



С. И. Булдаков  
К. В. Забелина

**ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ  
РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Екатеринбург  
УГЛТУ  
2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

Кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей

С. И. Булдаков  
К. В. Забелина

# **ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Методические указания  
для курсового и дипломного проектирования  
по направлению «Строительство»

Екатеринбург  
УГЛТУ  
2024

Печатается по рекомендации методической комиссии  
Инженерно-технического института.

Протокол № 2 от 5 октября 2023 г.

Рецензент – профессор, д-р техн. наук Э. Ф. Герц

Предназначены для всех обучающихся, осваивающих образовательные программы всех направлений и специальностей высшего образования, реализуемых в УГЛТУ.

Редактор В. Д. Билык

Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

---

Подписано в печать 15.04.2024

Плоская печать

Формат 60×84/16

Плановый резерв

Заказ №

Печ. л. 1,86

Тираж 10 экз.

---

Редакционно-издательский сектор РИО УГЛТУ

Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
1. Обоснование принятого метода организации работ .....	5
2. Подготовка дорожной полосы .....	5
2.1. Восстановление и закрепление трассы .....	5
2.2. Расчистка дорожной полосы .....	8
2.2.1. Прорубка просеки .....	8
Схемы разработки пасек системой машин, включающей харвестер и форвардер .....	9
Определение производительности харвестера и форвардера .....	13
2.2.2. Очистка дорожной полосы от пней, кустарника, валунов и снятие растительного слоя .....	25
2.2.3. Составление ведомости объемов работ для подготовки дорожной полосы .....	25
2.2.4. Расчёт трудозатрат, количества машино-смен и комплекта механизмов для подготовки дорожной полосы .....	26
Рекомендуемая литература .....	31

## ВВЕДЕНИЕ

В рамках проекта Министерства транспорта Российской Федерации «Безопасные и качественные дороги» запланировано обеспечение реализации программ комплексного развития транспортной инфраструктуры агломераций.

Одной из приоритетных целей данного проекта является приведение дорог крупнейших агломераций в нормативное транспортно-эксплуатационное состояние за счет проведения работ по строительству, ремонту и содержанию с учетом соблюдения требований технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог».

При этом доля протяженности дорожной сети агломераций, соответствующих нормативным требованиям к их транспортно-эксплуатационному состоянию, к 2025 г. должна составлять не менее 85 %.

В связи с этим необходимо создание (при оптимальных расходах финансовых средств, материально-технических ресурсов и применении ресурсосберегающих технологий) устойчивой и эффективной системы проектирования, строительства, содержания и ремонта автомобильных дорог.

Организация и проведение работ на автомобильных дорогах включает следующие **мероприятия**:

- оценка технического состояния автомобильных дорог;
- разработка проектов или сметных расчетов стоимости работ;
- проведение работ по строительству, содержанию и ремонту автомобильных дорог.

В соответствии с учебным планом по направлению «Строительство» для обучающихся предусмотрены следующие **виды учебной работы**:

- аудиторная;
- самостоятельная, в том числе курсовое проектирование.

**Целью** изучения данного курса является получение профессиональных знаний в области проектирования и строительства автомобильных дорог на базе теоретических и практических навыков; реализация требований, установленных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования.

В методических указаниях представлены материалы для успешного выполнения заданий и курсового проекта по дисциплинам «Технологические процессы в дорожном строительстве» и «Строительство», которые являются заключительным этапом в подготовке бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

Методические указания соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство»).

## 1. ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТОГО МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Комплекс дорожно-строительных работ делится на линейные и сосредоточенные работы. *Сосредоточенные* работы характеризуются большими объемами и неравномерным расположением по длине трассы. *Линейные* работы – это работы, которые равномерно распределены по всей трассе автомобильной дороги.

Главный метод организации работ по строительству автомобильной дороги – *поточный*, основой которого является комплексный поток, где выполнение линейных и сосредоточенных работ по трассе должно быть увязано по времени и в пространстве с таким расчетом, чтобы линейные работы выполнялись без перерывов. Таким образом, выполнение сосредоточенных работ должно опережать выполнение линейных.

При строительстве автомобильной дороги пос. Каракуль – пос. Могутовский на участке с ПК0+00 по ПК100+00 линейные работы выполнять поточным методом, остальные – рассредоточенным.

## 2. ПОДГОТОВКА ДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ

Перед началом устройства земляного полотна автомобильной дороги необходимо выполнить следующие подготовительные работы: восстановление и закрепление трассы, вырубку леса, очистку дорожной полосы от кустарника, пней и камней, снятие и складирование почвенно-растительного слоя грунта, разбивочные работы и другие виды работ.

### 2.1. Восстановление и закрепление трассы

Расположение оси дороги (трассы) на местности устанавливаются и закрепляются в период изыскательских работ. Но с момента проведения изысканий до начала строительства проходит определенное время, в течение которого могут скорректироваться условия использования выделенных для строительства дороги территорий. Поэтому перед началом производства работ необходимо еще раз уточнить положение дороги на местности и восстановить закрепление трассы.

Перед началом сооружения земляного полотна выполняются работы по восстановлению трассы:

- выносятся все углы поворота и все пикеты на границу полосы отвода;
- закрепляются вершины углов поворотов и створных точек на длинных прямых;
- разбиваются круговые и переходные кривые;



По значению кривой  $k$  определяют плоские прямоугольные координаты ( $x$  и  $y$ ) точек  $1, 2, \dots, n$ :

$$x_1 = R \sin \theta, y_1 = 2R \sin^2 \frac{\theta}{2}, x_2 = R \sin 2\theta, y_2 = 2R \sin^2 \theta \text{ и т. д.} \quad (2.2)$$

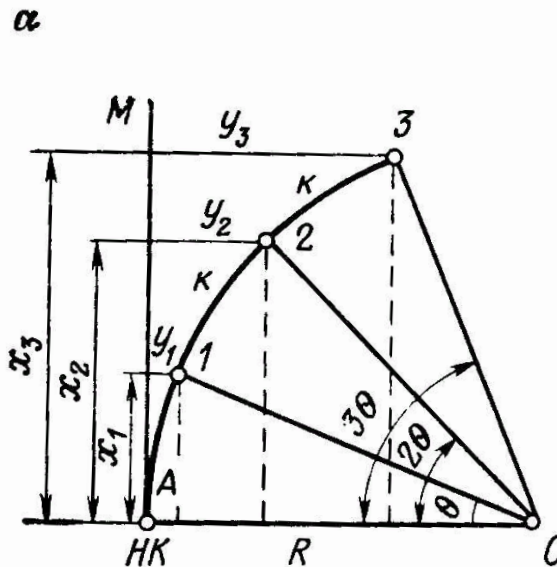


Рис. 2.2. Разбивка кривой способом прямоугольных координат

На местности детальную разбивку кривой проводят следующим образом. От начала кривой (рис. 2.3) откладывают рулеткой по направлению тангенса, задаваемого теодолитом, абсциссу  $x_1$ . В полученной точке строят прямой угол и по полученному направлению откладывают отрезок  $y_1$ . Аналогично получают на местности все другие промежуточные точки. Разбивают кривую от ее начала до середины, а затем от конца кривой и так же до середины. Промежуточные точки закрепляют на кривой.

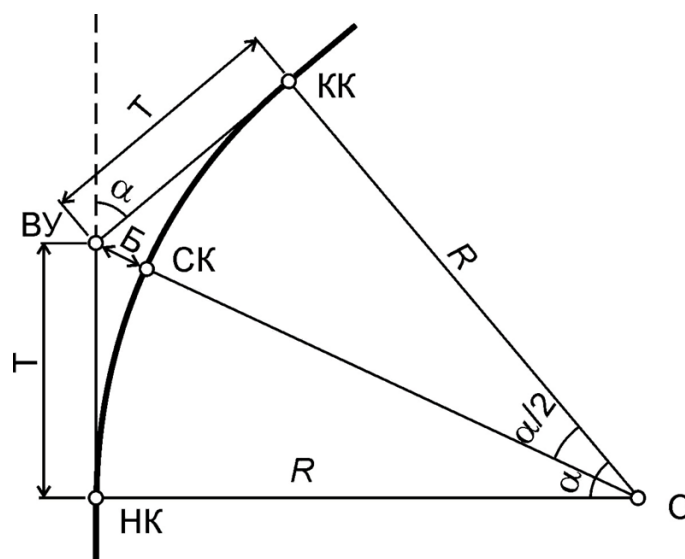


Рис. 2.3. Основные элементы круговой кривой:  
Т – тангенс; Б – биссектриса; К – кривая;  $\alpha$  – угол поворота; R – радиус кривой



Отвод земель для временного и постоянного использования производят с учетом охраны природы, рационального использования сельскохозяйственных земель и естественных природных ресурсов. Закрепленную дорожную полосу оформляют в виде плана отводимых земель с приложением журнала закрепления и утверждают в соответствующих организациях.

Если в пределах дорожной полосы находятся разного рода здания и сооружения, то на них составляют дополнительные чертежи и пояснения, характеризующие их конструкцию и состояние.

После завершения строительства участки земли, отводившиеся во временное пользование, возвращают землепользователям в том виде, который определен в актах, составляемых при оформлении полосы отвода.

Во время дорожно-строительных работ стремятся к сокращению полосы отвода, которую устанавливают в зависимости от размеров земляного полотна на каждом конкретном участке местности.

Полоса отвода определяется по нормам отвода земель для автомобильных дорог, отнесенных на 1 км протяжения дороги, и принимается в зависимости от категории дороги в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.09.2009 № 717.

## **2.2. Расчистка дорожной полосы**

### **2.2.1. Прорубка просеки**

Наиболее трудоемкой работой по подготовке дорожной полосы является расчистка полосы от деревьев, кустарников и валунов. Лесная растительность – ценный природный ресурс, который используют в строительстве и промышленности, в связи с этим работы по расчистке дорожной полосы от леса и кустарника выполняют так, чтобы получить древесину лучшего качества.

Лес можно убирать в любое время года, но качество древесины лучше, если деревья спиливают в зимний период. В то же время это облегчает проезд по грунтовым дорогам – меньше загружен транспорт, уменьшается потребность в рабочих для выполнения работ по непосредственному строительству дороги. Поэтому расчистку дорожной полосы от леса лучше проводить в зимнее время.

Валку деревьев при сплошной рубке осуществляют валочными машинами и бензомоторными пилами. Для обеспечения безопасности работ перед спиливанием деревьев необходимо убирать кустарники и низко расположенные сучья. Деревья спиливают с пня при помощи гидравлических клиньев, специальных лопаток или валочных вилок. В процессе валки следует учитывать направление ветра.

Спиленные деревья очищают от сучьев и транспортируют на промежуточный склад трелевочным трактором. Погрузку деревьев на транспортные средства осуществляют погрузчики.

Комплекс работ по прорубке просеки включает подготовку лесосеки, валку леса, обрубку, сбор и сжигание сучьев, трелевку хлыстов к временным складам. Все работы по прорубке просеки выполняются малыми комплексными бригадами. Количество бригад зависит от характеристики лесонасаждений, заданной скорости прорубки и ширины просеки.

Объем работ по прорубке просеки рассчитывают на основании характеристики лесонасаждений района строящейся дороги. Для этого составляем ведомости объемов работ по площади вырубki и по прорубке просеки (табл. 2.1, 2.2).

Таблица 2.1

Ведомость объемов работ по площади вырубki

Местоположение				Длина участка, м	Ширина просеки, м	Площадь рубки леса, га								
Начало		Конец				мелкого			среднего			крупного		
ПК	+	ПК	+			Густого	Средней густоты	Редкого	Густого	Средней густоты	Редкого	Густого	Средней густоты	Редкого
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
00	00	50	00	5000	22	–	2,85	–	–	0,95	0,39	–	–	–
<b>Итого</b>				5000	–	–	2,85	–	–	0,95	0,39	–	–	–

Таблица 2.2

Ведомость объемов работ по прорубке просеки

Характеристика леса	Площадь, га	Объем ликвидной древесины, м <sup>3</sup>		Количество деревьев
		На 1 га	Всего	
Мелкий средней густоты	2,85	84	239,40	969
Средний средней густоты	0,95	155	147,25	323
Средний редкий	0,39	65	25,35	58,50
<b>Всего</b>	<b>4,19</b>	–	<b>412</b>	<b>1350,50</b>

### *Схемы разработки пасек системой машин, включающей харвестер и форвардер*

При разработке пасеки системой машин «харвестер – форвардер» волок располагается посередине пасеки или по ее границе.

*Харвестер* – валочно-сучкорезно-раскряжевочная машина или многофункциональный лесозаготовительный комбайн, предназначенный для выборочных или сплошных рубок деревьев для валки, обрезки сучьев, раскряжевки и пакетирования сортамента (рис. 2.4). Машина имеет просторную кабину и манипулятор, на конце которого закреплена многофункциональная головка. Стрела агрегата вылетает на расстояние до 10 м, что позволяет выполнять работы в посадках шириной до 20 м. Использование харвестеров позволяет отказаться от большого количества техники и рабочих, но при этом обеспечить быстрое, качественное и безопасное проведение заготовки леса.



Рис. 2.4. Харвестер

*Форвардер* (транспортёр-погрузчик) – погрузочное и транспортное средство, относящееся к категории трелевочных тракторов, используемое для лесозаготовительных работ (рис. 2.5). В технологические задачи форвардеров входит сбор, подсортировка, доставка сортамента от места заготовки до лесовозной дороги или склада. Конструктивно форвардер представляет собой самоходную двухмодульную машину, состоящую из погрузочного манипулятора и грузовой тележки. Форвардер вместе с лесозаготовительным



комбайном используется при лесозаготовке по так называемой скандинавской технологии, при которой результатом работы на лесосеке является уже готовый к дальнейшей переработке сортимент.



Рис. 2.5. Форвардер

Технология разработки пасек с размещением волока на их середине применяется при проведении рубок с сохранением подроста или на участках, где требуется увеличить несущую способность волока укладкой на него большого количества порубочных остатков (рис. 2.6). Разработка пасеки осуществляется следующим образом. Две полупасеки разрабатываются одновременно с волоком. Направление валки деревьев может быть как перпендикулярно волоку (вершиной от волока), так и располагаться вдоль волока вершиной от харвестера. На участках с групповым размещением подроста деревья спиливают и валят перпендикулярно волоку, но с учетом расположения групп подроста и молодняка хозяйственно ценных пород. Волок при этой технологии прямолинейный, что упрощает трелевку. Порубочные остатки укладываются непосредственно под колеса харвестера на формируемый волок.

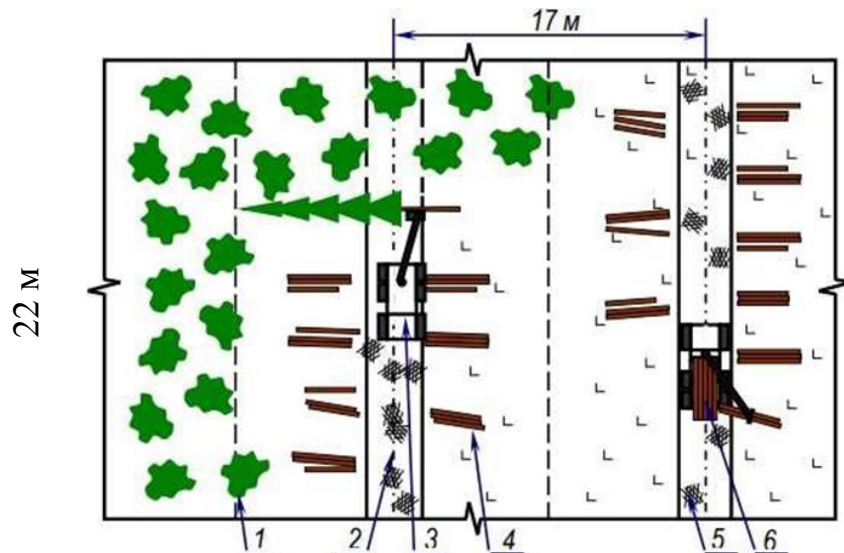


Рис. 2.6. Технологическая схема разработки пасеки харвестером при размещении волока по середине пасеки с групповым подростом:  
 1 – растущий лес; 2 – волок; 3 – харвестер; 4 – пакеты сортиментов;  
 5 – порубочные остатки; 6 – форвардер

На участках с равномерно распределенным подростом валка деревьев осуществляется перед вершиной на стену леса с последующей укладкой выпиленных сортиментов вдоль волока, что позволяет максимально сузить ленты, на которых укладываются сортименты и соответственно увеличить долю площади пасеки, на которой сохраняется подрост. Однако при этом условия формирования хвостяной подушки на волоке ухудшаются, в результате чего часть порубочных остатков оказывается за пределами проезжей части волока (рис. 2.7).

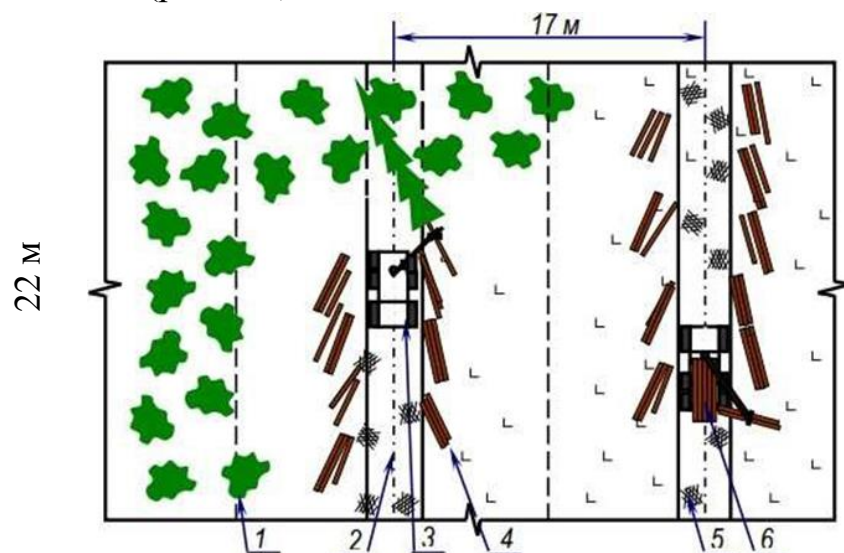


Рис. 2.7. Технологическая схема разработки пасеки харвестером при размещении волока по границе пасеки с групповым подростом:  
 1 – растущий лес; 2 – волок; 3 – харвестер; 4 – пакеты сортиментов;  
 5 – порубочные остатки; 6 – форвардер

## Определение производительности харвестера и форвардера

Производительность харвестера (лес средней крупности)

Производительность на валке определяется по формуле

$$P_{cm} = \frac{T_{cm} - t_p}{t_u} \cdot V_x, \quad (2.3)$$

где  $T_{cm}$  – продолжительность смены;

$t_p$  – регламентированные простои;

$V_x$  – средний объем хлыста;

$t_u$  – продолжительность цикла, с.

Для харвестера продолжительность цикла составит:

$$t_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (2.4)$$

где  $t_1$  – время, затрачиваемое на наведение и подвод харвестерной головки к дереву, с;

$t_2$  – время захвата дерева, с;

$t_3$  – время валки дерева, с;

$t_4$  – время, затрачиваемое на обрезку сучьев, с;

$t_5$  – время, затрачиваемое на раскрыжку хлыста, с;

$t_6$  – переезд от одной стоянки к другой в расчете на одно дерево, с.

Диаметр дерева в месте среза рассчитываем по формуле

$$d_c = c_1 d_{1,3}, \quad (2.5)$$

где  $c_1$  – коэффициент пропорциональности, зависит от породы дерева ( $c = 1,27$  для сосны;  $1,21$  – для березы);

$d_{1,3}$  – диаметр дерева на высоте груди, т. е. 1,3 м от уровня земли.

$$d_c = \frac{1,27 \cdot 0,25 + 1,21 \cdot 0,25}{2} = 0,31 \text{ м.}$$

Согласно проектной документации для данного участка автомобильной дороги средняя длина хлыста (сортимента), будет следующей:

$$L_{x(\text{сосна})} = 15,51 \text{ м;}$$

$$L_{x(\text{береза})} = 17,03 \text{ м.}$$

$$V_x = \frac{\pi d_{1,3}^2}{4} L_x k_\phi, \quad (2.6)$$

где  $k_\phi$  – коэффициент формы хлыста, зависящий от породы ( $k_\phi = 0,52$  для сосны,  $0,46$  – для березы).

Так как преобладающие породы – это сосна и береза, рассчитываем параметры для них и находим среднее:

$$V_{x(\text{сосна})} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} \cdot 15,51 \cdot 0,52 = 0,40 \text{ м}^3$$

$$V_{x(\text{береза})} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} \cdot 17,03 \cdot 0,46 = 0,38 \text{ м}^3$$

$$V_x = \frac{0,40 + 0,38}{2} = 0,39 \text{ м}^3$$

Параметры харвестера представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Параметры харвестера ОТЗ-515

Показатель	Ед. изм.	Значение
Максимальный вылет манипулятора, м	$R$	12
Минимальный вылет манипулятора, м	$r$	3
Скорость перемещения харвестерного агрегата, м/с	$V_{xa}$	4
Скорость перемещения зажимных рычагов, м/с	$V_p$	0,25
Скорость надвигания в механизме пиления, м/с	$V_H$	0,15
Средняя скорость протаскивания ствола, м/с	$V_O$	0,4
Средняя скорость протаскивания ствола без обрезки сучьев, м/с	$V$	0,7
Средняя скорость перемещения машины, м/с	$V_M$	0,97
Коэффициент использования производительности чистого пиления	$\varphi_{чп}$	0,6
Коэффициент затрат времени на падение дерева	$k_n$	1,6

Среднее время наведения и доставки харвестерного агрегата к дереву может быть определено по формуле

$$t_1 = \frac{0,66 \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}}{V_{xa}}, \quad (2.7)$$

где  $R$  и  $r$  – максимальный и минимальный вылеты манипулятора, м;  
 $V$  – скорость перемещения харвестерного агрегата, м/с.

Подставляем численные данные в формулу:

$$t_1 = \frac{0,66 \cdot \frac{12^3 - 3^3}{12^2 - 3^2}}{4} = 2,1 \text{ с.}$$

Фактором, определяющим время зажима рычагов харвестерного агрегата, является диаметр ствола дерева в плоскости зажимных рычагов. Это время можно найти по формуле

$$t_2 = \frac{D_{xa} - D_p}{V_p}, \quad (2.8)$$

где  $D_{xa}$  – диаметр максимального раскрытия харвестерного агрегата, м;

$$D_{xa} = 0,36 \text{ м};$$

$D_p$  – диаметр ствола дерева в плоскости зажимных рычагов, м;

$V_p = (0,2 \dots 0,3)$  – скорость перемещения зажимных рычагов, м/с.

Подставляем численные данные в формулу:

$$t_2 = \frac{0,36 - 0,31}{0,25} = 0,2 \text{ с.}$$

Время на валку дерева определяется по формуле

$$t_3 = \frac{\pi d_c K_n}{4 \Pi_{чн} \varphi_{чн}}, \quad (2.9)$$

где  $d_c$  – диаметр ствола в месте пропила, м;

$\Pi_{чн}$  – производительность чистого пиления пильного механизма, м/с;

$\varphi_{чн}$  – коэффициент, учитывающий использование производительности чистого пиления (0,5...0,7);

$K_n$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на падение дерева, (1,4...1,8)

$$\Pi = \frac{\pi d_c V_n}{4}, \quad (2.10)$$

где  $V_n$  – скорость надвигания в механизме пиления, м/с (0,1...0,3).

$$\Pi = \frac{3,14 \cdot 0,31 \cdot 0,15}{4} = 0,037 \text{ с.}$$

Подставляем численные данные в формулу:

$$t_3 = \frac{3,14 \cdot 0,31 \cdot 1,6}{4 \cdot 0,037 \cdot 0,6} = 17,54 \text{ с.}$$

Время, затрачиваемое на обрезку сучьев, вычисляется по формуле

$$t_4 = \frac{L_x k}{V} + \frac{L_x (1-k)}{V_0}, \quad (2.11)$$



где  $L_x$  – длина хлыста, м;  
 $V_0$  – средняя скорость протаскивания ствола, м/с (0,3...0,5);  
 $V$  – средняя скорость протаскивания ствола без обрезки сучьев, м/с (0,6...0,8);  
 $k$  – коэффициент, учитывающий длину бессучковой зоны до начала кроны дерева ( $k = 0,2$ ).

Подставляем данные в формулу:

$$t_4 = \frac{16,27 \cdot 0,2}{0,7} + \frac{16,27 \cdot (1 - 0,2)}{0,4} = 37,19 \text{ с.}$$

Время раскряжевки ствола определяется по формуле

$$t_5 = \frac{D_{cp} \cdot n_p}{V_p} + \frac{V \cdot n_p}{a_t}, \quad (2.12)$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр пропила, м;  
 $n_p$  – число пропилов;  
 $a_t$  – замедление при торможении протаскивания ствола, м/с.

$$a_t = \frac{V^2}{2l_t}, \quad (2.13)$$

$l_t$  – средний путь торможения харвестерного агрегата перед остановкой для выполнения пропила.

$$a_t = \frac{0,7^2}{2 \cdot 0,9} = 0,27 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$t_5 = \frac{0,25 \cdot 4}{0,25} + \frac{0,7 \cdot 4}{0,27} = 14,37 \text{ с.}$$

Время переезда между стоянками на одно дерево составит:

$$t_6 = \frac{l_{nep}}{V_m \cdot n}, \quad (2.14)$$

где  $l_{nep}$  – расстояние между стоянками, м;  
 $V_m$  – средняя скорость перемещения машины, м/с;  
 $n$  – количество деревьев, обрабатываемых с одной стоянки.

Расстояние переезда между стоянками составит:

$$l_{nep} = R - r = 12 - 3 = 9 \text{ м.}$$

Среднее число деревьев, заготавливаемое с одной стоянки, определяем по формуле

$$n = \frac{N_{\partial}}{n_{\text{ост}}}, \quad (2.15)$$

где  $N_{\partial}$  – среднее число деревьев на разрабатываемой ленте;

$n_{\text{ост}}$  – количество стоянок харвестера при движении по ленте.

Среднее число деревьев на разрабатываемой ленте определяется по формуле

$$N_{\partial} = \frac{S_{\partial} \cdot N}{10^4}, \quad (2.16)$$

где  $S_{\partial}$  – площадь пасечной ленты, м<sup>2</sup>;

$N$  – густота насаждений, дер./га.

$$N_{\partial} = \frac{6000 \cdot 282}{10^4} = 169;$$

$$n = \frac{169}{28} = 6;$$

$$t_6 = \frac{9}{0,97 \cdot 6} = 1,55 \text{ с.}$$

Подставляем полученные численные данные в формулу (2.4):

$$t_{\text{ц}} = 2,1 + 0,20 + 17,54 + 37,19 + 14,37 + 1,55 = 72,95 \text{ с.}$$

Находим сменную производительность харвестера при валке леса средней крупности:

$$P_{\text{см}} = \frac{28800 - 3600}{72,95} \cdot 0,39 = 134,7 \text{ м}^3.$$

*Производительность харвестера для мелкого леса*

$$d_c = \frac{1,27 \cdot 0,10 + 1,21 \cdot 0,10}{2} = 0,12 \text{ м};$$

$$L_{x(\text{сосна})} = 7,78 \text{ м};$$

$$L_{x(\text{береза})} = 9,06 \text{ м};$$

$$L_{x(\text{сосна})} = \frac{3,14 \cdot 0,10^2}{4} \cdot 7,78 \cdot 0,52 = 0,032 \text{ м}^3;$$

$$L_{x(\text{береза})} = \frac{3,14 \cdot 0,10^2}{4} \cdot 9,06 \cdot 0,46 = 0,033 \text{ м}^3;$$

$$V_x = \frac{0,032 + 0,033}{2} = 0,033 \text{ м}^3;$$

$$t_1 = \frac{0,66 \cdot \frac{12^3 - 3^3}{12^2 - 3^2}}{4} = 2,1 \text{ с};$$

$$t_2 = \frac{0,36 - 0,12}{0,25} = 0,96 \text{ с};$$

$$\Pi = \frac{3,14 \cdot 0,12 \cdot 0,20}{4} = 0,019 \text{ с};$$

$$t_3 = \frac{3,14 \cdot 0,12 \cdot 1,6}{4 \cdot 0,019 \cdot 0,6} = 13,22 \text{ с};$$

$$t_4 = \frac{8,42 \cdot 0,2}{0,7} + \frac{8,42 \cdot (1 - 0,2)}{0,4} = 19,25 \text{ с};$$

$$t_5 = \frac{0,10 \cdot 4}{0,25} + \frac{0,7 \cdot 4}{0,27} = 11,97 \text{ с};$$

$$N_\delta = \frac{6000 \cdot 420}{10^4} = 252;$$

$$n = \frac{252}{12} = 21;$$

$$t_6 = \frac{9}{0,97 \cdot 21} = 0,44 \text{ с};$$

Продолжительность цикла харвестера при расчете для мелкого леса составит:

$$t_y = 2,1 + 0,96 + 13,22 + 19,25 + 11,97 + 0,44 = 47,94 \text{ с}.$$

Сменная производительность равна:

$$\Pi_{cm} = \frac{28800 - 3600}{47,94} \cdot 0,033 = 17,35 \text{ м}^3.$$

## Производительность форвардера (Средний лес)

Производительность форвардера на лесосечных работах:

$$П_{см} = \frac{T_{см} - t_p}{t_u} Q, \quad (2.17)$$

где  $Q$  – средний объем транспортируемого форвардером пакета, м<sup>3</sup>;

$t_u$  – время цикла, с;

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены ( $T_{см} = 8$  часов);

Время цикла определяется выражением:

$$t_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8, \quad (2.18)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – время погрузки и разгрузки платформы форвардера, с;

$t_3$  и  $t_4$  – время движения форвардера по пасечному волоку в грузовом и порожнем направлениях, с;

$t_5$  и  $t_6$  – время переездов при погрузке и разгрузке платформы, с.

$$t_1 = t_1^n \frac{Q}{q_1^n}, \quad (2.19)$$

$$t_2 = t_2^n \frac{Q}{q_2^n}, \quad (2.20)$$

где  $t_1^n$  и  $t_2^n$  – время погрузки и выгрузки одной порции груза, с;

$q_1^n$  и  $q_2^n$  – объем одной порции при погрузке и выгрузке, м<sup>3</sup>.

Объем одной порции груза определяется для погрузки и разгрузки по общей формуле

$$q_1^n = q_c n_c, \quad (2.21)$$

где  $q_c$  – средний объем сортимента, м<sup>3</sup>;

$n_c$  – количество сортиментов в одной порции груза (пачке).

$$q_1^n = q_2^n = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ м}^3;$$

$$t_1 = t_2 = 7 \cdot \frac{10}{0,3} = 233 \text{ с};$$

$$t_3 = \frac{l_{n.s.} k_o}{2V_r}; \quad (2.22)$$

$$t_4 = \frac{l_{н.в.} \cdot k_o}{2V_x}; \quad (2.23)$$

где  $l_{н.в.}$  – длина пасечного волока, м;

$k_o$  – коэффициент, учитывающий увеличение пройденного пути за счет непрямолинейности движения разворотов ( $k_o = 1,1 \dots 1,2$ );

$V_r$  и  $V_x$  – скорости движения форвардера в грузовом и порожнем направлении, м/с.

$$t_3 = \frac{250 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,84} = 171,13 \text{ с};$$

$$t_4 = \frac{250 \cdot 1,15}{2 \cdot 3,19} = 45,06 \text{ с}.$$

При определении времени движения форвардера по пасечному волоку в грузовом и порожнем направлениях применяются аналогичные формулы, в которых вместо длины магистрального волока подставляется длина пасечного волока в соответствии с принятой технологической схемой.

$$t_5 = \frac{250 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,84} = 171,13 \text{ с};$$

$$t_6 = \frac{250 \cdot 1,15}{2 \cdot 3,19} = 45,06 \text{ с}.$$

$$t_7 = \frac{l}{V}, \quad (2.24)$$

где  $l$  – путь форвардера для полной загрузки грузовой платформы, м;

$V$  – средняя скорость форвардера, м/с.

$$l = 10^4 \frac{Q}{\Delta q p \Omega}, \quad (2.25)$$

где  $\Omega$  – доля лесоматериалов определённой сортотруппы;

$\Delta$  – ширина пасеки, м;

$q$  – запас древесины, м<sup>3</sup>/га;

$p$  – доля вырубаемого запаса.

$$l = 10^4 \frac{10}{20 \cdot 189 \cdot 1 \cdot 0,3} = 88,18 \text{ м};$$

$$t_7 = \frac{88,18}{2,02} = 43,65 \text{ с}.$$

Время переездов при разгрузке  $t_7$  следует учитывать, если форвардер осуществляет сортировку лесоматериалов в процессе разгрузки и штабелевки. При этом расчет ведется по формуле, аналогичной вышеприведенной для  $t_7$ :

$$t_8 = \frac{88,18}{2,02} = 43,65 \text{ с.}$$

Таким образом, время цикла:

$$\begin{aligned} t_u &= 233 + 233 + 171,13 + 45,06 + 171,13 + 45,06 + 43,65 + 43,65 = \\ &= 985,68 \text{ с.} \end{aligned}$$

Производительность форвардера:

$$P_{см} = \frac{(28800 - 3600) \cdot 10}{985,68} = 255,66 \text{ м}^3.$$

*Мелкий лес*

$$q_1^n = q_2^n = 0,016 \cdot 2 = 0,032 \text{ м}^3;$$

$$t_1 = t_2 = 7 \cdot \frac{10}{0,032} = 2187,50 \text{ с};$$

$$t_3 = \frac{250 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,84} = 171,13 \text{ с};$$

$$t_4 = \frac{250 \cdot 1,15}{2 \cdot 3,19} = 45,06 \text{ с};$$

$$t_5 = \frac{250 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,84} = 171,13 \text{ с};$$

$$t_6 = \frac{250 \cdot 1,15}{2 \cdot 3,19} = 45,06 \text{ с};$$

$$l = 10^4 \frac{10}{30 \cdot 110 \cdot 0,6 \cdot 0,4} = 126,26 \text{ м};$$

$$t_7 = \frac{126,26}{2,02} = 62,50 \text{ с};$$

$$t_8 = \frac{126,26}{2,02} = 62,50 \text{ с};$$

Таким образом, время цикла составило:

$$t_{ц} = 2187,50 + 2187,50 + 171,13 + 45,06 + 171,13 + 45,06 + 62,50 + 62,50 = 4932,38 \text{ с.}$$

Производительность форвардера:

$$P_{см} = \frac{(28800 - 3600) \cdot 10}{4932,38} = 51,1 \text{ м}^3$$

Распределение деревьев по крупности, густоте и объему выполняемых работ берется с продольного профиля или плана трассы (рис. 2.8, табл. 2.2, 2.3).

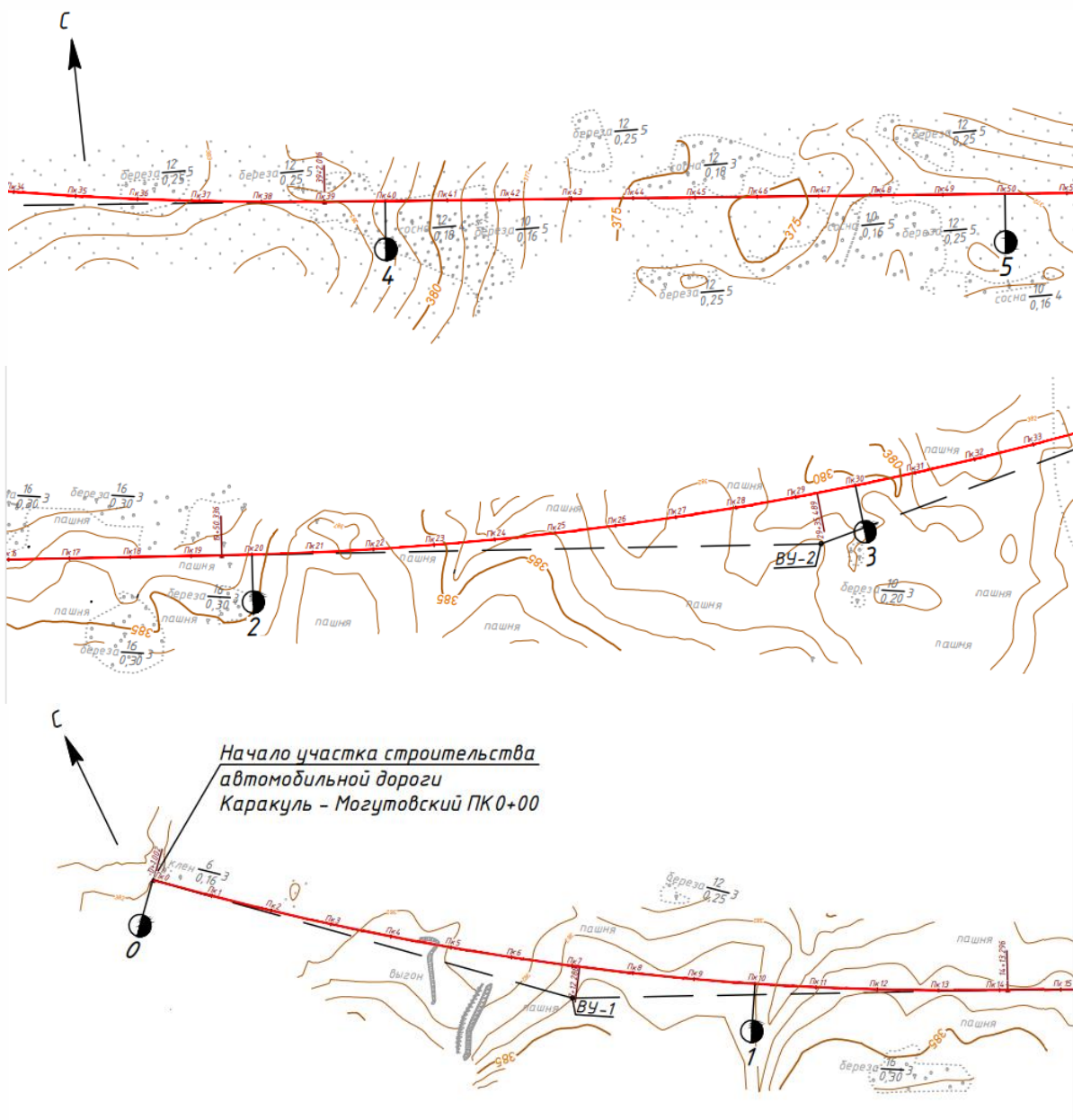


Рис. 2.8. План трассы

Ниже представлено распределение деревьев по крупности (табл. 2.4) и по густоте.

Таблица 2.4

Распределение деревьев по крупности

Крупность леса	Очень мелкий	Мелкий	Средний	Крупный
Диаметр ствола, см	12...15	16...23	24...31	Свыше 31
Объем дерева, м <sup>3</sup>	0,02...0,04	0,05...0,21	0,22...0,5	Свыше 0,5
Объем пня, м <sup>3</sup>	0,02	0,12	0,26	Свыше 0,26

Распределение леса по густоте

Наименование леса	Среднее количество деревьев, шт./га
Редкий.....	150
Средний.....	340
Густой.....	500

В методических указаниях объемы выполняемых работ по прорубке просеки, корчевки пней и снятию растительного слоя рассчитываются по поперечному профилю земляного полотна на рис. 2.9, размеры которого соответствуют полосе отвода для автомобильной дороги.

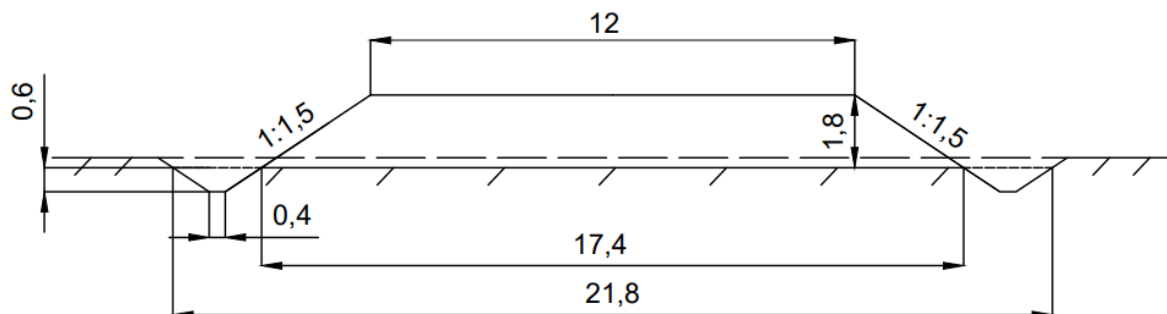


Рис. 2.9. Профиль земляного полотна

Потребность машино-смен и человеко-дней на прорубке просеки представлена в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Потребность маш.-см и чел.-дн на прорубке просеки

Категория леса	Объем древесины, м <sup>3</sup>	Человеко-дни	Машино-смены	
			Харвестер	Форвардер
Средней крупности	172,6	3	2	1
Мелкий	239,4	19	14	5
<b>Всего</b>	<b>412</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>6</b>



Количество рабочих дней на прорубку просеки вычисляем по формуле

$$T_p = \frac{T_3}{N_n}, \quad (2.26)$$

где  $T_3$  – трудозатраты на прорубке просеки, чел.-дни;

$N$  – количество бригад;

$n$  – количество человек в бригаде, чел.

Принимаем количество бригад, работающих на прорубке просеки, для харвестера равным 3, для форвардера 1:

$$T_p = \frac{22}{3 \cdot 1 + 1 \cdot 1} = 6 \text{ дней.}$$

На основании табл. 2.6. рассчитываем состав бригады и ее оснащенность. Результаты сводим в табл. 2.7.

Таблица 2.6

Потребность машин и человек на прорубку просеки

Наименование работ, профессий рабочих, машин и механизмов	Потребное количество		Расчетное количество		Принятое количество	
	Машино-смен	Чел-дней	Машин	Человек	Машин	Человек
Валка/обрезка сучьев/ раскряжевка: Харвестер ОТЗ-515; Машинист 8-го разряда	16 –	– 16	2,67 –	– 2,67	3 –	– 3
Трелевка: Форвардер Амкодор 2662; Машинист 6-го разряда	6 –	– 6	1 –	– 1	1 –	– 1
Всего	22	22	–	–	4	4

Таблица 2.7

Оснащение бригады по прорубке леса

Наименование механизмов	Единицы измерения	Рабочее количество	Запас на резерв	Списочное количество
Харвестер	шт.	3	1	4
Форвардер	шт.	1	1	2

Календарная продолжительность по прорубке просеки равна:

$$T_k = T_p K = 6 \cdot 1,85 = 12 \text{ дней.}$$

## 2.2.2. Очистка дорожной полосы от пней, кустарника, валунов и снятие растительного слоя

Работы по подготовке дорожной полосы состоят из корчевки пней или спиливания их вровень с землей, срезки кустарника и мелколесья, снятия растительного слоя и разбивочных работ.

Корчевка пней выполняется на участках при насыпях высотой до 1,5 м, а спиливание пней вровень с землей происходит при высоте насыпей от 1,5 м до 2,0 м. В случае, если высота более 2,0 м, пни оставляют на 10 см от земли.

При использовании экскаватора с объемом ковша более 0,5 м<sup>3</sup> пни удаляют одновременно с разработкой грунта.

Кусторезы срезают кустарник и лес от уровня поверхности земли до 20 см. Средняя рабочая скорость кустореза – 2,5 км/ч. Ширина очищаемой полосы 3,6 м. Срезанные деревья и кустарник убирают за пределы полосы отвода корчевателем-собирателем или бульдозером с зубьями на отвале.

При сооружении земляного полотна всегда не хватает растительного грунта для укрепления откосов, для этих целей, независимо от высоты насыпи и профиля земляного полотна, необходимо на полную ширину земляного полотна с учетом ширины боковых канав или резервов срезать и перемещать растительный грунт к границе дорожной полосы. Если трасса проходит по пахотным землям, ПРС убирают, а затем используют для укрепительных работ.

## 2.2.3. Составление ведомости объемов работ для подготовки дорожной полосы

Объемы работ определяются по поперечному профилю земляного полотна по рис. 2.9.

Ширина канавы  $b_k$ :

$$b_k = b + 2mh_k, \quad (2.27)$$

площадь канавы  $F_k$ :

$$F_k = bh_k + mh_k^2, \quad (2.28)$$

ширина подошвы насыпи  $B_{под}$ :

$$B_{под} = B + 2mH_n, \quad (2.29)$$

ширина выемки поверху  $b_v$ :

$$b_v = B + 2b + 2mh_k + 2n(H_e + h_k), \quad (2.30)$$

где  $b$  – ширина канавы (кювета) понизу, м;

$h_k$  – глубина канавы, м;

$m$  – коэффициент заложения откоса насыпи, резерва или канавы;

$F_k$  – площадь поперечного сечения канавы, м<sup>2</sup>;

$B$  – ширина земляного полотна поверху, м;

$H_n$  – средняя рабочая отметка насыпи, м;

$H_e$  – средняя глубина выемки на данном участке, м;

$n$  – внешнее заложение откоса выемки.

Объем работ по корчевке ( $F_k$ ), спиливанию пней ( $F_c$ ) и снятию растительного слоя грунта  $S_p$  определяем по следующим формулам:

$$F_k = B_{уч.к.} \cdot L_{уч.к.}, \quad (2.31)$$

$$F_c = B_{уч.с.} \cdot L_{уч.с.}, \quad (2.32)$$

$$S_p = B_{уч.р.} \cdot L_{уч.р.}, \quad (2.33)$$

где  $B_{уч.к.}$ ,  $B_{уч.с.}$ ,  $B_{уч.р.}$  – ширина участков корчевки, спиливания пней и снятия растительного слоя, м;

$L_{уч.к.}$ ,  $L_{уч.с.}$ ,  $L_{уч.р.}$  – длина участков, м.

## 2.2.4. Расчет трудозатрат, количества машино-смен и комплекта механизмов для подготовки дорожной полосы

Для срезки почвенно-растительного слоя (ПРС) используют бульдозеры. Техника выбирается так, чтобы она была максимально загружена.

Корчевку пней и снятие ПРС целесообразно включать в специализированный поток возведения земляного полотна, а бульдозер, кроме этих работ, можно использовать для рыхления грунта, разработки грунта в боковых резервах и перемещения его в насыпь, разравнивания грунта.

Для того чтобы определить трудозатраты и потребности машино-смен на подготовке дорожной полосы, составим ведомость (табл. 2.8).

Расчетное количество пней, подлежащих корчевке и спиливанию, заносим в табл. 2.9.

Таблица 2.8

Ведомость очистки дорожной полосы

Расположение участка				Протяженность участка, м	Ширина, м			Средняя толщина ПРС, м	Объем работ		
Начало ПК+		Конец ПК+			канавы	подшвы насыпи	общая		Корчевка пней, га	Спиливание пней, га	Снятие растительного слоя, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	00	50	00	5000	4,4	17,4	21,8	0,20	10,9	–	21 800
<b>Итого</b>									<b>10,9</b>	<b>–</b>	<b>21 800</b>

Таблица 2.9

Ведомость принятого количества пней, подлежащих корчевке и спиливанию

Категория леса	Диаметр пня, см	Количество пней, шт.	
		Корчевка	Спиливание
Мелкий	23	428	–
Средний	30	456	–

Состав специализированного отряда на корчевку пней:

- экскаватор ВЭКС ЭО-5126 – 1 маш.;
- машинист 6-го разряда – 1 чел.

Состав специализированного отряда на снятие ПРС:

- бульдозер ДЗ-24А – 1 маш.;
- машинист 6-го разряда – 1 чел.

Состав специализированного отряда на спиливании пней бензомоторной пилой:

- бензомоторная пила – 1 шт.;
- пильщик 4-го разряда – 1 чел.

На основании табл. 2.9. и 2.10. рассчитываем состав бригады и ее оснащенность. Результаты сводим в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Ведомость трудозатрат и потребности машино-смен  
на подготовке дорожной полосы

Наименование работ, типа и марки машин и механизмов	Объем работ	Источник норм	Норма времени	Потребность	
				маш.- смен	чел.- дней
Корчевка пней диаметром 23 см ВЭКС ЭО-5126	428 шт. (10,9 га.)	Установлено опытным путем	5 мин на 1 шт. (0,083 маш.-ч. (чел.-ч.))	4,46	4,46
Корчевка пней диаметром 30 см ВЭКС ЭО-5126	456 шт. (10,9 га.)	Установлено Опытным путем	5 мин на 1 шт. (0,083 маш.-ч. (чел.-ч.))	4,75	4,75
Снятие ПРС Бульдозер ДЗ-24А	21800 м <sup>2</sup>	§Е2-1-5	1,3 маш.-ч. (чел.-ч) на 1000 м <sup>2</sup>	3,54	3,54

Количество рабочих дней, необходимых для расчистки участка, определяем по формуле

$$T_p = \frac{N_m \cdot l}{L \cdot n}, \quad (2.34)$$

где  $N_m$  – потребность в машино-сменах на всю длину дороги, маш.-смен;

$l$  – длина участка, м;

$L$  – длина участка дороги, на котором выполняются линейные работы, м;

$n$  – количество машин в бригаде.

Потребность в машино-сменах и человеко-днях рассчитываем из принятой продолжительности смены, равной 8 ч.

Назначаем состав звена на подготовке дорожной полосы и определяем число рабочих дней и календарную продолжительность работ (см. табл. 2.11).

На рис. 2.10 представлена корчевка мелких (средних) пней с использованием одного экскаватора. Экскаватор окапывает грунт вокруг пня, а далее самостоятельно производит выкорчевку пня «на себя».



Рис. 2.10. Корчевка пней при помощи экскаватора

На рис. 2.11. показана корчевка крупных пней с использованием экскаватора и бульдозера. Экскаватор в первую очередь окапывает грунт вокруг пня, затем бульдозер раскачивает его, и завершающим этапом экскаватор подцепляет ковшом корень пня и выкорчевывает его.



Рис. 2.11. Корчевка пней при помощи бульдозера и экскаватора

Корчевка пней:

$$T_p = \frac{9,21 \cdot 10000}{10000 \cdot 1} = 9,21 \text{ дней.}$$

Календарная продолжительность работ по корчевке пней:

$$T_k = T_p K = 9,21 \cdot 1,85 = 18 \text{ дней.}$$

Снятие ПРС:

$$T_p = \frac{3,54 \cdot 10000}{10000 \cdot 1} = 3,54 \text{ дней.}$$

Календарная продолжительность работ по снятию ПРС:

$$T_k = 3,54 \cdot 1,85 = 7 \text{ дней.}$$

Согласно расчетам, принимаем состав бригады на подготовительных работах (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Состав бригады и потребное количество машин и механизмов

Наименование работ, профессии рабочих, марки машин и механизмов	Потребное количество		Фактическое количество	
	маш.-смен	чел.-дней	машин	человек
<i>Корчевка пней:</i>				
Экскаватор ВЭКС ЭО-5126;	9,21	–	1	–
Машинист 6 разряда	–	9,21	–	1
<i>Снятие ПРС:</i>				
Бульдозер ДЗ-24А;	3,54	–	1	–
Машинист 6 разряда	–	3,54	–	1
<b>Всего</b>	<b>12,75</b>	<b>12,75</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог : приказ Министерства транспорта РФ от 16 ноября 2012 г. № 402. – URL: <https://rg.ru/2013/06/05/mintransdok.html> (дата обращения: 15.10.2017).
2. *Булдаков, С. И.* Содержание и ремонт автомобильных дорог : монография / С. И. Булдаков, Ю. Д. Силуков, М. Д. Малиновских. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2017. – 198 с. – ISBN 978-5-94984-609-4.
3. *Дидковская, Л. М.* Реконструкция автомобильных дорог. Предпроектные работы : учебное пособие / Л. М. Дидковская, С. И. Булдаков. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2009. – 117 с. – ISBN 978-5-94984-207-2.
4. *Булдаков, С. И.* Последовательность выполнения проекта по строительству автомобильной дороги : учебное пособие / С. И. Булдаков. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2017. – 177 с. – ISBN 978-5-94984-605-6.
5. Технология устройства земляного полотна в насыпи : методические указания / С. И. Булдаков, Р. А. Ахатова, Н. В. Ладейщиков, К. В. Ладейщиков. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. – 42 с.
6. *Булдаков, С. И.* Особенности проектирования автомобильных дорог : учебное пособие / С. И. Булдаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. – 271 с. – ISBN 978-5-94984-575-2.
7. *Подольский, В. П.* Технология и организация строительства автомобильных дорог. Земляное полотно : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» / В. П. Подольский, А. В. Глагольев, П. И. Пospelов ; под ред. В. П. Подольского. – Москва : Академия, 2011. – 428 с. – ISBN 978-5-7695-6748-3.
8. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» направления подготовки «Транспортное средство» / В. П. Подольский [и др.] ; под ред. В. П. Подольского. – Москва : Академия, 2012. – 304 с. – ISBN 978-5-7695-7025-4.
9. *Кошелев, Б. А.* Строительство дорог. Часть 1: Земляное полотно : методические указания / Б. А. Кошелев, И. И. Шомин, А. Ю. Шаров. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2015. – 54 с.
10. Основы эксплуатации и ремонта автомобильных дорог : практическое пособие / С. И. Булдаков [и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 236 с. – ISBN 978-5-9729-0584-3.



*Для заметок*