

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
“БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА”**

**Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог»**

**А. П. ФЕЩЕНКО В.Н.БАНДЮК**

**ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

**Учебно-методическое пособие**

**Гомель 2012**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
“БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА”

Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог»

А. П. ФЕЩЕНКО В.Н.БАНДЮК

**ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Учебно-методическое пособие

*Одобрено научно-методической комиссией строительного факультета*

**Гомель 2012**

УДК 625.12 (0758)

ББК 39.211

Ф 47

Рецензент – полковник П.В.Палто – начальник учебной части военно-транспортного факультета  
Белорусского государственного университета транспорта.

### **А. П. Фещенко**

Ф 47 Возведение земляного полотна автомобильных дорог: учебно-методическое пособие/ – Гомель А.П.Фещенко; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный университет транспорта .–: БелГУТ, 2011 .

Изложен порядок и последовательность выполнения курсового проекта по дисциплине “Строительство автомобильных дорог” на тему “ Возведение земляного полотна автомобильных дорог ”.

Предназначено для студентов и курсантов, обучающихся на строительном и военно-транспортном факультете БелГУТа по специальности: 1 - 70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-95 01 13 «Управление подразделениями транспортных войск», студентов, обучающихся по ВУС-170202, и подготовки соответствующих специалистов в транспортных войсках Республики Беларусь.

**УДК 625.12 (0758)**

**ББК 39.211**

Фещенко А. П., 2012  
Оформление УО «БелГУТ», 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие указания .....	4
Исходные данные .....	7
1 Расчет полосы отвода .....	8
2 Технология и механизация подготовительных работы.....	12
2.1 Проведение геодезических разбивочных работ .....	13
2.2 Расчистка полосы отвода .....	15
2.3 Разбивка земляного полотна .....	19
2.4 Постройка временных землевозных дорог .....	21
2.5 Определение объемов и сроков выполнения подготовительных работ.....	22
3 Выбор способа производства работ по возведению земляного полотна .....	24
3.1 Комплектование механизированного отряда по возведению земляного.....	24
3.2 Технология производства работ бульдозерным комплектом машин .....	25
3.3 Технология производства работ скреперным комплектом машин .....	35
3.4 Технология производства работ грейдерным комплектом машин .....	42
3.5 Технология возведения земляного полотна экскаваторным комплектом машин .....	44
3.5.1 Назначение и сравнительная характеристика экскаваторов .....	44
3.5.2 Рабочее место и рабочий цикл .....	45
3.5.3 Параметры забоев и проходок для экскаваторов с оборудованием прямой лопата..	46
3.6 Технология возведения насыпей с использованием автомобилей-самосвалов .....	50
4 Технология и механизация отделочных работ .....	55
4.1 Планировка верхней площадки земляного полотна .....	55
4.2 Планировка откосов .....	56
4.3 Устройство кюветов .....	58
4.4 Укрепление откосов земляного полотна .....	59
4.5 Определение объемов и сроков выполнения отделочных работ .....	60
5 График производства работ .....	61
6 Организация охраны труда, охраны окружающей среды и экологической безопасности производства .....	63
Список литературы.....	64
Приложение А Поперечные профили земляного полотна (образец оформления) .....	65
Приложение Б График полосы отвода.....	66
Приложение В Техническая характеристика гусеничных бульдозеров и бульдозеров-рыхлителей .....	67
Приложение Г Техническая характеристика скреперов .....	71
Приложение Д Техническая характеристика автогрейдеров .....	72
Приложение Е Техническая характеристика гидравлических экскаваторов, оборудованных прямой лопатой .....	73
Приложение Ж Техническая характеристика прицепных катков .....	74
Приложение И Техническая характеристика самоходных катков .....	75
Приложение К Техническая характеристика автомобилей-самосвалов .....	77

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Курсовой проект по теме: «Возведение земляного полотна автомобильных дорог» выполняется студентами (курсантами) после изучения всех необходимых тем дисциплин: «Строительство автомобильных дорог», «Проектирование автомобильных дорог», «Дорожные и строительные машины», «САПР автомобильных дорог» и «Отраслевая экология».

Основной целью проектирования является:

- научить студентов и курсантов самостоятельно применять полученные знания для принятия решения в организации возведения земляного полотна автомобильных дорог;
- изучить проектирование производства строительных работ по возведению земляного полотна автомобильных дорог;
- научить производить расчеты для подбора строительной дорожной техники;
- привить навыки для проведения научных исследований при выполнении курсового проекта;
- обучить обоснованию принимаемых решений.

Для выполнения курсового проекта студент (курсант) должен тщательно изучить задание, ознакомиться с материалом пособия и проработать учебный материал по рекомендованной литературе.

При выполнении проекта, в зависимости от обрабатываемого раздела, студент (курсант) выступает в различных должностях, обязанности которых должен изучить. Так при:

- производстве комплекса работ по подготовке дорожной полосы он выступает в роли инженера-геодезиста;
- определении потребности материалов, объемов работ, разработке технологии производства работ и технологических карт на отдельные виды работ, определении марок и количества необходимой дорожно-строительной техники, составлении графика производства работ по возведению земляного полотна и схем строительных площадок, для выполнения расчетов нетиповых решений – в роли главного инженера дорожно-строительного управления;
- определении мест сосредоточения строительно-восстановительных материалов, средств подвоза и путей доставки материалов и конструкций – в

роли начальника материально-технического обеспечения дорожно-строительного управления;

Разработка курсового проекта выполняется в сроки, указанные в задании. Законченный проект должен состоять:

- пояснительной записки, формат (А4);
- поперечные профили земляного полотна (А3);
- графика полосы отвода (А3);
- технологические карты работы землеройно-транспортных и экскаваторных комплексов, выполненные на листе ватмана (формат А1);
- плановых таблиц, схем, чертежей и рисунков.

Пояснительная записка выполняется на белой писчей бумаге формата А4 чёрной тушью или чернилами (допускается шариковой ручкой с чёрной пастой) или набирается на компьютере в объёме до 50 страниц. и должна включать следующие разделы:

- 1) Расчет полосы отвода
- 2) Технология производства подготовительных работ.
- 3) Технология возведения земляного полотна землеройно-транспортным комплектом машин
- 4) Технология возведения земляного полотна экскаваторным комплектом машин
- 5) Технология производства отделочных работ.
- 6) График производства работ.
- 7) Организация охраны труда, охраны окружающей среды и экологической безопасности производства.

Исполненные документы подшиваются в следующей последовательности:

- титульный лист (приложение А);
- задание на курсовой проект;
- оглавление;
- разделы с расчетами, таблицами, схемами, чертежами и пояснениями к ним;
- технологические карты землеройно-транспортных и экскаваторных комплексов;
- перечень используемой литературы.

Схемы и чертежи, прилагаемые к пояснительной записке, выполняются чернилами, карандашами или с использованием ЭВМ (в программной среде AutoCad).

Каждый лист должен быть пронумерован. Таблицы заполнять карандашами нельзя.

По каждому разделу делаются выводы, на основании которых, в заключительной части проекта подводится итоговый вывод.

Работа над проектом проводится на занятиях (16 часов). Во внеурочное время, как правило, выполняются графические работы, оформление проекта.

Для контроля хода работы над проектом рекомендуется руководствоваться следующим плановым временем (из тематического плана):

- изучение задания, учебно-методического пособия – 2 часа;
- расчет полосы отвода – 2 часа;
- проектирование комплекса подготовительных работ – 2 часа;
- проектирование работы землеройно-транспортного комплекта машин – 2 часа;
- проектирование работы экскаваторного комплекта машин – 2 часа;
- проектирование комплекса отделочных работ – 2 часа;
- составление графика производства работ – 2 часа;
- проектирование комплекса мер по защите окружающей среды и организации производственной безопасности – 2 часа.

На защите студент (курсант) в роли начальника дорожно-строительного управления докладывает в течение 10-15 минут, используя все отработанные материалы, своё решение по возведению земляного полотна автомобильной дороги.

После защиты курсовой проект сдается в архив.

## **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Для выполнения курсового проекта студенту (курсанту) выдается индивидуальное задание, в котором указывается содержание проекта:

- 1) границы участка, на котором возводится земляное полотно;

- 2) район производства работ;
- 3) техническая категория автомобильной дороги;
- 4) вид грунта;
- 5) границы участков земляного полотна, возводимые различными комплектами машин;
- 6) ведущие машины комплектов (по согласованию с преподавателем)
- 7) рабочие отметки, объемы земляных работ, ситуация попокетно;
- 8) мероприятия по контролю качества работ.

***Пример варианта задания.***

Границы производства работ – ПК25-ПК42.

Техническая категория автомобильной дороги – III.

Вид грунта – песок крупный.

Участок возводимый:

- землеройно-транспортным комплектом машин – ПК32-ПК45;
- экскаваторным комплектом машин – ПК25-ПК32.

Рабочие отметки представлены в приложении Б.

Объемы земляных работ для участков возводимых:

- землеройно-транспортным комплектом машин – 21158,44 м<sup>3</sup>;
- экскаваторным комплектом машин – 86712,05 м<sup>3</sup>.

Ситуация:

- ПК25-ПК30 – лес средней густоты, средней крупности;
- ПК30-ПК38 – пашня;
- ПК38-ПК42 – кустарник средней густоты.

Мероприятия по контролю качества работ – разбивка полосы отвода.

## **1 РАСЧЕТ ПОЛОСЫ ОТВОДА**

Полоса отвода – это земли, прилегающие к трассе и занимаемые для строительства автомобильной дороги.

Полоса отвода по ширине включает в себя полотно строящейся

автомобильной дороги и все сооружения, входящие в комплекс строительства. Ширина постоянной полосы отвода, которая выделяется в бессрочное пользование, зависит от категории дороги, количества полос движения, высоты насыпей, глубины выемок, крутизны откосов. Ширина временной полосы отвода определяется наличием временных сооружений необходимых для производства работ (временные резервы, кавальеры, временные землевозные дороги и т.д.). Земли, выделенные под временное пользование должны быть рекультивированы после окончания работ.

Перед расчетом ширины полосы отвода необходимо назначить типовые поперечные профили земляного полотна. Выбор варианта профиля зависит от категории автомобильной дороги, рабочей отметки, грунта земляного полотна. Типовые поперечные профили представлены в [11, стр. 64]. Крутизну заложения откосов насыпи при укреплении посевом трав принимают по [2, стр. 22, п. 7.4, табл. 21] в соответствии с рабочей отметкой и грунтом земляного полотна. Коэффициенты заложения откосов насыпи укрепленных посевом трав приведены в таблице 1.

*Таблица 1 – Коэффициенты заложения откосов насыпи*

Грунты насыпи	Наибольшая крутизна откосов при высоте откоса насыпи, м		
	до 6	до 12, в т. ч.	
		в нижней части – до 6	в верхней части – от 6 до 12
Крупнообломочные грунты, пески крупные, пески средней крупности	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Пески мелкие, пески пылеватые	1:1,5	1:2	1:1,5
Глинистые грунты	1:1,75	1:2	1:1,75

Ширину постоянной полосы отвода выделяемой в бессрочное пользование определим по формуле

$$Ш_{\text{по}}^{\text{пост}} = B + 2(H_n + h_k)m + 2h_k n + 4, \quad (1)$$

где  $B$  – ширина земляного полотна поверху, м;  $m$  – крутизна заложения откоса, м;  $H_n$  – рабочая отметка, м;  $h_k$  – глубина кювета, м;  $n$  – крутизна откоса кювета, м.

При отсутствии кювета для насыпи формула (1) примет вид

$$Ш_{\text{по}}^{\text{пост}} = B + 2H_n m + 4, \quad (2)$$

Ширина временной полосы отвода, выделяемой в краткосрочное пользование (с учетом временных односторонних резервов) определяется по формуле

$$\text{Ш}_{\text{по}}^{\text{BP}} = B + 2H_{\text{н}}m + h_{\text{p}}m + b_{\text{p}} + h_{\text{p}}n + 1, \quad (3)$$

где  $b_{\text{p}}$  – ширина резерва понизу, м.

При возведении насыпи из грунта двухсторонних боковых резервов расчет будем вести по формуле

$$\text{Ш}_{\text{по}}^{\text{BP}} = B + 2H_{\text{н}}m + 2(h_{\text{p}}m + b_{\text{p}} + h_{\text{p}}n + 1), \quad (4)$$

Ширина одностороннего бокового резерва определяется исходя из глубины резерва и рабочей отметки насыпи по формуле

$$b_{\text{p}} = (H_{\text{н}}(B + mH_{\text{н}}) - 0,5h_{\text{p}}(m + n)) / h_{\text{p}}, \quad (5)$$

Возведение насыпей из грунта боковых резервов применяется при небольших высотах насыпей до 1-1,5 м. Грунт при таком способе разрабатывается непосредственно возле возводимой автомобильной дороги что значительно удешевляет строительство за счет уменьшения расходов на добычу и транспортировку грунта. Но данный способ имеет существенные недостатки: во-первых ширина полосы отвода значительно увеличивается; во-вторых грунт, получаемый из боковых резервов, может не соответствовать требованиям, предъявляемым к грунту земляного полотна (т.е. необходимо обогащение грунта, что связано с дополнительными экономическими и временными затратами); в-третьих земли используемые под резервы необходимо будет рекультивировать; в-четвертых, после постройки дороги, если не проводить рекультивацию, земли резервов по мере их засорения и зарастания растительностью превращаются в рассадник сорняков, места скопления мусора, ухудшают водно-тепловой режим земляного полотна, не способствуют обеспечению безопасности движения по дороге. Поэтому если эту задачу (возведение насыпи) рассматривать не с позиции экономии единовременных расходов, то такое решение оказывается далеко не лучшим и чаще всего нерациональным. В настоящее время возведение насыпей из боковых резервов рекомендовано в малонаселенных районах для дорог низких категорий.

Результаты определения ширины полосы отвода должны быть представлены графически в виде графика отвода земель. Также на этом графике необходимо отобразить площади участков отводимых под полосу отвода, т.к. график полосы отвода земель будет служить источником информации для определения объемов подготовительных работ: объёма снимаемого растительного и плодородного грунта, площади вырубki леса и кустарника и т.д.

### ***Пример расчета ширины постоянной полосы отвода***

В соответствии с рабочими отметками и грунтом земляного полотна (песок крупный) вычерчены типовые поперечные профили земляного

полотна (приложение А), определены границы применения типовых поперечных профилей: для насыпей на ПК25-ПК32 применяется тип 4; для насыпей на ПК33-ПК45 тип 2. Величина наибольшего коэффициента заложения откоса насыпи определена исходя из рабочих отметок насыпи и используемого грунта по [2, стр. 22, п. 7.4, табл. 21].

Рассматриваемый участок трассы представляет собой прямую. Ширина земляного полотна поверху составляет 12 м [2, стр. 6, п. 5.2, табл. 5].

На участке ПК 32-ПК 33 присутствуют два типа насыпи. Для определения точки перехода одного типа насыпи в другой воспользуемся рисунком 1 и формулой (1).

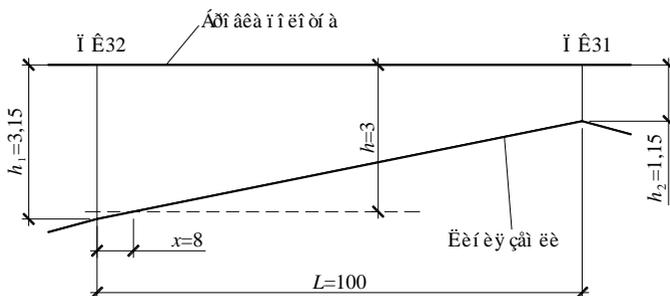


Рисунок 1 – Схема для определения точки перехода одного типа насыпи в другой

$$x = \frac{L(h_1 - h)}{h_1 + h_2}, \quad (6)$$

где  $x$  – расстояние, на котором происходит изменение типа поперечного профиля, м;  $L$  – расстояние между смежными пикетами, м;  $h$  – отметка земляного полотна, при которой происходит изменение типа поперечного профиля земляного полотна, м;  $h_1, h_2$  – отметки насыпи различных типов, м.

В соответствии с рисунком 1 по формуле (6)

$$x = \frac{100(3,15 - 3)}{3,15 + 1,15} = 7,5 \approx 8 \text{ м.}$$

Расчет ширины постоянной полосы отвода сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет ширины постоянной полосы отвода

ПК	+	$H_{п}, \text{м}$	$m$	$n$	$h_{к}, \text{м}$	$B, \text{м}$	ГПО, м	Ш <sup>пост</sup> <sub>по</sub>
25		8,33	1,5	-	-	12	20,50	41,00
26		5,69	1,5	-	-	12	16,54	33,08
27		7,25	1,5	-	-	12	18,18	37,76

Окончание таблицы 2

ПК	+	$H_{п}, \text{м}$	$m$	$n$	$h_{к}, \text{м}$	$B, \text{м}$	ГПО, м	Ш <sup>пост</sup> <sub>по</sub>
----	---	-------------------	-----	-----	-------------------	---------------	--------	---------------------------------

28		4,26	1,5	-	-	12	14,39	28,78
29		5,65	1,5	-	-	12	16,48	32,96
30		9,25	1,5	-	-	12	21,88	43,76
31		5,25	1,5	-	-	12	15,88	31,76
32		3,15	1,5	-	-	12	12,73	25,46
32	8	3,00	1,5	-	-	12	12,50	25,00
32	8	3,00	3	3	0,4	12	19,40	38,80
33		1,15	3	3	0,4	12	13,60	27,20
34		2,26	3	3	0,4	12	17,18	34,36
35		3,00	3	3	0,4	12	19,40	38,80
36		2,22	3	3	0,4	12	17,06	34,12
37		1,58	3	3	0,4	12	15,14	30,28
38		0,59	3	3	0,4	12	12,17	24,34
39		2,15	3	3	0,4	12	16,60	33,20
40		2,00	3	3	0,4	12	16,40	32,80
41		1,25	3	3	0,4	12	14,15	28,30
42		2,00	3	3	0,4	12	16,40	32,80

График полосы отвода земель, ситуация, площадь полосы отвода на каждом пикете представлены в приложении Б.

## **2 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Подготовительные работы подразделяются на три вида:

- 1) организационно-технические, выполняемые до начала производства работ;
- 2) подготовительные общестроительные, выполняемые до начала и частично во время производства основных работ;
- 3) специальные подготовительные, предшествующие сооружению тех или иных элементов дорожной конструкции (земляного полотна, основания, покрытия и др.).

Основные организационно-технические работы включают: подготовку технической, договорной и финансовой документации; решение вопросов материально-технического обеспечения; проведение тендерных торгов для определения основных производителей работ; освобождение жилых и нежилых помещений, подлежащих сносу; составление проекта производства работ; общее осушение территории; устройство подземных сооружений и им подобные работы. Эти работы не входят в срок строительства дороги и выполняются заблаговременно.

Подготовительные работы включаются в срок строительства. Они предусматривают: вынос трассы и осей всех сооружений в натуру; устройство временных сооружений, необходимых для строительства; ограждение участков строительных работ для обеспечения безопасности населения; обеспечение строительства водой, электроэнергией, средствами связи, подъездными путями и т. д.

В соответствии с [1, стр. 12, п. 7.2] основные подготовительные работы, проводимые до возведения земляного полотна, включают:

- 1) проведение геодезических разбивочных работ;
- 2) расчистку полосы отвода;
- 3) закрепление на местности границ отвода земельных участков под элементы дороги, карьеры и резервы;
- 4) переустройство коммуникаций и устройство поверхностного водоотвода;
- 5) устройство временных дорог и объездов;
- 6) проведение работ по сносу или переносу строений и сооружений;
- 7) снятие и складирование плодородного слоя грунта.

Работы как переустройство коммуникаций, сносу или переносу сооружений в курсовом проекте не рассматриваются.

## **2.1 Проведение геодезических разбивочных работ**

Разбивку земляного полотна следует выполнять в соответствии с ТКП 45-1.03-26. При разбивке должны быть вынесены в натуру и закреплены:

- 1) все пикеты и плюсовые точки;
- 2) вершины углов поворотов;
- 3) главные и промежуточные точки кривых.

Установлены дополнительные реперы:

- 1) у высоких насыпей (свыше 3 м);
- 2) глубоких (более 3 м) выемок;
- 3) вблизи искусственных сооружений;
- 4) через 500 м на пересеченной местности;
- 5) на участках комплексов зданий и сооружений дорожной и автотранспортной служб.

Кроме закрепления основных точек, при восстановлении трассы производится контрольный промер линии, нивелировка по оси дороги и разбивка поперечников. При возможности улучшить трассу в плане и профиле прокладываются новые варианты на отдельных небольших участках.

При восстановлении трассы руководствуются данными проекта с использованием знаков, оставленных на местности изыскателями. Если постройка дороги производится непосредственно за изысканиями, то работы по восстановлению и закреплению трассы сводятся к проверке наличия разбивочных обозначений, выставленных изыскателями, восстановлению утраченных знаков и закреплению характерных основных точек на все время производства земляных работ.

Ось и пикетаж дороги закрепляются кольями, забиваемыми на прямых участках через 100 м (рисунок 2). Кроме того, на длинных прямых участках, через 0,5- 1,0 км устанавливаются вехи. Углы поворота закрепляются столбами диаметром не менее 10 см (рисунок 3,а), устанавливаемыми на расстоянии 0,5 м от вершины угла по направлению биссектрисы. Угловые столбы должны возвышаться над поверхностью земли на 0,5-0,75 м. Непосредственно в точке вершины угла поворота забивается колышек. На кривых промежуточные точки закрепляются кольями, забиваемыми при радиусе кривой более 500 м через 20 м, на кривых радиусом от 500 до 100 м – через 10 м и на кривых радиусом до 100 м – через 5 м. Высотные отметки определяются реперами. Расстояние между реперами в горной и пересеченной местности устанавливается не более 1 км, в равнинной – не более 2 км.

Для сохранения положения характерных точек во время производства земляных работ производится выноска таких точек на обрезы, за пределы участков будущих земляных работ путем забивки выносных колец по обе стороны от оси дороги. Выноска точек на прямых производится строго пер-

пендикулярно к оси дороги, а на кривых – чаще всего перпендикулярно к касательным. Вынесенные точки закрепляются сторожками, на которых указывается номер пикета или плюса, высота или глубина выемки и расстояние от оси дороги. Расстояния по оси до вынесенных точек указываются также в журнале выноски пикетажа, что дает возможность быстро определить при необходимости положение осевой линии.

Выносные колья, вехи устанавливаются на расстояниях в зависимости от рельефа и ситуационного плана местности в пределах видимости (до 50 м).

Параллельно закреплению трассы производится разбивка полосы отвода.

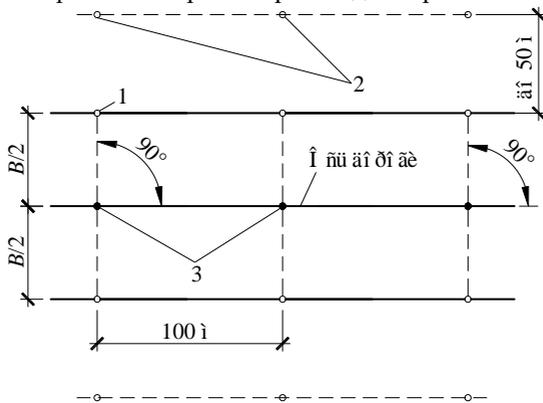


Рисунок 2 – Схема закрепления оси дороги на прямом участке трассы:

- 1 – выносные колья; 2 – дублирующие знаки (выносные колья); 3 – пикеты;
- B – ширина полосы отвода

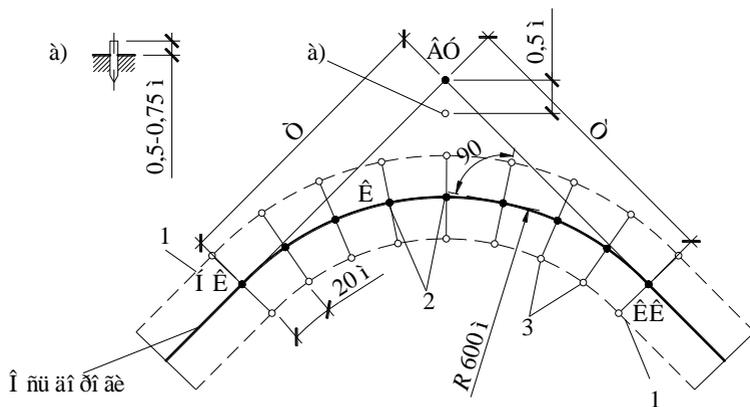


Рисунок 3 – Схема закрепления оси дороги на криволинейном участке трассы:

- 1 – граница полосы отвода; 2 – пикеты (точка и сторожек с надписью);
- 3 – выносные столбики с отметками; НК – начало кривой; КК – конец кривой; ВУ – вершина угла; Т – тангенс кривой; R – радиус кривой; К – касательная к кривой;

## 2.2 Расчистка полосы отвода

В состав работ по расчистке дорожной полосы входят:

- 1) удаление мелколесья и кустарника;
- 2) валка леса;
- 3) корчевка пней;
- 4) срезка плодородного слоя;
- 5) уборка камней, валунов.

Расчистка полосы от леса является наиболее трудоемкой работой по подготовке дорожной полосы. Древесина является весьма ценным материалом для строительства и расчистка должна вестись без потерь.

Вырубку леса и кустарника производят в пределах постоянной и временной полос отвода, подъездных дорог, линий связи и других сооружений строительного комплекса. Выбор машины для валки леса зависит от толщины ствола дерева и густоты леса.

При отсутствии лесотаксационных данных показатели характеризующие густоту леса и кустарника необходимо принимать согласно РСН 8.03.101.2007 по таблицам 2,3.

**Таблица 2 – Характеристика кустарника**

Характеристика густоты	На 1 га, шт	
	Ствол (при срезке кусторезом)	Кустов (при корчевке корчевателем)
Редкий	до 3000	до 900
Средний	3001 - 10000	901 – 1250
Густой	более 10000	1251 - 2200

**Таблица 3 – Характеристика леса**

Характеристика леса				
По крупности	Диаметр в см		По густоте	По числу деревьев на 1 га
	ствола	пня		
Крупный	Более 32	Более 34	Густой Средней густоты Редкий	300 190 70
Средней крупности	до 32	до 34	Густой Средней густоты Редкий	530 350 170
Мелкий	до 24	до 26	Густой Средней густоты Редкий	960 600 420
Очень мелкий	до 16	до 18	Густой Средней густоты Редкий	1550 1000 570
Подлесок	до 11	до 12	Густой Средней густоты Редкий	4090 8260 2400

Расчистку от кустарника и мелкокося следует вести следующими способами:

- при больших объемах работ в равнинной местности и толщине ствола до 15 см расчистка выполняется с помощью кустореза с последующим собиранием срезанных кустов и деревьев в валы и вычёсыванием корней с помощью корчевателя собирателя или бульдозера с навесным рыхлителем.

- при небольших объемах работ (до 1-2 га), а также на участках, где применение машин затруднено (изрезанный рельеф местности, крутой неровный косогор и т. д.), возможна вырубка кустарника вручную или удаление его при помощи ручных механических сучкорезок.

Срезанный кустарник может быть погружен в автосамосвалы и транспортирован за пределы строящегося участка для использования в других целях (например, как местный вид топлива). Так же срезанный кустарник может быть сожжен с различными древесными остатками и отходами.

Валка деревьев осуществляется тремя способами:

- 1) целыми деревьями вместе с корнями;
- 2) спиливанием деревьев с последующей корчевкой пней;
- 3) взрывным способом.

Первый способ эффективен при валке деревьев с поверхностной корневой системой в редких и средних по густоте лесах. Это объясняется тем, что при валке деревьев с глубокими корнями образуются большие ямы, затрудняющие использование землеройных машин. Кроме того, засыпка таких ям на участках насыпей значительно увеличивает объем земляных работ. В густых лесах валка деревьев с корнями приводит к образованию завалов, захламлению территории, что осложняет работы по уборке леса и заготовке деловой древесины.

Валка деревьев с корнями может осуществляться:

- 1) бульдозерами на гусеничном ходу
- 2) трактором при помощи троса или каната.
- 3) древовалами, представляющими собой навесное оборудование к трактору (древовалы состоят из верхнего толкающего бруса и нижнего двухотвального плуга, который врезается в грунт под корень дерева)

Валка деревьев может также производиться различного рода корчевательными лебедками, тракторными агрегатами и трелевочными тракторами, имеющими тяговые лебедки.

Деревья диаметром до 15-20 см валятся за один прием, а деревья диаметром более 15-25 см обычно валят за два-три приема.

Второй способ эффективен в густых лесах. Валка деревьев спиливанием, как правило, производится с помощью бензомоторных пил, для чего обычно

назначается звено в составе двух человек: пильщика (вальщика) и его помощника.

В любом случае технологический процесс очистки полосы отвода от леса состоит из:

- 1) валки леса;
- 2) трелевки на разделочные площадки;
- 3) разделки.

Если имеется возможность, то разделочные площадки необходимо устраивать за пределами строящегося участка чтобы на задерживать выполнение последующих работ.

Пни корчуются при высоте насыпи до 1,5 м. При насыпях от 1,5 до 2 м пни должны быть срезаны вровень с землей, а при насыпи более 2 м – на высоте не более 10 см от земли.

Возможность оставлять пни в полосе расчистки за пределами основания земляного полотна (резервы, кавальеры, бермы, а также места выемок, траншей, резервов, берм и т.п.) задается преподавателем.

Пни корчуются двумя способами:

- 1) при помощи бульдозеров, корчевателей-собирателей или специально оборудованных экскаваторов (пни диаметром до 50 см);
- 2) взрывным способом (при диаметре пней более 50 см, а также пней с развитой корневой системой).

Выкорчеванные пни должны быть удалены с расчищаемой территории с последующим сжиганием или вывозом. Ямы, оставшиеся после корчевания пней, должны быть засыпаны, а поверхность разравнена.

При возведении насыпей высотой до 1,0 м производится удаление дернового слоя. На косогорах круче 1:10 дерн удаляется при любой высоте насыпи. Дерн небольшой толщины, что имеет место, например, при песчаных грунтах, может не удаляться. Однако для повышения связи насыпной части с основанием поверхность грунта в пределах насыпи целесообразно вспахивать. При прохождении трассы по сельскохозяйственным угодьям плодородный грунт снимается в любом случае, так как этот грунт имеет значительную ценность. Растительный слой снимается при прохождении автомобильной дороги через заросли кустарника после удаления корней кустарника. Плодородный слой снимается на заданную проектом толщину (в настоящее время 0,2 – 0,4 м) и складывается вдоль границы полосы отвода. Растительный грунт может быть использован для укрепления обочин и откосов земляного полотна. Плодородный грунт рационально использовать в сельскохозяйственных целях. Плодородный и растительный грунт может сниматься скрепером (если необходима его транспортировка за пределы участка производства работ), автогрейдером и бульдозером (если грунт укладывается в отвал). Схема срезки растительного и плодородного грунта

бульдозером зависит от средней ширины полосы отвода на участке (рисунок 4).

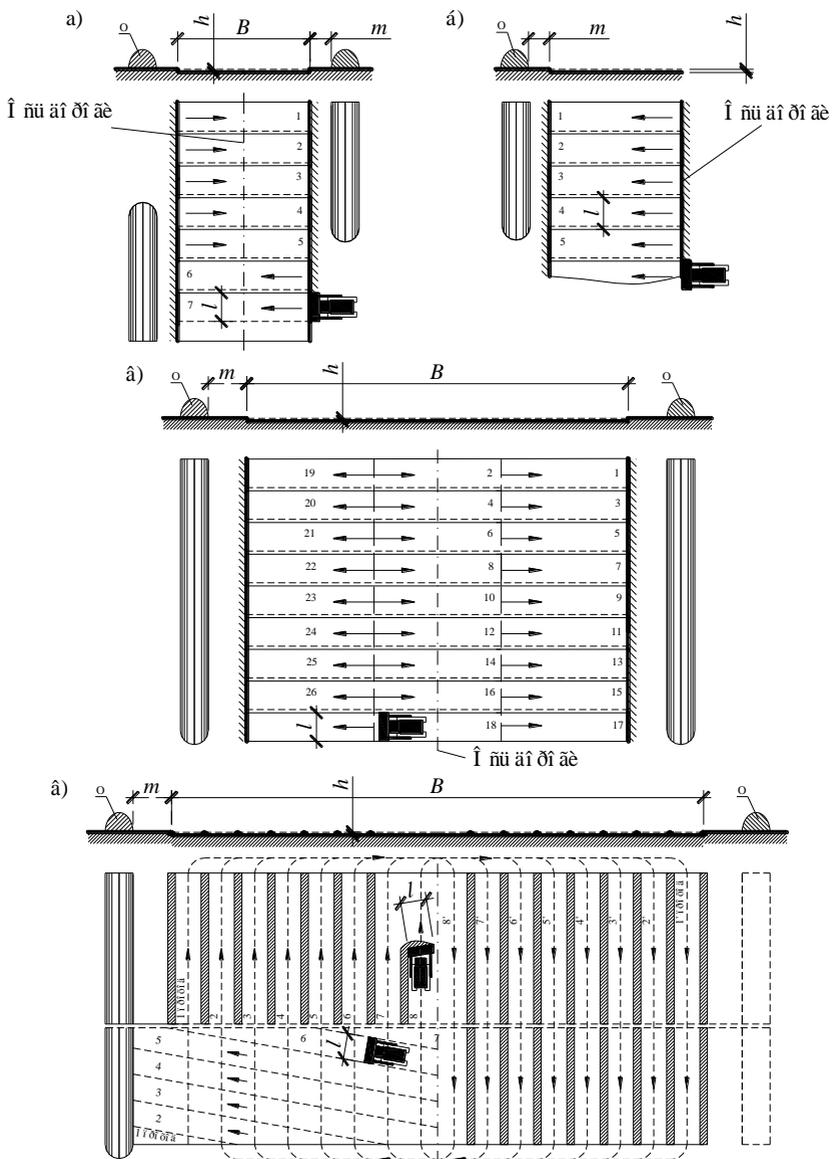


Рисунок 4 – Схемы срезки растительного грунта:  
 а – челночная,  $B$  до 25 м; б – поперечная,  $B=25-35$  м;

$v$  – поперечно-участковая, 35-45 м;  $г$  – продольно-поперечная,  $B > 45$  м;  
 $B$  – ширина полосы отвода;  $o$  – отвал растительного грунта;  $m$  – ширина зоны проезда и маневра машин;  $h$  – толщина срезаемого слоя грунта;  $l$  – ширина захвата расчистной машины

Поверхность основания насыпи должна быть полностью освобождена от камней и комьев, диаметр которых превышает  $2/3$  толщины устраиваемого слоя. Камни, валуны убираются корчевателями-собирающими или бульдозерами. Особо крупные камни дробят взрывным способом и удаляют по частям.

Камни объемом до  $1 \text{ м}^3$  могут удаляться при помощи бульдозеров и корчевателей-собирающих с узким отвалом. Более крупные камни объемом до  $1,5 \text{ м}^3$  могут удаляться тракторами с тросами. Камни крупнее  $1,5 \text{ м}^3$  предварительно дробятся при помощи взрывчатых веществ. Раздробление крупных камней взрывами на куски меньшего размера производится также при удалении камней, утопленных в грунт, когда тягового усилия трактора недостаточно для извлечения камня целиком.

Транспортировка крупных камней за пределы полосы расчистки производится бульдозерами и тракторами с тросом. При использовании тракторов транспортировку камней целесообразно осуществлять на металлических листах. Мелкие камни диаметром до 30-50 см могут удаляться при помощи корчевателей-собирающих с широким отвалом или рыхлителей с тремя зубьями. В ряде случаев крупные камни могут не удаляться, а зарываться в открытые рядом ямы. Отрывка ям или котлованов с успехом может осуществляться бульдозерами. При засыпке камней грунт в полосе земляного полотна должен тщательно уплотняться.

Отходы от расчистки полосы отвода необходимо полностью вывезти в специально отведенные места до начала земляных работ. Поверхность основания должна быть выровнена. В недренирующих грунтах поверхности придается двускатный или односкатный поперечный уклон. Ямы, траншеи, котлованы и другие местные понижения, в которых может застаиваться вода, в процессе выравнивания поверхности засыпаются недренирующим грунтом с его уплотнением.

### **2.3 Разбивка земляного полотна**

Разбивка земляного полотна состоит в нанесении и закреплении на местности основных точек, определяющих поперечные размеры будущего земляного полотна – границы подошвы насыпей и верхние бровки выемок с учетом уклона местности и расположения боковых канав и резервов. Эти границы отмечают бороздами, вырезаемыми автогрейдером, или кольями, забиваемыми через 25-50 м.

На кольях делают затесы, несмываемой краской указывают номера пикета и плюса, отметку насыпи или выемки. Для сохранения основной разбивки за пределами рабочей зоны устанавливают дополнительные колья, которые, в случае необходимости, позволяют произвести восстановление сбитых точек.

Разбивку границ откосов земляного полотна производят раздельно на каждом поперечнике, на основных переломных точках местности. Разбивку поперечных профилей ведут с применением теодолита, контрольного шаблона, уровня, откосного лекала с уровнем и рейки.

Схема разбивки насыпи на косогоре представлена на рисунке 5.

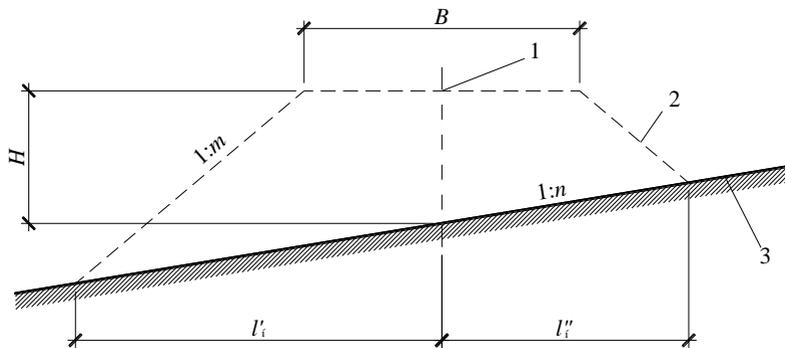


Рисунок 5 – Схема разбивки насыпи на косогоре:

1 – отметка высоты насыпи по оси; 2 – насыпь; 3 – поверхность земли

Схема разбивки насыпи на горизонтальном участке и на косогоре представлена на рисунке 6.

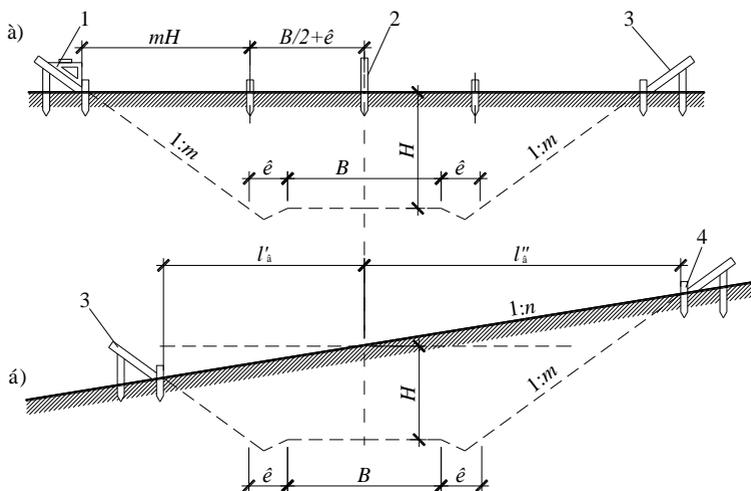


Рисунок 6 – Схема разбивки выемки:

а – на горизонтальном участке; б – на косогоре с одинаковым поперечным уклоном;  
1 – откосное лекало с уровнем; 2 – вежа; 3 – шаблон; 4 - колья

Расчет границ откосов насыпей и выемок на косогорах осуществляется по формулам:

$$l'_H = \frac{\frac{B}{2} + mH}{1 + \frac{m}{n}}; \quad (7)$$

$$l''_H = \frac{\frac{B}{2} + mH}{1 + \frac{m}{n}}; \quad (8)$$

$$l'_B = \frac{\frac{B}{2} + \kappa + mH}{1 + \frac{m}{n}}; \quad (9)$$

$$l''_B = \frac{\frac{B}{2} + \kappa + mH}{1 + \frac{m}{n}}; \quad (10)$$

где  $B$  – ширина верхней площадки земляного полотна, м;  $\kappa$  – ширина кювета по верху, м;  $m$  – показатель крутизны откосов земляного полотна;  $H$  - рабочая отметка земляного полотна, м;  $n$  – показатель поперечного уклона местности.

Разбивку кюветов и нагорных канав производят путем установки по их осям кольев, на которых обозначают глубину кювета в данной точке, а на кольях, вынесенных за пределы кювета, его ширину. Размеры и очертания кюветов при их устройстве проверяют шаблонами.

## 2.4 Постройка временных землевозных дорог

Для транспортирования грунта следует максимально использовать существующую дорожную сеть, устраивая от нее ответвления (усы) в сторону строящейся автодороги. При невозможности или экономической нецелесообразности использования дорог общей сети необходимо предусматривать устройство временных землевозных дорог.

Временные землевозные дороги устраиваются двухполосными. Однополосные дороги допускаются только при одностороннем движении. Ширина проезжей части дорог для автомобилей-самосвалов грузоподъемностью до 12 т должна быть при двустороннем движении 7 м, при одностороннем – 3,5 м.

При грузоподъемности автосамосвала более 12 т, а также при использовании землевозов, ширина проезжей части определяется расчетом.

Ширина обочин должна быть не менее 1 м, а в стесненных условиях, на выездах и объездах – не менее 0,5 м с каждой стороны. На косогорах ширина обочин составляет с нагорной стороны 0,5 м, с подгорной – 1м.

Для движения скреперов временные землевозные дороги обычно устраиваются однополосными. Так как груженные скреперы при движении по обычной грунтовой дороге оказывают на нее разрушающее воздействие, т.е. несущая способность такой дорожной одежды недостаточна, то необходимо устройство колеиной землевозной дороги, с применением железобетонных плит или металлических настилов.

На содержание временных землевозных дорог необходимо выделить автогрейдер для разравнивания, профилирования грунта и исправление колеиности, автосамосвал для подвозки грунта и каток для уплотнения грунта.

Проектирование плана и продольного профиля временных землевозных дорог следует осуществлять в соответствии с требованиями нормативных документов применительно к дорогам V категории.

## **2.5 Определение объемов и сроков выполнения подготовительных работ**

Для расчета продолжительности определенного вида работ, необходимо рассчитать производительность машины или механизма выполняющего эту работу.

Производительность любой машины, если известна ее норма выработки, может быть определена по следующей формуле

$$\Pi = \frac{T' V'}{H_{\text{вр}}}, \quad (11)$$

где  $T'$  – продолжительность рабочей смены, ч;  $V'$  – единичный объем (объем в измерителе);  $H_{\text{вр}}$  – нормы затрат машинного времени на выполнение единичного объема работ в машино-часах.

Продолжительность работ определяется по формуле:

$$T = \frac{V}{\Pi KN}, \quad (12)$$

где  $V$  – объем работ;  $\Pi$  – производительность машины в измерителе;  $N$  – количество машин принятое для производства работ;  $K$  – коэффициент сменности.

Результаты расчета необходимо представить в табличной форме (таблица 4).

**Таблица 4 – Объем подготовительных работ и расчет производительности**

Границы участка производства работ	Единица измерения	Объем работ	Трудозатраты		Коэффициент сменности	Количество машин	Состав исполнителей	Машины и механизмы	Продолжительность
			на единицу	на объем					

Наименование рабочих процессов	
Обоснование норм выработки	

### 3 ВЫБОР СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Земляные работы значительных объемов (как и другие виды дорожных работ) редко выполняются отдельными машинами или машинами одного вида. Обычно в этих условиях используются отряды и бригады, оснащенные специальными машинами. Кроме ведущих машин, т. е. тех, которые выполняют основные объемы работ, в строительном процессе используют вспомогательные машины и оборудование, обеспечивающие высокую производительность основных машин (навесные и прицепные рыхлители, кирковщики, различного рода толкачи и др.). В комплексных отрядах используют также машины и оборудование, необходимые для выполнения сопутствующих видов работ (катки, бульдозеры, автогрейдеры и др.). В ряде случаев для повышения эффективности труда при возведении одного участка насыпи используются различные ведущие машины. Например, для возведения насыпей высотой более 2-3 м для устройства нижней части насыпи высотой до 1,0-1,5 м применяют бульдозеры, а верхнюю часть досыпают скреперами.

Выбор способа производства работ зависит:

- 1) от объема земляных работ, который необходимо выполнить в течении определенного периода времени;
- 2) рабочей отметки возводимого сооружения;
- 3) расположения источников строительных материалов;
- 4) дальности транспортировки грунта.

#### 3.1 Комплектование механизированного отряда по возведению земляного полотна

Производительность комплекта определяется по формуле

$$P_{\text{к}}^{\text{вед}} = P^{\text{вед}} K^{\text{вед}}, \quad (13)$$

где  $P^{\text{вед}}$  – производительность одной ведущей машины;  $K^{\text{вед}}$  – количество ведущих машин (определяется исходя и объема работ, оказывает непосредственное влияние на сроки строительства).

Количество вспомогательных машин в отряде определяем по формуле

$$N^{\text{всп}} = \frac{\Pi^{\text{вед}} K^{\text{вед}}}{\Pi^{\text{всп}}} = \frac{\Pi_{\text{к}}^{\text{вед}}}{\Pi^{\text{всп}}} \quad (14)$$

где  $\Pi^{\text{всп}}$  – производительность одной вспомогательной машины.

В таблице 5 представлены возможные составы наиболее часто применяемых комплектов по возведению земляного полотна.

*Таблица 5 – Комплекты машин для возведения земляного полотна*

Ведущая машина	Вспомогательные машины
Бульдозер	Грунтоуплотняющая машина
Скрепер	Рыхлитель, бульдозер-толкач, бульдозер, грунтоуплотняющая машина
Автогрейдер	Бульдозер, грунтоуплотняющая машина
Экскаватор	Рыхлитель, автомобиль-самосвал (землевоз), бульдозер, грунтоуплотняющая машина

### **3.2 Технология производства работ бульдозерным комплектом машин**

Бульдозером в качестве ведущей машины применяется при:

- 1) возведение насыпей высотой до 1,5-2,0 м из грунта боковых резервов;
- 2) разработка выемок глубиной до 1 м;
- 3) разработка выемок с перемещением грунта в соседние насыпи.

Рациональная дальность перемещения грунта – 100 м, оптимальная дальность перемещения грунта – 150 м.

Основной рабочий орган бульдозера – это управляемый отвал.

Рабочий цикл бульдозера состоит из 4-х элементов:

- 1) набор грунта;
- 2) транспортирование грунта;
- 3) разгрузка грунта;
- 4) обратный ход.

Одной из основных операций цикла является зарезание, которое должно осуществляться таким образом, чтобы перед отвалом набирался наибольший объем грунта при наименьшей затрате времени.

Набор грунта бульдозером производится на прямом участке с использованием схем резания, представленных на рисунке 7.

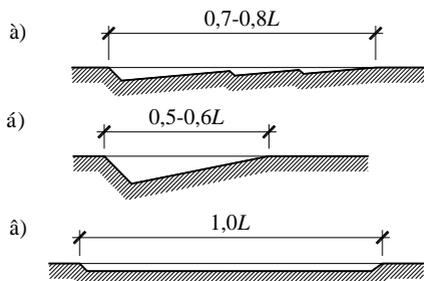


Рисунок 7 – Схемы резания грунта бульдозером:

а – гребенчатая; б – клиновья; в – равномерная;

$L$  – путь набора грунта при равномерном резании;

**Гребенчатая схема.** Применяется в твердых и пересоших грунтах: тяжёлых суглинках и глинах. Сущность этого способа заключается в том, что сначала отвал заглубляется на наибольшую глубину, затем, когда сопротивление резанию достигает максимальной величины, отвал несколько приподнимается, после чего производится новое заглубление и т. д. Для набора полного объема грунта на отвале резание выполняют обычно за три приема.

**Клиновья схема.** Применяется для набора мягких грунтов средней плотности: легких и средних суглинков, мягких глин. При клиновом резании, после максимального заглубления, отвал медленно поднимается в соответствии с увеличивающейся нагрузкой на двигатель. Последующие резания производят, отступая каждый раз на 2-3 м назад от начала предыдущего пути набора. Оставшиеся гребни срезаются бульдозером или автогрейдером при зачистке резервов.

**Ленточная схема.** Применяется при наборе грунта под уклон, а также в случае необходимости снятия стружки постоянной толщины при планировочных работах.

Чем толще снимаемая стружка, тем быстрее отвал заполняется грунтом. Грунт разрабатывается на первой передаче трактора и лишь легкие, сыпучие и сухие грунты можно разрабатывать на второй передаче.

При перемещении важно уменьшить потери грунта, скатывающегося по обе стороны отвала. Это достигается устройством на отвале боковых открылков или движением машины по одному и тому же пути. В последнем случае стенки образовавшихся траншей будут препятствовать скатыванию грунта с отвала. При лобовом перемещении грунта отвал целесообразно устанавливать в свободном («плавающем») положении, при котором он огибает неровности пути движения, не срезая их и, следовательно, не затрачивая энергии на срезку дополнительной грунтовой стружки в процессе движения. Наибольшие потери грунта происходят при поворотах машины. Поэтому пе-

ремещать грунт следует, как правило, по прямой, по возможности под уклон, используя естественный рельеф местности.

Для исключения потерь грунта при его транспортировании применяется два способа набора грунта:

- 1) траншейный – в суглинистых и глинистых грунтах;
- 2) с использованием боковых валов – в сыпучих песчаных или разрыхленных грунтах.

По первому способу траншеи располагаются поперек резерва с перемычками между ними шириной до 1 м. Разработку траншей начинают от внутренней бровки резерва с перемещением грунта до оси возводимой насыпи. Каждое последующее зарезание начинают, отступая от начала предыдущего к внешней бровке резерва на величину  $l_{из}$ , а перемещаемый грунт укладывают впритык к ранее уложенному.

Максимальная глубина технологических траншей не должна превышать 1 м, т. к. это связано с устойчивостью грунтовых стенок (перемычек). Поэтому при глубине резервов более 1 м их разработку следует вести в два слоя, предварительно срезав и переместив в насыпь ранее оставленные стенки.

По второму способу вместо траншей устраивают боковые валы высотой 40-60 см за счет перемещения грунта несколько раз по одному и тому же следу. Чтобы обеспечить постоянный объем грунта перед отвалом при перемещении его без траншеи, целесообразно некоторое заглубление отвала на 1,0-01,5 см.

Указанными способами выполняют до 60 % бульдозерных работ.

В зависимости от условий работы перемещение грунта может осуществляться по двум основным схемам:

- 1) возвратно-поступательной (при возведении насыпей из грунта односторонних боковых резервов).
- 2) эллиптической (при разработке выемки с перемещением грунта в соседнюю насыпь)

По первой схеме грунт в возводимое сооружение выгаливается при движении бульдозера вперед, а возвращение к месту набора осуществляется задним ходом. Поэтому дальность транспортирования грунта не должна превышать 50 м.

На рисунке 8 представлена возвратно поступательная схема движения бульдозера.

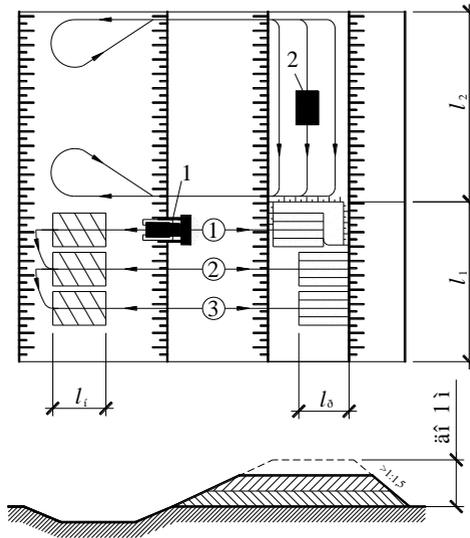


Рисунок 8 – Возвратно-поступательная схема движения бульдозера:

1 – бульдозер; 2 – прицепной каток;  $l_{и}$  – длина пути набора грунта;  $l_{р}$  – длина пути разгрузки грунта;  $l_1$  и  $l_2$  – длины захваток соответственно при разработке и уплотнении грунта

При второй схеме (рисунок 9) бульдозер движется всегда отвалом вперед, но при этом затрачивается дополнительное время на два разворота машины на  $180^\circ$ . Эффективность применения траектории движения по «эллипсу» ограничивается дальностью перемещения до 150 м.

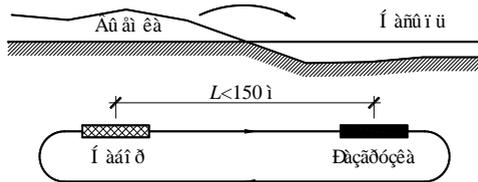


Рисунок 9 – Эллиптическая схема движения бульдозера

Укладку грунта в возводимое сооружение можно выполнять также различными способами (рисунок 10):

- а) послойный “от себя”;
- б) послойный “на себя”;
- в) “вразбежку” (отдельными кучами высотой 0,6-0,7 м, соприкасающимися между собой подошвами, после разравнивания получается слой толщиной 0,25-0,3 м);
- г) “вполуприжим” (высота куч достигает 0,7-0,9 м, после их разравнивания получается слой толщиной 0,4-0,6 м);
- д) “вприжим” (высота куч – 1,0-1,2 м, толщина выровненного слоя до 0,6-0,8 м.).

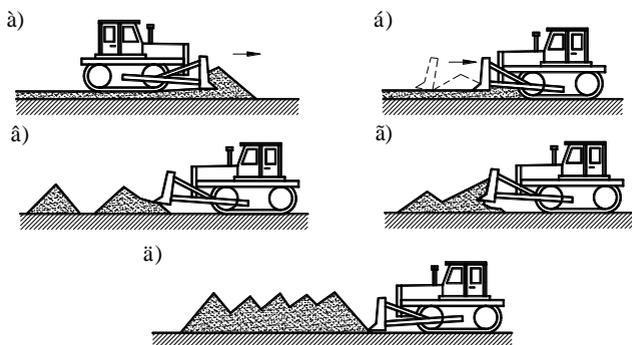


Рисунок 10 – Схема укладки грунта бульдозером:  
 а, б – послойные “от себя” и “на себя”; в – “вразбежку”;  
 г – “вполуприжим”; д – “вприжим”

Способы а, б, в используются для возведения насыпей, г и д – для разработки выемок в кавальеры.

Производительность бульдозера определяется по формуле

$$P_6^{\text{экс}} = \frac{480 q_6 \lambda k_B}{t_{\text{ц}} k_p}, \quad (15)$$

где 480 – усредненная продолжительность рабочей смены, мин;  $q_6$  – объем грунта перемещаемый отвалом бульдозера,  $\text{м}^3$   $\lambda$  – коэффициент, учитывающий технологию производства работ, с учетом принятых технологических мероприятий,  $k_B$  – коэффициент использования скрепера по времени;  $k_p$  – коэффициент разрыхления грунта;  $t_{\text{ц}}$  – время цикла, мин.

$$t_{\text{ц}} = \frac{L_{\text{н}}}{v_{\text{н}}} + \frac{L_{\text{п}}}{v_{\text{п}}} + \frac{L_{\text{о}}}{v_{\text{о}}} + nt + t_0, \quad (16)$$

где  $L_{\text{н}}$ ,  $L_{\text{п}}$ ,  $L_{\text{о}}$  – длина пути, соответственно, набора грунта, его перемещения и обратного хода, м;  $v_{\text{н}}$ ,  $v_{\text{п}}$ ,  $v_{\text{о}}$  – скорость движения, соответственно, при наборе грунта (0,7...1,0), перемещении (1,0... 1,5) и обратном ходе (1,5...3,0), м/с;  $n$  – число переключений передач;  $t$  – время на одно переключение передачи, принимают 3...5 с;  $t_0$  – время на установку отвала, 10...15 с;

**Уплотнение грунтов.** Прочность и устойчивость земляного полотна и особенно грунтовых оснований дорожных покрытий в большой степени зависят от степени уплотнения грунтов. Чем тщательнее уплотнено земляное полотно, тем более высокое сопротивление оказывает оно внешним нагрузкам и тем менее изменяются его свойства в переменных условиях увлажнения. Необходимость уплотнения насыпного грунта вызывается его разрыхлением при разработке. В результате разрыхления происходит резкое ухудшение строительных свойств грунта: повышается его сжимаемость под нагрузкой, снижается сопротивление сдвигу, повышается водопроницаемость и влагоемкость.

Степень уплотнения грунта в слоях земляного полотна, определяемую коэффициентом уплотнения грунта, следует принимать в соответствии с таблицей 6 [2, стр. 20, табл. 19].

Таблица 6 – Степень уплотнения грунта

Вид земляного полотна	Часть земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Минимальный коэффициент уплотнения грунта при типах дорожных одежд:	
			капитальном	облегченном и переходном
Насыпи	Верхняя (рабочий слой)	До 1,5	1–0,99	1–0,98
	Нижняя не подтопляемая	От 1,5 до 6,0 включитель но.	0,95 0,98	0,95 0,95
		Более 6,0		
Нижняя подтопляемая	От 1,5 до 6,0 включитель но.	0,98–0,95 0,98	0,95 0,95	
	Более 6,0			

Окончание таблицы 6

Вид земляного полотна	Часть земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Минимальный коэффициент уплотнения грунта при типах дорожных одежд:	
			капитальном	облегченном и переходном
Выемки и нулевые места	В слое сезонного промерзания	До 1,2	1–0,99	1–0,98
	Ниже слоя сезонного промерзания	До 1,2	0,95	0,95–0,92

*Примечание.* Большие значения коэффициентов уплотнения грунта следует принимать в случаях применения цементобетонных покрытий и оснований.

На степень уплотнения грунта большое влияние оказывает его влажность. Если грунт уплотнять при влажности меньшей, чем оптимальная, то работа, затрачиваемая на это, значительно увеличивается. Если влажность грунта выше оптимальной, то достаточное уплотнение (до просыхания грунта) часто осуществить невозможно. Следует также иметь в виду, что грунт, уплотненный при оптимальной влажности, обладает лучшей водостойчивостью, лучше сохраняет свою плотность и прочность при последующем увлажнении в эксплуатационных условиях. Поэтому уплотнение грунтов нужно производить, как правило, при оптимальной влажности. Существующие

исследования свидетельствуют, что возможное превышение влажности больше оптимальной предельно составляет для песков 1,3-1,6 %, для супесей и легких суглинков 1,1-1,5 %, для тяжелых суглинков и глин 1,0-1,3 %.

Для сохранения оптимальной влажности уплотнение следует производить сразу же после разработки и разравнивания грунта, который в резервах и выемках в большинстве случаев имеет влажность, близкую к оптимальной. При недостаточной влажности грунта требуется или дополнительная его поливка водой, или применение более тяжелых уплотняющих средств. Искусственная поливка организуется с таким расчетом, чтобы влажность грунта по всей толщине слоя была возможно ближе к оптимальной. после предварительного рыхления. Увлажнение производят поливочными машинами, разливая воду в несколько приемов, чередуя увлажнение с перемешиванием посредством вспахивания или глубинного рыхления. Для сохранения оптимальной влажности уплотнение необходимо производить достаточно быстро, рассчитывая размер захваток с учетом времени, допустимого на уплотнение:

$$l = \frac{\Pi t_0}{2ThB}, \quad (17)$$

где  $l$  – длина захватки (или ее рабочей части), на которой производят уплотнение, м;  $\Pi$  – производительность звена уплотняющих машин, м<sup>3</sup>/смену;  $t_0$  – время, в течение которого сохраняется оптимальная влажность, ч;  $T$  – продолжительность рабочей смены, ч;  $h$  – толщина уплотняемого слоя, м;  $B$  – ширина уплотняемого слоя, м; 2 – коэффициент, учитывающий время, затраченное на укладку грунта перед уплотнением.

Каждый последующий проход машин по одному следу делают после того, как вся ширина слоя на захватке (или ее рабочей части) будет перекрыта следами предыдущих проходов.

При избыточной влажности требуется подсушка в хорошую погоду, которая производится перелопачиванием грунта в валиках автогрейдером и универсальными бульдозерами.

Уплотняют грунты специальными машинами. Следует отметить, что частично грунты уплотняются под воздействием движения землеройных и транспортных машин в процессе отсыпки и разравнивания грунта. Конечно, чем лучше при этом грунт будет уплотнен, тем потребуются меньше механической энергии для специального уплотнения полотна. Плотность грунтов, достигаемая при использовании землеройно-транспортных машин, зависит от типа машины, толщины отсыпаемого слоя, вида грунта и его влажности.

Когда возводят насыпь бульдозерами, коэффициент уплотнения может достигать до 0,70-0,80, но при этом необходимо, чтобы отсыпка велась слоями не более 10-25 см, а количество повторных проходов по следу составляло 6-8.

При использовании скреперов с емкостью ковша 6-8 м<sup>3</sup> и более, тракторных прицепов и автомобилей коэффициент уплотнения может достигать 0,85-0,90. В связи с этим, когда для отсыпки земляного полотна применяют скреперы или автосамосвалы, для последующего уплотнения грунтов специальными машинами (например, катками) количество проходов может быть уменьшено до 40-50 % от общей нормы. При этом толщина слоя отсыпки не должна превышать: для скреперов и тракторных прицепов – 25-35 см, для автомобилей (самоходных тележек) – 20-30 см с обязательным равномерным распределением движения по всей ширине земляного полотна. Грунт должен иметь оптимальную или близкую к оптимальной влажность. Однако, следует иметь в виду, что, несмотря на соблюдение этих условий, концевые участки земляного полотна и обочины остаются недоуплотненными. При уплотнении грунта гусеничными машинами верхние слои на высоту ребер гусениц всегда будут взрыхленными. В этих случаях следует прикатывать каждый слой грунта, особенно верхний, а также обочины и концевые участки проходами катка.

Искусственное уплотнение осуществляется различными машинами, механизмами и агрегатами, которые по способу их воздействия на грунт делятся на группы:

- 1) катки, которые укатывают грунт вальцами (гладкими, ребристыми, кулачковыми, в виде пневматических шин и др.);
- 2) ударные и трамбуемые машины;
- 3) вибрационные машины;
- 4) машины и агрегаты, в которых сочетается трамбование и вибрирование.

При выборе способа уплотнения и машин следует учитывать свойства грунта, толщину уплотняемого слоя, способы работ, применяемые при возведении насыпи, а также требуемую степень уплотнения и производительность машин, сообразуясь с конкретной обстановкой.

#### **Уплотнение пневмоколесными катками.**

Массу катков рекомендуют принимать такой, чтобы контактные давления составляли 0,8-0,9 предела прочности грунта.

При уплотнении пневмоколесными катками рекомендуют на начальном этапе уплотнения давление в шинах устанавливать 0,2- 0,3 МПа. На заключительном этапе давление должно быть 0,6-0,8 МПа (кроме уплотнения песков), для этих грунтов давление на всех этапах должно быть 0,2-0,3 МПа. Толщину уплотняемых слоев грунта назначают с учетом закономерностей распределения напряжений.

Уплотнение грунтов всегда производят послойно.

Ориентировочно толщину уплотняемых слоев для пневмоколесных катков принимают 0,20-0,25 м при применении легких катков (массой 15 т); 0,30-0,40 м при тяжелых катках (массой 25 т). Толщину слоев и количество

проходов уточняют пробной укаткой. Для достижения равномерности уплотнения грунта давление во всех шинах колес катка должно быть одинаково. Наиболее равномерную плотность обеспечивают секционные катки, у которых пневматические колеса имеют независимую подвеску. Уплотнение производят проходами в последовательности от края к середине. При уплотнении верхних слоев насыпей высотой более 1,5 м первый и второй проходы по одному следу выполняют вначале на расстоянии 2 м от бровки насыпи, а затем, смещая проходы на  $1/3$  ширины катка в сторону бровки, уплотняют края насыпи. После этого продолжают уплотнение круговыми проходами от края к середине.

#### **Уплотнение кулачковыми катками.**

Такое уплотнение эффективно для связных грунтов. При грунтах несвязных и малосвязных вследствие высоких контактных давлений происходит интенсивное перемещение частиц грунта и их групп в стороны и вверх, что препятствует образованию уплотненных ядер и создает условия для непрерывного разрушения формирующейся структуры грунта.

Основными параметрами кулачкового катка являются размеры опорной поверхности каждого кулачка и его длина. Размер опорной поверхности назначают из расчета обеспечения необходимых контактных давлений. На основании практического опыта рекомендуют для различных видов грунтов следующие давления: легкие суглинки, супеси тяжелые и пылеватые – 0,7-1,5 МПа; средние и тяжелые суглинки – 1,5-4,0 МПа; тяжелые суглинки и глины – 4,0-6,0 МПа.

Уплотнение грунта прицепными кулачковыми катками выполняют круговыми проходами по рабочей захватке в последовательности от краев к середине с перекрытием полос уплотнения на 0,15—0,25 м. Для предотвращения обрушения откосов и сползания катков под откос во время работы кромка вальца должна быть не ближе 0,3 м от бровки откоса (края отсыпанного слоя). При укатке верхних слоев насыпи высотой более 1,5 м первый и второй проходы следует выполнять на расстоянии 2 м от бровки насыпи, затем, смещая проходы на  $1/3$  ширины катка, уплотняют края насыпи.

#### **Уплотнение трамбованием.**

Этот способ уплотнения применяют для всех видов грунтов. Трамбование производят трамбуемыми плитами, трамбуемыми машинами и трамбовками. Этот способ применяют в основном при необходимости уплотнения грунта слоями большой толщины (1-2 м) и в стесненных условиях, на небольших по протяженности участках.

Для уплотнения слоями большой толщины при недостаточной влажности грунта и при необходимости уплотнения до плотности большей, чем оптимальная, по стандартному методу пользуются трамбуемой плитой, подвешенной к экскаватору крану. Масса плит от 2-3 до 12-15 т. Высота подъема и сбрасывания плиты вначале 2, затем 5-6 м.

Толщина уплотняемого слоя грунта равна ширине плиты. Количество ударов 2-3. Уплотнение верхнего производят катком или сбрасыванием плиты с высоты 0,5 м.

Общие рекомендации по эффективному уплотнению грунтов кулачковыми катками и трамбуемыми плитами приведены в таблице 7.

**Таблица 7 - Уплотнение грунта кулачковыми катками и трамбуемыми средствами**

Уплотняющие машины	Оптимальная толщина уплотняемого слоя в плотном теле, см		Ориентировочное число проходов (или ударов) уплотняющей машины по одному следу, при оптимальной влажности грунта	
	Несвязный грунт	Связный грунт	Несвязный грунт	Связный грунт
Катки кулачковые, масса: до 8 т до 20 т	-	15-20 20-35	-	6-8
				8-12
				6-8
				8-12

*Окончание таблицы 7*

Уплотняющие машины	Оптимальная толщина уплотняемого слоя в плотном теле, см		Ориентировочное число проходов (или ударов) уплотняющей машины по одному следу, при оптимальной влажности грунта	
	Несвязный грунт	Связный грунт	Несвязный грунт	Связный грунт
Плиты трамбуемые на экскаваторах массой до 2000 кг, размером в плане 1x1 м, при падении с высоты 1 м	80-90	70-80	2-4	4-6
	65-70	60-70	4-6	6-8
То же при падении с высоты 2 м	100-110	80-90	2-4	4-5
	80-90	70-80	4-6	6-8
Самоходные машины ударно-трамбуемого действия	80-100	60-80	60-70	75-85

*Примечание.* В числителе приведены значения, необходимые при уплотнении грунта до коэффициента уплотнения 0,95, а в знаменателе – до 0,98.

**Уплотнение вибрационными катками.**

Такое уплотнение применяют при крупнообломочных, песчаных в супесчаных грунтах. Вибромашины представлены катками прицепными или самоходными, для уплотнения грунтов в стесненных условиях применяют виброплиты. Применяют различные разновидности виброкатков: вибрационные с гладкими вальцами, вибрационные кулачковые, вибрационные решетчатые.

В последнее время виброуплотнение получает все большее распространение, увеличивается разнообразие машин, особенно перспективными считают самоходные вибрационные катки комбинированного действия

Давление вибромашин принимают для переувлажненных песков 30-40 МПа, песков оптимальной влажности – 60-100 МПа, супесей – 150-200 МПа, тяжелых супесей – 250-300 МПа.

Виброкатками массой 4-5 т уплотняют грунт слоями 40 см, катками большей массы – слоями толщиной 60-80 см. Достигнуто уплотнение скальных грунтов на толщину слоя до 1,5 м. Количество проходов по одному следу при оптимальной влажности грунта составляет четыре-пять.

Виброкатки работают челночным способом или с разворотом на соседней захватке.

Степень уплотнения грунта и количество проходов виброкатков представлены в таблице 8.

**Таблица 8 - Степень уплотнения грунта и количество проходов виброкатков**

Вид грунта	Степень уплотнения	Максимальная толщина уплотняемого слоя, см				Количество проходов
		Масса катка, т				
		3-4	6	8	10-18	
Песок одномерный с влажностью 4-5 %	0,95	35-40	45	55	65-70	3-4
	0,98	20	30	35	40	3-4
6-7 %	0,95	40-50	60	70-75	80-90	6-8
	0,98	20-30	40	50	60	6-8
Песок обычный	0,95	40-55	65-70	80-90	100-120	4-8
	0,98	20-30	40	50	60-70	6-10
Суглинок (0,85-1,05) $w_0$	0,95	-	30-35	35-40	50-60	8-10
	0,95	-	15-20	20-35	30-35	10-12

Примечание.  $w_0$  – оптимальная влажность

### 3.3 Технология производства работ скреперным комплектом машин

Скреперы в качестве ведущей машины применяют при:

- 1) возведение насыпей высотой до 3 м из грунта боковых резервов;
- 2) разработка выемок в кавальеры или отвалы;

- 3) разработка выемок с транспортировкой грунта в соседние насыпи;
- 4) устройство котлованов;
- 5) для вскрышных работ при разработке карьеров;
- 6) постройка каналов, дамб и плотин;
- 7) планировка строительных площадок.

Скреперами можно разрабатывать любые нескальные грунты, за исключением переувлажненных, и грунтов, содержащих крупные камни и корни. Значительно снижается производительность при разработке липких и переувлажненных грунтов, так как затрудняется загрузка и особенно разгрузка скрепера, а также сухих песков. В этом случае тягач из-за плохого сцепления с грунтом не может развить достаточной тяги и ковш загружается не полностью. Недогрузка ковша происходит и потому, что сыпучий песок, плохо поступающий в ковш, образует перед ним призму волочения в виде вала, на перемещение которого затрачивается значительная мощность тягача. Наибольшая выработка достигается на легких связных грунтах (супеси, легкие суглинки, растительный грунт и т. д.). Плотные грунты целесообразно предварительно разрыхлять, однако не до полного их измельчения, так как размельченный грунт хуже поступает в ковш, чем комковатый. В связи с этим при разрыхлении грунта достаточно ограничиваться нарезкой на глубину слоя зарезания отдельных борозд при помощи рыхлителей с тремя стойками. Для лучшего наполнения ковша скрепера при работе с плотными грунтами набор производят с использованием толкачей. В качестве толкачей применяются гусеничные тракторы, оборудованные буферным устройством, или бульдозеры на гусеничном ходу.

Наиболее целесообразно прицепные скреперы применять при дальности перемещения грунта от 50 до 500 м, а самоходные скреперы большой емкости (более 6-8 м<sup>3</sup>), особенно при работе под уклон и при больших расстояниях – от 100 до 1500-2500 м. Наиболее эффективно использование самоходных скреперов на расстоянии до 2 км. При большей дальности транспортирования грунта они проигрывают экскаваторным комплектам с доставкой грунта автомобилями-самосвалами. В таблице 9 представлена зависимость объема ковша скрепера от дальности перемещения грунта.

**Таблица 9 – Рекомендуемая дальность перемещения грунта скреперами, м**

Скреперы	Геометрическая вместимость ковша, м <sup>3</sup>				
	4,5	8	10	15	25
Прицепной к гусеничному трактору	100-350	150-550	300-800	500-1500	-
Самоходный на базе двухосного трактора или одноосного	150-1200	300-1500	400-2500	до 3000	до 5000

тягача					
--------	--	--	--	--	--

Основной рабочий орган скрепера - ковш со съёмными ножами.

Рабочий цикл и технологические схемы работы скреперов. Рабочий цикл скрепера состоит из 4-х основных элементов:

- 1) набор грунта;
- 2) транспортирование грунта (груженный ход);
- 3) выгрузка грунта;
- 4) порожний ход.

Разработка грунта по глубине может осуществляться по следующим схемам (рисунок 11):

- 1) ленточной (применяется при наборе разрыхленного грунта в сцепе с толкачом, снятии плодородного слоя);
- 2) гребенчатой (применяется для набора грунтов мягких и средней плотности: суглинков и глин без предварительного рыхления).
- 3) клиновой (применяется для набора песчаных и разрыхленных грунтов).

По первой схеме длина пути набора грунта и продолжительность наполнения ковша наибольшие. Мощность тягача используется неравномерно, лишь в конце операции – полностью.

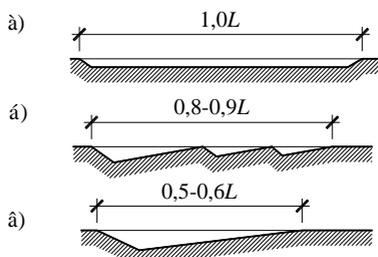


Рисунок 11– Схема резания грунта скреперами:

а – равномерное зарезание; б – гребенчатое зарезание; в – клиновое зарезание;

$L$  – путь набора грунта при равномерном зарезании

При клиновой схеме мощность тягача используется наиболее равномерно, путь набора и время заполнения ковша – наименьшие, поэтому клиновое зарезание является наиболее выгодным. Однако при разработке сравнительно плотных грунтов его практически выполнить трудно.

Для уменьшения сопротивления грунта резанию поперечное сечение стружки нужно выбирать так, чтобы ее периметр был наименьшим. Это достигается использованием следующих схем зарезания:

- 1) ребристого зарезания;
- 2) шахматно-ребристого зарезания.

При ребристом зарезании на поверхности грунтового массива производится ряд зарезаний с зазорами, равными, примерно, половине ширины ковша. Между разработанными полосами остаются гребни, которые

удаляются затем при большем заглаблении ножа скрепера. Получающаяся при этом Т-образная стружка имеет увеличенную площадь поперечного сечения при сохранении того же периметра резания.

При шахматно-ребристом зарезании (рисунок 12) после ряда одиночных проходов производятся новые зарезания по оси оставшихся гребней с отступлением на половину пути резания.

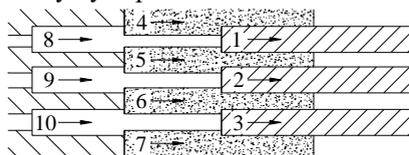


Рисунок 12 – Схема шахматно-ребристого зарезания

В этом случае в начале набора грунта срезается стружка прямоугульной формы, затем, когда скрепер начинает снимать гребень, ковш больше заглабляется в грунт, и стружка приобретает Т-образную форму. Зарезание по этой схеме дает возможность увеличить коэффициент наполнения ковша на 10-15 % при сокращении времени на разработку также на 10-15 %.

Транспортировку грунта и возвращение скрепера в забой следует производить при максимально возможных скоростях. Однако для обеспечения этого условия и предотвращения повреждения материальной части необходимо систематически выравнивать транспортные пути автогрейдерами, бульдозерами или скреперами при обратном их движении.

При возведении насыпей из грунта боковых резервов используются следующие схемы движения скрепера (рисунок 13):

- а) эллиптическая;
- б) по продольной “восьмерке”;
- в) по зигзагу;
- г) по спирали;
- д) поперечной “восьмерке”;
- е) челночно-продольная.

Первые три схемы (эллиптическая, продольная “восьмёрка” и зигзаг) целесообразны для возведения насыпей из грунта односторонних резервов или при разработке выемок в односторонние кавальеры.

**Эллиптическая схема.** Применяется при рабочих отметках земляного полотна не более 2 м на небольшом фронте работ (незначительная длина захватки).

**Схема движения продольной “восьмерке”.** Применяется при рабочих отметках до 3 м и достаточно большом фронте работ. При движении по “восьмерке” левые и правые повороты чередуются, получается равномерный износ ходовых частей скрепера и вдвое сокращается время на повороты. Производительность скрепера при движении по продольной “восьмерке” на 3-5 % выше, чем при движении по эллипсу.

**Схема движения по зигзагу.** Применяется при возведении земляного полотна с рабочими отметками до 3 м при длине захватки 200 м и более. При работе скрепера по этой схеме уменьшается число поворотов и дальность возки грунта, вследствие чего производительность скрепера возрастает на 15% по сравнению с эллиптической схемой движения.

Схемы движения по спирали, поперечная “восьмерка” и челочно-продольная используются для отсыпки насыпей из грунта двухсторонних резервов или при разработке выемок в двухсторонние кавальеры.

**Спиральная схема.** Применяется при возведении широких насыпей и выемок с рабочими отметками до 2 м и пологими откосами, так как выполняется без устройства въездов и съездов. Спиральная схема по сравнению с эллиптической увеличивает производительность скрепера, так как при отсырке грунта перпендикулярно к оси возводимого сооружения сокращается дальность его транспортировки. Но при использовании спиральной схемы также, как и эллиптической, необходимо два раза в смену изменять направление движения машины на обратное.

**Поперечная “восьмерка”** целесообразна при возведении земляного полотна с рабочими отметками до 3 м на небольшом (до 100-150 м) фронте работ.



**Челночно-продольная схема.** Применяется при возведении насыпей высотой до 3 м из грунта как линейных, так и сосредоточенных резервов, а также эффективна при наращивании земляного полотна над водо-пропускными трубами.

При отсыпке насыпи из грунта разрабатываемой рядом выемки используется схема движения по «эллипсу» (рисунок 14). При этом скрепер, как правило, не должен выходить за пределы земляного полотна, осуществляя разворот на специальных площадках.

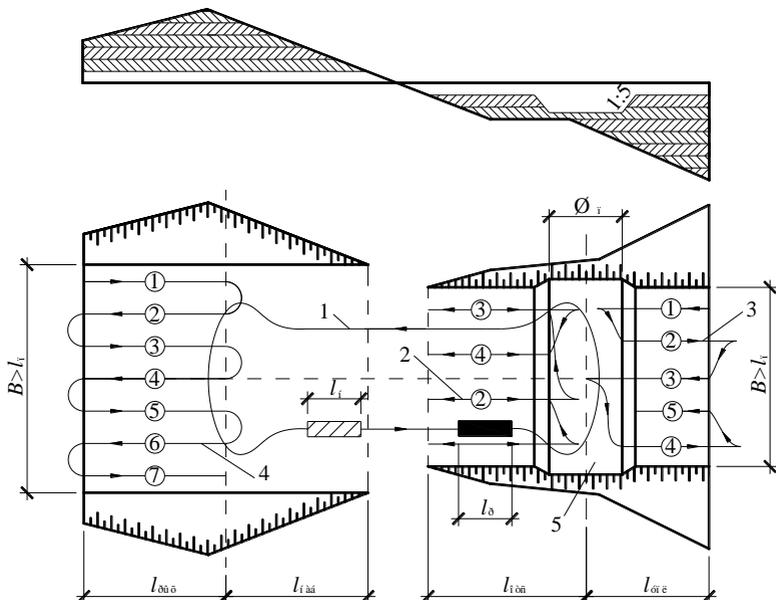


Рисунок 14 – Схема разработки выемки в насыпь скреперным комплектом машин: 1,2,3,4 – пути движения соответственно скреперов (по «эллипсу»), бульдозеров, катка и рыхлителя; 5 – площадки для разворота;  $l_{отс}$ ,  $l_{упл}$ ,  $l_{наб}$ ,  $l_{рых}$  – длины захваток по отсыпке, уплотнению, набору и рыхлению грунта

Ширина площадок Ш<sub>п</sub> для разворота должна быть 7-8 м для скреперов с ковшем вместимостью 3 м<sup>3</sup>; 12 м – для скреперов с ковшем вместимостью 10 м<sup>3</sup>; 20 м – для скреперов с ковшем вместимостью более 10 м<sup>3</sup>. Наименьшая длина площадок для разворота

$$Ш_{п} = 2R + b + 1, \quad (18)$$

где  $R$  – радиус поворота скрепера, м;  $b$  – ширина скрепера, м.

Если ширина насыпи поверху или ширина выемки понизу больше расчетной величины Ш<sub>п</sub>, то площадки для разворота не устраиваются.

Грунт в насыпь отсыпают ровными слоями, обязательно при движении скрепера (с малой скоростью 3-4 км/ч). Отсыпку ведут от краев к середине. Кромку ножа скрепера устанавливают на уровне, обеспечивающем

требуемую толщину слоя грунта. Толщина слоя отсыпки зависит от применяемых средств уплотнения. Отсыпку производят на 0,3-0,5 м шире проектного очертания поперечного профиля земляного полотна для обеспечения безопасности при уплотнении грунтов.

Производительность скрепера может быть определена по формуле

$$P_{\text{с}}^{\text{экс}} = \frac{480 q k_{\text{н}} \lambda k_{\text{в}}}{t_{\text{ц}} k_{\text{р}}}, \quad (19)$$

где 480 – усредненная продолжительность рабочей смены, мин;  $q$  – объем ковша скрепера, м<sup>3</sup>;  $k_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения ковша;  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий технологию производства работ, с учетом принятых технологических мероприятий,  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования скрепера по времени;  $k_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления грунта;  $t_{\text{ц}}$  – время цикла, мин.

Коэффициенты наполнения и рыхления зависят от вида грунта и представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Значения коэффициентов наполнения и разрыхления

Виды грунтов	Коэффициент наполнения при работе			Коэффициент разрыхления
	без толкача	с толкачом	с элеваторной загрузкой	
Сухой рыхлый песок	0,5-0,7	0,8-1	1-1,2	1-1,2
Супесь и средний суглинок	0,8-0,95	1-1,2	1-1,2	1,2-1,4
Тяжелый суглинок	0,65-0,75	0,9-1,2	0,9-1,2	1,2-1,3

Продолжительность цикла работы скрепера определяется по формуле:

$$t_{\text{ц}} = \frac{l_{\text{н}}}{v_{\text{н}}} + \frac{l_{\text{г}}}{v_{\text{г}}} + \frac{l_{\text{р}}}{v_{\text{р}}} + \frac{l_{\text{п}}}{v_{\text{п}}} + t + t_{\text{п}}, \quad (20)$$

где  $l_{\text{н}}$  – длина пути набора грунта, м;  $l_{\text{г}}$  – длина пути груженого скрепера, м;  $l_{\text{р}}$  – длина пути разгрузки скрепера, м;  $l_{\text{п}}$  – длина пути порожнего скрепера, м;  $v_{\text{н}}$ ,  $v_{\text{г}}$ ,  $v_{\text{р}}$ ,  $v_{\text{п}}$ , – скорость перемещения скрепера, м/мин, соответственно при наборе, груженом ходе, разгрузке и порожнем ходе;  $t$  – время на переключение передач скрепера за один рабочий цикл;  $t_{\text{п}}$  – время, затрачиваемое скрепером на повороты за один рабочий цикл.

Для определения продолжительности рабочего цикла самоходного скрепера необходимо предварительно вычислить длины отдельных элементов схемы его движения.

Длина пути набора грунта определяется по формуле

$$l_{\text{н}} = \frac{q k_{\text{н}} \alpha}{b h k_{\text{р}}}, \quad (21)$$

где  $q$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $k_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения ковша, равный;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий неоднородность грунта и потери его

при образовании призмы волочения и образовании боковых валиков;  $b$  – ширина обрезаемой стружки;  $h$  – толщина обрезаемой стружки;  $k_p$  – коэффициент первоначального разрыхления грунта.

Длина разгрузки скрепера

$$l_p = \frac{qk_H}{bh_p}, \quad (22)$$

где  $h_p$  – толщина отсыпаемого слоя.

Длины путей груженого и порожнего скрепера определим по формулам:

$$l_T = l_C + 0,5(l_H + l_p); \quad (23)$$

$$l_{II} = l_C + 0,5(l_H + l_p), \quad (24)$$

где  $l_C$  – средняя дальность транспортировки грунта.

Производительность рыхлителя может быть определена по формуле

$$\Pi_{\text{рых}}^{\text{эксп}} = \frac{60T(b - b_1)h_l k_B}{(l/v + t_{II})n}, \quad (25)$$

где  $T$  – продолжительность смены, ч;  $b$  – рабочая ширина рыхлителя, м;  $b_1$  – ширина полосы перекрытия, м;  $h$  – глубина рыхления грунта, м;  $l$  – длина разрыхляемого участка, м;  $k_B$  – коэффициент использования рабочего времени (0,9...0,95);  $v$  – средняя скорость работы трактора, м/мин;  $t_n$  – время на 1 поворот, мин;  $n$  – число проходов по одному следу.

Количество толкачей определяется по формуле

$$N_{\text{толк}} = \frac{N_{\text{вед}}}{N_C}; \quad (26)$$

$$N_C = \frac{t_{II}}{t}, \quad (27)$$

где  $N_{\text{вед}}$  – количество ведущих машин;  $N_C$  – число скреперов обслуживаемых одним толкачом;  $t$  – время работы цикла толкача.

$$t = \frac{l_H}{v_H} + \frac{l_H}{v_0} + t_T, \quad (28)$$

где  $v_0$  – скорость обратного хода толкача, м/мин;  $t_T$  – время, затрачиваемое толкачом на переключение передач, маневры и ожидание скрепера, мин.

Уплотнение грунтов производится аналогично п 3.2.

### 3.4 Технология производства работ автогрейдерами

При возведении земляного полотна автогрейдеры применяются для:

1) постройки дорог с нулевыми или очень небольшими (до 0,25-0,30 м) рабочими отметками.

2) в отдельных случаях автогрейдеры могут использоваться для постройки земляного полотна при высоте насыпи до 0,75–1,0 м, однако производительность машин в этом случае очень низка.

Наиболее целесообразно применение автогрейдеров для разработки легких и средних грунтов на ровных участках местности при наличии большого фронта работ.

При возведении насыпи из резерва автогрейдер осуществляет круговые проходы вдоль рабочей захватки, производя последовательно операции резания, перемещения, укладки и разравнивания грунта. Если при выполнении работ используется один автогрейдер, то он выполняет все указанные операции последовательно, изменяя при переходе от одной к другой положение отвала. При использовании нескольких автогрейдеров рабочие операции выполняются параллельно, каждая – отдельной машиной, и отпадает необходимость в регулировке положения отвала. Наиболее трудоемкой является операция резания грунта. Её выполняют тяжелыми автогрейдерами на первой передаче половиной длины отвала. Автогрейдеры среднего или легкого типов, передвигаясь за первым грейдером перемещают срезанный грунт в поперечном направлении в тело насыпи.

После каждого зарезания вырезанный грунт следует перемещать до места укладки. Грунт, вырезанный при первом и втором проходах, часто целесообразно перемещать один раз, поскольку объем стружки при первых проходах несколько меньше, чем при последующих.

Разработанный грунт укладывают в насыпь в направлении от оси к откосам следующими способами (рисунок 15):

- 1) “послойно”, с разравниванием, слоями толщиной 0,15-0,2 м;
- 2) “вразбежку”, валиками высотой 0,2-0,3 м, соприкасающихся между собой подошвами;
- 3) “вполуприжим”, валиками высотой 0,3-0,4 м, неплотно прилегающими друг к другу;
- 4) “вприжим”, валиками высотой 0,6-0,7 м, вплотную друг к другу.

Первый способ используется при разработке грунтов повышенной влажности, второй и третий – при влажности грунтов, близкой к оптимальной, четвертый – при возведении однослойных насыпей высотой до 0,5 м при наличии соответствующих грунтоуплотняющих машин.

Разравнивание грунта в насыпи осуществляют легкими автогрейдерами продольными круговыми проходами от бровок к середине. При этом каждый последующий проход должен перекрывать предыдущий не менее чем на 0,3 м. Количество проходов по одному следу принимается 2-3. Для разравнивания грунта отвалы устанавливают с углом захвата – 60-90°.

Перемещение и разравнивание грунта осуществляется на II и III передачах по возможности всей длиной отвала.

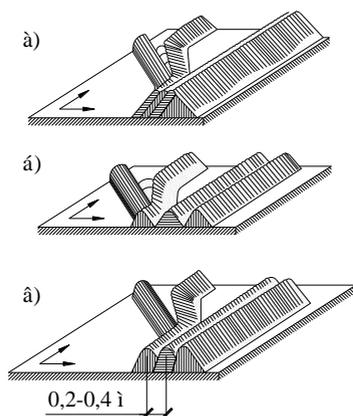


Рисунок 15 – Схема укладки грунта в насыпь:

а – “вприжим”; б – “вразбежку” (одиночными валами); в – “вполуприжим”

Наиболее эффективно использовать автогрейдеры при длине захватки 400-500 м для грунтов нормальной влажности и 600-700 м – для переувлажненных грунтов.

Возможен и другой вариант, когда до определенной высоты насыпь сооружается автогрейдерами, а до рабочих отметок она доводится скреперами и бульдозерами путем подсыпки грунта в пониженные места. Досыпка грунта при помощи скреперов и бульдозеров может потребоваться также в местах стыков рабочих захваток.

Производительность автогрейдера определяется по формуле

$$\Pi_a^{\text{экср}} = \frac{2T L S \lambda k_B}{t_{\text{ц}} k_P}, \quad (29)$$

$T$  – продолжительность рабочей смены, мин;  $L$  – длины захватки, м;  $S$  – площадь поперечного сечения вырезаемой борозды при зарезании грунта, м<sup>2</sup>;  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий технологию производства работ, с учетом принятых технологических мероприятий,  $k_B$  – коэффициент использования скрепера по времени;  $k_P$  – коэффициент разрыхления грунта;  $t_{\text{ц}}$  – время цикла, мин.

Уплотнение грунтов производится аналогично п. 3.2.

### 3.5 Технология производства работ одноковшовыми экскаваторами

#### 3.5.1 Назначение и сравнительная характеристика экскаваторов

Экскаватор одноковшовый – это самоходная землеройная машина циклического действия, предназначенная для разработки грунта I-IV группы с погрузкой в транспортные средства или перемещением в отвал.

Экскаваторы при сравнении их с землеройно-транспортными машинами имеют следующие преимущества:

- 1) возможность работы в грунтах III-IV группы без предварительного рыхления;
- 2) меньшая стоимость производства работ на сосредоточенных массивах грунта;
- 3) возможность разработки грунта в трудных условиях (из-под воды, в глубоких котлованах с крутыми стенками, в колодцах и т. д.).

Недостатки использования экскаваторов:

- 1) повышенная удельная металлоемкость и энергоемкость;
- 2) повышенная удельная мощность;
- 3) удельная выработка меньше, чем в комплектах землеройно-транспортных машин.

Емкость ковша экскаватора применяемого при возведении земляного полотна зависит от темпа работ за определенный период времени, например за месяц (таблица 11).

*Таблица 11 – Рациональная вместимость ковша экскаватора*

Месячный темп земляных работ, тыс. м <sup>3</sup>	до 20	20-60	60-100	свыше 100
Емкость ковша, м <sup>3</sup>	0,65	1-1,25	2	2-4

### *3.5.2 Рабочее место и рабочий цикл*

Рабочим местом экскаватора является забой – пространство с работающим экскаватором, ограниченное по высоте (глубине) высотой (глубиной) копания грунта, а по ширине – боковыми стенками (бортами), конфигурация которых зависит от параметров рабочего оборудования.

По мере отработки грунта забой перемещается в пространстве, а за экскаватором остается траншея определенной формы, называемая проходкой.

Форма и размеры проходок зависят от размеров возводимого сооружений, типа рабочего оборудования экскаватора, а также от его размерных параметров.

Рабочий цикл одноковшового экскаватора состоит из 4-х основных элементов:

- 1) набор грунта;
- 2) поворот на разгрузку;
- 3) разгрузка;
- 4) обратный ход.

Наиболее продолжительными являются второй и четвертый элементы цикла, зависящие от угла поворота экскаватора. Поэтому при проектировании проходок разворот под разгрузку стремятся свести к минимуму.

Производительность экскаватора определяется по формуле

$$\Pi_{\text{экс}}^{\text{экс}} = \frac{480 q k_n \lambda k_v n_1}{k_p}, \quad (30)$$

где  $q$  – вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $k_n$  – коэффициент наполнения ковша, равный;  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий технологию производства работ, с учетом принятых технологических мероприятий;  $k_v$  – коэффициент использования экскаватора по времени;  $k_p$  – коэффициент первоначального разрыхления грунта;  $n_1$  – число ковшей загружаемых в течение 1 минуты, определяется по формуле

$$n_1 = \frac{60}{t_{\text{ц}}}, \quad (31)$$

где  $t_{\text{ц}}$  – время одного цикла экскаватора.

### *3.5.3 Параметры забоев и проходок для экскаваторов с оборудованием прямая лопата*

Для работы экскаватора прямая лопата используются проходки:

- 1) боковая одноярусная;
- 2) боковая двухъярусная;
- 3) лобовая;
- 4) лобовая уширенная.

В двух первых случаях выемка разрабатывается на всю длину продольными сквозными проходками с погрузкой грунта на транспортные средства, пути движения которых располагаются сбоку, параллельно движению экскаватора. При третьем и четвертом способе разработка при максимально возможной высоте забоя, а транспорт подходит к экскаватору сзади по дну траншеи (рисунок).

Выбор схемы зависит от ряда местных условий: длины и глубины выемки, типа машин, рельефа местности и пр. При устройстве длинных выемок и ограниченном количестве транспортных средств разработку лучше вести сквозными проходками. В этом случае создаются наиболее благоприятные условия в пределах траншеи. При устройстве коротких и глубоких выемок, особенно мощными экскаваторами, образующими за собой широкие траншеи, может оказаться целесообразной лобовая разработка, так как увеличение времени цикла транспортных средств за счет маневрирования в траншеях (вследствие небольшого протяжения последних) будет не существенным, а количество отдельных проходок из-за увеличения их глубины значительно сократится.

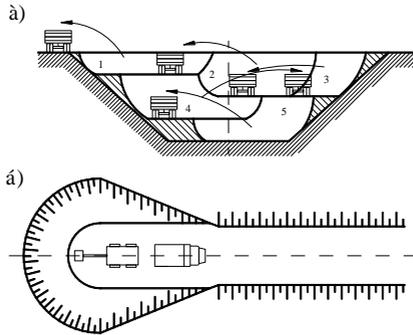


Рисунок 16 – Схема разработки выемки экскаватором:

а – сквозными проходами;

б – лобовыми проходами (цифрами показана последовательность проходок)

Наиболее эффективной является боковая двухъярусная проходка, которая обеспечивает незначительный угол поворота в сторону транспортного средства без опускания рукояти при разгрузке (рисунок 17).

Наибольшая высота копания регламентирует максимальную высоту забоя при работе экскаватора с грунтами в естественном состоянии. Для разрыхленных скальных грунтов при равномерном рыхлении, исключающем образование козырьков, высоту забоя допустимо увеличивать до 1,5  $H$ .

Наименьшая высота забоя определяется условием наполнения ковша с “шапкой”, за одно рабочее движение рукояти. Для экскаваторов с ковшами вместимостью 0,5-2,5 м<sup>3</sup>, применяемых на сосредоточенных работах по возведению земляного полотна, наименьшая высота забоя в грунтах I, II групп трудности разработки находится в границах 2-3 м грунтах III группы – 3,5-4,5 м, в грунтах IV группы – 5-6 м.

Высота напорного вала соответствует горизонтальному положению рукояти экскаватора на уровне седлового подшипника и при среднем положении стрелы может быть определена по эмпирической формуле:

$$H_{\text{н}} = (0,1 \dots 0,12) \sqrt[3]{G_3}, \quad (32)$$

где  $G_3$  – масса экскаватора, кг.

Практические радиусы копания составляют:

$$R_{\text{п}} = (0,8 \dots 0,85) R; \quad (33)$$

$$r_{\text{п}} = 0,9r, \quad (34)$$

где  $R$  – максимальный радиус копания, м;  $r$  – наибольший радиус копания на уровне стоянки, м.

Длина передвижки экскаватора

$$l_{\text{п}} = 1,7 \sqrt[3]{q}, \quad (35)$$

где  $q$  – вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>.

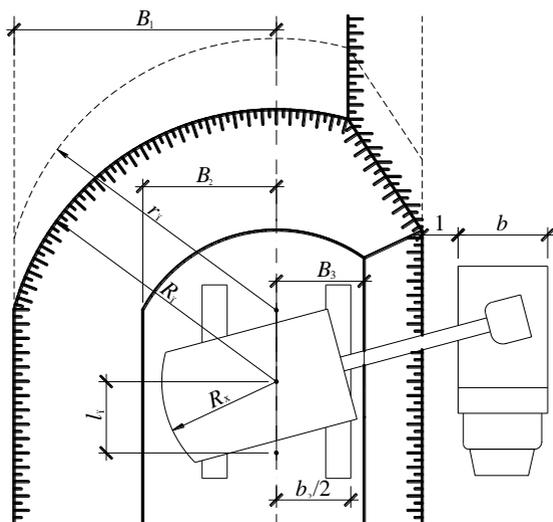
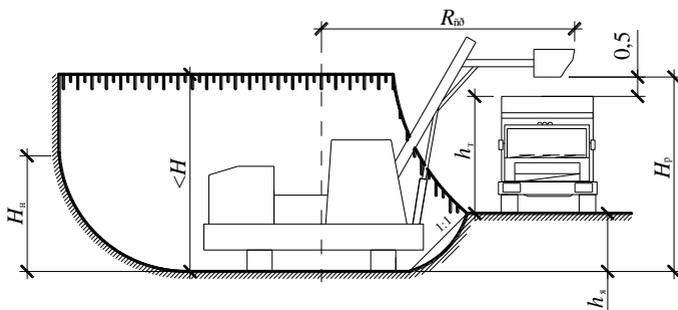


Рисунок 17 – Боковая двухъярусная проходка экскаватора прямой лопата:

$H$  – наибольшая высота копания, м;  $H_n$  – высота напорного вала, м;  $H_p$  – наибольшая высота разгрузки, м;  $h_n$  – высота яруса, м;  $h_t$  – высота от уровня стоянки транспортного средства до верха его бортов, м;  $R_n$  – практический радиус копания на уровне напорного вала, м;  $r_n$  – практический радиус копания на уровне стоянки экскаватора, м;  $R_p$  – радиус разгрузки при наибольшей высоте разгрузки, м;  $R_s$  – радиус, описываемый хвостовой частью платформы;  $B_1$  – расстояние от оси забоя до верхней бровки бокового откоса, м;  $B_2$  и  $B_3$  – расстояния от оси забоя до нижних бровок соответственно левого и правого откосов, м;  $l_n$  – длина передвижки экскаватора, м;  $b$ ,  $b$  – ширина хода экскаватора, м;  $b$  – ширина хода транспортного средства, м

Остальные параметры, исходя из рисунка 17, связаны следующими соотношениями

$$B_1 = \sqrt{R_n^2 - l_n^2}; \quad (36)$$

$$B_2 = \sqrt{r_n^2 - l_n^2}; \quad (37)$$

$$B_3^{\max} = R_n^{\delta} - 0,5b - h_y - 1; \quad (38)$$

$$R_p^{cp} = (R + r) / 2; \quad (39)$$

$$h_{я} = H_p - 0,5 h_T; \quad (40)$$

$$B_3^{min} = 0,5b_3. \quad (41)$$

Средний угол поворота на разгрузку  $\alpha_p$  при использовании боковой одноярусной проходки (рисунок 18) составляет  $50^\circ - 90^\circ$ . Причем экскаватор располагают в забое, чтобы поворот на острие мыска проходил с углом  $\alpha_n$  не более  $45^\circ$ . Тогда наибольшее расстояние от нижней кромки открытого борта до оси экскаватора

$$B_4^{max} = r_{II} \sin \alpha_{II} = 0,707 r_{II}; \quad (42)$$

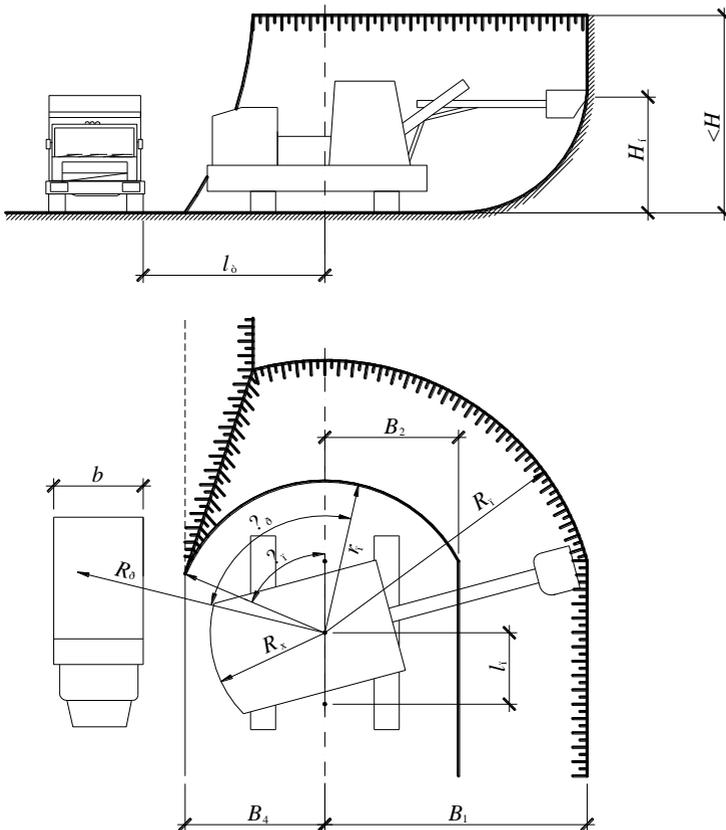


Рисунок 18 – Схема бокового одноярусного забоя экскаватора прямая лопата

Наименьшее расстояние до ближайшего борта определяется из условия, что хвостовая часть экскаватора не задевает этого борта, для чего оставляется просвет не менее 0,7 м,

$$B_4^{\min} = R_x + 0,7; \quad (43)$$

При подаче самосвала под погрузку со стороны открытого борта безопасное расстояние до кромки его кузова  $l_T$ , определяется радиусом, описываемым хвостовой частью экскаватора

$$l_T = R_x + 1; \quad (44)$$

Лобовая проходка неблагоприятна потому, что транспортные средства подаются сзади экскаватора и необходим поворот с большим углом для разгрузки ковша. Кроме того, в забое необходимо выполнять многочисленные маневры автосамосвала, которые часто затруднены.

При работе лобовым уширенным забоем максимальная ширина проходки

$$B_{\text{уш}} = 2B_1 + l_{\text{ст}}, \quad (45)$$

где  $l_{\text{ст}}$  – расстояние между крайними стоянками экскаватора при перемещении его поперек забоя, м.

### 3.6 Технология возведения насыпей с использованием автомобилей-самосвалов

В зависимости от рельефа местности, конструкции земляного полотна, несущей способности основания и некоторых других факторов насыпи возводят с использованием трех основных способов (рисунок 19):

- а) послойная отсыпка;
- б) отсыпка с головы;
- в) комбинированный.

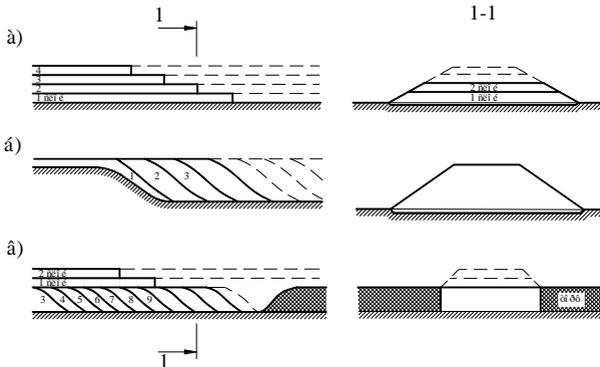


Рисунок 19 – Схемы отсыпки насыпей:

а – послойная; б – с головы; в – комбинированный способ

**Послойная отсыпка** насыпей с использованием автомобилей-самосвалов производится по двум схемам:

- 1) кольцевая;
- 2) тупиковая.

Выбор схемы зависит от ширины и высоты возводимой насыпи и условий подъезда автомобилей-самосвалов.

Кольцевая схема (рисунок 20) целесообразна при возведении широких насыпей высотой до 5 м или нижней части насыпей высотой более 5 м, когда проезд автосамосвала за пределами земляного полотна не вызывает затруднений и не требуется значительных затрат на содержание землевозных дорог. В этом случае груженные автосамосвалы движутся по отсыпанному слою к месту разгрузки, а обратно проходят за пределами насыпи, съезжая с нее в определенном месте. По ширине насыпь делится на две полосы. Одну полосу используют для сквозного проезда автосамосвала, а другую, рабочую, для наращивания насыпи по высоте. Рабочая полоса делится по длине на две захватки. На одной производится разгрузка грунта с разравниванием его бульдозерами, на другой – уплотнение грунта.

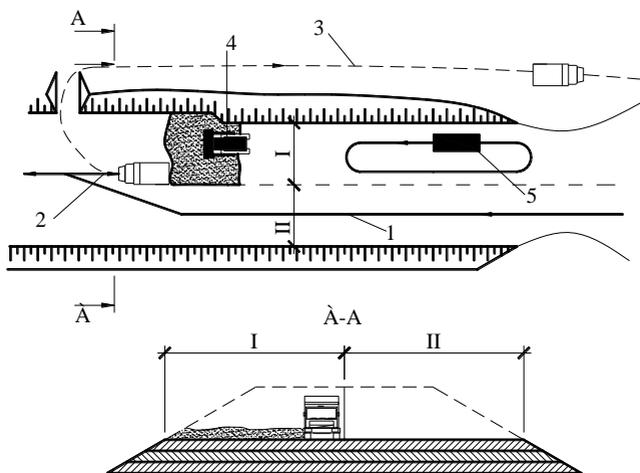


Рисунок 20 – Схемы отсыпки насыпи с кольцевой ездой автосамосвалов:

I – зона отсыпки слоя насыпи; II – зона движения груженных автосамосвалов; 1 – направление движения груженных автосамосвалов; 2 – подача автосамосвалов под разгрузку; 3 – направление движения порожних автосамосвалов в забой; 4 – разравнивание грунта бульдозером; 5 – уплотнение грунта грунтоуплотняющей машиной

Тупиковую схему отсыпки с разворотом машин на насыпи используют, если движение автосамосвала за пределами насыпи затруднительно или насыпь имеет значительную высоту (более 5 м), что усложняет и удорожает устройство съездов, а также на подходах к мостам (рисунок 21). При этом ширина насыпи должна быть не менее 11-12 м. При возведении верхней части высоких насыпей шириной менее 11 м (дороги IV и V категорий) также используют тупиковую схему (рисунок 22). При этом автосамосвал разворачивается на широком участке насыпи и сдает задним ходом на разгрузку, что обуславливает уменьшение длины захваток до 30-50 м.

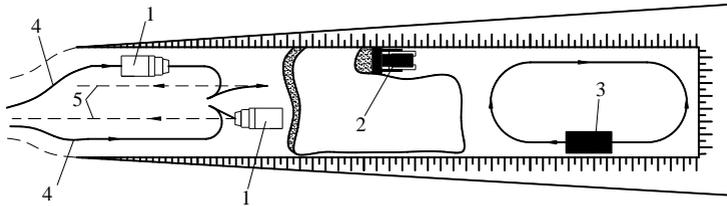


Рисунок 21 – Схема отсыпки слоев с разворотом автосамосвалов на насыпи:  
 1 – автосамосвалы; 2 – разравнивание фунта бульдозером; 3 – уплотнение грунта грунтоуплотняющей машиной; 4 и 5 – направление движения груженных и порожних автосамосвалов

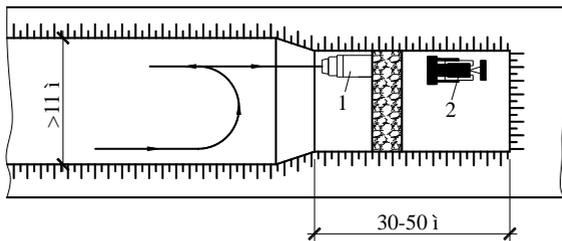


Рисунок 22 – Схема отсыпки верхних слоев насыпи шириной менее 11м:  
 1 – автосамосвал; 2 – уплотняющая машина

**Способ отсыпки насыпи с головы** используют при возведении земляного полотна через овраги с крутыми склонами или на участках пересечения болот (рисунок 23). При этом способе с самого начала насыпь отсыпают до проектной отметки, а наращивание ее происходит непрерывно в торце до тех пор, пока она не пересечет весь участок болота или оврага. Основным недостатком этого способа является трудность уплотнения грунта всего тела насыпи.

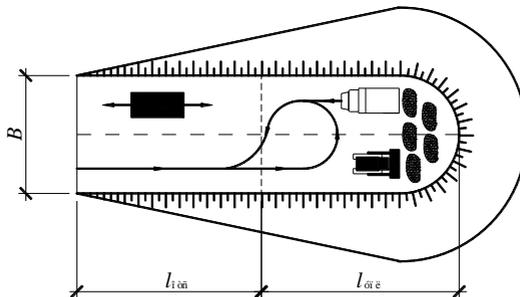


Рисунок 23 – Отсыпка насыпи с головы

**Комбинированный способ**, представляющий из себя сочетание отсыпки насыпи с головы и послойной (см. рисунок 19) применяют чтобы уменьшить указанный недостаток.

Зависимость грузоподъемности автосамосвала от вместимости ковша экскаватора представлена в таблице 12.

**Таблица 12 – Минимальная грузоподъемность автосамосвала**

Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	0,4-0,65	1-1,6	2,5	4,6
Минимальная грузоподъемность автосамосвалов, т	4,5	7	12	18

Рациональная грузоподъемность автосамосвалов от длины транспортировки на расстояние до 5 км представлена в таблице 13.

**Таблица 13 – Рациональная грузоподъемность автосамосвалов, т**

Дальность перемещения грунта	Вместимость ковша экскаватора						
	0,4	0,65	1	1,25	1,6	2,5	4,6
0,5	4,5	4,5	7	7	10	-	-
1	7	7	10	10	10	-	-
1,5	7	7	10	10	12	18	27
2	7	10	10	12	18	18	27
3	7	10	12	12	18	27	40
4	10	10	12	18	18	27	40
5	10	10	12	18	18	27	40

Наибольшую трудность при проектировании комплекса работ по возведению земляного полотна экскаваторным комплектом машин представляет определение необходимого количества транспортных средств.

Для определения необходимого количества транспортных средств предварительно вычислим длительность цикла  $T_{ц}$  и продолжительность загрузки транспортной единицы (с учетом маневрирования)  $t_{п}$ .

$$T_{ц} = t_{п} + \frac{2L_{т}}{v} + t_{в}, \quad (46)$$

где  $v$  – средняя скорость транспортных средств при груженом и порожнем ходе, м/мин;  $t_{в}$  – среднее время разгрузки, мин.

$$t_{п} = \frac{n_{к}}{n_{1}k_{т}}, \quad (47)$$

где  $k_{т}$  – коэффициент, учитывающий затраты времени при установке транспортных средств под погрузчик;  $n_{к}$  – количество ковшей грунта, погруженных в транспортное средство, определим по формуле

$$n_{к} = \frac{Qk_{п}}{qk_{н}\gamma}, \quad (48)$$

где  $Q$  – грузоподъемность автосамосвала, т;  $\gamma$  – объемная масса грунта.

Количество самосвалов определим по формуле

$$N_{ac} = \frac{T_{п}}{t_{п}}. \quad (49)$$

Производительность бульдозера на разравнивании определяется по формуле

$$\Pi_{б}^{разр} = \frac{3600 L(l \sin \alpha - b)k_{в}}{n(L/v + t_{пов})}, \quad (50)$$

где  $L$  – длина разравниваемого участка, м;  $l$  – длина отвала бульдозера, м;  $\alpha$  – угол поворота отвала в плане ( $45 \dots 65^\circ$ );  $b$  – часть ширины пройденной полосы, перекрываемой при последующем смежном проходе (обычно  $b = 0,3 \dots 0,5$  м);  $n$  – число проходов по одному следу ( $n = 1 \dots 2$  прохода);  $v$  – средняя скорость бульдозера при разравнивании грунта, м/с;  $t_{пов}$  – время на один поворот, с.

Уплотнение грунтов производится аналогично п. 3.2.

## 4 ТЕХНОЛОГИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

Отделочные работы завершают сооружение земляного полотна. Их состав и последовательность различны для насыпей и выемок.

Последовательность отделочных работ на насыпях:

- 1) планировка верха земляного полотна;
- 2) планировка откосов;
- 3) устройство кюветов;
- 4) укрепление откосов.

Последовательность отделочных работ на выемках:

- 1) планировка откосов;
- 2) планировка дна выемки;
- 3) устройство кюветов;
- 4) укрепление откосов.

### 4.1 Планировка верхней площадки земляного полотна

Поверхность земляного полотна, подготовленная для планировки, не должна иметь отметок ниже проектных, а также превышений более 15 см) В первом случае земляное полотно досыпают и равномерно уплотняют, во втором - срезают, используя для этого землеройно-транспортные машины.

Планировку поверхности насыпи и дна выемки выполняют автогрейдерами за два этапа. На первом осуществляют грубую планировку с исправлением мест., отметки которых заметно отличаются от проектных. Излишки срезают короткими проходами автогрейдера. На втором этапе выполняют чистовую планировку сквозными проходами автогрейдера по всей длине захватки.

Планировку поверхности земляного полотна целесообразно выполнять автогрейдерами, оборудованными системами автоматического управления отвал ому например «Профиль П» (рисунок 2.30), «Профиль 30» их работа основана на функционировании автоматической системы от датчиков, перемещающихся по специально установленной копирной струне, спланированной поверхности земляного полотна, или работающих по лазерным направляющим.

Металлические стойки устанавливают вдоль оси земляного полотна на расстоянии 10-20 м друг от друга. Копирный трос натягивают параллельно земляному полотну с превышением над проектной линией на 0,55 м. Трос закрепляется на расстоянии 5-10 м от крайних стоек с одной стороны анкерной плитой, с другой – анкерной плитой с лебедкой. Сила натяжения составляет 30 кгс. Длина захватки регламентируется длиной анкерного участка и составляет 200 м.

При планировке автогрейдер движется вдоль копирной струны таким образом, чтобы расстояние между отвалом и тросом составляло 0,35. При этом машинист постоянно следит за щупом, который должен все время касаться установленной базы.

После прохода автогрейдера в двух направлениях от оси щуповой датчик заменяют на копирное колесо, опорной базой для которого становится спланированная поверхность.

Точность планировки по копирному тросу составляет  $\pm 3$  см, по копирному колесу –  $\pm 5$  см.

На участках без вертикальных кривых планировку верха земляного полотна можно осуществлять с использованием системы «Профиль 30» по лазерному копиру. Лазерная система основана на создании опорной оптической плоскости, которую получают при вращении лазерного луча с частотой 70-100 об/мин. Излучатель устанавливают на оси земляного полотна, регулируя положение луча согласно проектному уклону продольного профиля (предельное значение 30 %). Фотоэлектрический приемник закреплен на отвале автогрейдера. По мере движения автогрейдера, в зависимости от положения луча, на приемнике осуществляется подъем или опускание отвала, поворот его в вертикальной плоскости.

Планировочные работы выполняются на первой скорости с установкой отвала в плане под углом  $45-70^\circ$  к оси земляного полотна.

## 4.2 Планировка откосов

Выбор машин и технологии производства работ по планировке откосов зависит от рабочих отметок и конструкции земляного полотна:

1) Откосы насыпей с заложением от 1:3 до 1:4 планируют автогрейдерами (рисунок 24) при непосредственном движении по ним вдоль земляного полотна.

2) Откосы с заложением от 1:2 до 1:3 планируют бульдозером перемишающимся сверху вниз с принудительно опущенным отвалом (при гидравлическом управлении) или задним ходом снизу вверх с отвалом, свободно опущенным на грунт (при канатном управлении).

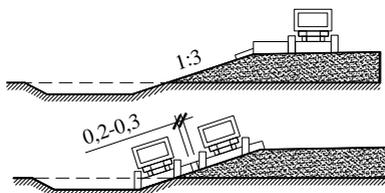


Рисунок 24 – Планировка автогрейдером пологих откосов

3) Крутые откосы насыпей и выемок с заложением от 1:1,5 до 1:1,75 с рабочими отметками соответственно до 3,5 и 3 м планируют бульдозерами или автогрейдером, оборудованными откосниками (рисунок 25).

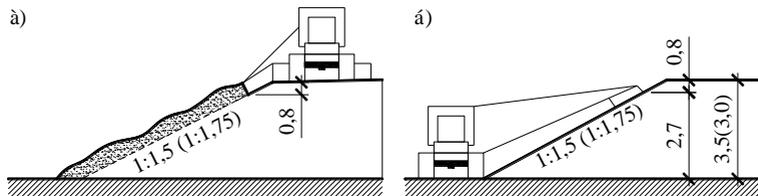


Рисунок 25 – Планировка крутых откосов автогрейдером:

а – верхней части; б – нижней части

Перед началом работы по откосу через 20 м выставляют разбивочные колья, по которым ориентируется машинист во время движения машины. Планировку начинают с верхней части откоса. Машина, двигаясь по спланированной поверхности земляного полотна, захватывает около 0,8 м по высоте насыпи (глубине выемки). Затем откосник переставляют в верхнее положение и планируют нижнюю часть откоса, а ориентиром служит уже спланированная поверхность верхней части.

4) Крутые откосы земляного полотна с рабочими отметками до 6 м планируют экскаватором-планировщиком с телескопической стрелой (рисунок 26).

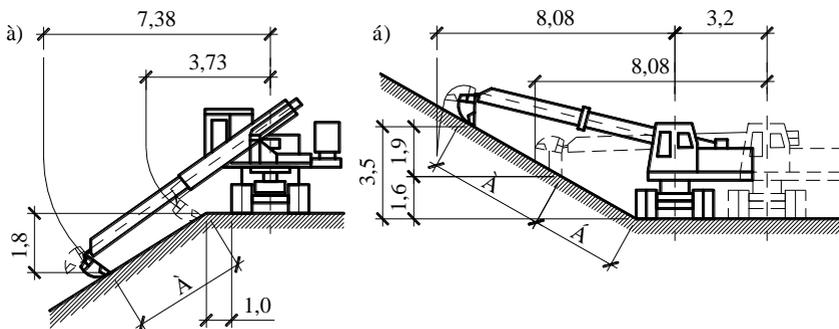


Рисунок 26 – Планировка откосов экскаватором-планировщиком с телескопической стрелой:

а – планировка верхней части откоса; б – планировка нижней части откоса;  
А – первая зона планировки; Б – вторая зона планировки

Планировку экскаваторами-планировщиками производят последовательно с верхней и нижней стоянок, обрабатывая соответствующие зоны, ширина которых зависит от марки экскаватора. При необходимости можно расширить обрабатываемые зоны за счет использования удлинителей стрелы и выполнять планировку откосов насыпей и выемок с отметками до 11 м.

Разновидность режущего органа зависит от толщины срезаемого слоя. При величине срезки грунта до 20 см используют планировочный отвал, а

если толщина срезаемого слоя больше, то необходимо использовать ковш вместимостью 0,25-0,4 м<sup>3</sup>.

Планировка производится циклично: закончив работу на очередной стоянке, экскаватор передвигается по фронту на 2 м и планирует следующий участок, перекрывая предыдущий на 30-50 см.

5) Планировку откосов высоких насыпей и глубоких выемок с отметками до 14 м осуществляют экскаваторами-драглайнами с двухотвальными планировщиками (рисунок 27).

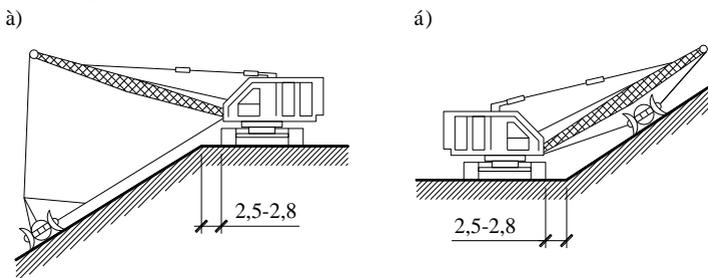


Рисунок 27 – Планировка откосов экскаватором с двухотвальным планировщиком:  
а – планировка верхней части; б – планировка нижней части

При более глубоких выемках или более высоких насыпях планировку откосов производят по ярусам в процессе возведения земляного полотна.

Контроль за ровностью поверхности и соблюдением необходимого уклона откоса осуществляется с помощью переносных откосных лекал.

### 4.3 Устройство кюветов

Устройство кюветов относится к основным работам, но по времени совпадает с планировочными работами и технологически с ними увязано.

В качестве основных машин для устройства кюветов можно использовать кюветокопатели на базе многоковшовых экскаваторов, универсальные экскаваторы-планировщики, а также автогрейдеры. Так как применение трапециевидальных кюветов требует уширения полосы отвода, то при проектировании поперечного профиля необходимо стремиться свести к минимальным значениям ширины полосы отвода, а для нарезки кювета треугольного очертания наиболее рациональным является использование автогрейдера.

Перед нарезкой кюветов в выемке должны быть спланированы откосы и дно выемки в уровне проектных отметок с отклонениями не более 5 см.

При использовании автогрейдера он движется вдоль подошвы насыпи, нарезая кювет треугольного очертания.

### 4.4 Укрепление откосов земляного полотна

Укрепление откосов в зависимости от свойств грунта земляного полотна, его местоположения, гидрологических и погодных-климатических условий района строительства может осуществляться следующими способами:

- 1) создание растительного травяного покрова;
- 2) каменная наброска;
- 3) покрытие из щебня, гравия и других материалов;
- 4) сборные бетонные и железобетонные штаты;
- 5) сборные решетчатые железобетонные конструкции;
- 6) сплошные цементно- и асфальтобетонные покрытия.

В большинстве случаев при нормальных гидрологических и погодных-климатических условиях района строительства, т.е. отсутствия мощных водотоков и значительных осадков способных размывать откосы земляного полотна, применяется укрепление откосов созданием растительного покрова.

Укрепление откосов созданием дернового покрова может быть осуществлено двумя способами:

- 1) гидропосевом трав;
- 2) посевом трав по слою растительного грунта (плакировки).

Гидропосев (рисунок 28) получил наибольшее распространение из-за высоких темпов производства работ, отсутствия необходимости предварительного создания растительного слоя на откосах, возможности применения на протяжении всего строительного сезона.

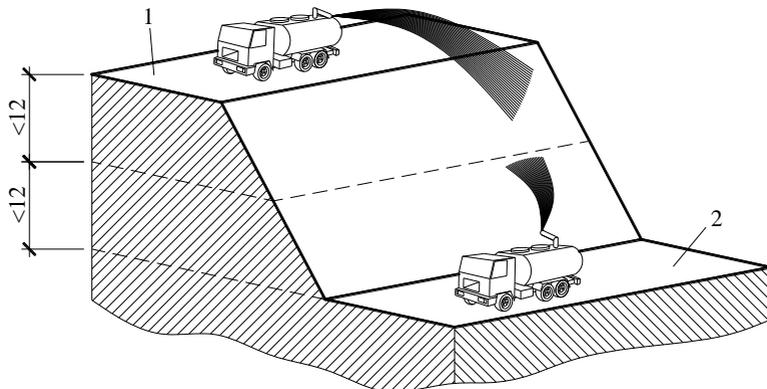


Рисунок 28 – Технологическая схема укрепления откосов гидропосевом:

1 – работа с верхней стоянки; 2 – работа с нижней стоянки

При гидропосеве применяют смесь, состоящую из семян трав, минеральных удобрений, мульчирующего материала, пленкообразующего компонента и воды. Мульчирующий материал (измельченная солома, опилки) и пленкообразующий (битумная эмульсия или латекс) создают на поверхности откоса благоприятные условия для роста и развития трав и предохраняют откос от водной и ветровой эрозии.

Смесь распределяют по откосу при движении машины вдоль нижней или верхней части откоса. Распределение смеси производят за несколько проходов гидросеялки на одной захватке, чтобы избежать стекания рабочей смеси с откоса. Если грунт откоса сухой, то его предварительно увлажняют.

#### **4.5 Определение объемов и сроков выполнения отделочных работ**

Расчет выполняется аналогично п. 2.5.

### **5 ГРАФИК ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ**

Целью этого раздела является разработка технологии стойтельных работ на участке и построение графика производства работ в соответствии с заданием.

График производства работ устанавливает последовательность работы, сроки начала и окончания работ, порядок использования механизированных комплексов и состоит из:

- таблицы, в которой указываются объемы работ, нормы времени, трудозатраты, состав команд, машины и механизмы (таблица 14);
- линейного графика производства работ (рис.29).

Технологические процессы строительства земляного полотна представляют собой детально разработанные планы наиболее эффективной их организации, обеспечивающие выполнение работ в установленные сроки, с высоким качеством и наименьшими затратами. Они предусматривают определенную последовательность выполнения операций по времени и месту, наиболее рациональную расстановку бригад, машин и механизмов, применение современных достижений науки и техники и передовой организации работ, а также соблюдение ТКП.

Разрабатывая технологические процессы, необходимо стремиться к тому, чтобы затраты на производство работ на строящемся участке были минимальными. Рабочие процессы записываются в таблицу в той же последовательности, в какой они должны выполняться.

Технология строительства земляного полотна разрабатывается в зависимости от условий строительства, принятого способа производства работ и имеющихся средств механизации.

При поточном методе производства работ разработка технологии сводится к расчёту потока. Исходным параметром для расчёта потока является его темп.

Темп равен сменной производительности ведущей машины или темпу наиболее лимитирующего вида работ (отсыпка насыпи, сборка звеньев на базе, установка пролётных строений разработка выемки и т.п.).

Все полученные данные сводятся в таблицу расчёта потока.

Нормы времени на измеритель следует определять по ЕНиР сборник 2

или РСН.

Затраты труда на заданный объем работ определяются по формуле

$$P_{\text{зт}} = Q \cdot H_{\text{вр}} / I, \quad (63)$$

где  $Q$  – расчетный объем работ;

$I$  – измеритель;

$H_{\text{вр}}$  – норма времени на измеритель.

Состав команды определяется по ЕНИР сборник 2.

Выбранный состав команд должен обеспечивать ритмичную работу комплектов.

Машины, механизмы и их количество определяются в зависимости от выбранного способа производства работ, технологического процесса и имеющихся в наличии технических средств. При подборе машин и механизмов следует учитывать их производительность.

После заполнения таблицы составляется график производства работ по строительству земляного полотна. На нем, сплошной линией, напротив каждой работы, откладывается время, которое затрачивается для выполнения этой технологической операции. Линии чертятся на графике цветными карандашами или фломастерами, в зависимости от вида работ. Переход машин с одного объекта на другой показывается пунктирными линиями.

Команды должны подбираться таким образом, чтобы график движения рабочей силы был равномерным, т. е. численность работающих в каждую смену, была приблизительно одинаковой.

При перемещении машин с одного объекта на другой необходимо учитывать время на проезд или перевозку, исходя из скорости и расстояния между местами работ. Скорость определяется по техническим характеристикам машины, расстояние – согласно топографической карте или схеме.

Указания по технологии работ, как правило, не разрабатываются, а используются типовые технологические карты (правила), привязанные к данным местным условиям. Привязка заключается в том, что пересчитывается потребность в машинах и рабочей силе и, в необходимых случаях, дополнительно включаются другие виды машин.

**Таблица 14 – Таблица графика производства работ**

Наименование работ	Измеритель	Объем работ	Трудозатраты, чел.-дн.		Состав команды, чел.	Машины, механизмы и инструмент	
			на измеритель	на объем работ		Наименование	Количество
1	2	3	4	5	6	7	8

Трудозатраты на объём работ (графа 5) получают путём умножения объёма работ (графа 5) на норму времени на измеритель (графа 4).

Время производства работ, т.е. продолжительность смены в часах, определяется путём деления общих трудозатрат (графа 5) на состав команды

(графа 6).

При составлении графика, необходимо учесть, что для уменьшения времени, на определенную работу, можно увеличить состав команды, но время на работы, выполняемые с применением машин нельзя уменьшить с помощью увеличения состава команд.

Захватки для каждого звена (команды), в метрах назначается исходя из оптимальной протяжённости участка, необходимой для нормального производства работ звеном. Для различных видов работ длина захватки будет различной.

Вид работ	Наименование технологических операций и состав исполнителей	Границы участка производства работ	Продолжительность																								
			месяц																								
			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
подготовительные работы	Например:																										
	Корчевка кустарника со сгребанием в валы. Корчеватель собиратель – 1 шт. Машинист корчевателя-собирающего – 1 чел.,	ПК38-ПК42																									
	Сжигание срезанного кустарника с перетряхиванием Корчеватель собиратель – 1 шт. Машинист корчевателя-собирающего – 1 чел. Установка для сжигания древесных отходов – 1 шт. Оператор установки – 1 чел.	ПК38-ПК42																									
	Снятие растительного слоя Бульдозер – 1 шт. Машинист бульдозера – 1 чел.	ПК38-ПК42																									
	Снятие плодородного слоя Бульдозер – 1 шт. Машинист бульдозера – 1 чел.	ПК30-ПК38																									
	и т.д.																										
основные работы																											
отделочные работы																											

Рисунок 29 – График производства работ

Продолжительность работ подготовительного периода, а так же продолжительность отделочных работ рассчитана в соответствующих разделах в табличном виде (см. табл. 4).

Продолжительность работ основного периода определим по формуле

$$T = \frac{Vk_{п}}{n\Pi_{к}}, \quad (51)$$

где  $V$  – объем отсыпаемого грунта  $m^3$ ;  $k_{п}$  – коэффициент учитывающий потери грунта;  $n$  – число рабочих смен в сутках;  $\Pi_{к}$  – производительность комплекта.

Дату начала производства работ студент определяет исходя из принятых технологических процессов по возведению земляного полотна. Количество машин и механизмов должно быть определено в предыдущих разделах с учетом рационального использования технических возможностей. Необходимо не допустить или по возможности сократить время простоя единицы техники, если она используется на различных этапах возведения земляного полотна (например, бульдозер используется как при снятии плодородного слоя, так и при разравнивании грунта в теле насыпи). Работы могут выполняться, как последовательно (т.е. последующий технологический процесс начинается только после того как на данном участке будут выполнены все предшествующие работы), так и одновременно но с заделом (т.е. на одном участке могут выполняться различные технологические операции, но при этом необходимо создание определенного задела) с целью сократить продолжительность строительства. Последовательность вступления машин и механизмов в процесс строительства должна способствовать:

- 1) сокращению времени простоя техники;
- 2) сокращению продолжительности строительства;
- 3) уменьшению затрат на перебазирование техники.

Разрабатывая технологические процессы, необходимо стремиться к тому, чтобы затраты на производство работ на строящемся участке были минимальными.

## **6 ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

В данном разделе в соответствии нормативными документами необходимо привести все требования по охране труда и охране окружающей среды при выполнении технологических операций предусмотренных курсовым проектом. Так же необходимо привести список контролируемых

параметров охраны труда и охраны окружающей среды и назначить ответственных за их выполнение.

Воздействие на окружающую среду должно быть сведено к минимуму уже на стадии проектирования дороги (рациональный выбор направления трассы, применение по возможности элементов профиля существенно не нарушающих рельеф местности, т.е. нанесение проектной линии по обертывающей, выбор мест расположения искусственных сооружений необходимых как для пропуска животных, так и различного рода водных потоков, и т.д.). На стадии строительства дороги основное пагубное воздействие на окружающую среду будут оказывать машины и механизмы (шумовое загрязнение, загрязнение воздушной среды, переуплотнение грунтов при движении по ним построечного транспорта и т.д.). Поэтому при выполнении курсового проекта необходимо рассмотреть меры по уменьшению такого воздействия построечного транспорта, как на окружающую среду, так и на рабочих-строителей.

При выполнении данного раздела необходимо руководствоваться:

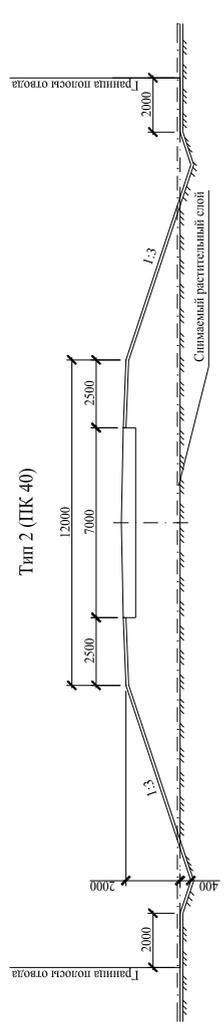
- 1) ТКП 45-1.03-40-2006 (02250) Безопасность труда в строительстве. Общие требования;
- 2) ТКП 45-1.03-44-2006 (02250) Безопасность труда в строительстве. Строительное производство;
- 3) типовыми инструкциями для машинистов (бульдозеров, скреперов, автогрейдеров, экскаваторов и т.д.);  
и т.д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

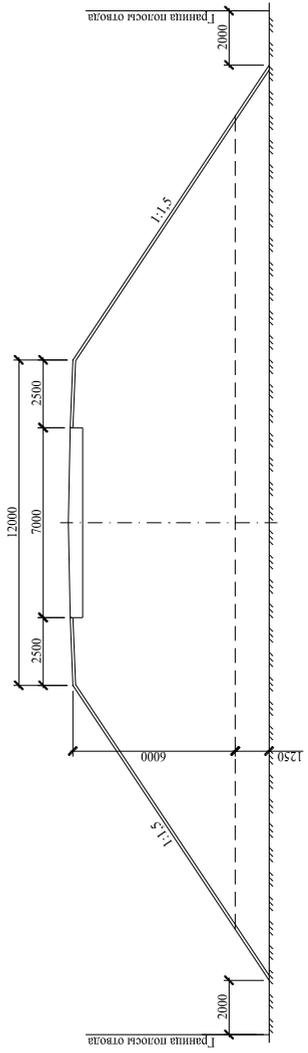
- 1) Автомобильные дороги. Правила устройства: ТКП 059-2007 (02191) – Введ. 01.07.2007. – Минск: РУП “Белорус. дорожный инженерно-техн. центр”, 2007. – 94 с.
- 2) Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-3.03.19-2006 (02250) – Введ. 01.07.2006. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2006. – 43 с.
- 3) Автомобильные дороги. Порядок проведения операционного контроля при строительстве, ремонте и содержании: ТКП 234-2009 (02191) – Введ. 01.03.2010. Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2010. – 167 с.
- 4) РСН 8.03.101-2007. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 1. Земляные работы. Книга 1. Минск: Минстройархитектура РБ, 2007. – 467 с.
- 5) РСН 8.03.101-2007. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 1. Земляные работы. Книга 2. Минск: Минстройархитектура РБ, 2007. – 425 с.
- 6) Строительство автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника. / Под ред. В.А. Бочина. – М.: Транспорт, 1980. – 512 с.
- 7) Горельшев Н. В. Технология и организация строительства автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1991.-551 с.
- 8) Строительные машины и оборудование: Справочное пособие для производителей-механизаторов, инженерно-технических работников строительных организаций, а также студентов строительных вузов, факультетов и техникумов. / Белецкий Б. Ф., Булгакова И.Г. Изд. второе, переработ, и дополн. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 608 с.
- 9) Технология строительства земляного полотна автомобильных дорог : учеб.-метод. пособие / В. П. Кныш ; М-во образования Респ. Беларусь, Беларус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2002. – 96 с.
- 10) Возведение земляного полотна автомобильных дорог : учеб.-метод. пособие / М. Н. Першин, Г. И. Артюхина ; СПбГАСУ – СПб : СПбГАСУ, 2007. – 120 с.
- 11) Проектирование плана и продольного профиля автомобильных дорог: учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / Г. В. Ахраменко; М-во образования Респ. Беларусь, Беларус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 68 с.

12) Строительные машины и оборудование: справочник / С. С. Добронравов, М. С. Добронравов. – М.: Высш. шк., 2006. – 445 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(рекомендуемое)  
**Поперечные профили земляного полотна (образец оформления)**



Тип 4 (ПК 27)



Примечания:  
- для насыпей на ПК 25-ПК 32+8 применяется 4 тип;  
- для насыпей на ПК 32+8-ПК 42 применяется 2 тип.

Имя	Долг	М. печат.	Дата
КП СА-41 1 - 70 03 01			

