \text{ м}^3. \quad (3.7)$$

2.2. Определяют годовой фонд рабочего времени, необходимого для выполнения работ:

$$\Phi = t_{см} \cdot T_{г} \cdot k_{см} = 7,8 \cdot 250 \cdot 1,5 = 2925 \text{ ч}, \quad (3.8)$$

где ( $t_{см}$  - продолжительность смены на рабочей площадке, ч;  $T_{г}$  - число рабочих дней в году, в течение которых должен быть выполнен объем земляных работ;  $k_{см}$  - коэффициент сменности за рабочий период (изменяется от 1,0 (для зимних месяцев) до 2,0 (для летних месяцев)). В нашем случае  $t_{см} = 7,8$  ч,  $T_{г} = 250$  дней,  $k_{см} = 1,5$ .

2.3. Определяют время, за которое экскаватор выполнит объем земляных работ:

$$N_{ч} = \frac{V}{П_{э}} = \frac{4000}{969} = 4,1 \text{ ч}. \quad (3.9)$$

Аналогичным образом определяют время, необходимое для выполнения того же объема земляных работ вторым комплектом машин.

2.4. Определяют объем земляных работ, который может быть выполнен комплектом за время работы:

$$V_{\Gamma} = \frac{V \cdot \Phi}{N_{\text{ч}}} = \frac{4000 \cdot 2925}{4,1} = 2853659 \text{ м}^3 \quad (3.10)$$

2.5. Определяют приведенные удельные затраты при работе комплекта в течение обозначенного годового времени (в нашем случае 250 дней) по формуле (3.2):

$$Z_{y1} = \frac{185}{2853659} + \frac{3788 + (0,15 \cdot 30685)}{969 \cdot 2925} + \frac{3,20}{969} + \frac{7,55}{1000} + 0,004 + 0,16 = 0,17787 \text{ руб./м}^3.$$

Аналогичным образом определяют удельные затраты для сравниваемого комплекта машин:  $Z_{y2} = 0,21232 \text{ руб./м}^3$ .

3. Производят сравнение эффективности комплектов по критерию суммарных приведенных затрат.

Вывод о выборе комплекта машин делают на основании приведенных удельных затрат и срока выполнения работы.

4. Подбирают марки машин (ведущей и комплектующих) по обозначенной мощности и емкости ковша (табл. 3.1; 3.3; 3.4). Результаты заносят в табл. 3.9.

Таблица 3.9. Марки машин

Машина	Принадлежность машины	Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Мощность, кВт	Марка
Экскаватор	Ведущая			
Бульдозер гусеничный	Комплектуемая			
Автогрейдер	Комплектуемая			

### ***Заключение***

Определена производительность ведущих машин (экскаваторов) сравниваемых комплектов. Рассчитаны по комплектам приведенные удельные затраты.

Определено количество рабочего времени, необходимого для выполнения обозначенного объема работ. Выбраны марки машин.

## СОСТАВЛЕНИЕ ВЕДОМОСТИ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ С РАЗРАБОТКОЙ ГРАФИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС

### Введение

Автомобильная дорога состоит из таких основных компонентов, как дорожное полотно (земляное полотно), дорожная одежда и искусственные сооружения.

Земляное полотно - грунтовое сооружение в виде насыпи или выемки, включающее рабочий слой, ядро насыпи, обочины, откосные части, грунтовое основание, систему поверхностного водоотвода и различного типа специальные удерживающие и поддерживающие конструкции. С помощью земляного полотна создаются условия для укладки дорожной одежды, поддерживается определенный влажностный режим дороги, регулируется продольный и поперечный уклоны местности и обеспечивается безопасное движение транспортных средств.

*Насыпь* - инженерное земляное сооружение, устраиваемое из природных или техногенных грунтов, в пределах которых вся поверхность дорожного полотна расположена выше уровня земли.

*Выемка* - земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю, при этом вся поверхность дорожного полотна расположена ниже уровня земли.

Земляное полотно включает следующие элементы:

- верхняя часть насыпи до глубины 1,5 м от поверхности покрытия (рабочий слой);
- нижняя часть насыпи - ядро насыпи (часть полотна, располагаемая ниже рабочего слоя);
- откосные части насыпи или выемки;
- основание насыпи (массив грунта, на поверхности которого возводится насыпь);
- основание выемки (массив грунта ниже границы рабочего слоя).

*Дорожная одежда* - многослойная конструкция, предназначенная для пе-

пераспределения давления на грунт от действия транспортной нагрузки, обеспечивающая повышение сроков службы и транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги.

*Искусственные сооружения* - инженерные конструкции, предназначенные для плавного пересечения проезжей частью дороги водных преград, пониженных мест, других коммуникационных сооружений, горных массивов.

К земляным работам относится сооружение присыпной обочины и кюветов.

*Обочина* - инженерное земляное сооружение между проезжей частью и бровкой дорожного полотна, предназначенное для вынужденной остановки транспортного средства.

Обочины могут быть грунтовые, с засевом трав, укрепленные местными материалами. Поперечный уклон обочины принимают на 20 % больше поперечного уклона проезжей части.

*Присыпная обочина* - земляное сооружение из уплотненного местного или привозного грунта, устраиваемое после строительства дорожного покрытия для выравнивания поверхности дорожного полотна.

*Кювет* - боковая водоотводная канава, расположенная непосредственно вдоль подошвы земляного полотна.

На основании данных продольного профиля (рис. 4.1) по объемам насыпей, выемок и кюветов производится распределение земляных масс.

Профильный объем насыпей и выемок устанавливают на основании продольного и поперечного профилей автомобильной дороги. Для отсыпки насыпи определяют возможные источники получения грунта - грунтовые карьеры, выемки, боковые резервы. При этом необходимо принимать во внимание разницу в плотности грунта в условиях естественного залегания (в резерве) и в построенной насыпи. Для этого при распределении земляных работ в расчетах следует учитывать коэффициент относительного уплотнения, представляющий собой отношение плотности сухого грунта в насыпи к плотности сухого грунта в резерве:

$$K_{отн} = \frac{\rho_{dн}}{\rho_{dрез}}$$

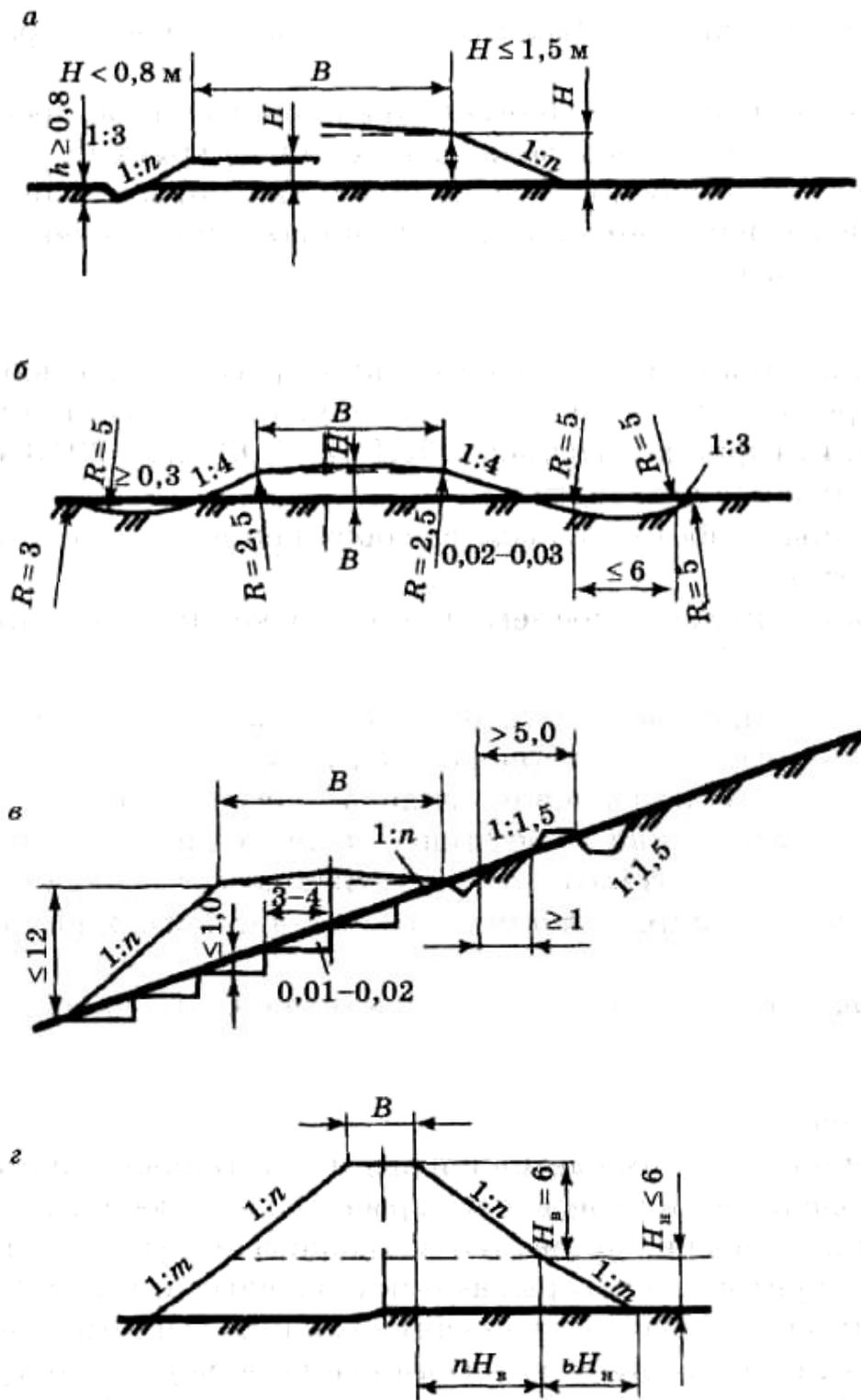


Рис. 4.1. Типовые профили земляного полотна автомобильной дороги (продолжение и окончание см. на с. 44, 45): *a* - насыпь из привозных грунтов высотой до 1,5 м; *б* - насыпь высотой до 1,5 м в пригородных зонах и местах, подверженных снежным заносам; *в* - насыпь на устойчивых косогорах крутизной от 1,0: 1,5 до 1 : 3; *г* - насыпь высотой более 6 м

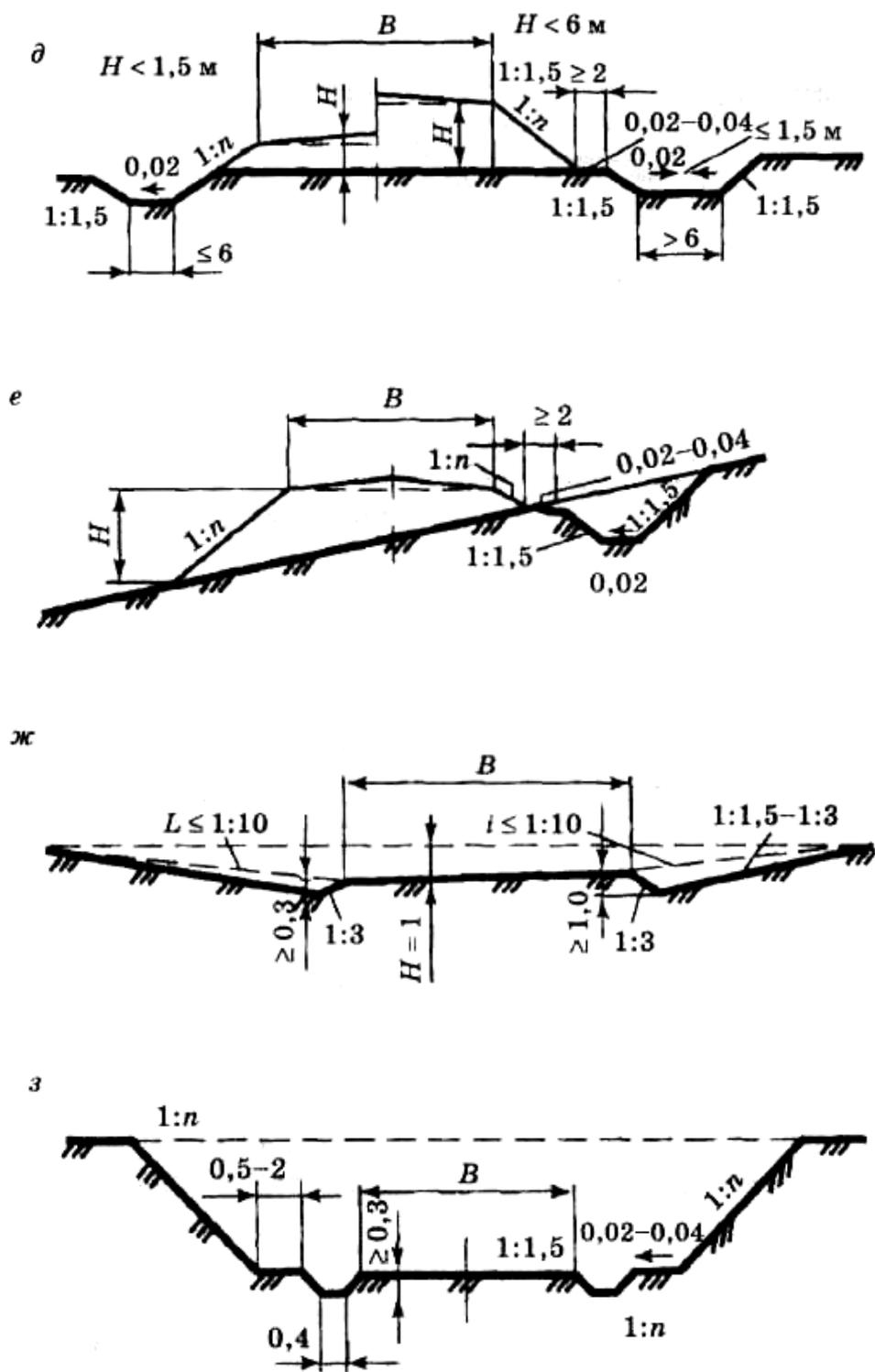


Рис. 4.1. Продолжение (начало см. на с. 43, окончание - на с. 45): *д* - насыпь из боковых резервов; *е* - насыпь из бокового резерва на косогоре крутизной от 1 : 10 до 1 : 5; *ж* - раскрытая выемка глубиной до 1 м; *з* - выемка глубиной от 2 до 12 м в легко выветривающихся скальных грунтах, переувлажненных глинистых, пылеватых, лёссовидных грунтах и лёссах

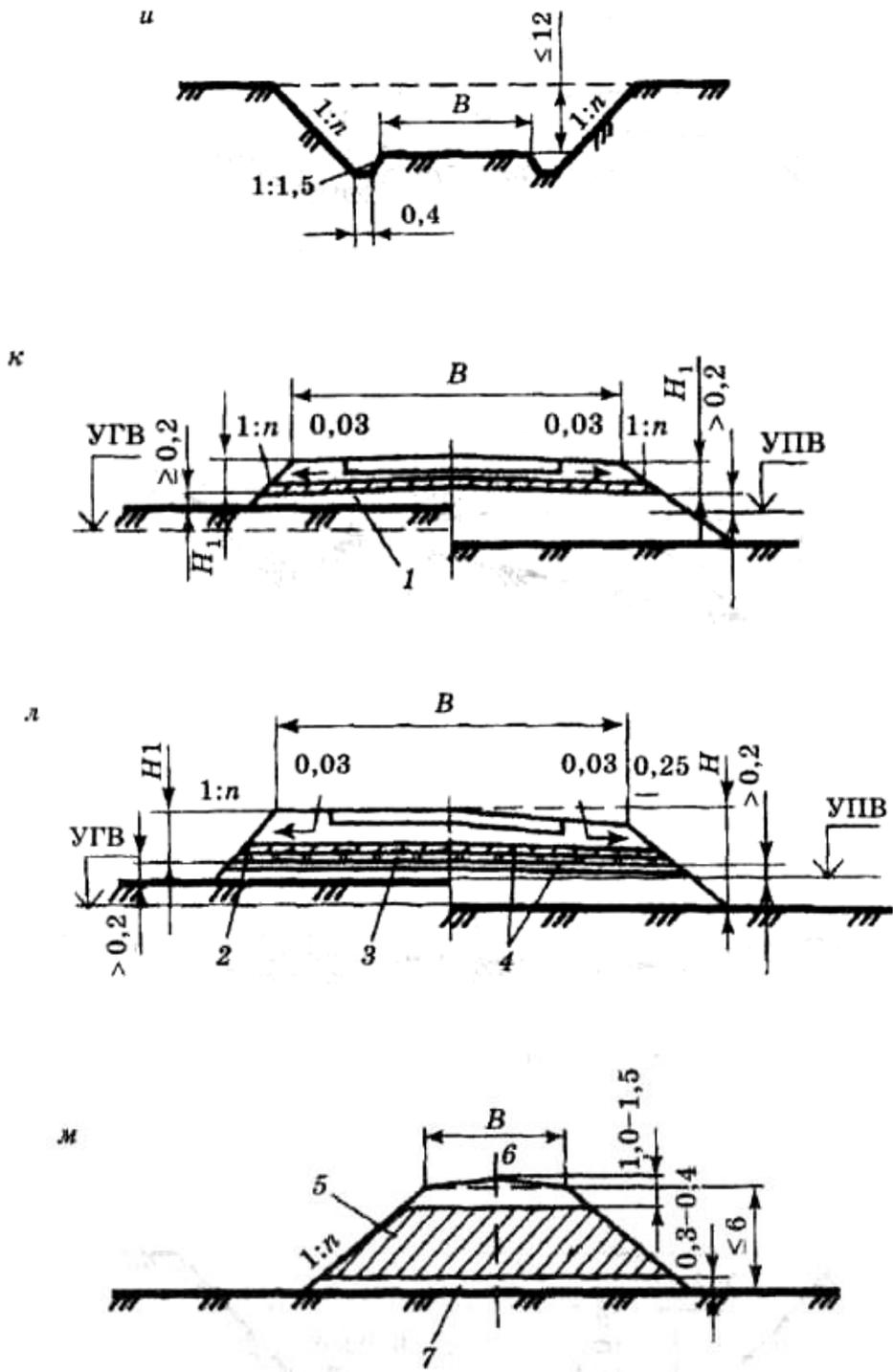


Рис. 4.1. Окончание (начало см. на с. 43-44): *u* - выемка в глинистых грунтах; *к* - насыпь с гидроизолирующей прослойкой; *л* - насыпь с капилляропрерывающей прослойкой; *м* - насыпь из глинистого переувлажненного грунта; 1, 7 - гидроизолирующая прослойка; 2 - крупный гравий или щебень на выходе прослойки; 3 - капилляропрерывающий слой из гравия, щебня и т.п. толщиной 15...20 см; 4 - противозаиливающие слои; 5 - глинистый грунт; 6 - дренирующий грунт

При распределении земляных работ для отсыпки насыпей в первую очередь используют грунт выемок. Недостающий объем грунта берется из при-трассового или сосредоточенного резерва. По результатам распределения земляных масс составляется график. Данная схема применяется в том случае, если грунт выемок пригоден для отсыпки насыпей.

*График распределения земляных масс* - определение объемов земляных работ для продольной и поперечной возки грунта из резерва и выемок в насыпь или отвал в пределах определенного строительного участка дороги. Он выполняется для каждого вида землеройных машин.

При составлении графика следует определить, как будет возводиться земляное полотно по длине трассы:

- в виде насыпей из сосредоточенных резервов (этот тип характерен для линейных работ);
- в виде чередующихся насыпей и выемок различной высоты, глубины и длины;
- в виде отдельных насыпей и выемок сравнительно большой высоты и глубины (сосредоточенные работы). Такие насыпи возводят из грунтов прилегающих к ним выемок или специальных резервов. Грунт при разработке выемок используется для возведения насыпей (непригодный грунт складывается в отвал или кавальер).

На графике распределения земляных масс указывают пикетные объемы насыпи, выемки и кювета, места получения грунта для возведения насыпи и способы ведения земляных работ. Объем работ по отсыпке насыпи распределяется с учетом коэффициента относительного уплотнения при помощи выбранных землеройных механизмов. На графике указывают участки, откуда берется грунт, и места его выгрузки.

Выбор землеройных машин с учетом модели и мощности производят на основании технико-экономических показателей отдельно для каждого объекта земляных работ. Производительность машины можно установить в зависимо-

сти от объема работ на участке и срока их выполнения. По результатам распределения земляных масс составляют ведомость объемов земляных работ.

### **Задание**

1. Определить объем присыпных обочин.
2. Определить профильный объем с учетом коэффициента относительного уплотнения.
3. Определить объем недобора.
4. Определить распределение земляных масс с учетом направления транспортирования.
5. Определить объем удаленного растительного грунта.
6. Определить объем выторфовывания.
7. Определить объем планировочных работ.
8. Составить ведомость объемов работ.

Исходные данные приведены в табл. 17.1.

### **Пример расчета**

#### *Исходные данные*

Вариант – 26.

Объемы насыпи (объемы на пикетах – светлые ячейки в табл. 4.1).

Объем выемки, кювета (объемы на пикетах – темные ячейки в табл. 4.1).

Категория дороги – II.

Толщина дорожной одежды – 0,43 м.

Средняя высота насыпи – 3,0 м.

Глубина болота – 2,5 м.

Расположение болота – ПК-3.

Расстояние от карьера – до 3 км.

Вид грунта – супесь легкая.

Таблица 4.1. Исходные данные к практической работе № 14

№ варианта	Объемы земляных работ на пикетах*, м <sup>3</sup>										Объем кювета, м <sup>3</sup>	Категория дороги	Толщина дорожной одежды, м	Средняя высота насыпи, м	Глубина болота, м	Расположение болота, ПК	Расстояние от карьера, км	Вид грунта**
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
1	1801	1545	1675	1688	1898	1900	2005	1876	1675	1673	220	II	0,44	2,5	2,4	9	1	ПГ
2	1567	1761	1877	1675	1590	1566	1766	1798	1983	2000	230	III	0,45	2,6	2,5	7	2	СЛК
3	1543	1432	1348	1439	1399	1459	1255	1243	1432	1325	240	IV	0,46	2,7	2,6	10	3	СГЛ
4	2115	2111	2341	2346	2501	2456	2468	2341	2398	2488	250	II	0,47	2,8	2,45	8	4	ГР
5	1254	1344	1321	1454	1500	1515	1433	1322	1429	1200	260	III	0,48	2,9	2,55	1	1	ПК
6	1534	1678	1873	1987	2000	1989	1878	1872	1654	1756	180	IV	0,49	3,0	2,65	2	2	СЛ
7	1677	1899	1853	1943	1764	1543	1774	1775	1890	1973	185	V	0,50	3,1	2,7	3	3	СГТ
8	2341	2234	2145	2666	2455	2213	2455	2132	2431	2445	190	VI-a	0,43	3,2	2,75	4	4	СЛК
9	2351	2011	2143	2256	2376	2477	2387	2265	2174	2087	195	VI-6	0,42	3,3	2,8	5	1	ПС
10	2180	2200	2345	1873	1675	2478	1986	3176	4080	3572	200	II	0,41	2,4	2,85	6	2	СТ
11	1567	1766	1893	2004	2987	1866	1567	1431	1322	1543	205	III	0,44	2,3	2,9	7	3	СЛ
12	1200	1345	1222	1435	1234	1478	1499	1444	1345	1237	210	IV	0,45	2,2	2,95	8	4	СГЛ
13	1502	1476	1423	1245	1112	1445	1256	1212	1890	1985	215	V	0,46	2,1	3,0	9	1	пм
14	2003	2341	2234	2087	2568	2134	2345	2265	2254	2345	225	VI-a	0,47	2,15	3,05	10	2	СЛК
15	2500	2211	2311	2453	2345	2256	2435	2345	2567	2870	235	VI-6	0,48	2,25	3,1	1	3	СТ
16	1875	1977	2000	1965	1788	1643	1877	1566	1688	1875	245	II	0,49	2,35	3,15	2	4	ГР
17	2234	2143	2445	2487	1890	1566	1789	1907	2134	2567	255	III	0,50	2,45	2,7	5	1	СГЛ
18	2456	2398	2500	2387	2165	2234	2456	2389	2341	2479	265	IV	0,43	2,55	2,75	6	2	пг
19	2321	2445	2344	2254	2500	2433	2531	2345	2451	2398	224	V	0,42	2,65	2,8	7	3	СЛ

Продолжение таблицы 4.1.

№ варианта	Объемы земляных работ на пикетах*, м <sup>3</sup>										Объем кювета, м <sup>3</sup>	Категория дороги	Толщина дорожной одежды, м	Средняя высота насыпи, м	Глубина болота, м	Расположение болота, ПК	Расстояние от карьера, км	Вид грунта**
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
20	2377	2176	2345	2198	2433	2500	2376	2455	2143	2322	238	Via	0,41	2,75	2,85	8	4	СГТ
21	2134	2245	2344	2154	2499	2319	2410	2300	2222	2165	242	VI-6	0,51	2,85	2,9	9	1	ПК
22	2541	2431	2314	2254	2343	2451	2311	2678	2451	2243	254	II	0,52	2,95	2,95	10	2	СТ
23	2199	2387	2256	2399	2134	2377	2475	2178	2643	2376	261	III	0,53	2,4	3,0	1	3	ГР
24	2498	2463	2345	2212	2114	2087	2178	2356	2453	2363	189	IV	0,54	2,5	2,9	2	4	ПС
25	2134	2245	2354	2157	2234	2476	2432	2469	2355	2573	197	V	0,55	2,6	2,8	6	1	СГЛ

\* Светлые ячейки – насыпь, темные – выемка.

\*\* ГР – гравий; ПГ – песок гравелистый; ПК – песок крупный; ПС – песок средний; ПМ – песок мелкий; СЛК – супесь легкая крупная; СЛ – супесь легкая; СТ – супесь тяжелая; СГЛ – суглинок легкий; СГТ – суглинок тяжелый.

## Порядок расчета

1. Составляют ведомость распределения земляных масс (ВРЗМ), включающую 39 позиций по вертикали; по горизонтали количество пикетов соответствует протяженности участка (табл. 4.2). Основными статьями ведомости распределения земляных масс являются:

- профильный объем работ, м<sup>3</sup>;
- профильный объем с учетом коэффициента уплотнения, м<sup>3</sup>;
- распределение земляных масс, м<sup>3</sup>;
- грунт (растительный), м<sup>3</sup>;
- направление транспортировки и зоны обеспечения (график);
- ситуационный план трассы и расположения резервов;
- способы разработки и дальность транспортировки, м<sup>3</sup>;
- выторфовывание экскаватором в отвал, м<sup>3</sup>;
- всего оплачиваемых земляных работ, м<sup>3</sup>;
- планировка, м<sup>2</sup>.

2. Заполняют ведомость распределения земляных работ (последовательность выполнения работ см. в п. 1).

3. Определяют профильный объем работ.

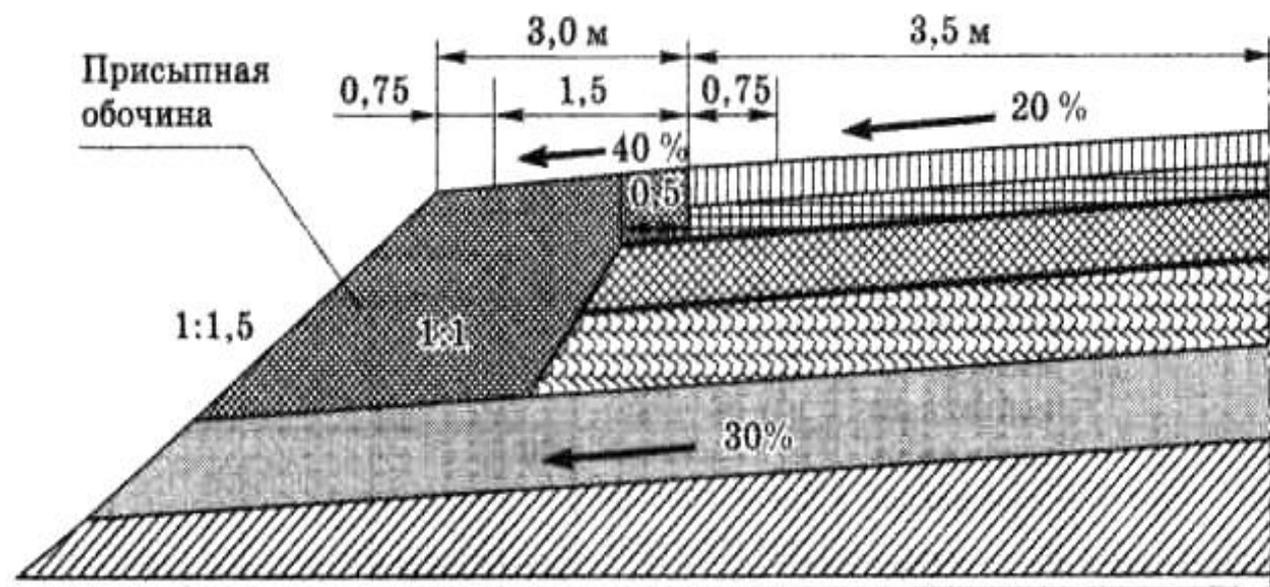
3.1. Определяют объем насыпи (строка 1 табл. 4.2) на основании данных продольного профиля (черных и красных отметок), а также ширины дорожного полотна в зависимости от категории дороги. При решении данной задачи объем насыпи переносится из исходных данных. В конце строки выставляют суммарную цифру.

3.2. Определяют объем грунта, необходимый для устройства присыпных обочин (рис. 4.2):

$$V_{п.о} = 2 \cdot 100(b \cdot h + 0,5 \cdot 1,5 \cdot h^2) =$$

$$= 2 \cdot 100(3 \cdot 0,43 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,43^2) = 284 \text{ м}^3,$$

где 2 - количество обочин с обеих сторон дороги; 100 - из расчета на один пикет;  $b$  - ширина обочины, м (зависит от категории дороги, принимается по табл. 4.3);  $h$  - толщина дорожной одежды, м (принимается из задания как суммарная величина до слоя песка); 1,5 - заложение откоса.



Покрытие, верхний слой	Горячий щебенистый асфальтобетон мелкозернистый, тип Б, марки 1	Толщина 7 см
Покрытие, нижний слой	Горячий щебенистый пористый асфальтобетон крупнозернистый	Толщина 8 см
Верхний слой основания	Гравийный материал с добавкой 30 % щебня, обработанного битумной эмульсией	Толщина 12 см
Нижний слой основания	Гравийно-песчаная смесь, укрепленная золой уносом	Толщина 16 см
Дополнительный слой основания	Песок	Толщина 37 см

Рис. 4.2. Конструкция дорожной одежды

Таблица 4.2. График распределения земляных масс

Профильный объем работ, м <sup>3</sup>	насыпь		1	1200	1432	1436	1349	
	присыпная обочина		2	284	284	284	284	
	выемка		3					
	кювет		4					
Профильный объем с учетом коэффициента уплотнения, м <sup>3</sup>	коэффициент уплотнения		5	1,1	1,1	1,1	1,1	
	насыпь		6	1320	1578	1580	1484	
	присыпная обочина		7	312	312	312	312	
	выемка		8					
Распределение земляных масс, м <sup>3</sup>	недобор		9					
	из выемок		10			63	1196	
	из кюветов		11				260	
	из притрассовых резервов		12					
	из сосредоточенных резерв		13	1320	1578	1517		
Грунт	растительный		15	480	480		480	
	выторфовывания		16			5500		
Направление транспортировки и зоны обеспечения			17			63	1484	
				1632	1890	1892	312	
			Из сосредоточенных резервов					
Ситуационный план трассы и расположение резервов			18					
				0 1	2	3	4	
Способы разработки и дальности транспортировки (бульдозеры, скреперы, экскаваторы), м <sup>3</sup>	автогрейдер		19					
	бульдозерные	до 20 м растительный грунт	20					
		до 20 м	21					
		до 50 м	22					
		До 100 м	23					
	скреперные	до 200 м	24					
		до 300 м	25				1456	
		до 400 м	26			63		
		до 500 м	27					
		до 600 м	28					
	автомобильные с погрузкой экскаватором емкостью ковша, м <sup>3</sup>	до 1 км (в том числе присыпная обочина)	29					
		до 2 км (в том числе присыпная обочина)	30					
Способы разработки и дальности транспортировки (бульдозеры, скреперы, экскаваторы), м <sup>3</sup>	автомобильные с погрузкой экскаватором емкостью ковша, м <sup>3</sup>	до 3 км (в том числе присыпная обочина)	31	1632	1890	1829	312	
		до 4 км (в том числе присыпная обочина)	32					
		недобор (до 1 км)	33				28	
Выторфовывание экскаватором в отвал, м <sup>3</sup>			34			5500		
Всего оплачиваемых земляных работ, м <sup>3</sup>			35					
Планировка, м <sup>2</sup>	верха земляного полотна		36	1429	1429	1429	1429	
	откосов		37	926	926	926	926	

Продолжение табл. 4.2

	1499				1110	1429	9455		
	284	284	284	284	284	284	2840		
		1255	1367	1142			3764		
		260	260	260			780		
	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1			
	1649				1221	1572	10 404		
	312	312	312	312	312	312	3120		
		1255	1367	1142			3764		
		26	28	23			77		
	1363				938	204	3764		
	260				260		780		
						1368	5783		
	312	312	312	312	312	312	3120		
	26				23		77		
	480	480	480	480	480	480	4320		
							5500		
	1649				1425				
	312	312	312	312	108	1884			
	Из сосредоточенных резервов								
								Из выемки Грунт по трудности	
								1-я гр. 2-я гр.	
	5	6	7	8	9	10			
		260	260	260				780	
	1515				1198			2713	
	108					204		312	
								1456	
								63	
	312	312	312	312	312	1680		8903	
	26				23			77	
								5500	
								19 804	
	1429	1429	1429	1429	1429	1429		14 290	
	926	926	926	926	926	926		9260	

3.3. На пикете, где имеется одновременно выемка и насыпь, присыпную обочину для насыпи рассчитывают по формуле:

$$V'_{\text{ПО}} = V_{\text{ПО}} \cdot 0,6.$$

Полученный результат записывают в строку 2 табл. 14.2. В конце строки выставляют суммарную цифру.

3.4. Определяют профильный объем выемки (строка 3) и кювета (строка 4) на основании данных продольного профиля и ширины дорожного полотна с учетом категории дороги. При решении данной задачи объем выемки и кювета переносят из исходных данных. Объем кювета вносят только на тех пикетах, где имеется выемка. В конце строк выставляют суммарную цифру.

3.5. Определяют профильный объем с учетом коэффициента уплотнения.

Таблица 4.3. Параметры поперечного профиля автомобильных дорог

Наименование параметра	Категория дорог							
	1-а	I-б, 1-в	II	III	IV	V	VI-а	VI-б
1. Ширина полосы движения, м	3,75	3,5	3,5	3,5	3,0	2,75	3,5	3,0
2. Ширина проезжей части, м	7,5x2,0; 11,25x2,0	7,0x2,0; 10,5x2,0	7,0	7,0	6,0	5,5	3,5	3,0
3. Ширина обочины, м	3,75	3,0	3,0	2,5	2,0	1,25	1,5	0,75
В том числе: укрепленной обочины	-	0,5	0,75	0,5	0,5	-	-	-
остановочной полосы	2,5	2,5						
4. Ширина дорожного полотна, м	24,5 + s*, 32,0 + s	22,0 + s, 29,0 + s	13,0	12,0	10,0	8,0	6,5	4,5

\* s - ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе.

3.5.1. Определяют коэффициент относительного уплотнения грунта (табл. 4.4) для заданного вида грунта и требуемого коэффициента уплотнения (принимают равным 1). В данном случае необходимо учитывать, что одна и та же

масса грунта в резерве (карьере) (характеризуется меньшим коэффициентом уплотнения) имеет больший объем, чем та же масса, уложенная в насыпь и уплотненная высокоэффективной техникой (большой коэффициент уплотнения). Это неравенство регулирует коэффициент относительного уплотнения.

**Таблица 4.4. Значения коэффициента относительного уплотнения**

Требуемый коэффициент уплотнения грунта	Пески, супеси, суглинки пылеватые	Суглинки, глины	Лёсы и лёссовидные грунты	Скальные разрабатываемые грунты при плотности, г/см <sup>3</sup>			Шлаки, отвалы переработанной промышленности
				1,9...2,2	2,2...2,4	2,4...2,7	
1,00	1,10	1,05	1,30	0,95	0,89	0,84	1,26...1,47
0,95	1,05	1,00	1,15	0,90	0,85	0,80	1,20...1,40
0,90	1,00	0,95	1,10	0,85	0,80	0,76	1,13...1,33

Для песчаного грунта и требуемого коэффициента уплотнения, равного единице, коэффициент относительного уплотнения равен 1,1. Это значение записывают в строку 5 табл. 4.2.

3.5.2. Определяют профильный объем насыпи и присыпной обочины с учетом коэффициента уплотнения:

а) для насыпи по каждому пикету: строка 1 (табл. 4.2) × 1,1. Результат записывают в строку 6. В конце строки выставляют суммарную цифру;

б) для присыпной обочины: строка 2 × 1,1. Результат записывают в строку 7. В конце строки выставляют суммарную цифру.

в) для выемки: значения, стоящие в строке 3, переносят в строку 8 без изменения. В конце строки выставляют суммарную цифру.

3.5.3. Определяют недобор. При разработке выемки экскаватором на откосе всегда остается часть грунта в виде порогов, получаемых от ковша. Кроме того, выработка грунта по дну выемки осуществляется не до конечной отметки, чтобы не нарушить естественное залегание грунта в основании выемки. При окончательной планировке откосов выемки пороги срезают и автогрейдером снимают слой грунта с основания выемки. Срезанный грунт, если он удовлетворяет

требованиям, перевозят либо для отсыпки насыпи, либо для устройства присыпных обочин.

Недобор определяют из расчета 2 % от объема выемки, следовательно:

$$\text{Недобор} = \text{Выемка} \times 0,02.$$

Полученные значения записывают в строку 9 на тех пикетах, где имеется выемка. В конце строки выставляют суммарную цифру.

4. Определяют распределение земляных масс в кубических метрах с учетом направления транспортировки и зоны обеспечения. Для этого вначале строят график распределения земляных масс (строка 17).

4.1. Построение графика начинают с выемки. Для этого выписывают из строки 8 объемы выемки по пикетам и записывают в строку 17. Полученные объемы грунта должны быть перемещены в насыпь из близлежащих пикетов.

4.2. Объем насыпи выписывают из строки 6 и переносят в строку 17. Эти объемы должны быть отсыпаны из грунта выемок, сосредоточенных резервов или кюветов. Перераспределение грунта обозначают стрелками.

4.3. Если грунта из выемки на пикете больше, чем необходимо для отсыпки насыпи на соседнем пикете, то излишек грунта перемещается на следующий пикет. Если грунта из выемки недостаточно для возведения насыпи, то в него добавляется грунт из другого пикета выемки.

Данная технология иллюстрируется рис. 4.3.

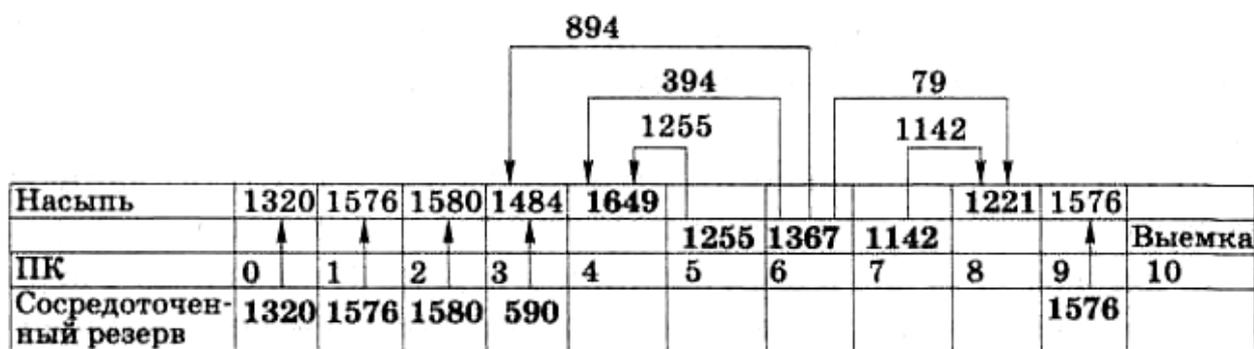


Рис. 4.3. Направление транспортировки грунта в насыпь

4.4. После распределения грунта из выемки недостающий для возведения насыпей грунт доставляют из сосредоточенных резервов (карьеров), притрассовых резервов, кюветов и недобора.

4.5. Грунт для устройства присыпных обочин доставляют из сосредоточенных резервов или кюветов, если грунт соответствует предъявляемым требованиям.

Объем грунта, доставленный для отсыпки насыпи из выемки, кювета, притрассовых резервов, сосредоточенных резервов и недобора, записывают в строки 10, 11, 13 и 14 по каждому пикету. Причем суммарное значение объемов, записанных на данном пикете (строки 10, 11, 14), должно равняться профильному объему насыпи (строка 6), а объем присыпной обочины (строка 7) - объему, записанному в строке 13.

В конце строк записывают суммарную цифру каждого объема.

5. Определяют количество растительного грунта, удаляемого на ширину подошвы насыпи.

5.1. Определяют ширину подошвы насыпи с учетом ширины дорожного полотна, высоты насыпи, заложения откоса:

$$B'' = B + 2 \cdot H \cdot m = 13 + 2 \cdot 3 \cdot 1,5 = 22 \text{ м},$$

где  $B$  - ширина дорожного полотна, м (принимают по табл. 4.3);  $H$  - средняя высота насыпи, м (по исходным данным  $H$  - 3,0 м);  $m$  - заложение откоса (принимают 1:1,5).

Ширину полосы для удаления растительного слоя определяют с учетом запаса (1 м с каждой стороны от подошвы насыпи):

$$B''' = B'' + 2 + 22 = 24 \text{ м}.$$

5.2. Определяют площадь, с которой удаляется растительный грунт:

$$F_{\text{раст.гр}} = L_{\text{раст.гр}} \cdot B''' = 900 \cdot 24 = 21600 \text{ м}^2,$$

где  $L_{\text{раст.гр}}$  - длина полосы, с которой снимается растительный грунт, м;

$$L_{\text{раст.гр}} = L - L_{\text{болота}} = 1000 - 100 = 900 \text{ м},$$

где  $L$  - длина всего участка, м (принимают 1000 м);  $L_{\text{болота}}$  - длина заболоченного участка, м (принимают 100 м).

Как правило, растительный грунт снимается с полосы, которая проходит по пашне, выгону, лугу, неудобью. В нашей задаче участок не разбит по ситуационным характеристикам, поэтому расчет его длины производится только с учетом расположения болота, на котором растительный слой не снимается из-за полного выторфовывания.

5.3. Определяют объем удаляемого растительного слоя. Растительный грунт удаляют на глубину 0,12...0,25 м. Принимают толщину снимаемого слоя 0,2 м. Объем удаляемого грунта определяют по формуле:

$$V_{\text{раст.гр}} = F_{\text{раст.гр}} \cdot h_{\text{раст.гр}} = 21600 \cdot 0,2 = 4320 \text{ м}^3.$$

Объем удаляемого растительного грунта из расчета на 1 пикет

$$V'_{\text{раст.гр}} = V_{\text{раст.гр}} / 9 = 4320 / 9 = 480 \text{ м}^3.$$

Объем растительного грунта записывают в строку 15 табл. 4.2 для каждого пикета, кроме заболоченного участка.

5.4. Определяют количество болотного грунта, удаляемого с участка, на котором отсыпается насыпь дорожного полотна. Объем удаляемого грунта зависит от глубины болота и протяженности участка. Ширина полосы выторфовывания зависит от ширины насыпи понизу. Объем торфа определяют по формуле:

$$V_{\text{торфа}} = B'' \cdot h_{\text{болота}} \cdot L_{\text{болота}} = 22 \cdot 2,5 \cdot 100 = 5500 \text{ м}^3,$$

где  $B''$  - ширина подошвы насыпи, м;  $h_{\text{болота}}$  - глубина болота, м (исходные данные);  $L_{\text{болота}}$  - протяженность болота (100 м).

Результаты расчета заносят в строку 16. В конце строки выставляют суммарную цифру.

6. На график распределения земляных масс наносят ситуационный план трассы и расположения карьеров. Ситуация переносится из продольного профиля. В случае отсутствия данных о ситуации строка 18 заполняется произвольно по расположению леса, кустарника, пашни. Расположение болота указано в исходных данных.

7. Распределяют объемы земляных работ с учетом транспортировки грунта землеройными машинами или автомобилями-самосвалами и предварительного выбора ведущей машины.

При распределении объемов необходимо учитывать расстояние перемещения грунта, которое принимается с учетом технических возможностей и производительности ведущей машины.

7.1. Автогрейдер применяют для отсыпки насыпи на дорогах низких технических категорий и при небольших объемах работ (высота насыпи до 0,8 м). В нашем примере автогрейдер применяют при устройстве кювета. Поэтому объем грунта из строки 4 табл. 4.2 переносят на соответствующие пикеты строки 19. Все объемы грунта, перемещенные с помощью автогрейдера, складывают и определяют общий объем автогрейдерных работ.

7.2. Бульдозер в качестве ведущей машины применяют при сооружении земляного полотна из выемок в насыпь и из боковых резервов в насыпь (высота насыпи до 1,5 м; расстояние перемещения грунта до 100 м). Поэтому в строку 23 переносят объемы из крайних пикетов выемки (строка 8). Все объемы складывают и определяют общий объем бульдозерных работ.

7.3. Скрепер в качестве ведущей машины применяют при высоте насыпи более 1,5 м и расстоянии перемещения от 100 до 600 м. В данном примере скре-

пер применяют на работах по перемещению грунта из выемки в насыпь, когда расстояние транспортирования грунта превышает 100 м. Объемы грунта записывают в строки 24-28. Все объемы складывают и определяют общий объем скреперных работ.

7.4. При транспортировании грунта на расстояние более 1 км в качестве ведущей машины применяют экскаватор. Грунт погружают в кузов автомобиля-самосвала и перевозят на любое расстояние.

В ситуационном плане трассы должны быть указаны места расположения карьеров и расстояние от них до строящейся дороги. С учетом этого расстояния переносят объемы грунта из сосредоточенных карьеров (строка 13) в строки 29-32.

Недобор перевозится автомобилями-самосвалами, поэтому объемы из строки 14 переносят в строку 33.

Суммарные значения всех объемов грунта, записанные в строках 19-33, помещают в конце каждой строки. Все объемы складывают и определяют общий объем экскаваторных работ.

8. Определяют объемы торфа, удаляемого с участка в отвал при посадке основания насыпи на минеральное дно. Объемы болотного грунта переносят из строки 16 в строку 34. В конце строки выставляют суммарную цифру.

9. Определяют объем оплачиваемых земляных работ. Для этого складывают суммарные объемы, вычисленные для автогрейдерных, бульдозерных, скреперных и экскаваторных работ.

10. Определяют объем планировочных работ.

10.1. Вычерчивают схему дорожного полотна с дорожной одеждой (рис. 4.4).

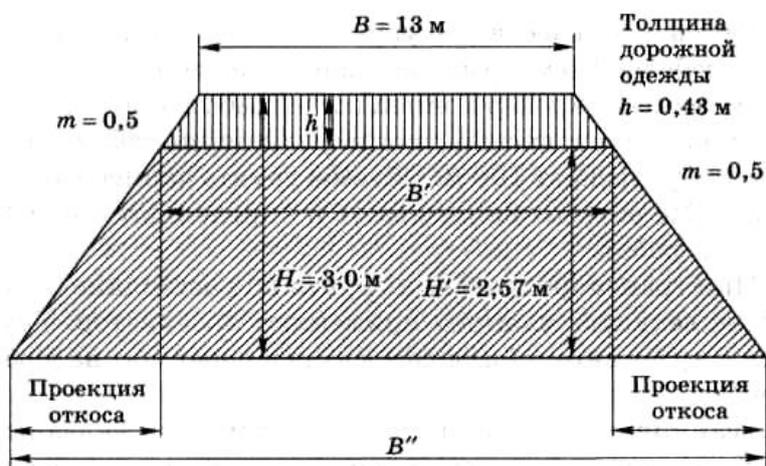


Рис. 4.4. Расчетная схема подошвы дорожного полотна

10.2. Определяют ширину подошвы дорожной одежды из выражения

$$B' = B + 2 \cdot h \cdot m = 13 + 2 \cdot 0,43 \cdot 1,5 = 22 \text{ м},$$

где  $B$  - ширина дорожного полотна, м;  $h$  - толщина дорожной одежды, см (по исходным данным  $h = 43$  см).

Например, дорожная одежда, изображенная на рис. 4.2, включает:

- верхний слой покрытия толщиной 7 см;
- нижний слой покрытия толщиной 8 см;
- верхний слой основания толщиной 12 см;
- нижний слой основания толщиной 16 см.

10.3. Определяют площадь планировки верха дорожного полотна по формуле:

$$F_{\text{дор.пл}} = B' \cdot L_{\text{ПК}} = 14,29 \cdot 100 = 1429 \text{ м}^2,$$

где  $L_{\text{ПК}}$  - длина пикета, м.

Полученное значение записывают в каждом пикете строки 36 (см. табл. 4.2). В конце строки ставят сумму.

10.4. Определяют длину откоса по формуле:

$$L_{\text{откос}} = \sqrt{(H')^2 + (1,5 \cdot H')^2} = \sqrt{2,57^2 + (1,5 \cdot 2,57)^2} = 4,63 \text{ м},$$

где  $H'$  - высота насыпи без дорожной одежды, м;

10.5. Определяют площадь планировки откоса по формуле:

$$F_{\text{откос}} = 2 \cdot L_{\text{откос}} \cdot L_{\text{ПК}} = 2 \cdot 4,63 \cdot 100 = 926 \text{ м}^2.$$

Площадь планировки откоса заносят в строку 37 табл. 17.2 для каждого пикета. В конце строки проставляют сумму.

11. Составляют ведомость объемов работ по форме, представленной в табл. 4.5.

Таблица 4.5. Ведомость объемов работ

№ п/п	Наименование работ	Ссылка	Единица измерения	Количество
<b>1. Основные работы</b>				
1	Разработка и поперечное перемещение грунта автогрейдером	Табл. 4.2	м <sup>3</sup>	780
2	Бульдозерные работы: разработка грунта 2-й группы бульдозером с перемещением до 100 м	Табл. 4.2	м <sup>3</sup>	2 713
3	Скреперные работы: разработка грунта 2-й группы скрепером емкостью ковша 10 м <sup>3</sup> с перемещением до 200 м	Табл. 4.2	м <sup>3</sup>	312
4	То же, до 300 м	Табл. 4.2	м <sup>3</sup>	1 456
5	То же, до 400 м	Табл. 4.2	м <sup>3</sup>	63
6	Экскаваторные работы: разработка грунта 2-й группы экскаватором емкостью ковша 1,0 м <sup>3</sup> с автовозкой до 3 км	Табл. 4.2	м <sup>3</sup>	8 903
7	Выторфовывание экскаватором в отвал	Табл. 4.2	м <sup>3</sup>	5 500
8	Недобор	Табл. 4.2	м <sup>3</sup>	77
9	Уплотнение грунта с поливкой водой (50 % от общего объема)	19 804 0,5	м <sup>3</sup>	9 902
10	Уплотнение грунта без поливки водой (50 % от общего объема)	19 804 0,5	м <sup>3</sup>	9 902
<b>2. Отделочные работы</b>				
11	Планирование верха земляного полотна	Табл. 17.2	м <sup>3</sup>	14 290
12	Планировка откосов	Табл. 17.2	м <sup>3</sup>	9 260

### ***Заключение***

Определен объем присыпной обочины: 284 м<sup>3</sup> на одном пикете.

Профильный объем определен с учетом коэффициента относительного уплотнения, равного 1,1.

Определен объем недобора из расчета 0,02 от объема выемки.

Составлен график распределения земляных масс.

Объем удаляемого растительного слоя составляет 4320 м<sup>3</sup>.

Объем выторфовывания составляет 5500 м<sup>3</sup>.

Объем планировочных работ для верха дорожного полотна равен 14290 м<sup>3</sup>, для откоса - 9260 м<sup>3</sup>. Составлена ведомость объемов работ.

## ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

### **Введение**

Одним из элементов проекта организации строительства является линейный календарный график, показывающий очередность и сроки строительства. Этот график включает: количество, направление и скорости комплексных потоков, сроки выполнения подготовительных и сосредоточенных работ.

Календарный график должен обеспечивать оптимальную организацию строительства, что требует точной согласованности всех работ с учетом их особенностей. Одной из основных задач, решаемых организацией строительства, является максимальное увеличение сменности использования машин, поэтому дорожно-строительные работы необходимо проводить в две смены.

Одной из важных особенностей линейных календарных графиков является детализация поточного производства, начиная от изображения комплексного потока одной линией до нанесения нескольких линий, каждая из которых отражает работу вплоть до бригад и звеньев.

Календарные графики подразделяются на директивные и рабочие. Генеральный график охватывает подготовительный, основной и заключительный периоды строительства. Утвержденный вышестоящими организациями генеральный график является директивным, т.е. обязательным для выполнения. Рабочий график строительства составляет строительная организация. На нем в соответствии с реальными условиями показывают уточненные сроки и затраты труда на каждый вид строительно-монтажных работ. Рабочий график имеет подробный перечень всех работ. На его основе составляют графики обеспечения строительства элементами сборных конструкций, материалами, инвентарным оборудованием, а также графики потребности в рабочих, механизмах и монтажном оборудовании.

На календарном графике линии работ по всем сооружениям наносят по

срокам предполагаемого их строительства. Строительство нелинейных объектов (труб, мостов, подпорных стенок) изображают в виде вертикальных линий, напротив мест их расположения на плане дороги, по срокам, принимаемым по типовым или индивидуальным проектам. Линии работ нелинейных сооружений наносят по срокам работ бригад и звеньев, выполняющих эти работы.

Линейные земляные работы выполняют тремя специализированными отрядами - бульдозерным, скреперным и экскаваторным.

Календарный график (рис. 5.1) представляет собой комплексный график, имеющий информационную составляющую и графическое изображение видов работ. График состоит из двух частей: нижней, содержащей информационные характеристики видов работ, и верхней, в которой виды работ, обозначенные ниже, представлены графически.

Линейные графики строят, принимая по горизонтали километры дороги, по вертикали - время, выраженное в сменах на весь период строительства. Под графиком показывают выпрямленный в линию план дороги с расположением всех сооружений, а ниже - объемы всех работ на каждом километре. Ниже графика приводят номера и состав отрядов и звеньев, участвующих в работе.

Информационная часть графика включает:

- протяженность дороги с разбивкой по пикетам;
- план трассы;
- объем и продолжительность выполнения подготовительных работ;
- строительство железобетонных труб;
- объем и продолжительность выполнения бульдозерных работ;
- объем и продолжительность выполнения скреперных работ;
- объем и продолжительность выполнения экскаваторных работ;
- выторфовывание болота с засышкой грунтом;
- устройство присыпных обочин;
- отделочные работы.

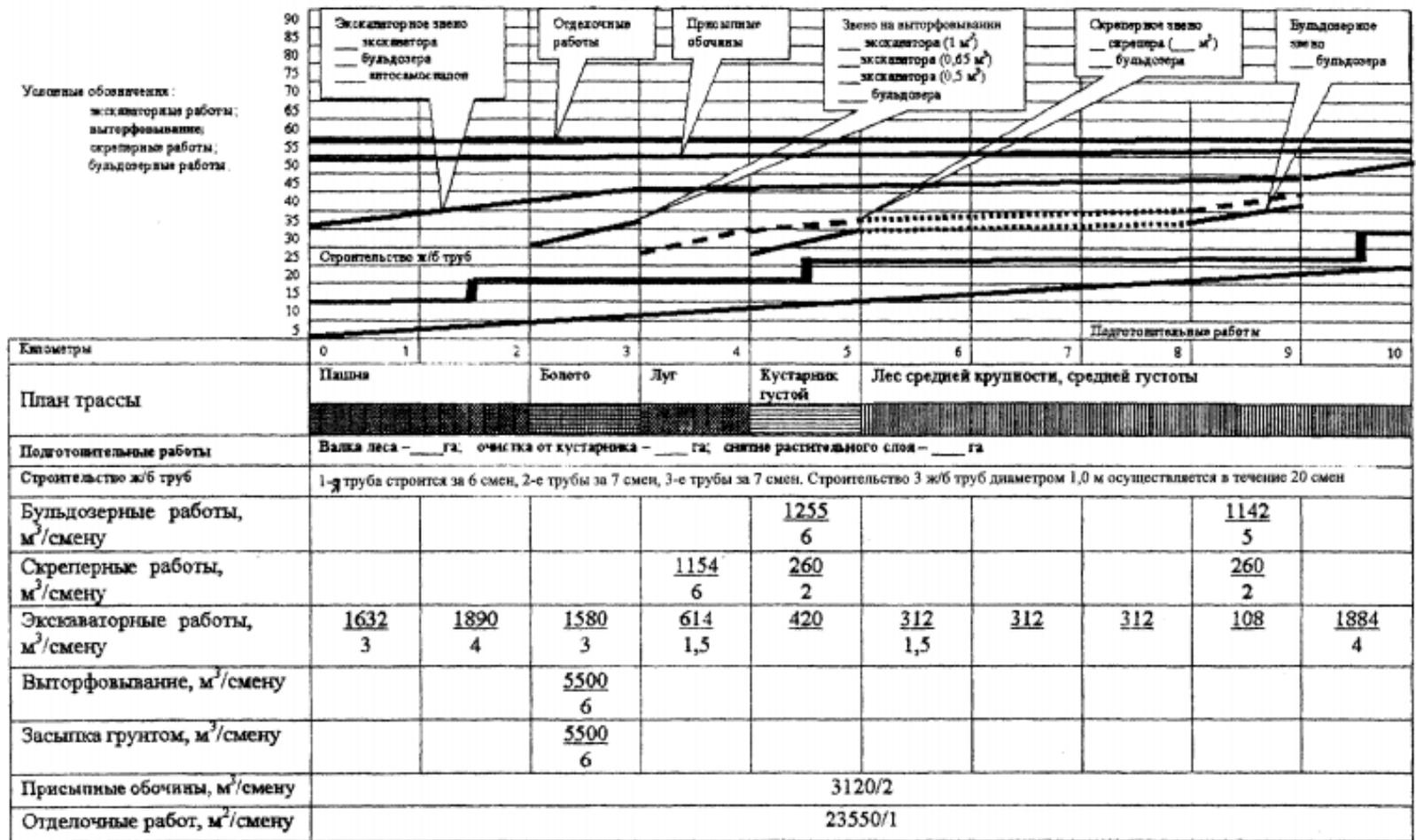


Рис. 5.1. Линейный календарный график возведения земляного полотна

### *Задание*

1. Определить объемы работ, выполняемые машинно-дорожными отрядами, задействованными на земляных работах.

2. Построить линейный график возведения земляного полотна.

Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл. 5.1.

### **Пример расчета**

#### *Исходные данные*

1. Вариант -	26.
2. Количество рабочих смен в период строительства -	320.
3. Продолжительность выполнения работ, смен:	
- бульдозерных -	10.
- скреперных -	10.
- экскаваторных -	17.
- по выторфовыванию -	6.
- устройству присыпных обочин -	2.
- отделочных работ -	1.
4. Протяженность участка строительства, км -	1.
5. Количество водопропускных труб, шт. -	3.

#### *Порядок расчета*

1. На отдельном листе вычерчивают график, состоящий из двух частей:

- верхней, отражающей выполнение отдельных видов работ во времени;

- нижней, содержащий информацию об объемах работ и времени, в течение которого они выполняются.

Таблица 5.1 Исходные данные к практической работе «Построение линейного календарного графика возведения земляного полотна»

Данные	ВАРИАНТЫ																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Д <sub>рс</sub>	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	333	334	335	336	337	338	309	308	307	306	305	304
Продолжительность работ: бульдозерных	10	11	12	13	14	15	9	10	11	12	13	14	15	9	10	11	12	13	14	15	9	10	11	12	13
скреперных	9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16	9
экскаваторных	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	15	16	17	18	19
по выторфованию	6	7	8	8	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
по присыпным обочинам	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6
отделочных	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Протяженность участка, км	1																								
Кол-во труб, шт.	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2

1.1. Построение верхней графической части выполняют с учетом следующих рекомендаций. По горизонтали протяженность строящегося участка дороги разбивают на пикеты (протяженность участка принимается по исходным данным). По вертикали откладывают период строительства (в сменах), примерно равный 0,3 от  $D_{рс}$ .

В примере, участок длиной 1 км разбивается на 10 пикетов. Временную ось принимают из расчета

$$320 \text{ смен (исходные данные)} \cdot 0,3 = 96 \text{ смен.}$$

1.2. Нижняя часть графика имеет следующую последовательность сверху вниз:

- 1) пикеты;
- 2) план трассы;
- 3) подготовительные работы;
- 4) строительство железобетонных труб;
- 5) бульдозерные работы;
- 6) скреперные работы;
- 7) экскаваторные работы;
- 8) выторфовывание;
- 9) засыпка грунтом;
- 10) присыпные обочины;
- 11) отделочные работы.

1.3. План трассы заполняется по данным продольного профиля или плана трассы дороги в горизонталях. В учебных целях участок дороги разбивают в соответствии с характеристикой полосы отвода:

- 1) лес - 0,5 протяженности участка дороги;
- 2) кустарник - 0,1;
- 3) луг-0,1;
- 4) болото - 0,1;
- 5) пашня - 0,2.

Болото располагают в месте устройства насыпи с минимальным объемом земляных работ. На выемке болото не размещать.

3. Определяют количество рабочих смен, в течение которых должны быть выполнены подготовительные работы:

$$D_{\text{смен пр}} = D_{\text{рс}} \cdot 0,06 = 320 \cdot 0,06 = 19,2 \cdot 20 \text{ смен,}$$

где  $D_{\text{рс}}$  - количество рабочих смен в период строительства (исходные данные).

На графике проводят наклонную прямую линию, соединяющую нулевую точку графика и точку, соответствующую количеству смен выполнения подготовительных работ, отложенную в конце участка дороги.

В течение установленного периода должны быть выполнены работы:

- по восстановлению и закреплению трассы дороги;
- расчистке полосы отвода;
- удалению растительного слоя;
- проведению разбивочных работ;
- постройке временных сооружений, линий связи, электропередач, временных дорог.

3. Обозначают на графике сосредоточенные работы, к которым относится строительство искусственных сооружений. Сосредоточенные работы обозначаются отрезками вертикальных прямых, проведенных в точке их месторасположения. Разрыв между прямыми линиями, обозначающими отставание последующих работ от предыдущих, составляет 2-6 смен. Этот промежуток времени связан с технологическим разрывом.

3.1. Железобетонные трубы размещают в местах скапливания талой и дождевой вод возле дорожного полотна, там, где насыпь преграждает путь отходу воды по уклону. Для того, чтобы правильно выбрать месторасположение водопропускных труб необходимо иметь продольный профиль и план трассы в горизонталях, на основании которых можно спрогнозировать места скопления воды и пути ее отвода от дорожного полотна.

Для решения учебной задачи необходимо воспользоваться графиком распределения земляных масс. Из профильного объема работ по насыпи выбирают три пикета, на которых объем насыпи наибольший, и закладывают на этих пикетах строительство водопропускных труб. В данном примере такими пикетами являются 2, 5 и 10. На третьем пикете расположено болото, на котором производят полное выторфовывание, поэтому водопропускную трубу не устраивают. Согласно исходным данным строительство железобетонных труб должно быть закончено через 20 смен. Разбивают это количество смен на изготовление каждой трубы. Например:

1-я труба - 6 смен;

2-я труба - 7 смен;

3-я труба - 7 смен.

3.2. На линейном календарном графике наносят вертикальные отрезки, равные числу смен для каждой трубы. Эти отрезки соединяют горизонтальными линиями. При обозначении сосредоточенных работ необходимо контролировать, чтобы строительство труб не начиналось раньше выполнения подготовительных работ и, чтобы между этими работами был технологический разрыв в 2-3 смены.

4. Обозначают бульдозерные работы. Судя по графику распределения земляных масс, бульдозерные работы выполняются на 5-м и 9-м пикетах (строка 23). На 5-м пикете объем работ составляет  $1255 \text{ м}^3$ , на 9-м пикете -  $1142 \text{ м}^3$ . Переносят объемы работ на аналогичные пикеты линейного графика. Согласно исходным данным эти работы выполняются за 10 смен. Делят эти смены пропорционально объемам:

5-й пикет - объем  $1255 \text{ м}^3$  - за 6 смен;

9-й пикет - объем  $1142 \text{ м}^3$  - за 5 смен.

На графике наносят две наклонные линии: на 5-м пикете - на 6 смен, на 9-м пикете - на 5 смен.

5. Обозначают скреперные работы. По графику распределения земляных масс скреперные работы выполняются на 4-м, 5-м и 9-м пикетах (строки 24 и

25). Переносят объемы скреперных работ на соответствующие пикеты линейного графика. Согласно исходным данным скреперные работы должны быть выполнены за 10 смен. Делят смены пропорционально объемам:

4-й пикет - объем  $1154 \text{ м}^3$  - 6 смен;

5-й пикет - объем  $260 \text{ м}^3$  - 2 смены;

9-й пикет - объем  $260 \text{ м}^3$  - 2 смены.

На линейном графике на соответствующих пикетах проводят три наклонные линии, соответствующие количеству смен работы на пикетах.

6. Обозначают экскаваторные работы. Из графика распределения земляных масс (строка 31) переносят объемы работ на соответствующие пикеты линейного графика. Согласно исходным данным экскаваторные работы выполняются в течение 17 смен. Делят количество смен пропорционально выполненным объемам на пикетах:

1-й пикет - объем  $1632 \text{ м}^3$  - 3 смены;

2-й пикет - объем  $1890 \text{ м}^3$  - 4 смены;

3-й пикет - объем  $1580 \text{ м}^3$  (из  $7080 \text{ м}^3$  вычитается объем грунта засыпки траншеи равный  $5500 \text{ м}^3$ , который будет учитываться отдельно в линейном графике) - 3 смены;

4-й пикет - объем  $614 \text{ м}^3$  - ПК 4 + 5 = 1,5 смены;

5-й пикет - объем  $420 \text{ м}^3$ ;

6-й пикет - объем  $312 \text{ м}^3$  - ПК 6 + 7 + 1 + 6 + 9 = 1,5 смены;

7-й пикет - объем  $312 \text{ м}^3$ ;

8-й пикет - объем  $312 \text{ м}^3$ ;

9-й пикет - объем  $108 \text{ м}^3$ ;

10-й пикет - объем  $1884 \text{ м}^3$  - 4 смены.

Итого объем экскаваторных работ составил  $9064 \text{ м}^3$ .

На линейном графике проводят наклонные линии, соответствующие выполнению экскаваторных работ на отрезке ПК 1-3 - 10 смен; ПК 4-9 - 3 смены; ПК 10- 4 смены.

7. Обозначают работы по выторфовыванию. Согласно нанесенной ситуа-

ции на план трассы болото расположено на третьем пикете. Через болото глубиной 2,5 м будет проходить насыпь высотой 3 м дороги, относящейся ко II технической категории. Перед сооружением насыпи выполняют полное выторфовывание болотистого грунта до минерального дна (на глубину 2,5 м). Ширина полосы выторфовывания равна ширине насыпи понизу.

На основании данных графика распределения земляных масс (строка 34) объем выторфовывания составляет  $5500 \text{ м}^3$ . Согласно исходным данным этот объем работ должен быть выполнен за 6 смен. Проводят на третьем пикете линейного графика наклонную линию, соответствующую 6 сменам работы. Этот вид работ должен предшествовать экскаваторным работам, когда начнется отсыпка насыпи дорожного полотна.

8. Заполняют графу линейного графика по засыпке образовавшейся траншеи после удаления болотистого грунта привозным дренирующим грунтом. Объем привозного грунта соответствует объему образовавшейся траншеи. Работы по засыпке траншеи совмещают с рытьем траншеи.

После замены грунта на болоте производят отсыпку насыпи. Поэтому экскаваторные работы возобновляют через 6 смен, в течение которых автосамосвалы были заняты на вывозке торфа и подвозке грунта для засыпки, а экскаваторы находились на профилактическом ремонте.

9. Обозначают работы по устройству присыпных обочин. Объем работ принимают из строки 7 графика распределения земляных масс.

В примере этот объем составляет  $3120 \text{ м}^3$ . Согласно исходным данным работы по устройству присыпных обочин выполняют в течение 2 смен.

Наносят на линейный график наклонную линию от нулевого пикета до последнего с количеством смен равным 2.

10. Обозначают отделочные работы, связанные с профилированием верха дорожного полотна и обочин. Этот вид работ измеряется в м. Согласно строкам 36 и 37 графика распределения земляных масс суммарная цифра составляет  $23550 \text{ м}^2$ . Этот вид работ планируется быть выполненным в течение одной рабочей смены.

Наносят на график наклонную линию, соответствующую количеству смен равной одной.

11. При наличии данных по составу звеньев (экскаваторного, бульдозерного, скреперного, звена по выторфовыванию) на графике заполняются данные по количественному машин, входящих в состав звена.

После проведения земляных работ объект готов для сооружения дорожной одежды.

### **Заключение**

На основании графика распределения земляных масс получены объемы работ, выполняемые бульдозерным, скреперным, экскаваторным звеньями, а также звеном по выторфовыванию болота. Суммарное количество рабочих смен, необходимых для выполнения каждого вида работ составляет 87 смен. Однако за счет параллельного проведения работ с технологическими разрывами в 2-6 смен количество рабочих смен составило 62 смены.

### *Практическое занятие № 6*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА**

### **Введение**

**Поточный метод организации производства** дорожно-строительных работ - это такой метод, при котором все работы ведутся передвижными специализированными дорожно-строительными подразделениями, движущимися по дороге одно за другим в непрерывной технологической последовательности с заданной средней скоростью, обеспечивающей согласованное движение всего потока.

По составу и назначению различают: частные, специализированные и объектные или комплексные потоки.

При сооружении сложных конструкций специализированный поток разделяют на **частные потоки**, для которых подбирают механизированные звенья. Производительность частного потока определяют его скоростью в смену, т.е. протяженностью сменной захватки. **Частные линейные потоки** могут быть для подготовительных работ, возведения труб, выполнения линейных земляных работ и водоотводных сооружений, дорожных оснований, дорожных покрытий, обстановки пути.

**К частным нелинейным потокам относят:** возведение земляного полотна в местах сосредоточенных работ, строительство больших искусственных сооружений.

**Специализированный поток** - часть потока комплексного при организации дорожно-строительных работ для выполнения отдельных видов этих работ. Его можно характеризовать как совокупность частных потоков, объединенных системой параметров и схемой потока, а также общей строительной продукцией в виде части дороги или какого-либо сооружения.

Специализированный поток по строительству дорожной одежды в общем случае будет состоять из 3 частных потоков:

- 1) впередиидущий частный поток по строительству дополнительного слоя основания;
- 2) частный поток по строительству дорожного основания;
- 3) поток по строительству дорожного покрытия.

**Комплексный поток** - это совокупность специализированных потоков, объединенных общей организационной структурой дорожно-строительной организации. Включает кроме потоков, выполняющих строительные-монтажные работы непосредственно на дороге, подразделения, выполняющие заготовительные работы, в том числе по приготовлению дорожно-строительных материалов и полуфабрикатов, транспортные работы и работы по техническому обслуживанию машин.

Одним из элементов поточного метода дорожного строительства является скорость потока.

**Скорость потока** - длина участка дороги, на котором поток заканчивает все работы за час, смену, сутки. Скорость потока для каждого конструктивного слоя дорожной одежды устанавливается в зависимости от длины дороги и срока строительства.

Целесообразно скорость потока принимать равной длине сменной захватки. В этом случае механизированное звено получает в свое распоряжение захватку, на которой в течение смены выполняется определенный рабочий процесс.

**Захватка** – это участок строящейся дороги, на котором расположены основные производственные средства, выполняющие одну или несколько совмещенных во времени рабочих операций одним специализированным звеном в течение смены.

На линейных календарных графиках при поточном методе и одинаковой скорости потока по всем конструктивным слоям линейные работы обозначаются узкими полосами. При этом проекции вертикального сечения на ось времени показывают период развертывания поточного производства линейных работ  $t_p$ . Проекция горизонтального сечения на ось дороги показывает длину потока и место его нахождения в данный отрезок времени.

Основной параметр (скорость потока) на линейном календарном графике характеризуется углом наклона линий.

При определении времени развертывания потока  $t_p$  следует учитывать, что для каменных материалов, неукрепленных вяжущими веществами, черного щебня (гравия), асфальтобетонных смесей время между началом работ по устройству отдельных слоев должно составлять не менее 2 смен (сегодня - на завтра). При наличии в конструктивных слоях материалов, укрепленных минеральными вяжущими, жидкими битумами, когда требуется твердение основного вяжущего или регулирование движения, это время увеличивается до 3-7 суток. При устройстве поверхностной обработки по свежееуложенному цементобетонному покрытию требуется твердение бетона не менее 28 суток.

### *Задание*

1. Определить скорость потока при строительстве автомобильной дороги.
  2. Определить необходимое количество перевозимого материала.
  3. Построить график средней дальности возки дорожно-строительных материалов.
  4. Определить транспортную работу для сравниваемых вариантов.
- Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл. 6.1.

### **Пример расчета**

#### *Исходные данные*

1. Вариант-	26.
2. Длина строящегося участка, км -	20.
3. Число рабочих смен в году $D_{pc}$ -	327.
4. Число рабочих смен на выполнение земляных работ $D_{pc зр}$ -	150.
5. Время развертывания потока -	10.

#### *Порядок расчета*

1. Определяют скорость потока при строительстве автомобильной дороги.
  - 1.1. Определяют количество рабочих смен, в течение которых выполняют подготовительные работы:

$$D_{pc.pr} = (0,06 - 0,1) \cdot D_{pc} = 0,06 \cdot 327 = 20 \text{ см ,}$$

где  $D_{pc}$  - количество рабочих смен в году, в течение которых выполняются все виды работ (исходные данные).

Таблица 6.1 – Исходные данные к практической работе «Определение скорости строительного потока и расчет количества материала для обеспечения скорости потока»

Данные	ВАРИАНТЫ																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Длина строящегося участка дороги, км	19	20	21	22	23	24	25	18	17	16	15	19	20	21	22	23	24	25	18	17	16	15	19	20	21
Число рабочих смен в году, $D_{рс}$	314	315	316	317	318	319	320	313	312	311	310	308	307	314	315	316	317	318	319	320	313	312	311	310	308
Число рабочих смен на выполнение зем. работ, $D_{рс.зр.}$	144	145	146	147	148	149	150	143	142	141	140	138	139	136	137	135	134	136	151	152	153	154	155	156	157
Время на развертывание потока, $t_p$	6	7	8	9	10	11	12	12	14	6	7	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12

1.2. Определяют количество рабочих смен, в течение которых сооружают дорожную одежду:

$$D_{\text{рс.до}} = D_{\text{рс}} - D_{\text{рс зр}} - D_{\text{рс.пр}} = 327 - 150 - 20 = 157 \text{ см,}$$

где  $D_{\text{рс зр}}$  - количество рабочих смен, в течение которых выполняются земляные работы (исходные данные).

1.3. Определяют скорость потока

$$V_{\text{п}} = \frac{L}{\sum D_{\text{рс.до}} - t_{\text{р}}}, \text{ м/смену}$$

где  $L$  – длина участка дороги (исходные данные);

$t_{\text{р}}$  – время на развертывание потока (исходные данные).

$$V_{\text{п}} = \frac{20000}{157 - 10} = 136, \text{ м/смену}$$

Принимают скорость потока равной 136 м/смену.

2. Определяют потребность в материалах для обеспечения скорости потока.

2.1. Рассчитывают количество составляющих на полную длину строящегося участка автомобильной дороги. Для этого принимают количество компонентов, рассчитанное на 1 км, и умножают на длину участка:

$$Q_0 = Q_1 \cdot L_{\text{уч}} = 6050 \cdot 20 = 121000 \text{ м}^3,$$

где  $Q$  - количество материала на 1 км дороги, м ;

$L$  - длина участка строящейся дороги, км. Полученные результаты заносят в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Результаты расчета материалов

Наименование материала	Количество, необходимое на 1 км	Количество, необходимое для участка строящейся дороги
Дополнительный слой основания: песок	6050	121000
вода	275	5500
Нижний слой основания: песок	1046	20920
гравий	697	13940
зола уноса	634	12680
ПАВ	16	320
Верхний слой основания: гравий	889	17780
щебень	382	7640
вода	53	1060
битум	68	1360
Нижний слой покрытия: пористый асфальтобетон	1619	32380
Верхний слой покрытия: плотный асфальтобетон	1470	29400

2.2. Определяют количество материала, необходимого для обеспечения скорости потока:

$$Q_{\text{п}} = \frac{Q_0}{L} \cdot V_{\text{п}}$$

где  $Q_0$  - общая потребность в материалах на строительство конструктивного слоя одежды;

$L$  - длина участка дороги, м;

$V_{\text{п}}$  - скорость потока.

Расчет потребности материала для обеспечения скорости потока ведут в табличной форме (табл. 6.3).

Таблица 6.3. Ведомость потребности материалов для обеспечения скорости потока

Наименование конструктивных слоев дорожной одежды	Наименование материала	Ед. измерения	Кол-во материалов на дорогу	Порядок расчета	Кол-во материала с учетом скорости потока
Дополнительный слой основания из песка	песок	м <sup>3</sup>	121000	$\frac{121000}{20000} \cdot 136$	823
	вода	м <sup>3</sup>	5500	$\frac{5500}{20000} \cdot 136$	38
Нижний слой основания из гравийно-песчаной смеси, укрепленной золой уноса	песок	м <sup>3</sup>	20920	$\frac{20920}{20000} \cdot 136$	143
	гравий	м <sup>3</sup>	13940	$\frac{13940}{20000} \cdot 136$	95
	зола уноса	т	12680	$\frac{12680}{20000} \cdot 136$	87
	ПАВ	т	320	$\frac{320}{20000} \cdot 136$	3
Верхний слой основания из гравийного материала с добавлением 30% щебня, обработанных битумной эмульсией	гравий	м <sup>3</sup>	17780	$\frac{17780}{20000} \cdot 136$	121
	щебень	м <sup>3</sup>	7640	$\frac{7640}{20000} \cdot 136$	52
	вода	м <sup>3</sup>	1060	$\frac{1060}{20000} \cdot 136$	8
	битум	т	1360	$\frac{1360}{20000} \cdot 136$	10
Нижний слой покрытия из горячего щебенистого пористого асфальтобетона крупнозернистого	АБС	т	32380	$\frac{32380}{20000} \cdot 136$	221
Верхний слой покрытия из горячего асфальтобетона мелкозернистого типа Б	АБС	т	29400	$\frac{29400}{20000} \cdot 136$	200

## Заключение

Рассчитана скорость потока (136 м/смену). Определена потребность в дорожно-строительных материалах, необходимых для обеспечения скорости потока.

### *Практическое занятие № 7*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА МАШИН, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ

### Введение

Подвозка необходимых материалов к местам их использования осуществляется автомобильным транспортом. Для производства транспортных работ необходимо выбрать тип автомобиля и его грузоподъемность. Республика Беларусь обеспечивает свои потребности в грузовом автотранспорте моделями, выпускаемыми на Минском автомобильном заводе. Технические характеристики автомобилей-самосвалов представлены в табл. 7.1. Грузоподъемность автомобилей должна быть увязана с производительностью погрузочных средств и производительностью производственного предприятия.

Таблица 7.1. Технические характеристики автомобилей-самосвалов

Марка автомобиля	МАЗ-5551	МАЗ-55513	МАЗ-5516	МАЗ-55165
Полная масса автомобиля (автопоезда), кг	17620	16000	32000	33000
Грузоподъемность, кг	10000	7000	20000	19500
Объем платформы, м <sup>3</sup>	5,5	5,5	10,5	10,5
Мощность двигателя, кВт	132	176	243	243
Максимальная скорость, км/ч	83	70	88	74
Контрольный расход топлива, л/100 км, при V = 60 км/ч	22,6	38	32	40

После выбора автомобиля переходят к проектированию транспортных работ. При этом необходимо учесть возможность сочетания различных видов транспортных работ по срокам, чтобы обеспечить равномерную загрузку автотранспорта. С этой целью необходимо исходить из постоянной занятости определенного минимального количества машин, обеспечивающего выполнение работ в установленные сроки с учетом бесперебойного вывоза на трассу таких материалов, как асфальтобетонная смесь. Вывозку других материалов на трассу и на производственные предприятия необходимо проектировать так, чтобы всегда полностью удовлетворялась потребность в этих материалах, а количество работающих машин было бы не более минимально необходимого количества, устанавливаемого расчетом, исходя из следующих условий:

1) количество машин должно быть не меньше требуемого для перевозки асфальтобетонной смеси и других материалов при наибольшей дальности их возки. При этом должна быть обеспечена принятая скорость потока;

2) количество машин должно быть не менее такого, которое требуется для равномерного выполнения всех транспортных работ за принятый срок строительства. Для определения этого количества машин производится расчет общей потребности в перевозках (т/км).

### *Задание*

1. Определить ориентировочные границы действия гравийных и песчаных карьеров.

2. Определить производительность автосамосвалов.

3. Определить количество автосамосвалов, необходимых для перевозки дорожно-строительных материалов, обеспечивающих скорость строительного потока.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. 7.2.

### **Пример расчета**

#### *Исходные данные*

1. Вариант-

26.

2. Расстояние от П-1 до строящегося участка, км -	2.
Расстояние от П-2 до стоящего участка, км -	4.
№ км примыкания подъездной дороги от П-1 -	2.
№ км примыкания подъездной дороги от П-2 -	19.
3. Расстояние от ГР-1 до строящегося участка, км -	3.
Расстояние от ГР-2 до стоящего участка, км -	6.
№ км примыкания подъездной дороги от ГР-1 -	1.
№ км примыкания подъездной дороги от ГР-2 -	18.
4. Насыпная плотность песка, т/м <sup>3</sup> -	1,5.
5. Насыпная плотность ПГС, т/м <sup>3</sup> -	1,6.
6. Расстояние от трассы до АБЗ, км -	10.
№ км примыкания подъездной дороги от АБЗ -	6.
7. Марка автомобиля -	МАЗ-5551.
8. Протяженность строящегося участка, км -	20.

### *Порядок расчета*

1. По исходным данным составляют схему размещения производственных предприятий (рис. 7.1), учитывая километры примыкания подъездов к строящемуся участку автомобильной дороги длиной 20 километров.

2. Составляют конструктивную схему дорожной одежды, состоящей:

- из дополнительного слоя песка;
- нижнего слоя основания;
- верхнего слоя основания;
- нижнего слоя покрытия,
- верхнего слоя покрытия.

2.1. Материал для конструктивных слоев дорожной одежды принимают такой же, как и в практической работе № 6.

3. Составляют таблицу потребности в дорожно-строительных материалах (табл. 7.3). Для этого из табл. 6.2 выбирают количество материала с учетом скорости потока.

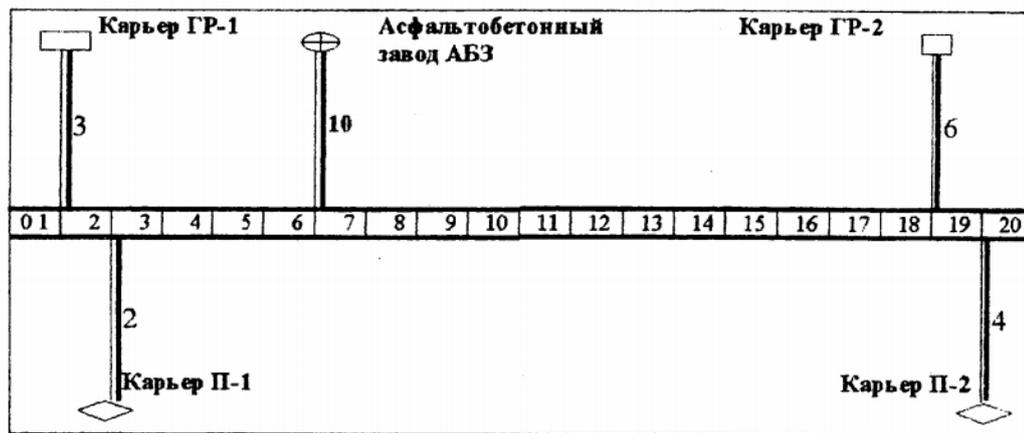


Рис. 7.1 Схема расположения производственных предприятий

Таблица 7.2 – Исходные данные к практической работе « Определение количества машин , необходимых для обеспечения транспортных работ»

Данные	ВАРИАНТЫ																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Расстояние от П-1 до дороги, км	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2
П-2	4	5	6	7	8	9	5	6	5	6	7	8	9	4	5	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6
№ км П-1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
№ км П-2	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16
Расстояние от Гр-1 до дороги, км	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	3
Гр-2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2
№ км Гр-1	3	4	1	2	3	1	4	3	2	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	1	2	3	4	1	2
№ км Гр-2	18	19	16	17	17	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18
Насып. плотн. песка, г/см <sup>3</sup>	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,61
Насып. плотн. ПГС, г/см <sup>3</sup>	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,70	1,80	1,81	1,82	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,70	1,80	1,81
Расстояние от трассы до АБЗ, км	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7
№ км АБЗ	5	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	5	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Марка автомобиля МАЗ	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51
Протяженность участка, км	20																								

Таблица 7.3 Количество дорожно-строительного материала, необходимого для строительства дорожной одежды участка автомобильной дороги

Наименование конструктивных слоев дорожной одежды	Наименование материала	Единицы измерения	Кол-во материала с учетом скорости потока
Дополнительный слой основания из песка	песок	м <sup>3</sup>	823
	вода	м <sup>3</sup>	38
Нижний слой основания из гравийно-песчаной смеси, укрепленной золой уноса	песок	м <sup>3</sup>	143
	гравий	м <sup>3</sup>	95
	зола уноса	т	87
	ПАВ	т	3
Верхний слой основания из гравийного материала с добавлением 30% щебня, обработанных битум. эмульсией.	гравий	м <sup>3</sup>	121
	щебень	м <sup>3</sup>	52
	вода	м <sup>3</sup>	8
	битум	т	10
Нижний слой покрытия из горячего щебенистого пористого асфальтобетона крупнозернистого	АБС	т	221
Верхний слой покрытия из горячего асфальтобетона мелкозернистого типа Б.	АБС	т	200

4. Определяют ориентировочную границу действия карьеров. Для точного определения границы производят расчет стоимости перевозки одного м<sup>3</sup> материала с учетом его отпускной цены и транспортных расходов. Построив эпюру стоимости перевозки материалов из каждого предприятия, определяют точку пересечения эпюр, свидетельствующих о равенности стоимости грузоперевозок.

Ориентировочный расчет выполняется с учетом подъездных дорог от карьеров к строящемуся участку и расстояния между этими подъездными дорогами.

#### 4.1. Ориентировочная граница действия гравийных карьеров.

Расстояние от карьера ГР-1 до строящегося участка составляет 3 км.

Расстояние от карьера ГР-2 до строящегося участка составляет 6 км.

Расстояние между подъездными дорогами - 17 км.

4.2. Определяют разность между подъездными дорогами

$$l = l_{1,ГР} - l_{2,ГР} = 6 - 3 = 3 \text{ км},$$

где  $l_{1,ГР}$  - подъездная дорога от карьера ГР-1, км;

$l_{2,ГР}$  - подъездная дорога от карьера ГР-2, км.

4.3. Определяют длину строящегося участка с учетом разности подъездных дорог

$$L_1 = L - l = 17 - 3 = 14 \text{ км},$$

где  $L$  - участок строящейся дороги между подъездными дорогами, км;

$l$  - разность между подъездными дорогами, км.

4.4. Полученную длину делят пополам:

$$L_2 = \frac{L_1}{2} = \frac{14}{2} = 7 \text{ км}.$$

4.6. Определяют границу действия гравийных карьеров

$$L_{ГР,1} = L_2 + l = 7 + 3 = 10 \text{ км}.$$

С учетом длины всего строящегося участка получают

$$10 + 1 = 11 \text{ км}.$$

Таким образом, на 11-м километре расположена точка зоны действия гравийных карьеров.

5. Аналогичным образом определяют зону действия песчаных карьеров.

5.1. Ориентировочная граница действия песчаных карьеров.

Расстояние от карьера П-1 до строящегося участка составляет 2 км.

Расстояние от карьера П-2 до строящегося участка составляет 4 км.

Расстояние между подъездными дорогами - 17 км.

5.2. Определяют разность между подъездными дорогами

$$l = l_{2,П} - l_{1,П} = 4 - 2 = 2 \text{ км},$$

где  $l_{2,П}$  - подъездная дорога от карьера П-1, км;

$l_{1,П}$  - подъездная дорога от карьера П-2, км.

5.3. Определяют длину строящегося участка с учетом разности подъездных дорог

$$L_1 = L - l = 17 - 2 = 15 \text{ км},$$

где  $L$  - участок строящейся дороги между подъездными дорогами, км;

$l$  - разность между подъездными дорогами, км.

5.4. Полученную длину делят пополам:

$$L_2 = \frac{L_1}{2} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ км}.$$

Определяют границу действия песчаных карьеров:

$$L_{П,1} = L_2 + l = 7,5 + 2 = 9,5 \text{ км}.$$

С учетом длины всего строящегося участка получают

$$9,5 + 2 = 11,5 \text{ км.}$$

Таким образом, на 11,5-м километре расположена точка зоны действия песчаных карьеров.

6. Определяют среднее расстояние пробега отдельно для каждого маршрута автомобиля:

- от карьера (ГР-1, ГР-2) до трассы;
- от карьера ГР-1 до начала трассы (до нулевого пикета), т.е. с поворотом направо;
- от карьера ГР-1 до зоны действия карьеров (до 11 пикета), т.е. с поворотом налево;
- от карьера ГР-2 до зоны действия карьеров (до 11 пикета), т.е. с поворотом направо;
- от карьера ГР-2 до конца строящегося участка, т.е. с поворотом налево;
- от карьера (П-1, П-2) до трассы;
- от карьера П-1 до начала трассы (до нулевого пикета), т.е. с поворотом налево;
- от карьера П-1 до границы действия карьеров (до 11,5 пикета), т.е. с поворотом направо;
- от карьера П-2 до границы действия карьеров (до 11,5 пикета), т.е. с поворотом направо;
- от карьера П-2 до конца строящегося участка, т.е. с поворотов направо.

Аналогичным образом определяют среднее расстояние пробега для каждого маршрута при вывозке гравия и асфальтобетонной смеси:

- от АБЗ до трассы;
- от АБЗ до начала трассы (до нулевого пикета), т.е. с поворотом направо;
- от АБЗ до конца трассы, т.е. с поворотом налево. Результаты расчетов сводят в табл. 7.4.

Таблица 7.4. Результаты расчета среднего расстояния пробега

Отправной пункт	Среднее расстояние пробега, км		
	до строящегося участка дороги	с поворотом направо	с поворотом налево
ГР-1	3	4	13
Гр-2	6	13	8
П-1	2	11,5	4
П-2	4	5	11,5
АБЗ	10	16	24

8. Определяют производительность автосамосвалов при расчете потребности автомобильного транспорта

$$П_a = \frac{T \cdot V \cdot K_{пр} \cdot g \cdot K_r \cdot K_b}{(L_{пр} + t \cdot V \cdot K_{пр}) \cdot \rho_n}, \text{ м}^3/\text{смену}.$$

где T-продолжительность смены, ч (T- 8 ч);

V- средняя техническая скорость автомобиля, принимаемая 25 км/ч;

$K_{пр}$  - коэффициент полезного использования пробега, т.е. отношение пробега с грузом к общему пробегу (0,5);

q - грузоподъемность автомобиля (см. табл. 7.1) с учетом исходных данных;

$K_r$  - коэффициент использования грузоподъемности (принимают равным 1,0);

$L_{пр}$ - среднее расстояние пробега с грузом, км;

$K_b$  - коэффициент использования рабочего времени (принимают 0,87);

t - продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой за одну поездку, ч;

$\rho_n$  - насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup>.

7.1. Определяют продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой за одну поездку с учетом нормы простоя (табл. 7.5).

Таблица 7.5. Нормы простоя автомобиля-самосвала под погрузкой-разгрузкой сыпучих материалов (песок, щебень, гравий, грунт и т.д.)

Грузоподъемность автомобиля, т	Продолжительность погрузки, мин			Продолжитель- ность загрузки, мин.
	экскаватор с ковшом объемом		из бункера	
	до 1 м <sup>3</sup>	от 1 до 2 м <sup>3</sup>		
1,5 – 2,25	2	-	1,5	1 - 2
2,25 – 4,5	2 - 4	2 - 3	3	1,5 – 2,5
4,5 – 7,0	5 - 7	3 - 4	4	2 - 3
7,0 – 10,0	10 - 10	3 - 5	6	3 - 6

Продолжительность простоя для автомобиля МАЗ-5551, имеющего грузоподъемность 10 т:

$$t = 12 + 3 = 15 \text{ мин.}$$

9. Определяют количество автомобилей

$$N_a = \frac{M}{P_a} \text{ авт,}$$

где М - количество материала, необходимого для обеспечения скорости потока (см. табл. 7.2);

$P_a$  - производительность автосамосвала.

9. Результаты расчета сводят в табл. 7.6.

Таблица 7.6. Определение количества автосамосвалов

Наименование транспортируемого груза	Определение количества автосамосвалов			
	Производительность автосамосвалов, м <sup>3</sup> /смену		Количество, шт	
	расчет	значение	расчет	значение
Дополнительный слой основания Песок карьер П-1 до трассы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(2 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5}$	113,3	$\frac{823}{113,3}$	7,7 (8)

Продолжение таблицы 7.6

П-1 с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	81,3	$\frac{823}{81,3}$	10,2 (11)
П-1 с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(11,5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	39,8	$\frac{823}{39,8}$	20,7 (21)
Песок карьер П-2 до трассы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	81,3	$\frac{823}{81,3}$	10,2 (11)
П-2 с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(11,5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	39,8	$\frac{823}{39,8}$	20,7 (21)
П-2 с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	71,3	$\frac{823}{71,3}$	11,6 (12)
Основание (нижний слой) (60%П+40%ГР) Песок карьер П-1 до трассы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(2 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	113,3	$\frac{143}{113,3}$	1,3 (2)
П-1 с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	81,3	$\frac{143}{81,3}$	1,7 (2)
П-1 с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(11,5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	39,8	$\frac{143}{39,8}$	3,6 (4)
Песок карьер П-2 до трассы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	81,3	$\frac{143}{81,3}$	1,7 (2)
П-2 с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(11,5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	39,8	$\frac{143}{39,8}$	3,6 (4)
П-2 с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	71,3	$\frac{143}{71,3}$	2,0 (2)
Гравий Карьер ГР-1 до трас- сы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(3 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	94,6	$\frac{95}{94,6}$	1,0 (1)
ГР-1 с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(13 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	35,9	$\frac{95}{35,9}$	2,7 (3)
ГР-1 с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	81,3	$\frac{95}{81,3}$	1,2 (2)
Гравий Карьер ГР-2 до трас- сы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(6 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	63,5	$\frac{95}{63,5}$	1,5 (2)

Продолжение таблицы 7.6

ГР-2 с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(8 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	52,1	$\frac{95}{52,1}$	1,8 (2)
ГР-2 с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(13 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	35,9	$\frac{95}{35,9}$	2,7 (3)
Основание (верхний слой) (70%ГР+30Щ) Гравий карьер ГР-1 до трас- сы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(3 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	94,6	$\frac{121}{94,6}$	1,3 (2)
ГР-1 с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(13 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,5$	35,9	$\frac{121}{35,9}$	3,4 (4)
ГР-1 с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	81,3	$\frac{121}{81,3}$	1,5 (2)
Гравий Карьер ГР-2 до трас- сы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(6 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	63,5	$\frac{121}{63,5}$	1,9 (2)
ГР-2 с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(8 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	52,1	$\frac{121}{52,1}$	2,3 (3)
ГР-2 с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(13 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	35,9	$\frac{121}{35,9}$	3,4 (4)
Щебень ж/д станция до трассы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(10 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	41,4	$\frac{52}{41,4}$	1,3 (2)
ж/д станция с пово- ротом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(24 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	20,0	$\frac{52}{20,0}$	2,6 (3)
ж/д станция с пово- ротом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(16 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)} \cdot 1,6$	28,4	$\frac{52}{28,4}$	1,8 (2)
Покрытие АБС (нижний слой) АБЗ до трассы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(10 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)}$	66,3	$\frac{221}{66,3}$	3,4 (4)
АБЗ с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(24 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)}$	32,1	$\frac{221}{32,1}$	6,9 (7)
АБЗ с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(16 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)}$	45,5	$\frac{221}{45,5}$	4,9 (5)
Покрытие АБС (верхний слой) АБЗ до трассы	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(10 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)}$	66,3	$\frac{200}{66,3}$	3,0 (3)

Продолжение таблицы 7.6

АБЗ с поворотом налево	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(24 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)}$	32,1	$\frac{200}{32,1}$	6,3 (7)
АБЗ с поворотом направо	$\frac{8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(16 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)}$	45,5	$\frac{200}{45,5}$	4,4 (5)

На основании табл. 7.6 составляют сводную ведомость потребности в автосамосвалах (табл. 7.7).

Таблица 7.7. Ведомость потребности в автосамосвалах для перевозки дорожно-строительных материалов

Наименование материала		Маршрут следования автомобилей					
		Карьеры (песок, ПГС)			АБЗ, ж/д станция		
		до места выхода на трассу	влево от места выходы	вправо от места выхода	до места выхода на трассу	влево от места выходы	вправо от места выхода
Дополнительный слой основания. Песок	П-1	$\frac{113,3}{8}$	$\frac{81,3}{11}$	$\frac{39,8}{21}$			
	П-2	$\frac{81,3}{11}$	$\frac{39,8}{21}$	$\frac{71,3}{12}$			
Основание нижний слой (60%П+40%Гр)	П-1	$\frac{113,3}{2}$	$\frac{81,3}{21}$	$\frac{71,3}{12}$			
	П-2	$\frac{81,3}{2}$	$\frac{39,8}{4}$	$\frac{71,3}{2}$			
	Гр-1	$\frac{94,6}{1}$	$\frac{35,9}{3}$	$\frac{81,3}{2}$			
	Гр-2	$\frac{63,5}{2}$	$\frac{52,1}{2}$	$\frac{35,9}{3}$			
Основание верхний слой (70%Гр+30%Щ)	Гр-1	$\frac{94,6}{2}$	$\frac{35,9}{4}$	$\frac{81,3}{2}$			
	Гр-2	$\frac{63,5}{2}$	$\frac{52,1}{3}$	$\frac{35,9}{2}$			
	Щ				$\frac{41,4}{2}$	$\frac{20,0}{3}$	$\frac{28,4}{2}$
Покрытие нижний слой АБС	АБЗ				$\frac{66,3}{42}$	$\frac{32,1}{7}$	$\frac{45,5}{5}$
Покрытие верхний слой АБС	АБЗ				$\frac{66,3}{42}$	$\frac{32,1}{7}$	$\frac{45,5}{5}$

*Примечание:* в числителе - производительность машины; в знаменателе - необходимое количество машин.

## Заключение

Определены ориентировочные границы действия песчаных и гравийных карьеров. Определены производительность автосамосвалов с учета расстояния перевозки дорожно-строительных материалов. Определено количество автосамосвалов, необходимых для перевозки дорожно-строительных материалов, обеспечивающих скорость строительного потока.

### *Практическое занятие № 8*

## ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

### Введение

**Производственное предприятие дорожное** - это предприятие, обеспечивающее дорожно-строительную или дорожно-ремонтную организацию дорожно-строительными материалами, смесями, изделиями.

К основным дорожным предприятиям относятся:

- цементобетонные заводы (ЦБЗ);
- асфальтобетонные заводы (АБЗ);
- камнедробильно-сортировочные заводы (КДСЗ);
- заводы железобетонных конструкций (ЗЖБК);
- заводы сухой смеси;
- предприятия по выпуску модифицированных битумов и битумных эмульсий;
- карьеры;
- полигоны.

Кроме основных производственных предприятий существуют вспомогательные предприятия, направленные на ремонт машин и механизмов, а также их материальное обеспечение деталями и конструкциями (ремонтные мастерские, парки-стоянки дорожных и транспортных машин, склады материалов, готовых конструкций, инструментов и запасных частей). Кроме того, существуют обслуживающие предприятия, предназначенные для обеспечения основного и

неосновного производства электроэнергией (электростанции), сжатым воздухом (компрессорные), паром (котельные), водой (насосные).

Размещение производственного предприятия должно обеспечить минимальную средневзвешенную стоимость франко-трасса приготовленных на предприятии полуфабрикатов и изделий. Место расположения производственного предприятия выбирается на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов. При выборе площадки для строительства производственного предприятия учитываются также геологические и гидрологические условия района строительства, существующая транспортная сеть, обеспеченность района электроэнергией и водой.

При выборе вариантов необходимо учитывать, что пункты возможного расположения производственного предприятия должны отвечать следующим условиям (рис. 8.1):

- 1) находиться вблизи источников получения основных материалов, т.е. у железнодорожных станций, карьеров и т.д.;
- 2) располагаться по возможности ближе к трассе строящейся дороги и иметь удобные подъезды к ней;
- 3) иметь достаточные по размерам и удобные площадки для размещения оборудования, складов материалов и других сооружений.

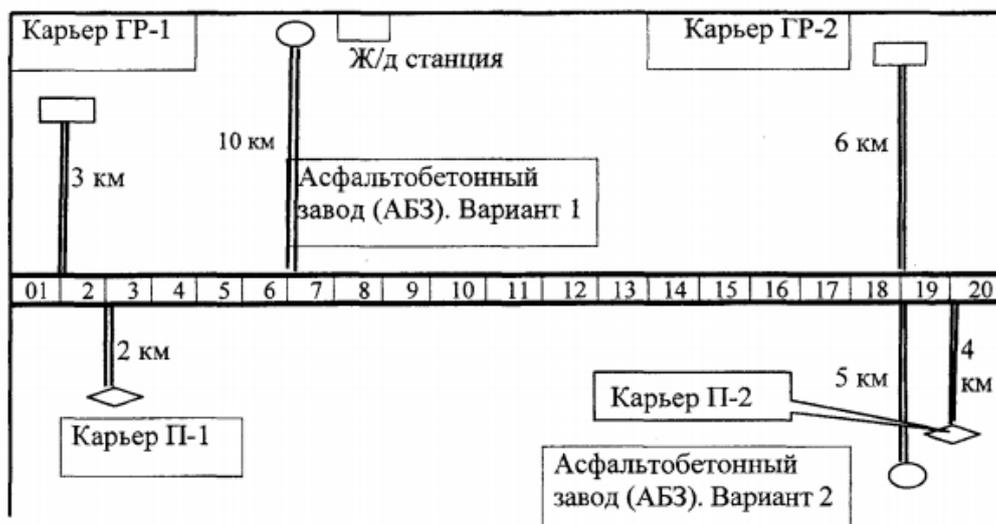


Рис. 8.1 Схема расположения участка автомобильной дороги с примыканием дорог от песчаных и гравийных карьеров и асфальтобетонных заводов

Для технико-экономического сравнения составляют график средней дальности возки и рассчитывают транспортную работу.

График средней дальности возки дорожно-строительных материалов представляет собой схему расположения производственных предприятий, тяготеющих к территории строительства, с расчетными показателями моментов, характеризующих перевозку тонны груза на расстояние транспортирования. График состоит из двух частей: расчетной схемы и схемы расположения предприятий. Расчетная схема составляется отдельно для материала покрытия и отдельно для основания. В данной задаче график включает только доставку материалов для асфальтобетонного покрытия.

### *Задание*

1. Составить схему размещения производственных предприятий.
2. Определить необходимое количество перевозимого материала.
3. Построить график средней дальности возки дорожно-строительных материалов.
4. Определить транспортную работу для сравниваемых вариантов.

Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл.

8.1.

### **Пример расчета**

#### *Исходные данные*

1. Вариант -	26.
2. Расстояние от трассы:	
- до АБЗ-1 –	10 км;
- до АБЗ-2 –	5 км;
- карьера П-1 –	2 км;
- карьера П-2 –	4 км.
3. Расстояние от АБЗ-1 до ж/д станции, км –	1.
Расстояние от АБЗ-2 до карьера П-2, км -	2.

4. Насыпная плотность песка, г/см <sup>3</sup> –	1,5.
5. Насыпная плотность ПГС, г/см <sup>3</sup> -	1,6.
6. Протяженность участка, км -	20.

### *Порядок расчета*

1. Составляют схему размещения производственных предприятий (рис. 8.2).

С учетом приведенных выше данных и исходных данных принимают два варианта расположения асфальтобетонного завода (АБЗ):

1) возле железнодорожной станции с выходом на  $n$ -й километр трассы (согласно исходным данным на 6-й км) - АБЗ-1. Расстояние между железнодорожной станцией и АБЗ-1 принимают равным 1 км;

2) возле песчаного карьера (П-2), соответственно с выходом на  $m$ -й километр трассы (например на 18-й км) - АБЗ-2.

1.1. В графическом разделе «Схема расположения баз, станций, карьеров, дорожно-строительных материалов» проводят горизонтальную линию равную по протяженности длине строящегося участка дороги, например 20 км (в масштабе 1 : 100).

1.2. Проведенную линию разбивают на пикеты (в данном случае горизонтальная линия длиной 20 см разбивается на двадцать одинаковых отрезков длиной 1 см).

1.3. Согласно исходным данным по примыканию подъездов от АБЗ к строящейся дороге отмечают точки выхода (например, 6 км - от АБЗ-1, расположенного возле железнодорожной станции, 18 км - от АБЗ-2, расположенного возле песчаного карьера № 2).

1.4. В пикетах выхода проводят прямые линии, на конце которых ставят обозначение АБЗ, а на линии ставят протяженность подъездной дороги (например, на 6 км удаленность АБЗ-1 составляет 10 км, а на 18 км - 5 км).

1.5. Аналогичным образом обозначают расположение, удаленность и пикет примыкания подъездных дорог от песчаных карьеров П-1 и П-2.

Таблица 8.1. Исходные данные к практической работе «Обоснование места расположения производственного предприятия»

Данные	ВАРИАНТЫ																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Расстояние от трассы до АБЗ-1, км	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7
АБЗ-2, км	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3
карьер П-1, км	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2
карьер П-2, км	4	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9
Расстояние от АБЗ-1 до ж/д станции, км	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Расстояние от АБЗ-2 до карьера П-2	2	2	3	2	3	2	5	5	3	3	3		3	3	5	5	5	4	4	4	4	6	6	6	6
Насып. плотн. песка, г/см <sup>3</sup>	1,50	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,50	1,51	1,52	1,53
Насып. плотн. ПГС, г/см <sup>3</sup>	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,68	1,69	1,70	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,60
Протяженность участка, км	20,0																								

2. Заполняют расчетную часть графика средней дальности возки дорожно-строительных материалов (рис. 8.2), которая состоит из следующих граф:

- протяженности участка, км;
- необходимое количество дорожно-строительных материалов, т;
- дальность возки, км;
- момент, т км.

Поскольку асфальтобетонное покрытие состоит из двух слоев: верхнего и нижнего, то расчет ведется отдельно для каждого слоя.

		1-й вариант			2-й вариант																
Материалы для покрытия	Горячий щебенистый асфальтобетон мелкозернистый	Протяженность участка, км	6 км (30 %) (1-й вариант)	14 км (70 %) (1-й вариант)	18 км (90 %) (2-й вариант)	2 км (10 %)	20 (100 %)														
		Требуемое количество, т	8820 (30 %) (1-й вариант)	20580 (70 %) (1-й вариант)	26460 (90 %) (2-й вариант)	2940 (10 %)	29400 (100 %)														
		Дальность возки, км	13 (1-й вариант)	17 (1-й вариант)	14 (2-й вариант)	6	15/10														
		Момент, т км	114660 (1-й вариант)	349860 (1-й вариант)	370440 (2-й вариант)	17640	464520/ /388080														
	Горячий щебенистый асфальтобетон пористый крупнозернистый	Протяженность участка, км	6 км (30 %) (1-й вариант)	14 км (70 %) (1-й вариант)	18 км (90 %) (2-й вариант)	2 км (10 %)	20 (100 %)														
		Необходимое количество, т	9714 (30 %) (1-й вариант)	32380 (70 %) (1-й вариант)	29142 (90 %) (2-й вариант)	3238 (10 %)	32380 (100 %)														
		Дальность возки, км	13 (1-й вариант)	17 (1-й вариант)	14 (2-й вариант)	6	15/10														
		Момент, т км	126282 (1-й вариант)	550460 (1-й вариант)	407988 (2-й вариант)	19428	676742/ /427416														
Схема расположения станции, асфальтобетонных заводов, карьеров песчаных смесей		<b>АБЗ-1</b>																			
		01	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
				<b>П-1</b>														<b>П-2</b>			
				<b>АБЗ-2</b>																	

Рис. 8.2. График средней дальности возки асфальтобетонной смеси

2.1. Рассчитывают результаты перевозки составляющих компонентов асфальтобетонной смеси для верхнего слоя покрытия. Заполняют верхнюю строку «протяженность участка». В точке, где дорога от АБЗ примыкает к трассе, проводят вертикальную линию, которая делит участок дороги на два отрезка: 1) с поворотом направо, 2) с поворотом налево. Участок между пикетами выхода делят пополам.

В строке проставляют отрезки трассы, на которые этот пикет делит всю дорогу, и вычисляют процент. Например, для первого варианта: 6 км (30%) и 14 км (70%). Точно так же разбивают дорогу для второго варианта. В конце строки ставят общую протяженность строящегося участка дороги.

2.2. Заполняют строку «требуемого количества материалов». Верхний слой асфальтобетонного покрытия представляет собой горячий асфальтобетон мелкозернистый типа Б, марки 1, толщиной 0,07 м. Необходимое количество этой смеси принимают по ведомости потребности в основных дорожно-строительных материалах и полуфабрикатах по строительству дорожной одежды. Следует учитывать, что в этой ведомости расчет произведен на 1 км дороги, а в данном случае протяженность участка составляет 20 км. Потребность в асфальтобетоне для верхнего слоя

$$G_{\text{в.сл.}} = G_1 \cdot 20 = 1470 \cdot 20 = 29400 \text{ т},$$

где  $G_1$  - потребность в АБС на 1 км дороги.

Полученную цифру ставят в итоговой графе строки «требуемое количество». Далее эту цифру разбивают в соответствии с процентным количеством смеси на каждом отрезке дороги. Для первого варианта

$$29400 \cdot 0,3 = 8820 \text{ т};$$

$$29400 \cdot 0,7 = 20580 \text{ т}.$$

Аналогичным образом разбивают количество смеси для второго варианта.

2.3. Заполняют строку «дальность возки». Дальность возки определяют по формуле

$$L_i = L_{\text{под}} + 0,5 L_y,$$

где  $L_{\text{под}}$  - длина подъездного пути от АБЗ до выхода на трассу, км;

$L_y$  - длина участка дороги, расположенного вправо и влево от пикета выхода на трассу, км.

Для первого варианта

$$L'_{\text{право}} = 10 + 0,5 \cdot 6 = 13 \text{ км};$$

$$L'_{\text{лево}} = 10 + 0,5 \cdot 14 = 17 \text{ км}.$$

Аналогичным образом определяют дальность вывозки для второго варианта.

В конце строки проставляют среднюю дальность вывозки с учетом обоих поворотов:

$$\frac{13+17}{2} = 15 \text{ км}.$$

2.4. Заполняют строку «момент». Момент представляет собой произведение силы на плечо, в данном случае - вес материала, умноженный на расстояние транспортирования. Момент определяют по формуле

$$M = G \cdot L_i = 8820 \cdot 13 = 114660 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Вычисленный момент получен для отрезка первого варианта с поворотом направо. Аналогичным образом вычисляют момент с поворотом налево, а также оба момента для второго варианта.

3. Рассчитывают результаты перевозки составляющих компонентов асфальтобетонной смеси для нижнего слоя покрытия.

Нижний слой создается из горячего щебенистого пористого асфальтобетона крупнозернистого толщиной 0,08 м.

Расчет проводится в той же последовательности, что и для верхнего слоя покрытия.

3.1. Заполняют строку «протяженность участка», км.

3.2. Определяют требуемое количество асфальтобетонной смеси с учетом перевода ее на дорогу протяженностью 20 км. Необходимое количество определяют по формуле

$$G_{в.сх} = G_1 \cdot 20 = 1619 \cdot 20 = 32380 \text{ т.}$$

Данное количество разбивают в соответствии с теми же процентами:

$$32380 \cdot 0,3 = 9714 \text{ т;}$$

$$32380 \cdot 0,7 = 22666 \text{ т.}$$

3.3. Дальность возки будет точно такой, как и для смеси верхнего слоя, т.е. переносят цифры из аналогичной строки верхнего слоя.

3.4. Определяют момент дальности возки путем умножения потребного количества смеси на дальность возки. Для первого варианта

$$M = G \cdot L_i = 9714 \cdot 13 = 126282 \text{ т} \cdot \text{км.}$$

4. Определяют транспортную работу для сравниваемых вариантов. Транспортная работа определяется по формуле

$$T = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot l_i + \sum_{j=1}^n Q_j \cdot l_j ,$$

где  $T$  - суммарная транспортная работа, т км;

$Q_i$  - масса привозимых на завод материалов (Щ, П, МП, Б) м<sup>3</sup> или т;

$l_i$  - расстояние перевозки материалов, км;

$Q_j$  - масса асфальтобетона, т;

$l_j$  - расстояние перевозки асфальтобетонной смеси, км;

$m$  - количество перевозимых материалов;

$n$  - количество видов асфальтобетонов.

Условие для выбора оптимального варианта заключается в минимальных значениях транспортной работы. Следовательно, просчитав два варианта по суммарным показателям, выбирают тот вариант, у которого суммарная транспортная работа будет меньше. Результаты расчета сводят в табл. 8.2.

Таблица 8.2 Результаты расчета транспортной работы

Наименование материалов	Конструктивный слой покрытия	
	верхний слой покрытия	нижний слой покрытия
	1-й вариант (подвозка компонентов АБС и щебня по железной дороге и доставка на АБЗ-1, а песка – из карьера П-1)	
Щебень	$11240 \cdot 1,6 \cdot 1 = 17984$	$11700 \cdot 1,6 \cdot 1 = 18720$
Песок	$6720 \cdot 1,5 \cdot 16 = 161280$	$9440 \cdot 1,5 \cdot 16 = 226560$
Минеральный порошок	$1980 \cdot 1 = 1980$	$660 \cdot 1 = 660$
Битум	$1660 \cdot 1 = 1660$	$1620 \cdot 1 = 1620$
ПАВ	$124 \cdot 1 = 124$	$122 \cdot 1 = 122$
Асфальтобетонная смесь (поворот направо)	$\frac{(1470 + 1619) \cdot 20 \cdot 6}{20} \cdot \left(10 + \frac{6}{2}\right) = 240942$	
Асфальтобетонная смесь (пов. налево)	$\frac{(1470 + 1619) \cdot 20 \cdot 14}{20} \cdot \left(10 + \frac{14}{2}\right) = 735182$	
Итого по 1-му варианту	$17984 + 161280 + 1980 + 1660 + 124 + 240942 + 735182 + 18720 + 226560 + 660 + 1620 + 122 = 1406834$	
Наименование материалов	2-й вариант (подвозка компонентов АБС и щебня по железной дороге с доставкой на АБЗ-2, а песка – из карьера П-2)	

Продолжение таблицы 8.2

Щебень	$11240 \cdot 1,6 \cdot (10+12+5) = 485568$	$11700 \cdot 1,6 \cdot (10+12+5) = 505440$
Песок	$6720 \cdot 1,5 \cdot 2 = 20160$	$9440 \cdot 1,5 \cdot 2 = 28320$
Минеральный порошок	$1980 \cdot (10+12+5) = 53460$	$960 \cdot (10+12+5) = 25920$
Битум	$1660 \cdot (10+12+5) = 44820$	$1620 \cdot (10+12+5) = 43740$
ПАВ	$124 \cdot (10+12+5) = 3348$	$122 \cdot (10+12+5) = 3294$
Асфальтобетонная смесь (поворот направо)	$\frac{(1470 + 1619) \cdot 20 \cdot 18}{20} \cdot \left(5 + \frac{18}{2}\right) = 778428$	
Асфальтобетонная смесь (пов. налево)	$\frac{(1470 + 1619) \cdot 20 \cdot 2}{20} \cdot \left(5 + \frac{2}{2}\right) = 37068$	
Итого по 2-му варианту	$485568 + 20160 + 53460 + 44820 + 3348 + 778428 + 37068 + 505440 + 28320 + 25920 + 43740 + 3294 = 2029566$	

4.1. Чтобы приготовить единицу объема асфальтобетонной смеси необходимо доставить на завод расчетное количество составляющих компонентов: щебень, песок, минеральный порошок, битум.

Щебень в республике Беларусь добывается в гранитном карьере «Микашевичи» и доставляется на АБЗ по железной дороге.

Песок является местным сырьем и добывается на местных карьерах в результате сортировки и промывки на спиральных классификаторах (мочных машинах).

Доставка песка на АБЗ для каждого варианта имеет свои особенности.

1. Для АБЗ-1 первого варианта песок добывается и доставляется из песчаного карьера П-1.

2. Второй АБЗ-2 расположен рядом с карьером П-2. Поэтому песок на АБЗ-2 доставляется из второго карьера по кратчайшему пути без объезда через строящуюся дорогу. В связи с этим принимают расстояние доставки песка на АБЗ-2 равным 2 км.

4.2. Заполняют строку (см. табл. 8.1), соответствующую транспортной работе, выполняемой при доставке щебня на АБЗ-1. Расчет производят следующим образом.

4.2.1. Рассчитывают верхний слой покрытия. В данной задаче протяженность выбранного участка равна 20 км. Следовательно:

фракции 10-20 - расход  $281 \cdot 20 = 5620$ ;

фракции 5-10 - расход  $281 \cdot 20 = 5620$ .

Транспортная работа =  $(5620 + 5620) \cdot \rho_n \cdot L_{пр} = 11240 \cdot 1,6 \cdot 1 = 17984$  т·км,

где  $\rho_n$  - насыпная плотность щебня, т/м<sup>3</sup> ;

$L_{пр}$  - расстояние от АБЗ-1 до строящегося участка, км.

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «щебень - верхний слой».

4.2.2. Определяют транспортную работу для перевозки песка на АБЗ-1 по аналогичной схеме:

песок - расход  $336 \cdot 20 = 6720$ ;

Транспортная работа =  $6720 \cdot 1,5 \cdot (2 + 4 + 10) = 161280$  т·км.

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «песок - верхний слой».

4.2.3. Определяют транспортную работу для перевозки минерального порошка:

минеральный порошок - расход  $99 \cdot 20 = 1980$ ;

Транспортная работа =  $1980 \cdot 1 = 1980$ .

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «минеральный порошок - верхний слой».

4.2.4. Определяют транспортную работу для перевозки битума:

битум - расход  $83 \cdot 20 = 1660$ ;

Транспортная работа =  $1660 \cdot 1 = 1660$ .

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «битум - верхний слой».

4.2.5. Определяют транспортную работу для перевозки «Поверхностноактивных веществ»:

ПАВ - расход  $6,2 \cdot 20 = 124$ ;

Транспортная работа =  $124 \cdot 1 = 124$ .

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «ПАВ - верхний слой».

4.3. По аналогичной схеме определяют доставку составляющих компонентов для приготовления асфальтобетонной смеси для нижнего слоя покрытия на АБЗ-1.

Расчет компонентов для нижнего слоя:

щебень - расход  $(206 + 264 + 115) \cdot 20 = 11700$ ;

песок - расход  $472 \cdot 20 = 9440$ ;

минеральный порошок - расход  $33 \cdot 20 = 660$ ;

битум - расход  $81 \cdot 20 = 1620$ ;

ПАВ - расход  $6,1 \cdot 20 = 122$ .

4.4. Приготовленную асфальтобетонную смесь доставляют от АБЗ-1 до строящегося участка дороги.

Асфальтобетонная смесь вывозится вначале на участок, расположенный справа от примыкания дороги от АБЗ-1, а затем на участок расположенный слева. Расчет ведется по следующей форме:

асфальтобетонная смесь с поворотом направо

$$T = \frac{(1470+1619) \cdot 20 \cdot 6}{20} \cdot \left(10 + \frac{6}{2}\right) = 240942 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

асфальтобетонная смесь с поворотом налево

$$T = \frac{(1470+1619) \cdot 20 \cdot 14}{20} \cdot \left(10 + \frac{14}{2}\right) = 735182 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

4.5. Суммарное значение транспортной работы для первого варианта

$$T = 17984 + 161280 + 1980 + 1660 + 124 + 240942 + 735182 + 18720 + \\ + 226560 + 660 + 1620 + 122 = 1406834 .$$

5. По вышеизложенной форме проводят расчет транспортной работы для второго варианта, для которого составляющие компоненты на АБЗ-2 доставляются от железной дороги, а песок ~ от карьера П-2.

6. Сравнивают суммарную транспортную работу для обоих вариантов:

- для первого варианта  $T = 1406834 \text{ т} \cdot \text{км}$ ;

- для второго варианта  $T = 2029566 \text{ т} \cdot \text{км}$ .

Расчет показал, что минимальное значение транспортной работы будет у первого варианта.

Следовательно, расположение асфальтобетонного завода вблизи железнодорожной станции является наиболее приемлемым вариантом.

### **Заключение**

Составлена схема размещения асфальтобетонных заводов песчаных карьеров в соответствии с вариантным проектированием.

Определено требуемое количество перевозимых компонентов для приготовления на асфальтобетонном заводе смеси, а также количество смеси для укладки двухслойного асфальтобетонного покрытия.

Построен график средней дальности возки песка из карьеров П-1 и П-2.

Рассчитана транспортная работа для двух вариантов расположения асфальтобетонного завода возле железнодорожной станции и возле одного из песчаных карьеров.

### *Практическое занятие № 9*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРОВ**

### **Введение**

Наличие строительных материалов в районе строительства играет решающую роль в выборе типа и конструкции сооружений. Скопление в земной коре определенных горных пород, разработка которых представляет практический интерес для строительства, называется месторождением. Нерудные полезные ископаемые добывают открытым способом в горных выработках (карьерах).

**Карьер** - производственное предприятие для добычи и переработки каменных материалов (щебня, гравия, песка). Карьеры бывают притрассовые (временные) и промышленные (базисные). Притрассовые карьеры располагаются в непосредственной близости от участка строящейся дороги.

По положению залежи относительно поверхности земли различают:

- карьеры поверхностные (глубиной до 40-60 м);
- глубинные (глубина свыше 60 м);
- нагорные (при залежах выше господствующего уровня земной поверхности);
- нагорно-глубинные;
- подводные.

По типу добываемой горной породы различают карьеры по разработке скальных и полускальных пород, гравийные и песчаные карьеры.

Горным отводом называется часть земных недр, предоставляемая для промышленной разработки содержащихся в ней полезных ископаемых.

Подготовка месторождения к разработке включает вырубку леса и корчевание пней, ограждение карьера от притока поверхностных и подземных вод, удаление почвенного покрова и складирование его для последующего использования, сооружение первичных подъездных дорог к участкам первоначальных горных работ и отвалов.

На карьерах дорожно-строительных организаций добыча пород ведется одним уступом, высота которого не должна превышать максимальную высоту черпания экскаватора.

Разработка карьера экскаватором, оборудованным прямой лопатой, производится:

- а) боковым забоем, когда транспортные средства размещаются сбоку экскаватора на одном или разных уровнях;
- б) лобовым забоем, когда экскаватор выгружает грунт из ковша в транспортные средства, размещенные сзади экскаватора на одном с ним уровне.

Рекомендуемые размеры забоев при работе экскаватора с прямой лопатой с погрузкой грунта в транспортные средства приведены в табл. 9.1.

В качестве автотранспортных средств для перемещения грунта из карьера применяют автомобили-самосвалы.

Таблица 9.1. Рекомендуемые размеры забоев

Показатели	Размеры забоя, м, при объеме ковша экскаватора				
	0,3	0,4-0,5	0,6-0,65	1-1,25	1,6
Наибольшая высота резания, м	4,8-6	6,5	6,5-8	8-9	9-9,5
Ширина подошвы забоя от оси пути экскаватора до стенки забоя, м	3	4	4,5	5	5
Ширина подошвы забоя от оси пути экскаватора до погрузки грунта, м	2	2,8-2,5	3	3,6-2,5	3,6-2,5

При возведении дорожного полотна или приготовлении бетонов возникает необходимость определения рациональной дальности возки материала из карьеров, для чего находят границы зон действия этих карьеров.

В качестве рациональной границы зон действия карьеров принимают такую точку на дороге, в которой совпадают стоимости вывозки единицы материала из соседних карьеров. Экономически целесообразные зоны использования местных материалов устанавливают по стоимости перевозки грузов, принимаемой по СНиП 4.04-91, ССЦПГ ч. 1 (табл. 9.2).

Таблица 9.2. Перевозка грузов автомобилями-самосвалами из карьеров (Сб. сметных цен на перевозки грузов для строительства (ССЦПГ), ч. 1: СНиП 4.04-91)

Расстояние, км	Провозная плата за 1 т, руб.	Расстояние, км	Провозная плата за 1 т, руб.
до 1	0,17	св. 6 до 6,5	0,63
св. 1 до 1,5	0,2	св. 6,5 до 7	0,67
св. 1,5 до 2	0,25	св. 7 до 7,5	0,71
св. 2 до 2,5	0,3	св. 7,5 до 8	0,75
св. 2,5 до 3	0,35	св. 8 до 8,5	0,79
св. 3 до 3,5	0,39	св. 8,5 до 9	0,83
св. 3,5 до 4	0,43	св. 9 до 9,5	0,87
св. 4 до 4,5	0,47	св. 9,5 до 10	0,91
св. 4,5 до 5	0,51	св. 10	$0,91+0,065 \cdot x$
св. 5 до 5,5	0,55		
св. 5,5 до 6	0,59		

Границы использования карьеров при равноценном качестве материалов удобно определять графически. Вертикальный отрезок, отложенный в точке выезда из каждого карьера, графически представляет стоимость материала при выезде на дорогу, а наклонные линии, расходящиеся от вертикального отрезка - прирост стоимости по мере увеличения дальности возки. Пересечение наклонных линий свидетельствует о равенности стоимостей перевозки каменного материала и соседних карьеров.

Стоимость единицы материала равна сумме отпускной цены единицы материала и транспортных расходов.

### *Задание*

1. Определить стоимость 1 м<sup>3</sup> грунта, вывозимого из песчаных карьеров, для отсыпки дорожного полотна автомобильной дороги.

2. Определить стоимость одного м<sup>3</sup> песчано-гравийной смеси, вывозимой из гравийных карьеров для отсыпки слоев дорожной одежды автомобильной дороги.

3. Построить график использования карьера.

4. Определить объем грунта, необходимого для отсыпки дорожного полотна участка автомобильной дороги.

5. Определить размеры карьеров.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. 9.3.

### **Пример расчета**

#### *Исходные данные*

1. Вариант-	26.
2. Расстояние от карьера П-1 до трассы, км -	2.
Расстояние от карьера П-2 до трассы, км -	4.
№ км примыкания подъездной дороги от П-1 -	1.
№ км примыкания подъездной дороги от П-2 -	16.
3. Расстояние от карьера Гр-1 до трассы, км -	3.
Расстояние от карьера Гр-2 до трассы, км -	16.

№ км примыкания подъездной дороги от Гр-1 -	3.
№ км примыкания подъездной дороги от Гр-2 -	18.
4. Насыпная плотность песка, г/см <sup>3</sup> -	1,5.
5. Насыпная плотность ПГС, г/см <sup>3</sup> -	1,6.
6. Категория дороги -	II.
7. Толщина дорожной одежды, м -	0,55
8. Средняя высота насыпи, м -	2,0.
9. Протяженность участка, км -	4.

### Порядок расчета

1. Определяют стоимость м<sup>3</sup> грунта, вывозимого из песчаных карьеров, для отсыпки дорожного полотна автомобильной дороги.

1.1. Составляют расчетную схему вывозки грунта. На плане трассы наносят расположение песчаных карьеров и обозначают расстояние от карьера до строящейся дороги (рис. 9.1) с использованием исходных данных.

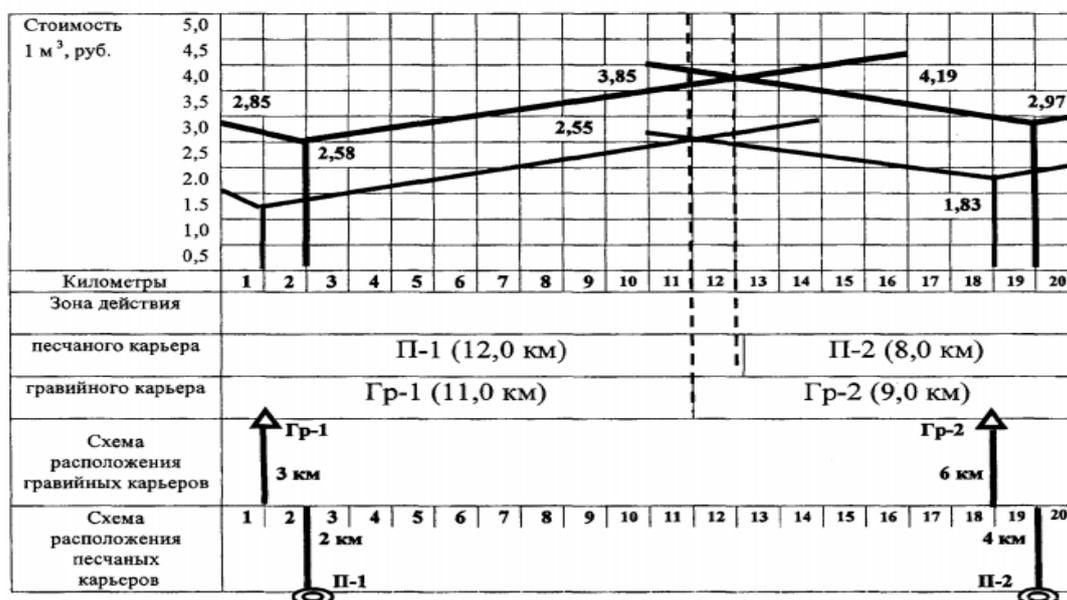


Рис. 9.1. График границ использования карьеров

1.2. Составляют ведомость расчета стоимости транспортных расходов материалов из песчаных карьеров (табл. 9.4).

1.2.1. Расстояние до выхода на трассу заполняют в соответствии с исходными данными.

Таблица 9.3. Исходные данные к практической работе «Определение границ использования карьеров»

Данные	ВАРИАНТЫ																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Расстояние до дороги от П-1, км	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2
П-2	4	5	6	7	8	9	5	6	5	6	7	8	9	4	5	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6
№ км П-1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
№ км П-2	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16
Расстояние до дороги от Гр-1, км	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	3
Гр-2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2
№ км Гр-1	3	4	1	2	3	1	4	3	2	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	1	2	3	4	1	2
№ км Гр-2	18	19	16	17	17	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18
Насып. плотн. грунта, г/см <sup>3</sup>	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,61
Насып. плотн. ПГС, г/см <sup>3</sup>	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,70	1,80	1,81	1,82	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,70	1,81	
Категория дороги	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II
Толщина ДО, м	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70
Ср. высота насыпи, м	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35	2,00	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,70
Протяженность участка, км	2,0																								

Таблица 9.4. Ведомость расчета стоимости транспортных расходов материалов из карьеров

Наименование материала	Номера карьеров	Расстояние до выхода на трассу	Длина подъездного пути слева (справа)	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Транспортные расходы, руб./м <sup>3</sup>	Стоимость 1 м <sup>3</sup> , руб.		
						Отпускная цена	Транспортные расходы	Всего
Песок	П-1	2	4	1,5	0,43	2,20	0,65	2,85
			2		0,25		0,38	2,58
			14		$0,91+0,065 \times 4=1,17$		1,76	3,96
	П-2	4	13	1,5	$0,91+0,065 \times 3=1,1$	2,20	1,65	3,85
			4		0,43		0,65	2,85
			5		0,51		0,77	2,97
Песчано-гравийная смесь	Гр-1	3	4	1,6	0,43	0,88	0,69	1,57
			3		0,35		0,56	1,44
			16		$0,91+0,065 \times 6=1,3$		2,08	2,96
	Гр-2	6	12	1,6	$0,91+0,065 \times 2=1,04$	0,88	1,67	2,55
			6		0,59		0,95	1,83
			8		0,75		1,20	2,08

1.2.2. Длину подъездного пути слева и справа рассчитывают с учетом выезда на дорогу и проезда по трассе до намеченного пункта. Крайние пункты принимают в начале и конце дороги, а в середине - обязательно с перекрытием зон действия.

1.2.3. Насыпную плотность принимают в соответствии с исходными данными.

1.2.4. Транспортные расходы принимают из «Сборника сметных цен на перевозки грузов для строительства: часть 1. «Железнодорожные и автомобильные перевозки»: СНиП 4.04-91 или из табл. 9.2.

1.2.5. Отпускную цену принимают по «Сборнику сметных цен на местные строительные материалы, изделия и конструкции для строительства в Республике Беларусь» (Ч. IV).

Отпускную цену на песок принимают по обоснованию С412-1266.

Отпускная цена равна оптовой. Отпускную цену на песчано-гравийную смесь принимают по обоснованию С412-1268.

Таблица 9.5. Отпускная цена на природные нерудные материалы. (ССЦ на местные строительные материалы, изделия и конструкции для строительства. Часть IV)

Индекс позиции	Наименование материала	Оптовая цена, руб.
С412-1249	Щебень марки 1400, фракции 5-10	7,12
С412-1249-1	5-20	6,02
С412-1249-2	10-20	5,64
С412-1249-3	20-40	4,32
С412-1249-4	40-70	3,22
С412-1250	Щебень марки 1200, фракции 5-10	6,79
С412-1250-1	5-20	5,75
С412-1250-2	10-20	5,36
С412-1250-3	20-40	4,10
С412-1250-4	40-70	3,05
С412-1256	Щебень марки 200, фракции 5-10	4,81
С412-1256-1	5-20	4,10
С412-1256-2	10-20	3,82

## Продолжение таблицы 9.5

C412-1256-3	20-40	2,89
C412-1256-4	40-70	2,17
C412-1258	Щебень из гравия марки Др. 8, фракции 5-10	7,98
C412-1258-1	5-20	6,77
C412-1258-2	10-20	6,16
C412-1258-3	20-40	4,90
C412-1258-4	40-70	3,69
C412-1261	Щебень из гравия марки Др. 24, фракции 5-10	5,83
C412-1261-1	5-20	4,90
C412-1261-2	10-20	4,46
C412-1261-3	20-40	3,58
C412-1261-4	40-70	2,70
C412-1262	Гравий для строительных работ марки Др. 8, фракции 5-10	6,22
C412-1262-1	5-20	5,39
C412-1262-2	10-20	5,12
C412-1262-3	20-40	4,62
C412-1262-4	40-70	3,58
C412-1266	Песок для строительных работ природный	2,20
C412-1267	Песок природный обогащенный	3,74
C412-9007	Песок природный 50%, обогащенный 50%	2,97
C412-1268	Смеси песчано-гравийные природные	0,88

1.2.6. Транспортные расходы определяют по формуле

$$C_{\text{тр.рас}} = \rho_n \cdot T_{\text{рас}},$$

где  $\rho_n$  - насыпная плотность материала (принимают по исходным данным);

$T_{\text{рас}}$  - транспортные расходы, руб./м<sup>3</sup>.

1.2.7. Стоимость 1 м<sup>3</sup> материала определяют путем сложения отпускной цены и транспортных расходов.

2. Определяют стоимость 1 м<sup>3</sup> песчано-гравийной смеси, вывозимой из гравийных карьеров для отсыпки слоев дорожной одежды автомобильной дороги.

2.1. Составляют расчетную схему вывозки песчано-гравийной смеси. На плане трассы наносят расположение гравийных карьеров и обозначают расстояние от карьера до строящейся дороги (см. рис. 9.1) с использованием исходных данных.

2.2. Длину подъездных путей, насыпную плотность смеси, транспортные расходы, оптовую цену, стоимость 1 м<sup>3</sup> смеси определяют аналогичным образом, как и для песчаных карьеров.

3. Строят график зависимости стоимости перевозки единицы продукции от расстояния транспортирования (см. рис. 9.1).

3.1. В точке примыкания песчаного карьера к дороге откладывают отрезок равный стоимости 1 м<sup>3</sup> грунта при его доставке от карьера до строящейся дороги.

3.2. В точках, для которых определяли стоимость 1 м<sup>3</sup> с учетом вывозки песка от карьера до крайней точки с поворотом направо и налево откладывают отрезки равные этой стоимости. Полученные точки соединяют с первой точкой.

3.3. Определяют точку пересечения прямых линий от карьеров П-1 и П-2. Точка пересечения наклонных линий свидетельствует о равенстве стоимости грузоперевозок, следовательно, эта точка является границей действия карьера.

3.4. Точку пересечения переносят на графике в строку зоны действия песчаных карьеров и проставляют расстояния, соответствующие зоне действия первого и второго песчаного карьеров.

3.5. Аналогичным образом строят график зависимости стоимости вывозки песчано-гравийной смеси от расстояния вывозки.

4. Определяют объем грунта, необходимого для отсыпки дорожного полотна участка автомобильной дороги.

4.1. Определяют верх отсыпаемой насыпи с учетом устройства дорожной одежды

$$B'' = B + 2 \cdot h_{\text{до}} \cdot m = 13 + 2 \cdot 0,55 \cdot 1,5 = 14,65 \text{ м,}$$

где  $B$  - ширина дорожного полотна, м;

$h_{\text{до}}$  - толщина дорожной одежды равная 43 см.

4.2. Определяют подошву отсыпаемой насыпи

4.3.

$$B' = B'' + 2 \cdot H \cdot m = 14,65 + 2 \cdot 2,0 \cdot 1,5 = 20,65 \text{ м,}$$

где  $B''$  - ширина верха отсыпаемой насыпи (табл. 9.1).

Для II категории  $B = 13$  м;

$H$  - средняя высота насыпи ( $H = 2,0$  м);

$m$  - заложение откоса (1:1,5).

4.4. Определяют площадь насыпи

$$F = \frac{B' + B''}{2} \cdot H = \frac{20,65 + 14,65}{2} \cdot 2,0 = 35,3 \text{ м}^2.$$

4.5. Определяют объем грунта отсыпаемой насыпи

$$V = F \cdot L = 35,3 \cdot 2000 = 70600 \text{ м}^3,$$

где  $L$  - длина участка (исходные данные).

На графике использования песчаных карьеров зоны действия распределяются следующим образом: П1 - 60 %, П2 - 40 %.

Следовательно, из первого карьера грунта будет вывезено

$$70600 \cdot 0,6 = 42360 \text{ м}^3.$$

Из второго карьера будет вывезено

$$70600 \cdot 0,4 = 28240 \text{ м}^3 \text{ грунта.}$$

4.5. Определяют объемы карьеров.

5. Определяют размеры карьеров с учетом максимальной глубины резания экскаватором с емкостью ковша  $0,5 \text{ м}^3$  при ширине карьера равной 10-кратной ширине забоя.

5.1. Определяют ширину забоя с учетом объема ковша экскаватора (см. табл. 9.1). Ширина подошвы забоя от оси пути экскаватора с емкостью ковша  $0,5 \text{ м}^3$  до стенки забоя равна  $4 \text{ м}$  в одну сторону. Следовательно, полная ширина равна  $8 \text{ м}$ .

5.2. Определяют ширину карьера при условии, что эта ширина равна 10-кратной ширине забоя.

$$b = l_{\text{заб}} \cdot 10 = 8 \cdot 10 = 80 \text{ м,}$$

где  $l_{\text{заб}}$  - ширина забоя при одном проходе экскаватора, м.

5.3. Составляют расчетную схему габаритных размеров карьера (рис. 9.2).

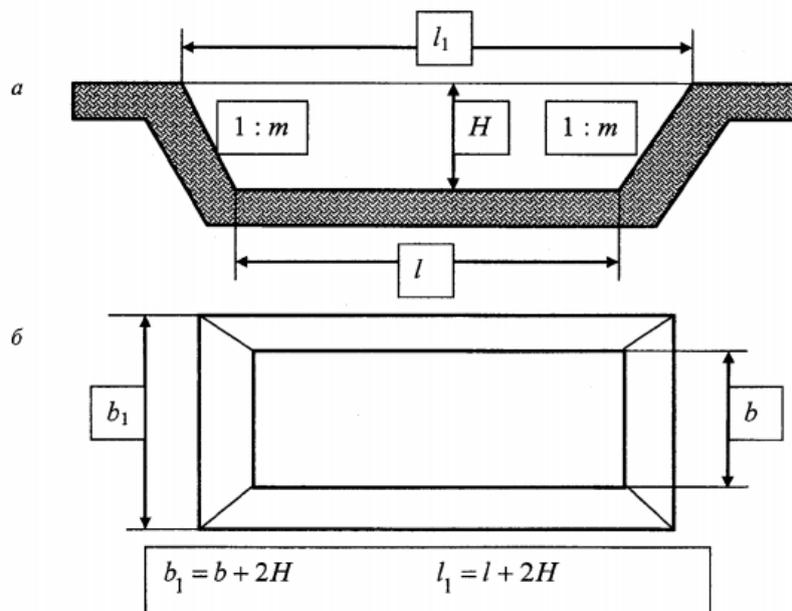


Рис. 9.2. Расчетная схема габаритных размеров карьера:

а – вертикальный разрез карьера; б – план карьера

Карьер имеет размеры понизу, м:  $b$ - ширина карьера;  $l$  - длина.

Заложение откосов принимают равным 1:1.

Размеры карьера поверху:  $b_1$  - ширина,  $l_1$  - длина.

С учетом заложения откосов равного 1 : 1 эти размеры составляют:

$$b_1 = b + 2H ; \quad l_1 = l + 2H .$$

Объем грунта в карьере определяют путем умножения средней площади на высоту:

$$V = F_{\text{ср}} \cdot H = \frac{(b \cdot l) + [(b + 2H) \cdot (l + 2H)]}{2} \cdot H \text{ м}^3.$$

Учитывая, что известны объем грунта, ширина и глубина карьера, можно произвести преобразование и представить его относительно длины карьера. Длину карьера понизу можно определить по формуле

$$l = \frac{V - bH^2 - 2H^3}{bH + H^2} = \frac{42360 - 80 \cdot 6,5^2 - 2 \cdot 6,5^3}{80 \cdot 6,5 + 6,5^2} = 69 \text{ м}.$$

5.4. Определяют размеры карьера поверху при заложении откоса 1:1

$$b_1 = b + 2H = 80 + 26,5 = 93 \text{ м};$$

$$l_1 = l + 2H = 69 + 26,5 = 82 \text{ м}.$$

5.5. Аналогичным образом определяют параметры второго карьера с запасом 28240 м<sup>3</sup>.

### Заключение

Определены стоимости вывозки 1 м<sup>3</sup> песка из карьеров П-1 и П-2 и песчано-гравийной смеси из карьеров Гр-1 и Гр-2 на строящийся участок автомобильной дороги.

Определены зоны действия песчаных и гравийных карьеров. Для карьера П-1 зона действия составляет 11 км, для П-2 - 9 км. Зоны действия гравийных карьеров разбивают строящийся участок на отрезки, составляющие 0,55 и 0,45 от общей длины. Определены размеры обоих карьеров.

## Литература

1. Алферов В.И. Дорожные материалы на основе битумных эмульсий. Воронеж: Изд-во Воронежский ГАУ, 2003. 152 с.
2. Бабаскин Ю.Г., Леонович И.И. Строительство автомобильных дорог с облегченными и переходными покрытиями: учебное пособие. Минск: БИТУ, 2006. 297 с.
3. Безрук В.М., Еленович А.С. Дорожные одежды из укрепленных грунтов: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1969. 330 с.
4. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Машины для городского строительства: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1985. 360 с.
5. Дорожно-строительные материалы: учебник для вузов / И.М. Грушко [и др.]. М.: Транспорт, 1991. 357 с.
6. Леонович И.И., Котлобай А.Я. Машины для строительства, ремонта и содержания, автомобильных дорог. Минск: БНТУ, 2005. 552 с.
7. Львович Ю.М., Мотылев Ю.Л. Укрепление откосов земляного полотна автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1979. 159 с.
8. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера дорожника / под ред. Г.А. Федотова. М.: Транспорт, 1989. 437 с.
9. Проектирование дорожных одежд нежесткого типа: пособие 3.03.01-96 к СНиП 2.05.02-85. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1997. 86 с.
10. Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочник инженера дорожника / под ред. А.П. Васильева. М.: Транспорт, 1989. 287 с.

11. Резванцев В.И., Бухтияров А.В. Дорожные одежды на основе местных материалов. Оптимизация проектирования. Воронеж: Изд-во Воронежский ГАУ, 2003. 120 с.
12. Справочник по общестроительным работам / под общ. ред. М.И. Смоородинова. М.: Стройиздат, 1974. 372 с.
13. Строительство автомобильных дорог: учебник для вузов: в 2 т. / под ред. В.К. Некрасова. М.: Транспорт, 1980. Т. 1,2. 416-421 с.
14. Технология и организация строительства автомобильных дорог: учебник для вузов / под ред. Н.В. Горелышева. М.: Транспорт, 1992. 551 с.
15. Укрепленные грунты. (Свойства и применение в дорожном строительстве) / В.М. Безрук [и др.]. М.: Транспорт, 1982. 231 с.
16. Устройство земляного полотна автомобильных дорог (П2-02 к СНиП 3.06.03-85). Минск: Департамент «Белавтодор», 2003. 121 с.

Учебное издание

Дьяченко Антон Вячеславович

Орехова Галина Владимировна

## **Технология дорожно-строительных работ**

методические указания для выполнения практических занятий  
и самостоятельной работы  
для обучающихся по направлению подготовки  
23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 15.11.2019 г. Формат 60x84. 1/16.  
Бумага офсетная. Усл. п. 7,33. Тираж 25 экз. Изд. № 6557.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ