



Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» и «Строительство» (профиль «Автомобильные дороги») и позволяет ознакомиться с современными технологиями проектирования, строительства, содержания и ремонта лесных дорог.



При оформлении обложки пособия использован макет территории инновационно-технологического кампуса ПетрГУ, включающего учебно-научно-исследовательский комплекс «Лесная дорога».

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Проектирование, строительство, содержание и ремонт лесных дорог



Пособие подготовлено в рамках международного проекта Karelia ENPI CBC «Novel cross-border solutions for intensification of forestry and increasing energy wood use»



Петрозаводск 2014

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

*Учебное пособие для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям бакалавриата
«Технология и оборудование лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств» и «Строительство»
(профиль «Автомобильные дороги»)*

Петрозаводск
Издательство ПетрГУ
2014

УДК 630.37
ББК 43.90
П791

Авторы-составители:

В. К. Катаров, Н. В. Ковалёва, А. Н. Кочанов,
В. И. Марков, А. Н. Петров, Е. И. Ратькова, Д. В. Рожин,
А. В. Степанов, А. П. Соколов, В. С. Сюнёв

Рецензенты:

доцент кафедры технологии и организации
лесного комплекса Института лесных, инженерных
и строительных наук ПетрГУ, канд. техн. наук *В. М. Лукашевич*;
генеральный директор ООО «Петрозаводское ДРСУ»,
почетный работник дорожного хозяйства
Российской Федерации *В. В. Чепарев*

Проектирование, строительство, содержание и ремонт лесных дорог :
П791 учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по
направлениям бакалавриата «Технология и оборудование лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств» и «Строительство» (профиль
«Автомобильные дороги») / авт.-сост. В. К. Катаров [и др.]. — Петрозаводск :
Издательство ПетрГУ, 2014. — 92 с.

ISBN 978-5-8021-2496-3

В пособии на основе обобщения отечественного и зарубежного опыта представлено системное описание применяемых технологий проектирования, строительства, содержания и ремонта лесных дорог.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям бакалавриата «Технология и оборудование лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» и «Строительство» (профиль «Автомобильные дороги»).

Пособие подготовлено при поддержке международного научного проекта «Новые трансграничные решения в области интенсификации ведения лесного хозяйства и повышения степени использования топливной древесины в энергетике» по программе приграничного сотрудничества в рамках Европейского инструмента соседства и партнерства «Карелия» (Karelia ENPI CBC) и Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета.

УДК 630.37

ББК 43.90

© В. К. Катаров, Н. В. Ковалёва, А. Н. Кочанов, В. И. Марков,
А. Н. Петров, Е. И. Ратькова, Д. В. Рожин,
А. В. Степанов, А. П. Соколов, В. С. Сюнёв, авт.-сост., 2014
© Петрозаводский государственный университет, 2014

ISBN 978-5-8021-2496-3

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ	7
1.1. Классификация и основные параметры лесных дорог	7
1.2. Планирование транспортного освоения лесного фонда	9
1.2.1. Анализ рентабельности	9
1.2.2. Оптимизация плотности сети лесных дорог	10
1.3. Изыскания лесных дорог	11
1.4. Проектирование лесных дорог в плане	14
1.5. Проектирование поперечного профиля, примыканий и разъездов	17
1.6. Проектирование продольного профиля	19
1.7. Проектирование дорожного водоотвода	21
1.7.1. Элементы дорожного водоотвода	21
1.7.2. Проектирование придорожных канав	21
1.7.3. Проектирование водопропускных труб	23
1.7.4. Проектирование малых мостов	24
1.8. Проектирование дорожных одежд	26
1.8.1. Классификация дорожных одежд	26
1.8.2. Конструкции дорожных одежд лесных дорог	27
1.8.3. Расчет дорожных одежд	28
2. СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСНЫХ ДОРОГ	30
2.1. Основы организации строительства лесных дорог	30
2.1.1. Особенности организации дорожно-строительных работ	30
2.1.2. Сроки производства работ	32
2.2. Подготовительные работы	34
2.2.1. Восстановление и закрепление трассы	34
2.2.2. Расчистка полосы отвода	34
2.2.3. Удаление растительного слоя	36
2.3. Устройство дорожного водоотвода	36
2.3.1. Строительство водопропускных труб	36
2.3.2. Строительство малых мостов	38
2.4. Возведение земляного полотна	39
2.4.1. Способы отсыпки насыпей и разработки выемок	40

2.4.2. Возведение насыпей из грунта боковых канав	41
2.4.3. Возведение насыпей из грунта выемок	43
2.4.4. Возведение насыпей из привозного грунта	44
2.4.5. Возведение насыпей на грунтах со слабой несущей способностью.	45
2.5. Строительство дорожных одежд.	46
2.5.1. Подготовка земляного полотна	46
2.5.2. Строительство дорожных оснований и покрытий	46
2.6. Обустройство дороги	51
3. СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ ЛЕСНЫХ ДОРОГ	53
3.1. Оценка безопасности и удобства движения.	53
3.2. Содержание лесных дорог	57
3.2.1. Зимнее содержание лесных дорог.	57
3.2.2. Весенне-летне-осеннее содержание лесных дорог.	61
3.3. Ремонт лесных дорог	67
3.3.1. Основные дефекты земляного полотна, дорожной одежды и покрытий.	67
3.3.2. Оценка состояния лесных дорог	70
3.3.3. Технология работ при ремонте дорожной одежды	72
3.4. Планирование работ по содержанию и ремонту лесных дорог	74
4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ.	77
5. ОХРАНА ТРУДА.	78
6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
ПРИЛОЖЕНИЯ	81
Приложение 1	81
Приложение 2	82
Приложение 3	83
Приложение 4	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	87

ВВЕДЕНИЕ

Создание и поддержание на высоком уровне транспортно-эксплуатационных характеристик дорожной инфраструктуры является необходимым условием для динамичного развития лесопромышленного комплекса. Благодаря густой сети лесных дорог при надлежащем их содержании и ремонте достигаются следующие эффекты [6, 21]:

- сокращение расстояния трелевки;
- возможность организации лесозаготовок и лесотранспорта в течение всего года, включая периоды распутицы;
- оптимизация расходов на складирование;
- сохранение высокого качества круглых лесоматериалов: на производство поступает свежая и неповрежденная древесина;
- экономия при производстве лесохозяйственных работ;
- расширение возможностей для лесотранспортной логистики;
- повышение производительности труда;
- возможность использовать транспортные пути в других хозяйственных и рекреационных целях, при организации защиты леса от пожаров и деятельности спасательных служб.

Плотность сети лесных дорог в Российской Федерации составляет всего 1,5 км на одну тыс. га лесных земель [21]. Общая протяженность автомобильных дорог в лесном фонде России составляет 1618 тыс. км., из них 30 % – дороги общего пользования, 45 % – дороги лесохозяйственного назначения, 25 % – лесовозные дороги. При этом автомобильные дороги круглогодочного действия с твердым покрытием составляют лишь 11 %, грунтовые дороги круглогодочного действия – 32 %, временные дороги – 57 %.

Для сравнения, плотность сети лесных дорог в Финляндии составляет 12,3 км на одну тыс. га лесных земель [24]. Общая протяженность автомобильных дорог на лесных землях составляет более 270 тыс. км. Для удовлетворения нужд лесного комплекса в Финляндии в 1956-2007 гг. построено более 131 тыс. км лесных дорог. Из них около 80 тыс. км проходят по территории частных лесовладений, 21 тыс. км дорог приходится на земли лесных предприятий и 30 тыс. км дорог подведомственны Лесной службе Финляндии (Metsähallitus) [25].

По оценкам специалистов, потребность в новом строительстве лесных дорог (круглогодичного действия и временных дорог) составляет в целом по Российской Федерации 2167 км и 9288 км в год соответственно [21]. В разрезе федеральных округов необходимый ежегодный прирост протяженности лесных дорог для обеспечения прогнозируемых объемов заготовки и вывозки древесного сырья представлен в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Потребность в строительстве лесных дорог в РФ

Федеральные округа	Ежегодный прирост протяженности лесовозных дорог, км	
	круглогодичного действия	временных
Северо-Западный ФО	588	2520
Центральный ФО	224	960
Приволжский ФО	336	1440
Уральский ФО	196	840
Сибирский ФО	574	2460
Дальневосточный ФО	238	1020
Южный ФО	11	48
Всего	2167	9288

Решение задач такого уровня требует привлечения не только значительных материально-технических ресурсов, но и соответствующего кадрового обеспечения. В этой связи актуальным представляется подготовка инженеров в форме прикладного бакалавриата. Такие специалисты помимо теоретических знаний должны обладать практическими навыками, овладение которыми невозможно без развитой лабораторно-практической компоненты.

Данное пособие развивает теоретическую базу для дальнейшего формирования у обучающихся профессиональных компетенций.

1.1. Классификация и основные параметры лесных дорог

Автомобильные дороги лесного комплекса, как относящиеся к объектам промышленного транспорта, в зависимости от расчетного максимального объема перевозок грузов по ним делятся на четыре технические категории [18] (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Классификация лесных дорог по объему перевозок

Назначение дороги	Расчетный объем перевозок, млн. т. нетто / год	Категория дороги
Основные автомобильные дороги лесного комплекса	0,35 – 0,7	I-л
	0,14 – 0,35	II-л
	менее 0,14	III-л
Вспомогательные автомобильные дороги и дороги с невыраженным грузооборотом	–	IV-л

По срокам использования лесные дороги делятся на постоянные и временные. К временным относятся дороги со сроком службы до трех лет, а также дороги сезонного действия. Временные лесные дороги проектируются по ведомственным нормам [4].

В зависимости от функционального назначения лесные дороги в составе транспортной сети подразделяют на магистрали, ветки и усы:

- **магистрали** предназначены для обслуживания крупных лесохозяйственных территорий в качестве собирателей транспортных потоков с веток и усов. Несущая способность магистралей рассчитывается с учетом обеспечения перевозок тяжелых грузов в периоды распутицы;

- **ветки** являются главными дорогами больших секторов лесосырцевой базы, их назначение – сбор транспортных потоков с усов. Ветки, как правило, примыкают к магистралям и дорогам общего пользования;
- **усы** предназначены для вывозки древесины с лесосек и для других лесохозяйственных целей.

К основным параметрам лесных дорог относятся расчетная скорость движения и нагрузка на ось расчетного автомобиля.

Расчетная скорость движения – теоретическая скорость, установленная для дороги соответствующего назначения, на основе которой при назначении геометрических параметров дороги определяют их минимальные значения. Расчетная скорость предопределяет расстояния видимости, радиусы горизонтальных и вертикальных кривых.

Расчетную скорость в Финляндии определяют на основании интенсивности движения в летнее дневное время и условий рельефа; в России – в зависимости от категории дороги и местных топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических, климатических и планировочных условий (табл. 1.3).

Таблица 1.3

**Расчетные скорости движения
в сопоставлении финских и российских норм**

Критерии деления		Расчетная скорость, км/ч			
Финские нормы	Российские нормы	Финские нормы		Российские нормы	
Интенсивность, авт./сутки	Категория дороги	Ровный рельеф	Неровный рельеф	Основные	На трудных участках
Более 40 (более 20 в двух направлениях)	I-л, II-л, III-л	50 (60)	40 (50)	70, 60, 50	50, 40, 30
До 40 (до 20 в двух направлениях)	IV-л	40 (50)	30 (40)	30, 20	10, 15

Значительное влияние на параметры лесных дорог оказывает технология вывозки: в хлыстах или сортиментах. Наибольшее распространение в Скандинавских странах и на Северо-Западе РФ получила технология вывозки древесины с применением лесовозных автопоездов-сортиментовозов. Например, в Финляндии данный факт учтен в нормативах проектирования лесных дорог: за расчетный автомобиль принимается автопоезд, имеющий 7 осей с расчетной нагрузкой 100 кН. При этом на каждую из осей, за исключением передней

ведущей, условно приходится около $8,3 \text{ м}^3$ древесины, а общий объем перевозимых одним автопоездом круглых лесоматериалов составляет около 50 м^3 .

Основываясь на опыте Скандинавских стран и эксплуатации лесных дорог на Северо-Западе РФ, в основном имеющих покрытия переходного и низшего типов, также рекомендуется принимать расчетную нагрузку на ось, равную 100 кН [6, 11, 17].

1.2. ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ОСВОЕНИЯ ЛЕСНОГО ФОНДА

При планировании дорожной сети каждая дорога рассматривается как часть единого комплекса, эффективно функционирующая в интересах как лесного хозяйства, так и других сторон. Кроме этого, необходимо в плане предусмотреть выполнение требований лесного, природоохранного и водоохранного законодательства.

Дорожное планирование должно осуществляться одновременно с составлением лесоустроительного плана, такой порядок действий позволяет оптимизировать транспортные потребности и привести в соответствие с ними предстоящие строительство и ремонт дорог. Составления планов в виде отдельных проектов недостаточно, т. к. в них не в полной мере предусмотрены перспективные мероприятия.

В целях повышения эффективности планирование начинают со сбора данных о вероятных рубках и других видах лесопользования в зоне дороги, анализируют материалы лесоустройства, состояние имеющихся дорог, потребности в ремонте, а также выясняют необходимость строительства новых дорог. Кроме этого, учитывая преобладающие условия, выбирают более выгодное направление пути. Существующие на данный момент транспортные направления при необходимости меняют.

Обеспечение полного контроля над ситуацией возможно, если проектировщиком предусмотрено осуществление проекта по строго намеченному направлению наибольшей выгоды. С помощью анализа рентабельности можно сравнивать преимущества альтернативных проектов дорог.

1.2.1. Анализ рентабельности

Проектирование, строительство и капитальный ремонт лесных дорог требуют экономического обоснования. На расходную часть строительства лесных дорог влияют: потребность в планировании, способы осуществления, сезонные условия и график строительства, несущая

способность грунта, наличие болот, категория дороги, доступность материалов для дорожного покрытия, величина проекта, количество водопропускных труб, применение буровзрывных работ, расходы, связанные с выплатой зарплат и эксплуатацией машин, и т. д.

В анализе рентабельности необходимо использовать соответствующие местным условиям показатели затрат, учитывать капиталовложения в дорожную инфраструктуру и связанные с ними расходы по процентам. Кроме этого, следует оценить ежегодные расходы на содержание дорог.

1.2.2. Оптимизация плотности сети лесных дорог

Рентабельность строительства лесной дороги оценивают с помощью расчета оптимальной плотности сети дорог. Оптимальная плотность сети достигается путем минимизации затрат на строительство и эксплуатацию дороги, а также затрат на перевозку лесоматериалов путем сокращения расстояний перевозки. С одной стороны, чем дальше от лесной дороги находится лесосека, тем дороже обходится заготовка древесины. С другой стороны, чем гуще дорожная сеть, тем выше затраты на строительство и эксплуатацию. Оптимизацию плотности сети дорог сводят к задаче сравнения затрат на перевозку лесоматериалов с затратами на строительство и используют следующие формулы [24]:

$$L = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C \cdot M \cdot T}{Q \cdot A}}, \quad (1.1)$$

$$V = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Q \cdot A \cdot M \cdot T}{C}}, \quad (1.2)$$

где L – оптимальное расстояние трелевки, м; V – оптимальная плотность дорог, м/га; A – удельные затраты на трелевку форвардером, руб./м³ на 100 м; C – удельные затраты на строительство дороги, руб./100 м; Q – объем древесины, получаемый из зоны действия дороги за расчетный период, м³/га; M – поправка на трелевку по условиям местности; T – коэффициент сети дорог.

Поправка на трелевку M корректирует разницу между прямолинейным и реальным расстоянием трелевки, вызванную криволинейностью движения форвардера (необходимость огибать препятствия, влияние расположения лесопогрузочной площадки) на местности. Поправка варьируется в интервале от 1,2 до 1,6 в различных условиях.

Коэффициент сети дорог T характеризует степень перекрытия зон влияния дорог. Например, использование значения коэффициента,

равного 1,2, означает, что 83 % (1/1,2~83) лесосеки находится внутри сети дорог в зоне досягаемости только одной дороги, а остальная часть (17 %) – в зоне досягаемости нескольких дорог. Соответственно, при значении коэффициента 2,0 эффективность использования дорог ухудшается так, что уже половина лесосеки находится одновременно в зоне влияния нескольких дорог. В расчетах коэффициент сети дорог T варьируется от 1,2 до 2,0 так, что для условий разряженной дорожной сети и легкими условиями местности используются небольшие значения коэффициентов и наоборот.

Взаимосвязь между расстоянием трелевки и густотой лесных дорог в различных лесных регионах Финляндии представлена на рис. 1.2, 1.3 [26].

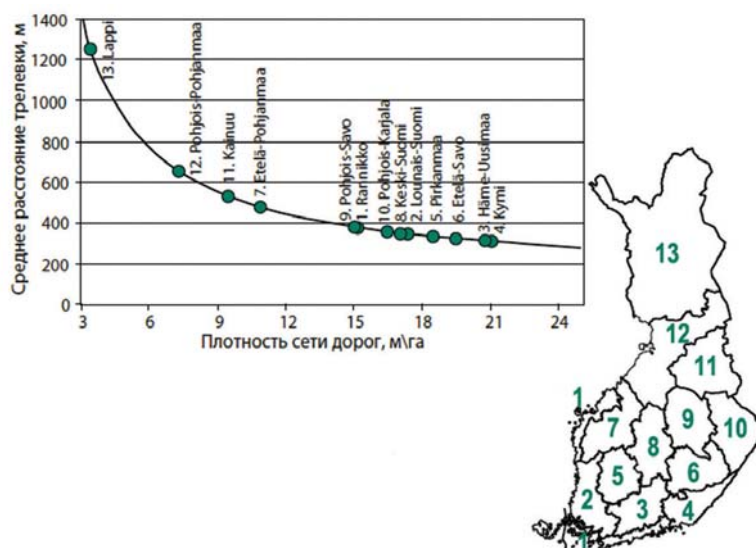


Рис. 1.1. и 1.2. Плотность сети дорог и соответствующее среднее расстояние трелевки. Коэффициент сети дорог T растет линейно от 1,2 (при плотности сети дорог 3 м/га) до 2,0 (при плотности 25 м/га). Поправка на трелевку по условиям местности $M=1,4$

1.3. ИЗЫСКАНИЯ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Изыскания лесных дорог обеспечивают получение необходимого для проектных работ комплекса исходных данных, на основе которых принимаются оптимальные технические решения по развитию дорожной инфраструктуры с учетом перспектив развития лесопромышленного производства, существующих путей транспорта, экономических и природных условий района строительства.

Объем и состав изыскательских работ устанавливается в каждом конкретном случае в зависимости от степени изученности района работ, сложности местных (топографических, гидрологических и др.) условий и стадии проектирования.

Изыскательские работы выполняются в соответствии с техническим заданием на производство работ, которое выдается на весь комплекс изыскательских работ. В состав технического задания входят [5]:

- основание для разработки,
- целевое назначение,
- местоположение территории, подлежащей транспортному освоению;
- объемы и структура грузов;
- типы транспортных средств;
- основные нормы проектирования;
- физические объемы по видам изысканий;
- особые требования к точности работ, состав партии и сроки выполнения работ;
- принципиальные направления дорог.

В организационном отношении изыскания подразделяются на три периода:

- подготовительный,
- полевой,
- камеральный.

В подготовительный период проводят сбор, обработку и изучение экономических, лесоустроительных, геологических, топографо-геодезических данных, анализ материалов схем развития лесного хозяйства, лесной промышленности, дорог общего пользования и других ведомств, лесосошения и т. д., выявление ожидаемых объемов изыскательских работ. На основе анализа собранных данных составляется техническое задание на производство работ и сметная документация.

В подготовительный период в начале полевых работ у заказчика и в утверждающей инстанции уточняются цели, задачи и объемы изыскательских работ, а при необходимости – техническое задание и сметно-договорная документация.

В полевой период проводятся: полный комплекс изыскательских работ в составе, объеме и с точностью, отвечающим требованиям технического задания на производство изысканий объекта на соответствующей стадии; основной объем камеральных работ, необходимых для обеспечения контроля качества и полноты полевых данных; сдача трассы и закрепительных знаков заказчику в полевых условиях.

В камеральный период завершают лабораторные работы, составление полевой пояснительной записки и технических отчетов (при не-

обходимости), производится окончательная компоновка материала, оформление и сдача его приемочной комиссии.

Лесные дороги являются линейными строительными объектами. Согласно [19], при проектировании данных объектов инфраструктуры лесопромышленного комплекса проводятся следующие виды инженерных изысканий, выполняемых раздельно или в комплексе:

- инженерно-геодезические,
- инженерно-геологические,
- инженерно-геотехнические,
- инженерно-гидрометеорологические,
- инженерно-экологические.

К инженерным изысканиям для строительства также относятся следующие специальные виды изысканий:

- обследования состояния грунтов оснований сооружений;
- локальный мониторинг компонентов окружающей среды;
- разведка грунтовых строительных материалов;
- локальные обследования загрязнения грунтов и грунтовых вод.

Трассу закрепляют на местности с точностью, которая была задана в проекте, согласно ведомости расходов и нормативам разных подрядных организаций. Знаки, указывающие положение трассы, не должны быть утрачены или повреждены до начала строительства. На местности закрепляют положение оси дороги и одновременно намечают места разъездных уширений, площадок разворота, складирования и других объектов, связанных с работами по расчистке дорожной полосы. Окончательное закрепление с уточнениями производят после расчистки полосы от растительности.

Применение современных электронных тахеометров и станций позиционирования позволяет в значительной мере ускорить проведение инженерно-геодезических изысканий и получить цифровую модель местности.

В ходе инженерно-геологических изысканий лесных дорог, как правило, производится забор проб грунта непосредственно из вертикальных выработок: закопшек (прикопок), шурфов и т. п. Исследование грунтовых проб в дальнейшем проходит в дорожной лаборатории или может быть осуществлено при помощи полевых лабораторий (например, полевой лаборатории Литвинова ПЛЛ-9). Исследовать геологическое строение и свойства грунтов оснований можно и дистанционно путем использования георадаров. Они позволяют получить данные о типе грунта, уровне залегания грунтовых вод, наличии включений, глубине залегания болотной толщи. Также георадары могут быть использованы при выявлении дефектов содержания дорог, в особенности скрытых, степени уплотнения грунтов, толщины конструктивных слоев.

1.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ В ПЛАНЕ

Камеральное трассирование начинают с поиска наиболее оптимального варианта прохождения будущей дороги, при этом учитывают экологические аспекты, расходы на строительство и содержание дороги. Расходные части альтернативных вариантов трассы сравнивают.

Значительная часть расходов приходится на осуществление работ по выемке и засыпке грунтов, укреплению основания дороги, поэтому наиболее эффективной экономии можно достичь именно за счет этих видов работ. При проектировании трассы необходимо стремиться избегать: крутизны на поворотах и подъемах, расположения вдоль хребтов, пересечений водоемов, болот, каменистых и скалистых местностей.

Карты и планы являются основным документом, как на стадии трассирования, так и на других стадиях проектирования дороги и должны быть дополнены изогипсами, необходимой информацией, например, о ценных биотопах и местах залегания грунтовых вод. За основу плана принимают топографическую карту с указанием высот масштаба 1:10 000 (рис. 1.3).

При проектировании прямых и кривых в плане используют следующие виды ходов: продольно-водораздельный, поперечно-водораздельный, долинный, косогорный или их комбинации. Также следует соблюдать следующие рекомендации:

- исключить лишние виражи;
- на подъеме и спуске трасса должна проходить по прямой или по кривой большого радиуса;
- на участках, где применяется заполняющий грунт, трасса по возможности должна быть прямой;
- после поворота следует проектировать прямую вставку, величина которой соответствует как минимум длине двух автомобилей (около 60 м), иначе автопоезд не успеет выровняться;
- перекрестки проектируются достаточно пологими и просторными;
- в районе моста дорогу стремятся трассировать перпендикулярно направлению реки.

При проектировании дороги учитываются возможности обзора местности, что имеет немаловажное значение для обеспечения безопасности движения. Излишняя извилистость трассы и частые переломы продольного профиля создают на дороге ограничения видимости, для улучшения которой необходимо проведение расчисток и расширение дороги до двух полос. В районе перекрестка требования к условиям видимости возрастают.

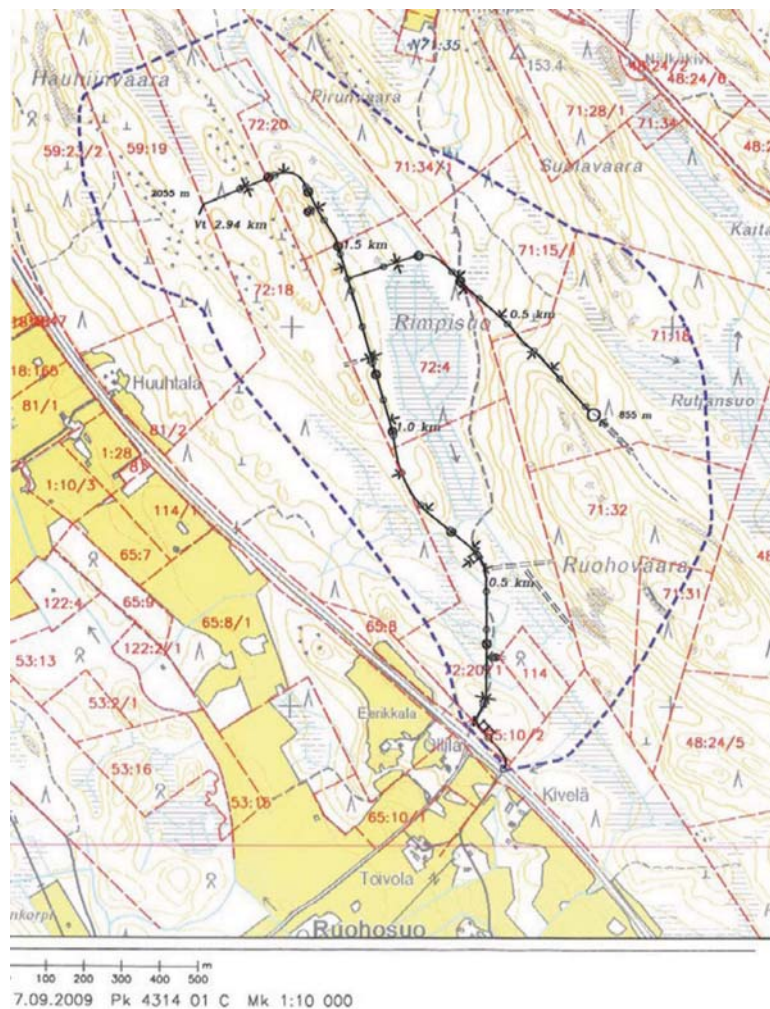


Рис. 1.3. Проложение трассы на местности (© Maanmittauslaitos, lupa nro 855/MML/09; Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupanro 855/MML/09)

Расчетные скорости на участках дорожной сети определяют расчетные расстояния видимости. При проектировании дороги учитывают следующие расстояния видимости:

- расстояние до полной остановки;
- расстояние видимости встречного автомобиля;
- расстояния видимости примыкания дороги.

В России расстояние видимости на лесных дорогах определяется, как правило, из условия расположения глаз водителя автомобиля на высоте 2 м над поверхностью проезжей части при нахождении автомобиля на расстоянии 1,5 м от кромки проезжей части, при отсутствии легковых автомобилей в структуре движения по лесной дороге (дорога должна быть обозначена специальным дорожным знаком). При нали-

чи в структуре транспорта легковых автомобилей высота расположения глаз принимается равной 1,2 м.

В Финляндии расчетное расстояние видимости измеряют вдоль оси дороги при условии расположения глаз водителя и ТС на высоте 1,1 м над поверхностью проезжей части, препятствия на дороге – на высоте 0,2 м, при нахождении автомобиля на расстоянии 1,5 м от ближайшей кромки проезжей части.

При определении расчетного расстояния видимости в России основным расчетным автомобилем до сих пор являлся автомобиль для вывозки хлыстов, при этом тормозной путь умножается на повышающий показатель $K_{\text{э}}$ – коэффициент эксплуатационного состояния тормозной системы, принимаемый равным 1,4, т. е. в норматив вводился некоторый запас. Для сравнения, при расчетах для дорог общего пользования $K_{\text{э}} = 1,2$.

Расчетные расстояния видимости по финским и российским нормам в зависимости от расчетной скорости приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Расчетные расстояния видимости в сопоставлении
финских и российских норм**

Расчетная скорость, км/ч	Расстояние видимости встречного автомобиля, м		Расстояние до полной остановки, м	
	Финские нормы	Российские нормы	Финские нормы	Российские нормы
30	60	100	30	50
40	80	150	40	75
50	110	200	55	100
60	140	250	70	125

Радиусы горизонтальных кривых на основании расчетной скорости приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

**Наименьшие значения радиуса горизонтальных кривых
при вывозке сортиментов**

Расчетная скорость, км/ч	Радиус кривой, м	
	Финские нормы	Российские нормы
30	100	50
40	200	60
50	300	100
60	400	150

При радиусах горизонтальных кривых 300 м и менее на закруглениях устраивают переходные кривые – кривые переменного радиуса от ∞ до радиуса горизонтальной круговой кривой, которые позволяют осуществить плавный, без снижения расчетной скорости въезд на участок круговой кривой и выезд с него. Длины переходных кривых представлены в табл. 1.6. В стесненных условиях допускается не устраивать переходные кривые, но при этом следует ввести ограничение скоростного режима.

Таблица 1.6

Длина переходных кривых

Расчетная скорость, км/ч	Длина переходной кривой при радиусе круговой кривой в плане, м										
	30	35	40	50	60	80	100	125	150	200	300
30	40	35	30	25	20	15	10	-	-	-	-
40	-	-	-	-	45	35	25	20	20	15	10
50	-	-	-	-	-	-	55	45	35	30	20
60	-	-	-	-	-	-	-	75	60	45	30

1.5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ, ПРИМЫКАНИЙ И РАЗЪЕЗДОВ

Элементы лесной дороги в поперечном профиле представлены на рис. 1.4.

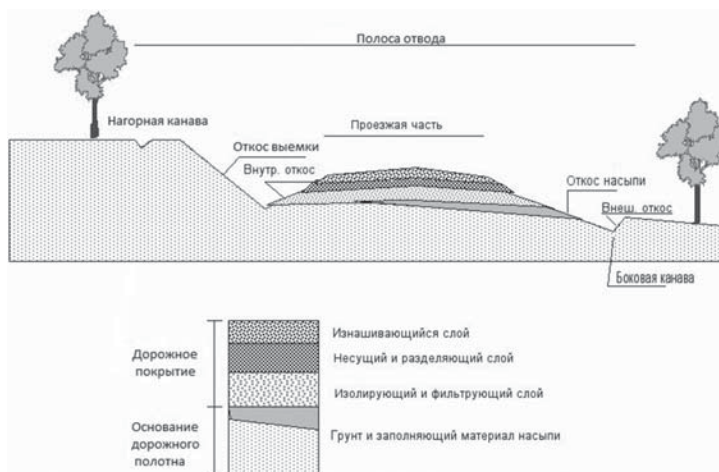


Рис. 1.4. Элементы лесной дороги в поперечном профиле (© Metsäteho)

Поперечный уклон проезжей части принимается двухскатным на прямых участках дорог и на кривых с радиусом, превышающим наименьшее значение. На участках кривой с радиусом меньшего значения дорогу проектируют с односкатным поперечным профилем. Поперечный уклон проезжей части и обочин на лесных дорогах, как правило, принимается равным 5 %. Переход от двухскатного поперечного профиля дороги к односкатному осуществляется на протяжении 20–10 м до начальной и после конечной точек кривой.

Во избежание смещения автомобиля за пределы проезжей части на участках кривых малого радиуса устраивают уширения. В зависимости от радиуса кривой величина уширения определяется по нормативам [18]. Уширение проезжей части начинают производить за 10 м до начальной точки кривой. Уширение проезжей части лесовозных дорог проводится с внутренней стороны кривой: на дорогах с шириной обочин более 1 м – за счет уменьшения внутренней обочины при условии, чтобы ширина ее была не менее 1 м, на дорогах с шириной обочин 1 м и менее – за счет одинакового уширения проезжей части и земляного полотна с внутренней стороны кривой. Отгон уширения производится до начала круговой кривой путем пропорционального увеличения ширины проезжей части и земляного полотна на участке переходной кривой, а при ее отсутствии отгон уширения совмещается с отгоном виража или на участке длиной не менее длины автомобиля (поворот без виража).

Форма поперечного профиля и высота насыпи являются одними из ключевых факторов, влияющих на снеготранспортируемость дороги. Чтобы обеспечить снеготранспортируемость дороги, земляное полотно должно быть аэродинамически обтекаемым для ветра без образования вихревых зон. Это обеспечивается устройством пологих откосов. Высота насыпи должна быть больше величины снежного покрова. Величину снежного покрова можно определить по дорожно-климатическим графикам, по данным метеостанций, а также из справочной литературы [8].

Для строительства **примыканий** лесных дорог к дорогам общего пользования необходимо получить от государственных организаций соответствующие разрешения. При проектировании примыканий учитывают следующее:

- примыкание необходимо проектировать перпендикулярно оси примыкающей дороги, при этом угол примыкания следует принимать между 72° и 108° ;
- примыкание следует проектировать на местности с ровным рельефом;
- строящаяся дорога должна располагаться под уклоном 3 % в направлении спуска от дороги общего пользования;

- примыкание должно быть настолько широким, насколько потребуется пространства для маневра разворота;
- вблизи примыкания при необходимости проектируют уширение с целью размещения лесоподъемника.

Выход к лесному участку или к дороге от ветки или от уса устраивают через каждые 200 м следующим образом: на возвышенных местах (водоразделах) на протяжении 10 м пути боковую канаву не выкапывают или же имеющуюся боковую канаву заполняют камнями.

Разъездные уширения на лесных дорогах в Финляндии устраивают на расстоянии не менее 600 м друг от друга; в России – на однополосных дорогах в пределах видимости, но не более 500 м друг от друга. Площадки разворота на лесных дорогах устраивают на расстоянии 1000 – 2000 м друг от друга таким образом, чтобы данный отрезок дороги мог бы служить одновременно местом разъезда.

В конце дороги, в зависимости от условий, устраивают разворотную петлю или Т-образную разворотную площадку. Минимальный радиус кривой для разворотной петли составляет 15 м. В условиях благоприятной местности радиус кривой для разворотной петли принимают 20–30 м от центральной оси дороги.

Лесопогрузочные пункты (площадки складирования) необходимо устраивать на той половине, где расположена лесосека, а также вблизи площадки разворота или возле дороги поперек дренажной канавы.

1.6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

В целях обеспечения бесперебойности и безопасности движения величина продольного уклона, как правило, не должна превышать 10 % (рис. 1.5). Возможно, для уменьшения уклона потребуется большой объем работ, тогда в целях сокращения расходов на строительство подъем можно сделать более крутым. При этом учитывают тип и состояние покрытия, а также колесная формула и потенциал трансмиссии расчетного автомобиля.

С целью обеспечения видимости и плавности хода при алгебраической разности уклонов более 2 % для лесных дорог I-л, II-л, III-л категорий и 3 % для лесных дорог IV-л категории на участках сопряжения устраиваются вертикальные кривые. Наименьшее значение радиуса выпуклых и вогнутых вертикальных кривых на непроектируемом участке дороги определяется на основании данных табл. 1.7, табл. 1.8.



Рис. 1.5. Последствия неграмотного проектирования: лесовоз не может преодолеть подъем без помощи бульдозера, используемого в качестве тягача

Таблица 1.7

Минимальные значения радиусов выпуклых кривых
в сопоставлении финских и российских норм

Расчетная скорость, км/ч	Радиус кривой на основании видимости встречного автомобиля, м		Радиус кривой на основании полной остановки, м	
	Финские нормы	Российские нормы	Финские нормы	Российские нормы
30	400	650	200	650
40	800	1400	300	1400
50	1400	2500	900	2500
60	2300	3900	1400	3900

Таблица 1.8

Минимальные значения радиусов вогнутых кривых
в сопоставлении финских и российских норм

Расчетная скорость, км/ч	Радиус кривой, м	
	Финские нормы	Российские нормы
30	400	700
40	800	1100
50	1100	1900
60	1500	3000

1.7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА

1.7.1. Элементы дорожного водоотвода

Одной из важнейших задач, решаемых при проектировании и строительстве лесных дорог, является создание надежного водоотвода. Дорожным водоотводом называют комплекс сооружений, предназначенных для сбора, отвода и пропуска воды через земляное полотно.

К основным элементам водоотвода на лесных дорогах относятся:

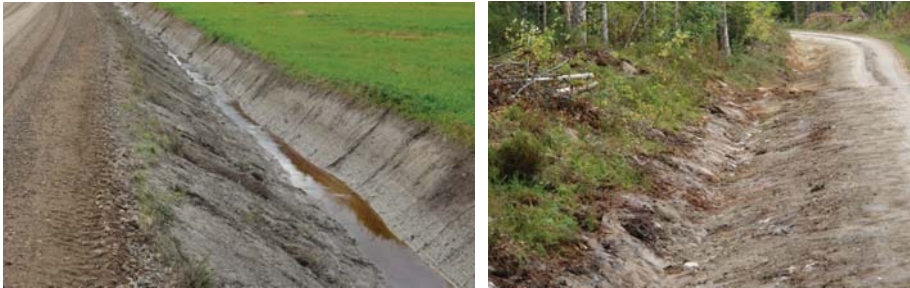
- сливная призма, предназначенная для отвода воды с поверхности проезжей части и обочин;
- боковые придорожные канавы, предназначенные для сбора и пропуска воды, притекающей с прилегающей местности и поверхности дороги;
- водоотводные канавы, предназначенные для отвода воды, накопленной в боковых придорожных канавах от дороги; также специализированные водоотводные канавы могут устраиваться для отвода воды от водопропускных сооружений при невыраженном или малом поперечном уклоне местности у сооружения;
- нагорные канавы, предназначенные для перехвата склоновых потоков;
- испарительные бассейны, с поверхности которых вода в виде водяного пара переходит в атмосферу;
- фильтрующие насыпи, состоящие из каменной наброски, позволяющей пропускать водные потоки через тело земляного полотна;
- водопропускные трубы;
- малые и средние мосты.

1.7.2. Проектирование придорожных канав

Придорожные канавы устраиваются у невысоких (до 1,0 м) насыпей, при значительном поперечном уклоне местности (1:25 и круче) с нагорной стороны, в выемках, на болотах.

При проектировании придорожных канав следует учитывать грунтовые условия: на связных грунтах рекомендуется устраивать канавы трапецидальной формы, на несвязных – треугольной. Канавы трапецидальной формы имеют лучшие гидравлические характеристики (в частности, более развитый гидравлический радиус) и позволяют осуществить пропуск воды в стесненных условиях. Вместе с тем более устойчивой к нарушению геометрии канавы является треугольная форма (рис. 1.6).

Как правило, откосам канавы придаются уклоны, равные уклонам откосов насыпи: на связных грунтах заложение откоса составляет 1:1,5; 1:2, на несвязных грунтах – 1:3; 1:4.



а

б

Рис. 1.6. Оптимальная форма канав на связных (а) и несвязных (б) грунтах

В целях предотвращения заиливания дну канав придается продольный уклон не менее 0,5 % (в равнинной местности допускается проектировать канавы с уклоном 0,3 %). Придорожные канавы в целях обеспечения технологичности их устройства проектируются постоянного сечения с продольным уклоном, равным уклону земли на рассматриваемом участке. Если же продольный уклон земли составляет менее 0,3 %, то устраивается канава переменной глубины, с постепенным ее ростом к концу канавы.

При назначении глубины канавы следует оценить водосборную площадь, объем воды, притекающей к канаве, поэтому расчет канав условно можно разделить на две части:

- гидрологический расчет канав – определение расхода потока притекающей к канаве воды Q , м³/с;
- гидравлический расчет канав – определение геометрических параметров канавы – глубины, заложения откосов, ширины канавы по дну и назначение типа укрепления в зависимости от скорости потока в канаве.

Водный поток, движущийся в канаве, может набирать значительную скорость, что способствует размыву и разрушению дна и стенок канавы, а также откоса насыпи. Для предотвращения размыва канавы укрепляют и устаивают гасители. Наиболее доступными типами укреплений на лесных дорогах являются одерновка и мощение на мху.

При выборе типа укрепления канав можно руководствоваться рекомендациями, представленными в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Рекомендуемые типы укреплений канав на лесных дорогах

Категория грунта	Тип укрепления при уклоне дна канав, ‰				
	менее 10‰	10‰ – 20‰	20‰ – 30‰	30‰ – 50‰	более 50‰
Несвязные грунты	Без укрепления	Одерновка	Одерновка	Мощение	Перепады
Связные грунты	Без укрепления	Без укрепления	Одерновка	Мощение	Перепады

В качестве гасителей энергии водного потока применяют каменную наброску или перепад (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Устройство каменной наброски в канаве для поглощения энергии потока

1.7.3. Проектирование водопропускных труб

Водопропускные трубы различаются по форме поперечного сечения: круглые, прямоугольные, треугольные; материалу исполнения: деревянные, металлические, железобетонные, пластиковые и др.; по форме стенки: гладкие, гофрированные.

В России большое распространение на лесных дорогах получили железобетонные и деревянные трубы. Железобетонные трубы выдерживают значительные нагрузки и представляют собой типовые изделия. К недостаткам данного вида труб можно отнести высокую стоимость и невозможность изготовления непосредственно на предприятии. Также на кислых почвах, распространенных на Северо-Западе РФ,

происходит постепенное разрушение бетона и коррозия арматуры. Деревянные трубы просты и доступны в изготовлении непосредственно на лесопромышленном предприятии, но менее долговечны. В настоящий момент все чаще при строительстве лесных дорог используются пластиковые гофрированные трубы. Специальная форма таких труб при незначительной толщине стенок позволяет выдерживать значительные нагрузки, а материал стоек к агрессивным средам (рис. 1.8). Вместе с тем опыт эксплуатации пластиковых труб подсказывает, что высота насыпи над ними должна быть выше, чем над железобетонными трубами (не менее 1 м), что снижает риск разрушения трубы при проезде большегрузных автопоездов.



Рис. 1.8. Пластиковые гофрированные трубы диаметром 0,3 – 0,8 м повсеместно используются в Финляндии и все чаще находят применение на Северо-Западе РФ

1.7.4. Проектирование малых мостов

Мостом называют инженерное сооружение, предназначенное для пропуска транспорта через постоянные водотоки – реки, узкие части озер, каналы. В отличие от трубы, в пределах сечения моста земляное полотно дороги отсутствует. Мосты на лесных дорогах могут быть деревянные, металлические, железобетонные, каменные и смешанные.

В зависимости от длины мосты делятся на:

- малые – до 30 м;
- средние – от 30 м до 100 м;
- большие – более 100 м.

Мост имеет, как минимум, две береговых опоры. Их называют устоями. Если постоянный водоток достаточно широк, приходится устраивать дополнительные (промежуточные) опоры. Их называют быками (эти опоры воспринимают основную часть нагрузки от движущегося потока воды, ледохода, карчехода – движения вывороченных паводковыми водами пней, кустов, деревьев). Свободное пространство между опорами называется пролетом моста. В зависимости от количества пролетов бывают одно-, двух-, трехпролетные мосты и более.

При преодолении водных потоков на лесных дорогах чаще всего проектируют малые деревянные однопролетные мосты или двухпролетные на ряжевых опорах (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Малые мосты

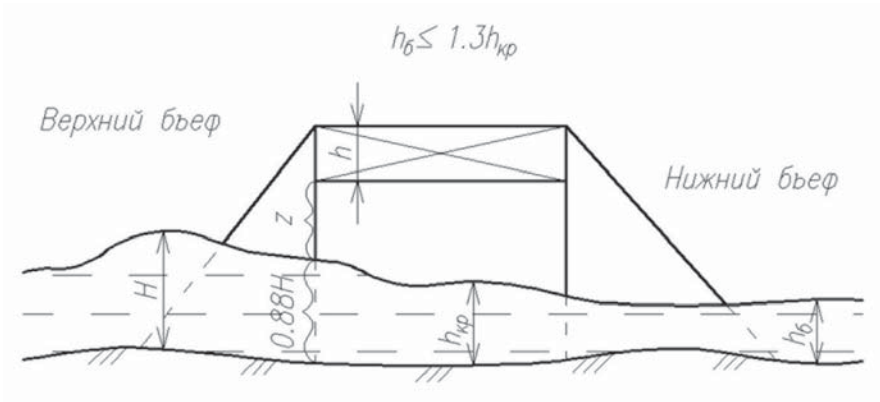
Для пропуска транспорта опоры поверху соединяются пролетным строением. Полной длиной моста считается расстояние между началом первой и концом последней опоры.

Толщину пролетного строения h называют строительной высотой моста. Полной высотой или просто – высотой моста считается расстояние от верха пролетного строения до уровня меженных вод. Межень – установившийся (обычный) уровень воды в реке (вероятнее всего, в середине лета).

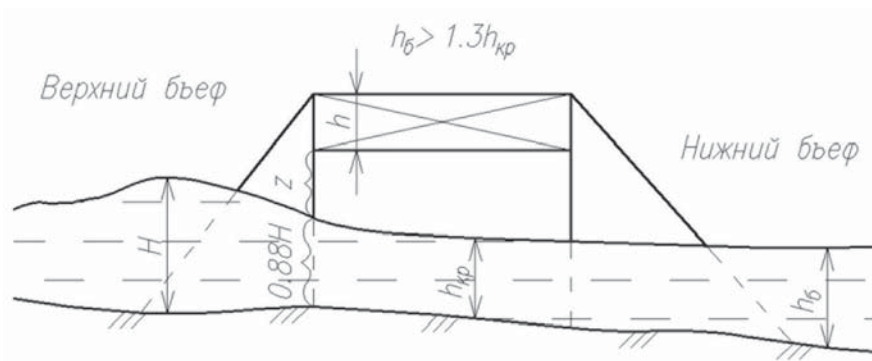
Самым важным элементом моста является его отверстие. Отверстием моста называют свободную (без опор) ширину зеркала воды под мостом по расчетному горизонту высоких вод.

В зависимости от условий протекания воды в сооружении могут иметь место два режима его работы: так называемое свободное истечение и затопленный водослив (рис. 1.10).

Первая схема более предпочтительна, т. к. она обеспечивает спокойную работу потока и исключает подтопление сооружения. Для выяснения вопроса о схеме работы сооружения необходимо выявить бытовые условия его работы, т. е. определить бытовую глубину потока $h_б$ при естественном истечении воды для расчетного расхода.



а



б

Рис. 1.10. Режим работы малых мостов:
а – свободное истечение, б- затопленный водослив

1.8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

1.8.1. Классификация дорожных одежд

Дорожные одежды могут состоять из одного или несколько слоев: покрытия, основания и дополнительных слоев основания. Типы дорожных одежд и виды покрытий, применяемые на лесных дорогах, представлены в табл. 1.10.

Таблица 1.10

**Типы дорожной одежды и виды покрытий,
применяемые на лесных дорогах**

Тип дорожной одежды	Вид покрытия	Категория дороги
Капитальный	Железобетонные; асфальтобетонные	I-л
Облегченный	Асфальтобетонные; из щебня, гравия и песка, обработанных вяжущими	I-л, II-л
Переходный	Щебеночные и гравийные; из грунтов и каменных материалов, обработанных вяжущими или армированных геоматериалами	II-л, III-л
Низший	Из скального или крупнообломочного грунта; из грунтов, укрепленных щебнем, гравием, дресвой, шлаком, горелыми породами и другими местными материалами; из местных каменных материалов, грунтов, укрепленных местными вяжущими; все вышеперечисленные покрытия, армированные геоматериалами; устраиваемые с применением дерева или бетона (лежневые, бревенчатые сплошные и колежные)	IV-л

По сопротивлению нагрузкам от автотранспортных средств и по реакции на климатические воздействия дорожные одежды подразделяют на одежды с жесткими покрытиями или слоями основания (жесткие дорожные одежды) и на одежды с нежесткими покрытиями и слоями основания (нежесткие дорожные одежды).

1.8.2. Конструкции дорожных одежд лесных дорог

На лесных дорогах чаще всего устраиваются двухслойные или однослойные дорожные одежды переходного и низшего типа из щебеночно-гравийных и гравийно-песчаных смесей на насыпях, возводимых из местных грунтов (ПРИЛОЖЕНИЯ 1, 2). Снижению потребляемых дорожно-строительных материалов способствует применение современных геосинтетических материалов – георешеток и геотекстиля, нейтральных по отношению к природной среде. Георешетки позволяют осуществить армирование дорожных одежд, что значительно повышает упругие свойства конструкции и в значительной мере снижает вероятность сдвига конструкции под действием касательных напряжений. Использование георешеток приводит к существенной экономии щебеночно-гравийно-песчаных смесей. Геотекстиль препятствует проникновению влаги в слои дорожного полотна и смешению слоев материалов, что позволяет сооружать насыпи меньшей высоты, соответственно, снижая объемы земляных работ (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Геотекстиль в конструкции дорожной одежды

1.8.3. Расчет дорожных одежд

Дорожную одежду, как правило, рассчитывают по трем основным критериям: упругого прогиба (в Финляндии – по условию достижения целевой несущей способности), соответствия сдвигоустойчивости материалов конструктивных слоев и грунта возникающим в них касательным напряжениям и морозоустойчивости.

Упругие свойства конструкции дорожной одежды определяются исходя из категории дороги. Обычно проектируют с таким расчетом, чтобы магистральные лесные дороги выдерживали движение во время весенней распутицы, ветки – во время осенней распутицы и усы – движение тяжелого транспорта в летний период. Если есть необходимость, значение целевой несущей способности можно увеличивать или уменьшать относительно базовых характеристик, присущих данной категории дороги. В этом случае на расчеты оказывают влияние такие показатели, как количество проходящих груженых лесовозных автопоездов и, самое главное, распределение транспортных потоков по сезонам года. Также учитываются региональные рекомендации по ограничениям нагрузок на дорожную сеть в разное время года.

В соответствии с [11], конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{\phi} \geq E_{TP} \cdot K_{PP}^{TP}, \quad (1.3)$$

где E_{ϕ} – фактический модуль упругости конструкции, МПа;
 E_{TP} – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа; K_{TP}^{PP} – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый [11] при уровне надежности 0,7 равным 0,9, при 0,9 – 1,06.

При количестве приложений нагрузки от осей с нагрузкой 10 т (N) в весенний период (апрель, май) до 100 требуемый модуль упругости [6]:

$$E_{TP} = 15,625 \cdot \ln(N) - 16,63. \quad (1.4)$$

При количестве приложений нагрузки от осей с нагрузкой 10 т (N) в весенний период (апрель, май) от 100 до 1000 требуемый модуль упругости [6]:

$$E_{TP} = 16 \cdot \ln(N) - 18,44. \quad (1.5)$$

2.1. Основы организации строительства лесных дорог

2.1.1. Особенности организации дорожно-строительных работ

Организация строительства дороги – комплекс мероприятий, разрабатываемых и осуществляемых с целью повышения эффективности строительства, то есть достижения поставленных задач в плановые сроки при наилучшем использовании производственных ресурсов и соблюдении требований качества работ и охраны окружающей среды [7].

Все виды работ по строительству лесных дорог по характерным особенностям их организации, применяемым средствам и назначению разделяют на заготовительные, транспортные и строительно-монтажные.

Заготовительные работы – работы по заготовке дорожно-строительных материалов (щебня, гравия, песка), полуфабрикатов (асфальтобетонных и цементобетонных смесей, битума), деталей и изделий (элементов железобетонных труб, мостов, колеиных покрытий).

Транспортные работы предусматривают перевозку дорожно-строительных материалов, полуфабрикатов и готовых изделий от места их заготовки или изготовления к месту строительства.

Строительно-монтажные работы включают подготовительные работы, возведение земляного полотна, искусственных сооружений, дорожной одежды, обустройство дороги. При использовании заранее изготовленных деталей и конструкций строительные работы превращаются в монтажные.

Все работы по строительству дорог можно разделить на три периода: подготовительный, основной и заключительный.

Подготовительным называют комплекс мероприятий, обеспечивающих создание благоприятных условий для строительства лесных дорог.

В основной период выполняют все строительно-монтажные работы, предусмотренные проектом.

В заключительный период лесную дорогу или ее участок готовят к сдаче: демонтируют временные сооружения, базы, устраняют все дефекты и недоделки, рекультивируют земли, занятые под полосы отвода [14].

По равномерности и повторяемости распределения объемов работ строительно-монтажные работы разделяют на линейные и сосредоточенные. Линейными называют работы, объемы которых распределены более или менее равномерно по всей дороге и повторяются на отдельных участках с небольшими отклонениями от средних значений. Сосредоточенными работами называют работы, которые встречаются на отдельных участках или площадях.

Организация работ по строительству дороги подразделяется на два этапа. На первом проектная организация составляет проект организации строительства (ПОС), содержащий типовые технологические карты и календарный график работ.

Технологическая карта – проектный документ, излагающий технологию процессов, необходимых для строительства сооружения или элемента дороги.

На втором этапе дорожно-строительная организация на основании ПОС составляет проект производства работ (ППР), в котором уточнены положения ПОС с учетом имеющихся ресурсов и включены рабочие технологические карты, привязанные к месту работ, а также детальные графики производства работ [7, 14].

При строительстве лесных дорог применяют поточные и непоточные методы организации работ. Основным методом строительства дорог является поточный. Выполняющие работы подразделения, объединенные вместе, называют потоком. По составу и назначению различают частные, специализированные, объектные и комплексные потоки.

Частный поток выполняет какой-либо один элемент сооружения, например, основание или покрытие, или даже один слой покрытия, или отдельные работы по возведению земляного полотна.

Каждый частный поток состоит из отдельных захваток, на которых выполняются определенные рабочие процессы и операции. Захватка – участок работы, на котором специализированное звено машин выполняет данный рабочий процесс или рабочую операцию, или их технологически неразделимый комплекс [7]. Длину захватки обычно

принимают равной сменной производительности потока (сменная захватка).

Одной из основных характеристик поточного метода является скорость потока. Она измеряется протяжением участка готовой дороги, возводимого за одну рабочую смену. Требуемую скорость потока (v), км/смену, определяют по формуле:

$$v = \frac{L}{T_{cp}}, \quad (2.1)$$

где L – протяженность участка дороги, который необходимо построить в течение одного строительного сезона, км; T_{cp} – среднее число рабочих смен в строительном сезоне [14].

2.1.2. Сроки производства работ

Сроки и продолжительность работ строительных потоков зависят от категории дороги, конструктивных элементов дорожных инженерных сооружений, дорожной климатической зоны и ряда других факторов. Различают три фонда времени: календарный (максимальный), режимный (номинальный) и плановый (расчетный). Календарный фонд времени (T_k) – это сумма дней в расчетном периоде (месяц, год). Режимный фонд (T_p) – время возможной продолжительности работ – определяется по формуле:

$$T_p = T_k - (T_{вых} + T_{np} + T_{кл}), \quad (2.2)$$

где $T_{вых}$, T_{np} , $T_{кл}$ – число выходных, праздничных и нерабочих дней по климатическим условиям.

Плановый фонд времени ($T_{пф}$) определяется по формуле:

$$T_{пф} = T_p - T_{ТР} - T_{КР}, \quad (2.3)$$

где $T_{ТР}$, $T_{КР}$ – продолжительность текущего и капитального ремонтов дорожно-строительных машин, дней.

Для уточнения времени строительного сезона необходимо учитывать разделение работ на группы в зависимости от среднесуточной допускаемой температуры воздуха ($t_{доп}$) (табл. 2.1) [8].

Точные даты начала и окончания дорожно-строительных работ для I–III групп определяют по нормативам [20] или по фактическим метеоданным для рассматриваемого района строительства.

Таблица 2.1

**Классификация дорожных работ
по допускаемой температуре их производства [8, 15]**

Группа работ	Наименование работ	tдоп, °С
0	Сосредоточенные земработы, разработка скальных грунтов, строительство мостов, труб, зданий и сооружений	Не нормируется
I	Линейные земляные работы, строительство дорожных одежд из минеральных материалов	Не ниже 0
II	Строительство дорожных одежд из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими, из асфальтобетонных смесей, минеральных материалов, обработанных органическими вяжущими в установках	Не ниже +5 весной и +10 осенью
III	Строительство дорожных одежд из грунтов и минеральных материалов, обработанных органическими вяжущими смешением на дороге, и грунтощебня, укрепленного органическими вяжущими в установках	Не ниже +10

Продолжительность осенней и весенней распутицы ($T_{расп}$, дн.) определяется по формуле:

$$T_{расп} = Z_{к} - Z_{н}, \quad (2.4)$$

где $Z_{к}$ и $Z_{н}$ – даты начала и окончания распутицы.

Для весны (формула 2.5) и для осени (формула 2.6):

$$Z_{н}^e = Z_0 + \frac{5}{\alpha}; \quad Z_{к}^e = Z_{н}^e + \frac{0,7h}{\alpha}; \quad (2.5)$$

$$Z_{н}^o = Z_{+3}; \quad Z_{к}^o = Z_0, \quad (2.6)$$

где Z_0 – дата перехода среднесуточной температуры через 0 °С; Z_{+3} – то же через +3 °С; h – средняя глубина промерзания грунта в районе строительства, см; α – климатический коэффициент, характеризующий скорость оттаивания грунта, см/сут. [22].

В табл. 2.2 приведены даты начала ($T_{н}$) и окончания работ ($T_{к}$), а также их продолжительность (T) для условий Республики Карелия.

Таблица 2.2

**Календарная продолжительность строительного сезона
для основных видов дорожных работ в Республике Карелия [15]**

Группы работ											
I			II			III			IV		
T_n	T_k	T	T_n	T_k	T	T_n	T_k	T	T_n	T_k	T
10.04	01.11	206	05.05	06.10	156	27.05	10.09	107	26.06	07.08	48

2.2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

2.2.1. Восстановление и закрепление трассы

Положение оси автомобильной дороги (трассы) на местности устанавливают и закрепляют в процессе изыскательских работ. Обычно со времени проведения изысканий до начала строительства дороги проходит время, поэтому основные знаки, указывающие положение трассы, могут быть повреждены или утрачены.

Организация-заказчик до начала работ передает организации-подрядчику всю проектную документацию и данные о планово-высотном съемочном геодезическом обосновании строительного объекта.

Строительная организация-подрядчик организует выполнение всех геодезических разбивочных работ на всех этапах строительства дороги.

Геодезическая разбивочная основа включает следующие, закрепленные вне зоны производства работ, пункты и знаки:

- знаки, закрепляющие вдоль оси дороги вершины углов поворота (ВУ) и главные точки кривых (НК, СК, КК), а также створные точки на прямых участках большой протяженности (не реже чем через 1 км);
- реперы (R_p) вдоль трассы (не реже чем через 2 км и у каждого искусственного сооружения) [8].

2.2.2. Расчистка полосы отвода

Полоса отвода – полоса местности, выделяемая для расположения на ней дороги, всех ее сооружений и посадки зеленых насаждений (рис. 2.1).

Рубка леса относится к нулевой группе работ, и проводить ее целесообразно в зимний период.



Рис. 2.1. Полоса отвода

Корчевка пней (рис. 2.2) производится в весенний период при глубине оттаявшего грунта не менее 0,2–0,3 м или в летний период. Объем работ по корчевке пней определяется исходя из степени облесенности дорожной полосы с учетом следующих требований: корчевка пней необходима на участках, занятых выемкой, насыпью высотой до 1,5 м, боковыми или сосредоточенными резервами; под насыпью высотой от 1,5 до 2,0 м допускается оставление пней, спиленных заподлицо с поверхностью земли, а под насыпью высотой более 2 м допускается оставление пней высотой до 0,1 м [22].

В Скандинавских странах практикуется технология, при которой выкорчеванные пни укладывают в основание земляного полотна вверх корневой системой для получения армирующего эффекта. При этом необходимо производить качественное уплотнение земляного полотна с целью предотвращения доступа воздуха и замедления процессов разложения древесины.



Рис. 2.2. Корчевка пней ковшем экскаватора

2.2.3. Удаление растительного слоя

Снятие растительного слоя можно проводить одновременно с корчевкой пней или одновременно с работами по устройству земляного полотна. В последнем случае создаются лучшие условия по исключению локального переувлажнения грунтов основания земляного полотна или грунтов боковых резервов. В тех случаях, когда растительный слой представляет ценность для сельскохозяйственного производства, или для рекультивации площадей, ранее занятых дорожно-строительными производствами, или для укрепления откосов земляного полотна, снятие его производится на всей площади дорожной полосы [22].

2.3. Устройство дорожного водоотвода

Ряд водоотводных сооружений устраивают до или одновременно с возведением земляного полотна – нагорные канавы, канавы для осушения болот, боковые придорожные и водоотводные канавы, резервы. Резервам придают поперечный уклон 20–30 ‰ в сторону от земляного полотна или в середину резерва, если его ширина больше 6 м.

На магистралях и ветках лесных дорог строят постоянные железобетонные или деревянные многопролетные мосты и сборные железобетонные или металлические/пластиковые гофрированные трубы. На усах строят временные деревянные однопролетные мосты и трубы. Постоянные деревянные мосты строят со степенью капитальности, обеспечивающей их эксплуатацию в течение 20–25 лет.

Строительство искусственных сооружений (малых мостов и труб) производится после корчевки пней и подготовки подъездных дорог, но не ограничивается температурными условиями, поэтому не исключается возможность строительства в зимний период [1, 14].

2.3.1. Строительство водопропускных труб

Технологические операции при строительстве водопропускных труб:

- подготовительные работы;
- строительство основания или фундамента;
- монтаж звеньев труб;
- устройство гидроизоляции;
- засыпка тела трубы.
- Подготовительные работы включают:
- планировку строительной площадки;

- при необходимости отвод существующего русла;
- доставку оборудования, материалов, сборных элементов;
- разбивку положения конструктивных элементов трубы.

Для установления проектного положения трубы тахеометром восстанавливают трассу дороги и мерной лентой дважды измеряют расстояние от ближайшего пикета до продольной оси трубы. В полученной точке устанавливают деревянный столб, в который забивают гвоздь, фиксирующий ось трубы. На этой точке устанавливают тахеометр и переносят в натуру угол между осью трубы и трассой дороги. Продольную ось трубы закрепляют контрольными столбами, располагаемыми вне зоны действия дорожных машин. От продольной оси трубы разбивают очертание котлована, по контуру которого забивают колья или делают обноску (рис. 2.3).

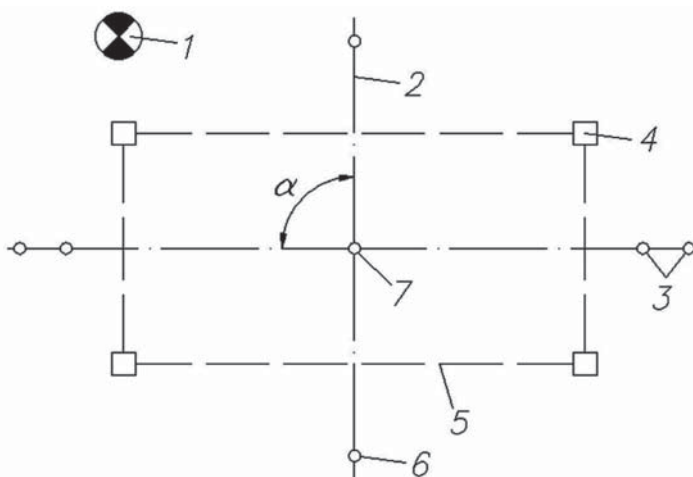


Рис. 2.3. Схема разбивки конструктивных элементов трубы:

- 1 – временный репер, 2 – ось дороги, 3 – закрепительные вешки оси трубы,
4 – колья, 5 – контур котлована, 6 – вешка на оси дороги, 7 – гвоздь

Для рытья котлована под основание трубы используют экскаваторы или бульдозеры. Основание трубы в виде гравийно-щебеночной подушки тщательно уплотняют механическими трамбовками. Основанию придают проектный уклон и требуемый на осадку строительный подъем, который зависит от вида грунта и высоты насыпи. При глинистых грунтах строительный подъем назначают равным 1/40 высоты насыпи, при песчаных и гравелистых – 1/70 (ПРИЛОЖЕНИЕ 3).

Трубы монтируют кранами или экскаваторами в соответствии с раскладочной схемой от выходного оголовка к входному. Сначала устанавливают фундаментные блоки и первое звено выходного оголовка трубы, затем средние звенья труб и входной оголовок.

Швы между звеньями плотно законопачивают жгутами из пакли, проваренной в битуме. Жгуты с внутренней стороны трубы должны быть утоплены внутрь швов на 2–3 см от поверхности звеньев, с наружной стороны швы заполняют горячим битумом с последующей оклейкой рулонной гидроизоляцией. Все поверхности трубы, соприкасающиеся с грунтом, после очистки обмазывают битумной мастикой. С внутренней стороны шов заделывают цементным раствором заподлицо с поверхностью трубы.

Смонтированную трубу после устройства гидроизоляции засыпают грунтом. Грунт отсыпают одновременно с обеих сторон трубы на ширину, равную двойной ширине трубы, горизонтальными слоями толщиной 15–20 см с тщательным уплотнением каждого слоя. Минимальная высота насыпи над трубой, допускающая проезд строительной техники, должна быть не менее 50 см. Окончательно насыпь над трубой досыпают до проектных отметок во время выполнения линейных земляных работ. В это же время производят укрепление русла и откосов насыпи [14].

В последнее время все большее распространение в дорожном строительстве получают пластиковые гофрированные трубы. Преимуществом пластиковых труб является их способность сопротивляться высоким внешним нагрузкам. Затраты на производство и монтаж таких труб значительно ниже, чем для традиционных железобетонных: отсутствует необходимость укладки нескольких тяжелых звеньев с обязательным устройством гидроизоляции.

2.3.2. Строительство малых мостов

При строительстве малых мостов выполняются следующие технологические операции:

- разбивка на местности продольной оси моста, осей опор, свайных рядов и отдельных свай;
- разработка котлованов под фундаменты опор;
- установка и погружение свай в грунт при помощи копров и сваебойного оборудования;
- выравнивание свай по окончании забивки и установка насадок;
- монтаж пролетных строений;
- устройство гидроизоляции и проезжей части моста.

Разбивку осей моста и опор начинают с восстановления оси трассы. Мерной лентой дважды измеряют расстояние от ближайшего пикета до продольной оси моста. Непосредственным промером от ближайшего пикетажного столбика устанавливают в натуре положение центров всех опор. Для фиксации оси забивают гвозди на закрепительных столбах, установленных в створе осей каждой опоры. После разбивоч-

ных работ приступают к устройству котлованов, а при свайных опорах – к погружению свай.

Вершины забитых свай, оказываются, как правило, на разных уровнях. Перед монтажом насадок деревянные сваи спиливают бензопилой. Бетонные сваи выравнивают, срубая бетон пневматическими отбойными молотками, а лишнюю арматуру обрезают автогеном.

Рамно-лежневые опоры рекомендуется изготавливать на специальных площадках, а их установку производить при помощи лебедки, трелевочного трактора или крана.

Ряжевые опоры удобнее устраивать зимой либо собирать ряж на льду. Ряжи собирают из брусьев или бревен. Стенки ряжа в местах их пересечений крепят штырями. Для опускания ряжа в прорубь его венцы наращивают на плаву или частичной загрузкой камнем. После посадки на дно и проверки правильности положения ряж полностью загружается камнем. Летом ряж собирают на берегу и опускают в воду при помощи лебедки на катках или по лежням.

Способ монтажа пролетных строений и тип крана выбирают в зависимости от массы и габарита монтируемых балок, гидрологических условий и времени года. На суходолах чаще всего применяют низовую сборку пролетных строений стреловыми кранами. В этом случае балки устанавливаются последовательно, начиная с дальней крайней, перемещаясь поперек оси моста.

При строительстве моста через постоянный водоток обычно применяют верховую сборку пролетных строений. В этом случае перед установкой балок необходимо возвести насыпь на подходах к мосту.

2.4. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

При выполнении земляных работ применяются следующие машины: землеройные (экскаваторы), землеройно-транспортные (бульдозеры, грейдеры, фронтальные погрузчики), машины для уплотнения грунтов (катки), машины для вспомогательных работ (кусторезы, корчеватели, рыхлители, планировщики), машины для буровых работ (бурильные и бурильно-крановые машины).

Возведение насыпей и разработку выемок выполняют комплектом дорожно-строительных машин, которые подразделяются на ведущие и комплектующие (вспомогательные). К ведущим относят машины, задающие общий темп процессу (скорость потока) [8].

Рекомендуемые комплекты машин для строительства земляного полотна представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

**Рекомендуемые комплекты машин
для строительства земляного полотна [15]**

Ведущая машина	Комплектующие (вспомогательные) машины	Условия применения
Бульдозер	Рыхлитель, каток, автогрейдер	Возведение насыпей из боковых резервов/ канав высотой до 1,5 м, насыпей из выемок и сосредоточенных резервов. Расстояние перемещения до 100 м
Экскаватор/ фронтальный погрузчик	Бульдозер, каток, автогрейдер	Насыпи из карьеров (из привозного грунта), насыпи из выемок. Расстояние перемещения 0,5 км и более
Экскаватор	Бульдозер, каток, автогрейдер	Возведение насыпей из боковых канав, разработка выемок в отвал
Фронтальный погрузчик	Бульдозер, каток, автогрейдер	Насыпи из выемок и сосредоточенных резервов. Расстояние перемещения до 150–200 м
Автогрейдер	Рыхлитель, каток	Возведение насыпей из боковых резервов/ канав высотой до 0,8 м

Ряд комплектующих машин (например, рыхлитель, автогрейдер, каток) могут быть заменены экскаватором с планировочным ковшом и различным навесным оборудованием.

2.4.1. Способы отсыпки насыпей и разработки выемок

Основной формой земляного полотна на лесных дорогах являются насыпи. Они составляют до 90% протяженности дороги. Насыпи возводят из местных или привозных грунтов. Возведение насыпей из местных грунтов производится, как правило, при I и II типах местности по увлажнению. При III типе земляное полотно возводят в основном из привозных грунтов.

Различают три способа отсыпки насыпей: послойный, «с головы» и комбинированный.

При послойной отсыпке (рис. 2.4, а), последовательно укладывая слои грунта один на другой, доводят насыпь до проектной отметки. Основным достоинством этого способа является возможность устройства насыпи с требуемой равномерной плотностью грунта по всему объему. Также этот способ позволяет отсыпать насыпи из разных грунтов.

Способ отсыпки насыпи «с головы» (рис. 2.4, б) применяется при возведении земляного полотна на участках пересечения болот или оврагов с крутыми склонами. В этом случае насыпь с самого начала отсыпают до проектной отметки. Основным недостатком этого способа является невозможность качественного уплотнения в период отсыпки

насыпи. Уплотнение происходит в результате длительной (год и более) постепенной осадки насыпи под действием массы грунта, подвижной нагрузки и погодных факторов.

При пересечении болот возможно использование комбинированного способа (рис. 2.4, в), сочетающего отсыпку «с головы» нижней части насыпи и послойную – верхней части.

Насыпи можно отсыпать поперечным или продольным способом. При поперечном способе насыпь отсыпают из боковых резервов или канав на всю ширину и длину, используя бульдозеры, автогрейдеры или экскаваторы. Продольный способ применяют при устройстве насыпи из соседней выемки и грунтовых карьеров, а также при отсыпке конусов и при засыпке оврагов и труб.

Выемки глубиной до 6 м при однородных грунтах разрабатывают экскаваторами сразу до проектных отметок; такой способ называют лобовым. При глубоких выемках применяют ярусный способ, обеспечивающий постепенную ярусную разработку выемки [14].

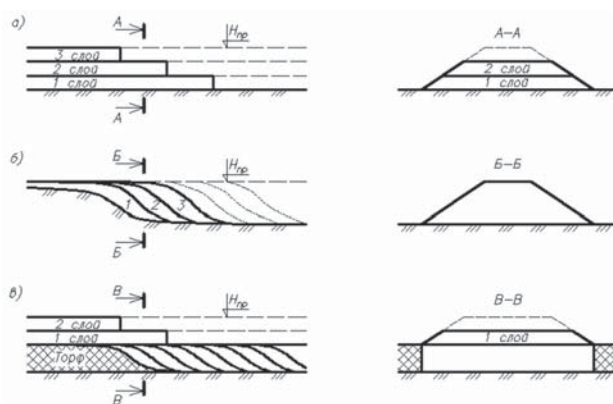


Рис. 2.4. Способы отсыпки насыпей: а – послойный, б – «с головы», в – комбинированный

2.4.2. Возведение насыпей из грунта боковых канав

В условиях равнинной и слабопересеченной местности земляное полотно представляет собой в основном невысокие насыпи до 1,5 м. Глубину канавы, являющейся резервом, назначают не более 1 м [8].

Канавы разрабатывают бульдозерами, экскаваторами или автогрейдерами.

Для повышения производительности бульдозеров и уменьшения потерь грунта при транспортировании набор грунта следует производить в траншеях, расположенных поперек резерва, оставляя перемычку между траншеями 0,5–0,7 м.

Разравнивание и планировку выполняют после отсыпки каждого слоя на всю ширину земляного полотна по длине захватки. Верхнему слою придают поперечный уклон 20–40‰ для обеспечения отвода воды. Поверхность других слоев планируют с такими же уклонами только при длительных перерывах в работе для обеспечения стока дождевой воды, в остальных случаях поверхность делают горизонтальной.

Планировку поверхности земляного полотна лучше производить автогрейдерами. Планируют отсыпанный слой последовательными проходами от бровки к оси с перекрытием каждого последующего прохода на 0,6 м. При первом проходе колеса автогрейдера должны находиться не ближе 1 м от бровки.

После планировки земляного полотна приступают к планировке откосов и дна канав.

При возведении земляного полотна из канавы автогрейдером применяют продольно-круговую схему. В этом случае грунт перемещается в насыпь вдоль отвала автогрейдера, установленного под углом 45–50° [8, 14].

В условиях Северо-Запада РФ целесообразно отсыпать насыпи из канав при помощи одноковшовых экскаваторов, оборудованных обратной лопатой с планировочным ковшом (рис. 2.5), в особенности, на переувлажненных грунтах и на заболоченной местности, где использование бульдозеров невозможно или затруднительно. Отсыпка насыпи производится в два слоя: первый слой из одной канавы, второй – из другой [14]. Этот же экскаватор может использоваться на планировочных и уплотнительных работах.



Рис. 2.5. Возведение насыпи одноковшовым экскаватором с планировочным ковшом

2.4.3. Возведение насыпей из грунта выемок

Грунты из выемок используют для отсыпки примыкающих к ним насыпей путем продольного перемещения грунта.

Для выполнения основных работ по продольному перемещению грунта применяют бульдозеры, экскаваторы или фронтальные погрузчики с транспортными средствами [14].

Разработка неглубоких (до 6 м) выемок бульдозерами производится по ярусно-траншейной схеме путем устройства параллельных полос – траншей, разделенных стенками нетронутого грунта между ними (перемычками) шириной 0,8–1 м.

К разработке верхнего яруса приступают после разбивки и обозначения границ выемки. Разработку каждого яруса и каждой траншеи начинают с ближнего к насыпи конца выемки и перемещают грунт в дальний конец отсыпаемого слоя насыпи. Грунт укладывают от бровки насыпи к оси дороги. Образовавшиеся при разработке выемки уступы срезают при планировке откосов.

Перемычки между траншеями срезают после разработки каждого яруса, начиная с дальнего от насыпи участка, движением бульдозера под углом с последующим перемещением грунта по выбранной траншее.

Работы ведут на двух частях захватки – на одной укладывают и разравнивают грунт, на второй его уплотняют.

В целях снижения потерь грунта при его перемещении по насыпи применяют бульдозеры с открьлками на отвале или с отвалами совкового типа.

Разработку грунта в неглубоких коротких выемках за одну проходку осуществляют методом лобового забоя, когда транспортные средства размещают сзади экскаватора. Для улучшения условий подъезда транспортных средств и уменьшения угла поворота экскаватора целесообразно осуществлять разработку грунта по схеме бокового забоя, когда транспортные средства размещают сбоку экскаватора.

Выемки небольшой глубины и ширины разрабатывают в основном за одну проходку экскаватора, при большой глубине и ширине выемки ее ведут несколькими проходками.

Послойную отсыпку насыпи автосамосвалами при продольном перемещении грунта ведут от краев к середине на двух захватках – на одной грунт разгружают и разравнивают требуемым слоем, на другой – уплотняют.

Глубокие выемки целесообразно разрабатывать экскаватором-драглайном. Разработку грунта драглайном производят ниже уровня стоянки экскаватора с выгрузкой в отвал или транспортные средства. В последнем случае рекомендуется применять челночный способ погрузки грунта, когда транспортные средства подают по дну выемки.

В настоящее время при строительстве дорог часто применяют фронтальные погрузчики, которые производительны, мобильны и могут конкурировать с одноковшовыми экскаваторами. Грунты I–III групп разрабатывают непосредственно погрузчиками, а IV группы – с предварительным рыхлением [8, 14].

2.4.4. Возведение насыпей из привозного грунта

В том случае, если местный грунт или грунт, получаемый при разработке выемок, оказывается непригодным для возведения насыпей из-за избыточного переувлажнения или неблагоприятного минералогического состава, необходимо использовать грунт из грунтовых карьеров (привозной грунт).

Технологический процесс возведения насыпи включает следующие рабочие операции:

- разработку и погрузку грунта;
- транспортировку грунта автомобилями-самосвалами;
- разравнивание грунта;
- увлажнение грунта при необходимости;
- послойное уплотнение грунта;
- планировку верха и откосов земляного полотна.

Разработка и погрузка грунта чаще всего производится экскаваторами. Наиболее эффективна работа экскаватора в том случае, когда погрузка автосамосвала осуществляется за четыре–шесть циклов. Применяется метод лобового или бокового забоя (см. п. 2.4.3) [14].

В качестве погрузочной машины можно использовать фронтальные погрузчики. В этом случае погрузчик вначале черпает материал, затем отъезжает от забоя, подъезжает к транспортным средствам и разгружает ковш. После этого цикл повторяется.

При выборе погрузчиков и транспортных средств необходимо учитывать их конструктивные особенности и размерные параметры. Эти машины должны быть увязаны по основным эксплуатационно-технологическим параметрам: грузоподъемности, вместимости ковша и кузова, ширине ковша и длине кузова, наибольшей высоте разгрузки ковша и высоте бортов, вылету кромки ковша и габаритной ширине транспортного средства [7].

При отсыпке насыпи автомобили-самосвалы могут работать способом «на себя» или «от себя» в зависимости от места расположения карьера и дорожных условий. Чаще применяют способ отсыпки «от себя».

При значительном объеме работ по строительству насыпей из привозного грунта эту работу можно выполнять в зимнее время. Практическим путем установлено, что производительность самосвалов зимой

увеличивается в 1,5–2 раза по сравнению с летом за счет увеличения скоростей движения по накатанным зимним дорогам.

2.4.5. Возведение насыпей на грунтах со слабой несущей способностью

Одними из самых распространенных слабых грунтов в условиях Республики Карелия являются болотные грунты. Насыпи на болотах целесообразно возводить в зимнее время, когда имеется возможность беспрепятственного проезда строительной техники по болоту.

Насыпи на болотах возводятся из привозных дренирующих грунтов с полным или частичным выторфовыванием, а также без выторфовывания.

При полном выторфовывании земляное полотно отсыпается непосредственно на минеральное дно болота. Выторфовывание выполняется экскаватором. Для этого предварительно полоса движения экскаватора очищается от растительности и снега. После промерзания полосы на глубину 0,3–0,4 м торф удаляется экскаватором, оборудованным обратной лопатой. Торф укладывается с обеих сторон будущей дороги. Высота отсыпаемой насыпи должна быть не менее 0,8 м. На неглубоких болотах I типа выторфовывание можно производить бульдозером.

При отсыпке насыпи без выторфовывания рабочие операции выполняются не по захваткам, а по всей протяженности болота. Это связано со сложностью разворота дорожно-строительных машин на узком земляном полотне. Насыпи на болотах отсыпаются способом «с головы» из привозных дренирующих грунтов автосамосвалами. При отсыпке насыпи в летнее время толщину первого слоя следует делать больше обычного (0,3–0,4 м), чтобы обеспечить безопасный проезд дорожно-строительной техники. Уплотнение производится виброкатками или трамбуемыми машинами.

При незначительной длине болота и наличии в непосредственной близости дренирующих грунтов насыпь можно возводить бульдозером с продольным перемещением грунта из сосредоточенных резервов.

При возведении насыпи на болоте без выторфовывания (рис. 2.6) и при толщине торфа 0,8–1 м грунт отсыпается либо непосредственно на нераскорчеванное основание, либо с укреплением выстилкой из хвороста или геосинтетическими материалами. При толщине торфа от 1 до 2 м под хворостяную выстилку укладывают разреженный настил из низкотоварной древесины, при толщине более 2 м земляное полотно обычно устраивается на сланях [14].



Рис. 2.6. Возведение насыпи на болоте без выторфовывания

2.5. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

2.5.1. Подготовка земляного полотна

Перед началом строительства дорожной одежды необходимо подготовить земляное полотно. При этом выполняют следующие виды работ: планировку земляного полотна автогрейдером за 1–2 прохода, его доуплотнение пневмошинными катками за 2–3 прохода по одному следу челночными походами, начиная от бровок земляного полотна, отступая от них на расстояние 0,3–0,5 м, а при необходимости и дополнительное укрепление минеральными материалами; подготовку временных подъездных путей для доставки материала к месту производства работ; производство разбивочных работ, обеспечивающих соблюдение проектной толщины, ширины основания и поперечных уклонов. Неровности от следа пневмошин заглаживают двумя-тремя проходами автогрейдера [8].

2.5.2. Строительство дорожных оснований и покрытий

Дорожные одежды низшего типа. Строятся из оптимальных грунтовых смесей (ОГС). Оптимальной грунтовой смесью являются супесчаные грунты следующего зернового состава: песчаных частиц – 65–82 %;

пылеватых частиц – 15–25 %; глинистых – 3–10 %. ОГС подбираются по принципу наибольшей плотности (наименьшей пористости).

В природе ОГС естественного происхождения встречаются редко. Необходимо подобрать оптимальный состав грунта путем перемешивания местного грунта с карьерным или нескольких грунтов между собой.

Перед строительством дорожных одежд из оптимальной грунтовой смеси необходимо произвести планировку и рыхление поверхности земляного полотна. Карьерный грунт выгружается в кучи на обочину, после чего автогрейдером перемещается и распределяется по ширине проезжей части. Перемешивание местного и карьерного грунта осуществляется последовательными круговыми проходами автогрейдера с перемещением от края к оси дороги. Процесс перемешивания повторяется до получения однородной смеси, затем ее профилируют автогрейдером и уплотняют катком. Местный грунт можно укреплять добавками щебня, гравия и шлаков.

Гравийные дорожные одежды. Гравийные материалы применяются как для оснований, так и для покрытий дорожных одежд. Гравийные дорожные одежды устраиваются по принципу плотных оптимальных смесей.

При толщине дорожной одежды до 0,18–0,20 м ее устраивают в один слой, при большей – в два, причем нижний слой составляет 0,6 общей толщины, верхний – 0,4, но не менее 0,08–0,10 м.

При строительстве гравийных дорожных одежд выполняются следующие технологические операции:

- подготовка земляного полотна перед устройством подстилающего песчаного слоя;
- устройство подстилающего песчаного слоя;
- разравнивание и планировка подстилающего слоя автогрейдером за 4–6 проходов;
- уплотнение дополнительного слоя пневмоколесными катками за 4–6 проходов по одному следу;
- устройство гравийной дорожной одежды в один или два слоя.

Гравийные дорожные одежды можно устраивать как в летний, так и в зимний период. Для этого необходимо иметь задел готового земляного полотна. Перед укладкой слоев дорожных одежд из гравийных материалов в зимний период земляное полотно очищают от снега. Уплотнение производится слоями не более 0,15 м. Покрытие устраивается на 0,7–0,8 от проектной толщины. Окончательная досыпка до проектной отметки производится после оттаивания земляного полотна и стабилизации просадок.

Щебеночные дорожные одежды. Щебень применяется как для оснований, так и для покрытий дорожных одежд. Щебеночные дорожные

одежды (рис. 2.7) строятся двумя способами: заклинки и из плотных смесей. В первом случае пустоты между однородным щебнем крупной фракции заполняются щебнем более мелкой фракции. Во втором – дорожные одежды строятся из оптимальных щебеночных смесей, подобранных из разнозернистых материалов по критерию минимальной пористости.



Рис. 2.7. Нижний слой основания дорожной одежды из щебеночной смеси

Для верхних слоев покрытий используется щебень фракции 40–70 мм, для средних и нижних слоев оснований и покрытий – 40–70 мм или 70–120 мм. Для расклинцовки используется щебень фракции 20–40, 10–20, а при устройстве верхнего слоя покрытия – фракции 5–10 мм.

Основные операции при строительстве щебеночных оснований и покрытий способом заклинки:

- распределение основной фракции щебня на проектную толщину с учетом коэффициента уплотнения;
- уплотнение слоя щебня в два приема (обжатие и взаимозаклинивание);
- распределение первой фракции мелкого щебня;
- уплотнение основания (расклинцовка);
- распределение второй фракции мелкого щебня;
- окончательное уплотнение слоя.

В качестве ведущей машины при строительстве щебеночных дорожных одежд целесообразно использовать щебнераспределители. При их отсутствии применяются бульдозеры или автогрейдеры.

Уплотнение щебня производится пневмоколесными катками или гладкими вальцовыми катками.

Основание толщиной до 0,2 м целесообразно устраивать в один слой из щебня фракции 40–120 мм, для расклинки использовать щебень 25–40 мм. Основание свыше 0,2 м – в два слоя, причем для нижнего используют щебень фракции 70–120 мм.

Дорожные одежды из грунтов, укрепленных вяжущими материалами (органическими и неорганическими), применяются в районах сневысокими запасами каменных материалов, а также при неудовлетворительном качестве естественных каменных материалов.

Строительство таких дорожных одежд включает в себя следующие технологические операции:

- размельчение грунта;
- равномерное распределение вяжущих в массе укрепляемого грунта;
- увлажнение полученной грунтовой смеси до оптимальной влажности;
- уплотнение смеси до максимальной плотности при соответствующей оптимальной влажности;
- уход за слоем уплотненной смеси с учетом особенностей вяжущих материалов.

Существуют следующие способы производства работ:

- приготовление смеси из местных грунтов в стационарных или передвижных смесительных установках с последующей транспортировкой готовой смеси к месту укладки;
- приготовление и укладка смеси из укрепленного грунта или других местных материалов непосредственно на строящейся дороге с использованием линейных однопроходных грунтосмесительных машин;
- приготовление и укладка смеси смешением на строящейся дороге с использованием многопроходных линейных машин – дорожных фрез.

Одним из основных неорганических вяжущих для укрепления грунтов является цемент.

Основания и покрытия из грунтов, укрепленных органическими вяжущими (например, битумом или битумными эмульсиями), устраивают горячим способом (с подогревом грунта и вяжущего) и холодным (без подогрева грунта, но с подогревом вяжущего). Наибольшее распространение получил холодный способ – смешение грунта с вяжущим материалом непосредственно на дороге.

Дорожные одежды из каменных (минеральных) материалов, обработанных органическими вяжущими материалами, устраивают-

ся следующими способами: пропитка, смешение на дороге, смешение в установке.

Пропитка – способ устройства покрытия, при котором по слою фракционированного щебня после предварительного уплотнения выполняют розлив органического вяжущего вещества, а затем россыпь расклинивающего материала с последующим уплотнением. В зависимости от глубины проникновения вяжущего различают глубокую пропитку – глубиной 0,08–0,10 м и полупропитку – 0,04–0,07 м.

Для покрытий и оснований по способу пропитки применяется щебень фракций 40–70, 20–40, 10(15)–20(25), 5(3)–10(15) мм.

Устройство покрытия по способу пропитки толщиной 0,08–0,10 м включает следующие операции:

- транспортировка щебня фракции 40–70 мм автомобилями-самосвалами;
- распределение щебня самоходными распределителями на подготовленное основание;
- уплотнение слоя без поливки водой легкими катками с гладкими вальцами за 2–3 прохода по одному следу, затем тяжелыми за 5–6 проходов по одному следу;
- розлив вязкого битума марок БНД 130/200, БНД 90/130 при температуре 100–120°C в количестве 6–8 л/м², немедленное распределение щебня первой расклинивающей фракции 20–40 мм в количестве 1,0–1,1 м³ на 100 м²;
- уплотнение тяжелыми катками с металлическими вальцами за 2–4 прохода по следу;
- второй розлив вяжущего в количестве 2–3 л/м², немедленное распределение щебня второй расклинивающей фракции 10–20 мм в количестве 1,0–1,1 м³ на 100 м²;
- уплотнение тяжелыми катками с металлическими вальцами за 3–4 прохода по следу;
- устройство замыкающего слоя (в следующую смену): розлив вяжущего в количестве 1,5–2,0 л/м², немедленная россыпь щебня фракции 5(3)–10 мм или 5(3)–15 мм в количестве 0,9–1,1 м³ на 100 м², уплотнение тяжелыми катками за 3–4 прохода по одному следу;
- послепостроечный уход за покрытием путем регулирования движения по всей ширине в течение 20–25 дней.

Смешение на дороге – способ устройства слоев дорожной одежды путем перемешивания различными механизмами гравийных или щебеночных материалов оптимального состава с жидкими органическими вяжущими, распределения и последующего уплотнения смеси. Толщина слоя в плотном теле – 0,05–0,10 м.

Устройство покрытия из гравия или щебня по способу смешения на дороге состоит из следующих операций:

- транспортировка каменных материалов на дорогу и укладка их в валик;
- разравнивание валика на ширину будущего покрытия минус 0,5 м или на ширину рабочего органа машин, которыми будет производиться перемешивание;
- устройство ряда параллельных канавок на поверхности слоя с помощью зубьев рыхлителя, предохраняющих битум от стекания на обочины;
- розлив органического вяжущего автогудронатором в несколько приемов в количестве 4–6 % от массы минерального материала;
- перемешивание вяжущего с гравием (щебнем) автогрейдером;
- уплотнение пневмокатками или гладковальцовыми катками за 3–5 проходов по одному следу.

Смешение в установке – приготовление смеси из фракционированного щебня с органическими вяжущими материалами в смесительной установке. Полученную смесь укладывают в горячем, теплом или холодном состоянии. Толщина слоя – 0,05–0,10 м.

При смешении каменных материалов с органическими вяжущими в установке можно получить:

- черный щебень, укладываемый в горячем и холодном состоянии;
- щебеночные или гравийные смеси, обработанные дегтем и укладываемые в горячем или холодном состоянии;
- щебеночные или гравийные смеси, обработанные эмульсиями и укладываемые в холодном состоянии.

Эти смеси получают в асфальтосмесительных установках. Средний расход вяжущих: битума для черного щебня – 1,5–4,5 %; дегтя для щебеночных и гравийных смесей – 2,5–8 % от массы минеральных материалов.

Горячий и теплый щебень, а также теплые дегтеминеральные смеси незамедлительно после приготовления транспортируют на дорогу и укладывают. Холодные смеси после приготовления охлаждаются до температуры 30–35°C, транспортируются на склад, где могут храниться до 2–8 месяцев [14, 15].

2.6. ОБУСТРОЙСТВО ДОРОГИ

Обустройство дороги производится с целью обеспечения безопасности движения и придания дороге законченного эстетического вида. Для этого устанавливают дорожные знаки, ограждения, наносят раз-

метку, устраивают направляющие устройства, проводят мероприятия по озеленению, создают малые архитектурные формы.

Число дорожных знаков и указателей, а также места их установки выбирают на основании организации движения транспортных и пешеходных потоков с выделением на дорогах опасных участков. Дорожные знаки, кроме километровых, устанавливают на правой по направлению движения стороне дороги. Километровые знаки располагают по правой стороне дороги по ходу километража (от пункта примыкания дороги). Дорожные знаки располагают на специальных присыпных бермах за пределами обочин так, чтобы крайние выступающие части дорожных знаков располагались не ближе 1,75 м от кромки проезжей части.

Для привлечения внимания водителей, а также для предотвращения или минимизации повреждений от съезда автомобилей с высоких насыпей, устанавливают направляющие устройства: сигнальные столбики, тумбы, металлические ограждения [14, 15].

3.1. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И УДОБСТВА ДВИЖЕНИЯ

При проектировании, строительстве, эксплуатации и ремонте лесных дорог должны быть в полной мере учтены условия, влияющие на возникновение дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Согласно анализу информации о дорожно-транспортных происшествиях с участием лесовозных автопоездов в Республике Карелия, проведенному авторами в 2011–2013 гг., выявлено, что 53 % происшествий происходят на участках кривых в плане. Это связано с тем, что на данных участках не обеспечивается требуемая видимость, а также эти участки дорог не соответствуют параметрам движения современных транспортных средств.

32 % происшествий на кривых в плане происходят с участием легковых автомобилей (столкновение транспортных средств, движущихся во встречных направлениях вследствие необеспеченной видимости), 68 % ДТП связаны с опрокидыванием лесовозных автопоездов (несоответствие скорости движения лесовозного автопоезда параметрам кривой).

ДТП на участках прямых в плане связаны с неправильной оценкой габаритов (47 %), с неверным выбором скоростного режима движения (23 %), неудовлетворительным состоянием транспортных средств (18 %), влиянием прочих факторов (12 %).

При эксплуатации существующих лесных дорог, а также при разработке проектов новых дорог необходимо выявлять участки, не соответствующие требованиям безопасности движения, и предусматривать мероприятия по повышению безопасности движения [13]. Анализ проектов дорог направлен на выявление фактической максимальной безопасной скорости движения $V_{без}$ – предельной скорости, при которой возможно совершение маневра объезда препятствия, экстренной

остановки или предотвращение ДТП. Эта скорость зависит от параметров плана и профиля. При отсутствии данных в качестве безопасной можно использовать скорость движения, принятую за нормативную при проектировании участка лесной дороги.

При превышении этой скорости значительно возрастает вероятность возникновения ДТП. При достижении предельной скорости движения $V_{пред}$ ДТП является неизбежным. Использование современных систем активной безопасности позволяет увеличить значение безопасной скорости, однако, в конечном счете, скорость определяет сам водитель на основании своего мастерства и учета реальных погодо-климатических условий. От опыта водителя зависит безопасность движения, однако, принимая правильные технические и организационные меры, можно снизить тяжесть и количество ДТП.

Участки дорог, на которых необходимо проведение мер по повышению безопасности движения, выявляют следующими методами: на основе анализа данных о ДТП; методом коэффициентов аварийности; методом коэффициентов безопасности; методом конфликтных ситуаций. Выбор метода зависит от наличия данных о ДТП (в случае их возникновения), а также от стадии разработки мероприятий (существующая или вновь проектируемая дорога) [11].

Метод коэффициентов безопасности используется на дорогах с низкой интенсивностью, так как основан на учете движения одиночного автомобиля. Коэффициентом безопасности называют отношение максимальной скорости движения на участке $V_{уч}$ к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок V_B :

$$K_6 = \frac{V_{уч}}{V_B}. \quad (3.1)$$

Опасность движения по участку оценивают исходя из значений коэффициента безопасности: при $K_6 > 0,6$ участок считают неопасным; при $K_6 = 0,45-0,6$ – опасным; при $K_6 < 0,45$ – очень опасным.

Скорость движения может быть определена аналитическим путем либо по данным непосредственных измерений на дорогах [9,10]. Для эксплуатируемых дорог максимальная скорость определяется на основе наблюдений, которые могут проводиться с помощью радаров. В настоящее время, в связи с широким внедрением глобальных спутниковых систем мониторинга транспорта, рекомендуется для определения скоростей использовать данные мониторинга, которые отражают скорость движения в целом по дороге, а не на отдельных ее участках (рис. 3.1).

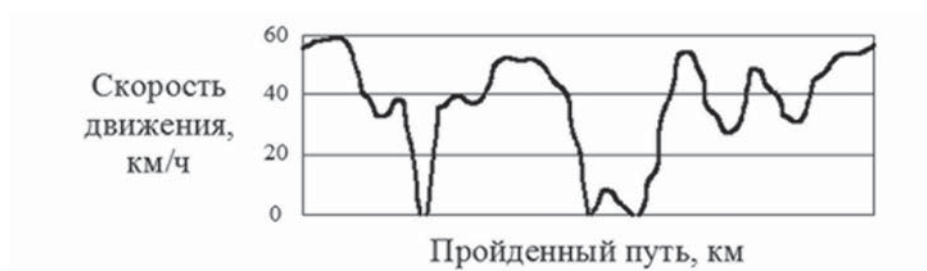


Рис. 3.1. Данные системы мониторинга движения транспорта

Вывозка лесоматериалов автопоездами осуществляется в течение круглого года. Для оценки влияния погодных условий и состояния дороги на условия движения строят сезонные графики коэффициента безопасности (рис. 3.2). При этом в формулы расчета максимальной скорости вводят значения параметров и характеристик, отражающих состояние дороги и погодные условия.

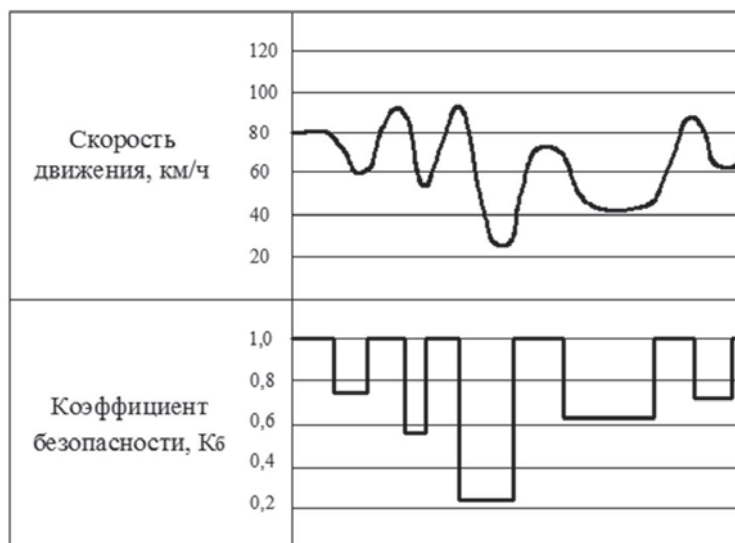


Рис. 3.2. График коэффициента безопасности

Метод коэффициентов аварийности основан на определении итогового коэффициента аварийности K_a :

$$K_a = \prod_{i=1}^{i=n} K_i, \quad (3.2)$$

где K_i – частные коэффициенты аварийности, полученные в результате анализа статистических данных о ДТП и характеризующие влияние на

безопасность движения параметров дорог в плане, поперечном и продольном профилях, элементов обустройства, интенсивности движения, состояния покрытия;

n – число частных коэффициентов аварийности, учитываемых при оценке безопасности движения на дорогах.

Значения частных коэффициентов аварийности приведены в табличном виде в [11]. Дорожные организации могут определять дополнительные коэффициенты, учитывающие местные условия.

Опасность движения по участку оценивают исходя из значений итогового коэффициента аварийности: при $K_a > 40$ участок считают очень опасным; при $K_a = 20-40$ – опасным; при $K_a < 20$ – малоопасным.

По значениям итоговых коэффициентов аварийности строят линейный график, на который наносят план и профиль дороги, выделив все элементы, от которых зависит безопасность движения (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересечения с другими дорогами и др.) (рис. 3.3).

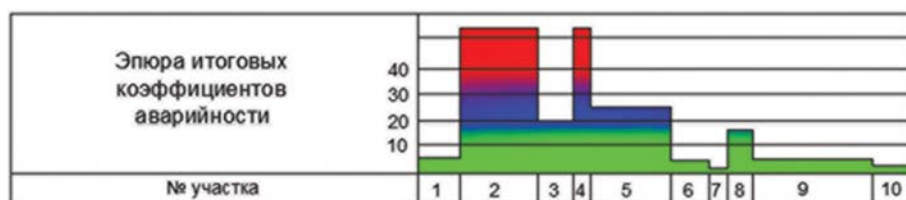


Рис. 3.3. График итоговых коэффициентов аварийности

Таким образом, используя один из представленных методов, можно выявить участки возможного возникновения ДТП и выполнить мероприятия по повышению безопасности движения: установку знаков ограничения скорости движения, обеспечение видимости на кривых в плане, устройство виражей, смягчение продольного уклона, уполаживание откосов, либо перестройка участков.

В заключение необходимо отметить, что ошибки водителей в управлении транспортным средством и нарушение правил дорожного движения являются главной причиной большинства происшествий. Но эти ошибки и нарушения, как правило, связаны с недостатками содержания дорог и неблагоприятными погодными условиями, которые в 50–80 % случаев являются одной из косвенных причин, а в 15–20 % случаев главной причиной происшествий [3]. Исходя из данных оценки безопасности движения по дороге по одному из предложенных методов, выявляют причины, оказывающие влияние на возникновение ДТП. В зависимости от причин принимают меры, направленные на

снижение аварийности. Эти меры могут быть включены в состав работ по содержанию либо ремонту дорог.

3.2. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Под содержанием дорог понимают комплекс работ по поддержанию надлежащего технического состояния автомобильной дороги, оценке ее технического состояния, а также по организации и обеспечению безопасности дорожного движения.

3.2.1. Зимнее содержание лесных дорог

Зимнее содержание лесных автомобильных дорог включает защиту от снежных заносов, очистку от снега, предупреждение и устранение зимней скользкости и наледей (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Вывозка лесоматериалов в зимний период

Основными показателями зимнего содержания лесных дорог являются (рис. 3.5):

- ширина чистой от снега и льда поверхности дороги B ;
- толщина слоя рыхлого снега на поверхности дороги с начала снегопада или метели до начала снегоочистки;
- толщина слоя уплотненного снега на проезжей части $h_{пч}$ и обочинах h_0 ;
- сроки очистки дороги от снега и сроки ликвидации зимней скользкости.

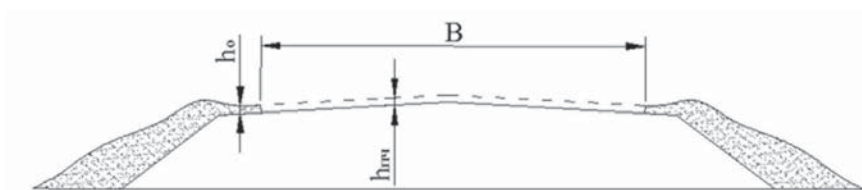


Рис. 3.5. Показатели зимнего содержания лесных дорог

Требования к показателям назначаются в зависимости от интенсивности движения и типа покрытия. На основе требований подбирается необходимая техника для производства работ, требуемое количество единиц и потребные материалы. При зимнем содержании лесных дорог выполняют следующий комплекс работ: уход за постоянными снегозащитными сооружениями; заготовку, установку, перестановку, уборку и восстановление временных снегозадерживающих устройств (щитов, изгородей, сеток и др.), сигнальных вех; формирование снежных валов и траншей для задержания снега на придорожной полосе и их периодическое обновление; механизированную снегоочистку, расчистку лесных дорог от снежных заносов, борьбу с зимней скользкостью, уборку снежных валов с обочин; профилирование и уплотнение снежного покрова на проезжей части лесных дорог с переходным или низшим типом покрытия; распределение противогололедных материалов; очистку снежно-ледяных отложений на дорожных знаках; закрытие отверстий водопропускных труб осенью и открытие их весной, очистку водопропускных труб от снега, льда, мусора и посторонних предметов.

Очистку занесенных снегом дорог можно проводить специальными снегоочистительными машинами (одно- и двухотвальными плужными автомобильными и тракторными снегоочистителями), дорожными машинами (бульдозерами, грейдерами, автогрейдерными), а также простейшими орудиями (угольниками). Выбор машины зависит от толщины отложения снега на дорожном покрытии.

Применение плужных снегоочистителей эффективно по слою свежеснегавшего снега небольшой толщины. Плуг представляет навесное сменное оборудование, состоящее из отвала, ножей и рамы. Для очистки покрытия от свежеснегавшего снега применяют отвалы малой кривизны цилиндрической формы. Для скоростной очистки применяют скошенные, конической формы отвалы. С отвалами используются различные виды ножей: плоский, сетчатый, гребенчатый. Выбор определенного ножа зависит от условий снегоочистки. Плоские ножи предназначены для очистки покрытия от свежеснегавшего снега; сетчатые – для очистки от снега, профилировки дорог, содержащихся в накатной технологии, удаления с поверхности дороги гребенки,

а также нарезки бороздок (рис. 3.6); гребенчатый – применяется для разрушения ледяного покрытия [3].



Рис. 3.6. Сетчатый нож для очистки от снега

Для очистки покрытия от слоя малоуплотненного свежевыпавшего снега толщиной до 0,1 м применяют отвалы малой кривизны, которые устанавливаются на поворотной раме и снабжаются стальными или резиновыми ножами. Резиновые ножи предпочтительнее на дорогах с неровным покрытием и более долговечны.

Для очистки покрытия от слоя среднеуплотненного снега толщиной 0,1–0,3 м целесообразно использовать машины с трехосным шасси, которое обеспечивает продольную устойчивость машины. Помимо переднего отвала такие машины снабжаются боковым отвалом, значительно увеличивающим полосу очистки. Ножи отвалов – стальные. Эти машины позволяют проводить очистку на скорости до 40–60 км/ч.

При применении плужных снегоочистителей очистку необходимо начинать с началом снегопада либо метели, при этом машины должны двигаться с максимально возможной скоростью. Это обеспечивает отбрасывание снега за пределы дорожного полотна и предотвращает образование снежных валов на обочинах.

Схема работы при применении всех снегоочистительных машин одинаковая: снег перемещают от оси дороги к обочинам, далее с помощью удлинительных и боковых крыльев за пределы. Не допускается образование снежных выемок, так как они будут быстро заноситься снегом.

Очередность производства работ по снегоочистке зависит от категории снеготранспорта участков. В первую очередь очистку необходимо производить на сильно- и среднетранспортных участках, к которым относятся выемки и невысокие насыпи [3].

Для защиты дорог от снега на открытых участках местности устанавливают переносные решетчатые деревянные щиты или устраивают

более экономичные в эксплуатации снежные валы и траншеи. Снежные валы возводят бульдозерами, снегоочистителями, угольниками, собирая снег в гряды высотой 1,5–2 м. Снегоулавливающие траншеи устраивают в снегу параллельно дороге на расстоянии 30–100 м от бровки земляного полотна. Количество одновременно прокладываемых траншей зависит от объема снеготранспорта. Оптимальное расстояние между осями соседних траншей составляет 12–15 м. После заполнения траншей снегом до половины глубины производят их прочистку проходами машин по старому следу. На устройстве траншей применяют бульдозеры, двухотвальные снегоочистители и угольники.

Вид снегозадерживающего устройства определяют исходя из объемов снегоприноса, необходимого объема снегозадержания, а также условий прохождения трассы автомобильной дороги [3] (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Снегозадерживающая способность различных видов защитных сооружений

Вид защитного сооружения	Снегозадерживающая способность, м ³ /м
Снегозащитные лесные полосы	25–200
Снегозадерживающие заборы	100–200
Переносные щиты	30–120
Устройство с изменяющейся просветностью	20–90
Сетка из полимерных материалов	10–75
Снежные траншеи (валы)	до 10

В зимний период в значительной степени ухудшаются сцепные качества дорожных покрытий вследствие отложения снега и замерзания влаги. Для уменьшения скользкости дороги ее поверхность следует посыпать различными материалами, повышающими коэффициент сцепления. Выбор материала и норма распределения зависят от вида скользкости.

Согласно [10], различают следующие виды зимней скользкости:

- рыхлый снег;
- снежный накат;
- стекловидный лед.

С точки зрения обеспечения безопасности движения необходимо обеспечивать значение коэффициента сцепления не ниже 0,3.

Для борьбы с зимней скользкостью применяют следующие виды противогололедных материалов: химические, фрикционные, комбинированные.

К фрикционным материалам относят мелкий щебень, песок, песчано-гравийную смесь, шлаки и золы уноса. Основным назначением

этих материалов является повышение коэффициента сцепления колеса со снежно-ледяными отложениями на покрытии для обеспечения безопасных условий движения. Фрикционные противогололедные материалы повышают коэффициент сцепления до 0,3. Однако в процессе эксплуатации дороги они выносятся за пределы проезжей части ветром и воздушными завихрениями после прохода транспортных средств.

Химический способ основан на использовании химических материалов, обладающих способностью при контакте со снежно-ледяными отложениями переводить их в раствор, не замерзающий при отрицательных температурах. Наиболее часто применяют техническую поваренную соль NaCl , хлористый кальций CaCl_2 , хлористый магний MgCl_2 .

Комбинированный способ (химико-фрикционный) предусматривает совместное применение химических и фрикционных песчано-гравийных материалов. Комбинированный способ применяют при необходимости ликвидации снежно-ледяных отложений с одновременным повышением коэффициента сцепления на них. Дорожные знаки чистят вручную либо дисковой щеткой, снег возле стоек дорожных знаков и сигнальных столбиков разбрасывают и откидывают на расстояние до 3 метров.

Работы по борьбе с зимней скользкостью в первую очередь должны вестись на участках с большими уклонами, поворотами в плане малого радиуса, а также на пересечениях дорог.

3.2.2. Весенне-летне-осеннее содержание лесных дорог

К началу весеннего периода вдоль лесных дорог накапливается большое количество снега. Для условий Республики Карелия объем снега, откладывающегося у дороги, достигает величины 100–150 м³/п.м. В результате повышения температуры воздуха и увеличения солнечной активности происходит таяние снега. Таким образом, весенний период характеризуется обилием воды, поступающей от таяния снега, как в пределах полосы отвода, так и с прилегающей местности (рис. 3.7).

В весенний период в задачи дорожной службы входят работы по предупреждению переувлажнения дорог, защиты пучиноопасных участков, предохранению дорог от разрушения. Работы необходимо производить перед началом снеготаяния. Следует отметить, что начало весеннего периода совпадает с началом таяния снега и может отличаться от наступления календарной весны.



Рис. 3.7. Лесная дорога в весенний период

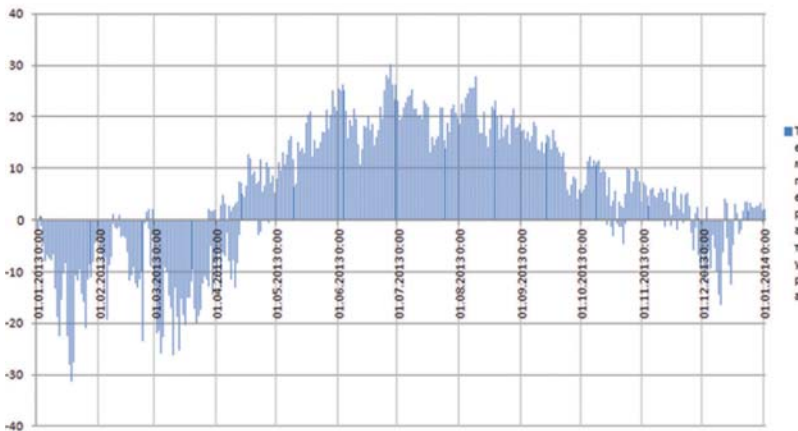


Рис. 3.8. Годовой график изменения температуры воздуха

Как видно из диаграммы (рис. 3.8), по данным за 2013 год, дата устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C для Олонецкого района – 15 апреля. При этом необходимо учитывать то, что в северных и южных районах республики сроки начала таяния снега могут значительно различаться [23], поэтому при вывозке древесины необходимо обладать данными температурного режима рассматриваемого района для обеспечения сохранности дорог. Эти данные могут быть взяты из климатических графиков (рис. 3.9).

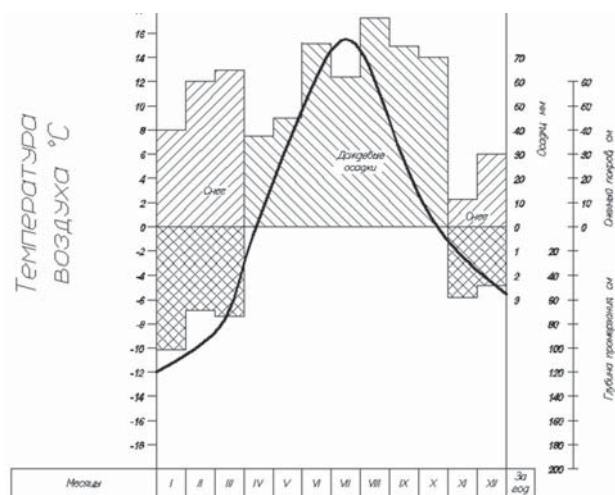


Рис. 3.9. Климатический график

Для обеспечения сохранности дорог в весенний период необходимо наладить работу всех водоотводных сооружений. Перед отверстиями труб и мостов в снегу по осям русел прорывают каналы протяженностью не менее 20–30 м по обе стороны от сооружений. По всей длине водоотводных канав производят их очистку от снега либо устраивают в снегу прорези шириной 0,5–0,7 м и глубиной до уровня грунта.

Цель данных работ – собрать воду, образующуюся в результате таяния снега, и не допустить ее попадания к земляному полотну. Необходимо также уделять внимание очистке обочин и откосов, где может образовываться снег и ледяной покров, препятствующий удалению воды с покрытия на откосы. Талая вода вымывает частицы материала покрытия и приводит к размывам покрытия, обочин и откосов (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Размыв бровки земляного полотна талыми водами

В конце весеннего периода, когда грунт просыхает, приступают к засыпке промоин, исправлению бровки земляного полотна, уборке оплывшего грунта, подсыпке откосов насыпи, планировке обочин и покрытия.

В летний период после оттаивания и просыхания земляного полотна и покрытий выполняют следующие работы: грейдерование для восстановления поперечного уклона и ровности; обеспыливание дорожного покрытия; пропуск воды по канавам и другим водоотводным сооружениям с их чисткой в отдельных местах от ила; вырубку древесной поросли с площадей, где она мешает обеспечению расчетной видимости; приведение в порядок обстановки пути.

Одной из основных работ при содержании лесных дорог является систематическое профилирование, проводимое с целью выравнивания поверхности дорожного полотна, заделки колеи, ям, выбоин, устранения гребенки и восстановления поперечного профиля. Профилирование лесных дорог осуществляют самоходным либо прицепным автогрейдером. Количество проходов машины зависит от состояния профиля дороги, ширины проезжей части, типа грейдера и рода грунта.

Первое профилирование производят весной после схода снега и оттаивания покрытия на глубину 0,05–0,10 м, вторичное производят, когда грунт оттаит на глубину 0,25–0,30 м. Первичное профилирование необходимо для обеспечения стока воды с поверхности дороги, вторичное – для выравнивания поверхности. В летний и осенний периоды профилирование производят после дождей, при возникновении колеи глубиной более 0,04 м. На сухих покрытиях профилирование не проводят, так как срезанный материал покрытия сдувается ветром и способствует пылеобразованию.



Рис. 3.11. Профилирование покрытия лесной дороги

Проходы автогрейдера осуществляются от края дороги к оси с перекрытием следа на 0,2–0,3 м. Угол захвата ножа устанавливается в диапазоне 40–60° к оси дороги, угол наклона – 1–3°. Профилирование производится на слегка увлажненном покрытии, чтобы обеспечить срезку грунта (рис. 3.11). Перед производством работ необходимо удалить воду и грязь из колеи и выбоин, в случае их наличия. Повторное профилирование производится от оси дороги к краям с целью предупреждения накопления грунта у оси дороги.

Осенью профилирование производят для устранения мест застоя воды на покрытии и с учетом того, чтобы покрытие в зимний период было ровное и без колеи.

Одним из важных мероприятий при содержании грунтовых и гравийных дорог в сухое время года является их обеспыливание. Для обеспыливания покрытий переходного и низшего типов, устроенных без применения органических вяжущих, используют материалы, приведенные в табл. 3.2 [3]. Обработку осуществляют путем распределения обеспыливающих материалов по поверхности покрытия.

Таблица 3.2

Обеспыливающие материалы для дорожных покрытий

Материал	Единицы измерения	Норма расхода на 1 м ² покрытия			Срок действия, сут.
		гравий	щебень	грунт	
Вода техническая	л	1,0–2,0	0,5–1,5	1,5–2,5	0,04–0,12
Кальций хлористый технический твердый	кг	0,6–0,9	0,4–0,7	0,7–1,0	20–40
Кальций хлористый технический жидкий	л	1,3–2,2	1,0–2,0	1,7–2,4	15–25
Лигносulfонаты технические	л	1,2–2,0	1,0–1,8	1,6–2,2	20–30
Битумные эмульсии	л	1,2–1,5	1,0–1,3	1,5–2,0	30–90
Жидкие битумы	л	0,8–1,0	0,7–1,0	1,0–1,2	30–90

При подготовке дороги к зиме до наступления заморозков выравнивают поверхность покрытий, устанавливают снегозащитные сооружения, готовят песок и другие фрикционные материалы.

Содержание системы водоотвода заключается в прочистке водоотводных канав с обеспечением продольного уклона дна не менее 5 ‰, восстановлении укрепления на отдельных разрушенных участках, периодическом скашивании травы и удалении растительности, препятствующей отводу воды. Работоспособность системы водоотвода значительно влияет на срок службы дороги, дорожной одежды и по-

крытия, следовательно, этому элементу необходимо уделять повышенное внимание при содержании дорог.

Выявление проблемных для водоотвода участков осуществляется путем визуального обследования. Для получения достоверных данных работы по диагностике необходимо проводить ранней весной или поздней осенью, когда отсутствует значительное количество травы и кустарниковой растительности, а количество талых вод максимально. Визуальное обследование необходимо совмещать с видеосъемкой, а также применением устройств глобального позиционирования. Это обеспечит точное позиционирование проблемного участка и поможет в дальнейшем при выборе устройств системы водоотвода на данном участке. Необходимо помнить, что результаты визуального обследования являются субъективными и во многом зависят от профессионализма работника. Наличие специализированного оборудования, например георадара, поможет выявить скрытые процессы и принять научно обоснованное решение.

К дефектам содержания, вызывающим проблемы водоотвода, относят: выбоины на проезжей части; недостаточный уклон проезжей части; зарастание канав или заиливание; неудовлетворительное состояние труб. В случае если проблемы водоотвода связаны с прохождением участка по низинным местам с недостаточным для стока воды уклоном, необходимо увеличивать высоту насыпи. Однако следует учитывать, что при увеличении высоты насыпи возрастает давление на грунт, что может привести к нарушению устойчивости земляного полотна. Замена грунтов на непучинистые и водоустойчивые позволяет также решить проблему переувлажнения. При наличии в основании горных пород, препятствующих отводу воды, грунты также заменяют [16].

Основные работы по содержанию деревянных мостов заключаются в защите от гниения, замене элементов, поврежденных гнилью, устранении дефектов соединений.

Для защиты древесины от гниения применяют антисептические пасты, водорастворимые и маслянистые антисептики. Маслянистые антисептики используют в сухую погоду в летний период, водорастворимые – преимущественно весной, когда влажность древесины наибольшая. Для предупреждения образования коррозии стальные элементы окрашивают масляной краской или битумным лаком.

При содержании водопропускных труб производят осмотр и обязательно фиксируют наличие дефектов. По этим данным можно сделать вывод о необходимости производства работ, не входящих в комплекс содержания. При осмотре водопропускных труб на начальном этапе визуально оценивают состояние проезжей части над трубой, состояние укрепления откосов, лотка и русла, высоту насыпи над трубой,

а также положение трубы в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 3.12).

При содержании водопропускных труб устраняют скопление воды у входного и выходного оголовков, производят скашивание травы у оголовков, очистку русла от древесно-кустарниковой растительности, препятствующей движению воды. В случае размыва укрепления откоса насыпи или оголовка водопропускного сооружения производят его восстановление. Сами трубы в случае их заиливания прочищают, а размывы русла восстанавливают и укрепляют [3].



Рис. 3.12. Дефекты водопропускных сооружений

3.3. РЕМОНТ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

В зависимости от состояния земляного полотна, системы водоотвода, дорожной одежды, элементов оборудования и обустройства в процессе эксплуатации дороги возникает необходимость выполнения различных видов ремонтно-восстановительных работ. Вид работ определяют по результатам обследования участка дороги с фиксацией обнаруженных дефектов.

3.3.1. Основные дефекты земляного полотна, дорожной одежды и покрытий

Под воздействием грунтово-гидрологических условий и климатических факторов в конструкции земляного полотна могут образоваться и накапливаться деформации. В зависимости от причин образования деформации делятся на следующие виды: деформации в активной зоне, просадка, расползание насыпи, деформации откосов.

Деформации в активной зоне возникают из-за доуплотнения грунта, потери грунтом прочности или в результате пучинообразования. Доуплотнение происходит вследствие воздействия транспортных нагрузок и веса вышележащих слоев. Причиной потери грунтом прочности и пучинообразования является переувлажнение поверхностными (грунтовыми) водами.

Деформации активной зоны проявляются в виде отдельных просадок покрытия различной площади с плавными очертаниями краев или осадки по всему поперечнику на определенном протяжении дороги.

Причиной деформаций земляного полотна на слабых основаниях является потеря устойчивости основания. При этом деформации носят название осадок.

Осадки могут сопровождаться выдавливанием грунта основания насыпи. Выдавливание связано с пластическим течением и более свойственно болотным грунтам с малой водопроницаемостью и низким углом внутреннего трения. При недоучете уклона кровли плотных пластов, подстилающих болотную залежь, возникают оползневые сдвиги.

Расползание насыпи происходит в результате использования при строительстве без специальных мероприятий переувлажненных грунтов, несоблюдения требований по уплотнению грунтов, а также недоучете их повышенного капиллярного увлажнения.

Деформации откосов насыпей и выемок связаны с потерей их общей или местной устойчивости. Основными формами нарушения откосов являются: обрушение со срезом и вращением, возникающими в глинистых грунтах, находящихся в переувлажненном состоянии на неустойчивом основании; скол при просадке, возникающий при наличии в толще откоса грунтов с низкой несущей способностью; скольжение, возникающее при наличии ясно выраженной поверхности скольжения; оползневой сдвиг, возникающий при слоистом строении толщи с увлажненными мягкими пластичными глинистыми прослойками.

К деформациям дорожной одежды относят пучины, проломы и просадки. К деформациям дорожных покрытий относят: износ, колею, гребенку и выбоины [3].

Износ покрытия (истирание) – уменьшение толщины слоя покрытия в результате потери материала под действием колес транспортных средств и природных факторов. Величина износа в значительной степени зависит от веса транспортных средств: при движении грузовых автомобилей истирание покрытия до двух раз больше, чем при движении легковых автомобилей. Износ покрытия в пределах проезжей части и уменьшение толщины покрытия происходит неравномерно, вызывая появление колеи истирания по полосам наката. Необходимо отметить, что с ростом прочности материала покрытия величина

износа снижается и становится более равномерной по ширине. В случае применения малопрочных материалов интенсивность износа возрастает, появляются колея истирания и выбоины. Во время дождей в колеях образуется значительный слой воды, который приводит к снижению сцепных качеств, аквапланированию и интенсивному эрозионному воздействию.

Колея – вид деформирования, в результате которого на поверхности проезжей части образуются продольные углубления по полосам наката с гребнями выпирания или без них.

Колея образуется под воздействием двух групп факторов: 1 – действующие нагрузки, климатические условия, условия увлажнения грунта земляного полотна; 2 – физико-механические характеристики дорожной конструкции (прочность дорожной одежды, степень уплотнения грунтов земляного полотна и конструктивных слоев дорожной одежды, тип грунта и ее свойства.

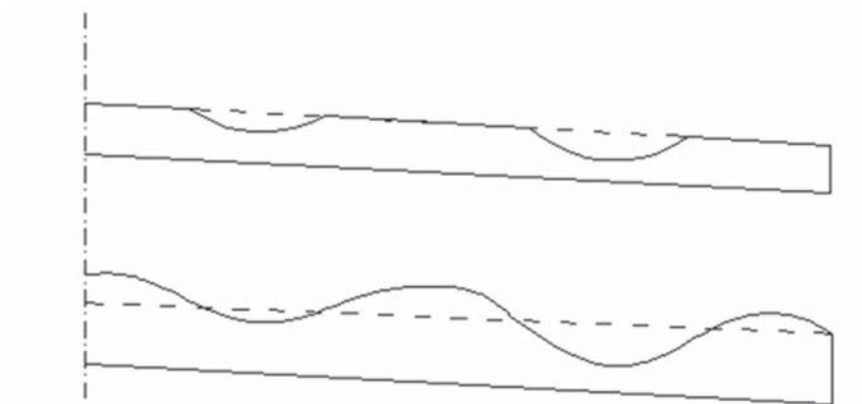


Рис. 3.13. Колея на покрытии дороги

По форме поперечного профиля колеи могут быть в виде углублений по полосам наката либо в виде углублений с гребнями выпора (рис. 3.13).

Выбоины – разрушения покрытия разной формы в виде углублений с резко выраженными краями (рис 3.14).

Выбоины оказывают значительное влияние на безопасность движения и производительность транспортных средств.



Рис. 3.14. Выбоина на покрытии лесной дороги

Гребенка – разрушение покрытий из щебня, гравия и грунта в виде поперечных выступов и углублений (рис. 3.15). Образуется как в летний период, так и зимой. Причинами образования гребенки называют движения транспортных средств с одинаковыми нагрузками и скоростями. При появлении гребенки увеличиваются динамические нагрузки на дорожную одежду, что приводит к образованию выбоин и снижению срока службы дороги.



Рис. 3.15. Гребенка на дорожном покрытии

3.3.2. Оценка состояния лесных дорог

Для получения информации о состоянии дороги, планирования ремонтных работ и распределения денежных средств производят диагностику состояния дороги.

Диагностика состояния лесных автомобильных дорог состоит из следующих основных этапов:

- подготовительные работы, которые включают сбор материала по участку дороги, анализ документации, а также подготовку оборудования;
- полевые работы, которые заключаются в обследовании дороги и фиксации обнаруженных дефектов конструктивных элементов;
- камеральные работы по обработке полученных данных, составление итоговых ведомостей;
- разработка рекомендаций по объему и видам работ, формирование баз данных.

На этапе подготовительных работ собирают всю имеющуюся информацию по участку дороги: план трассы, по которому определяют радиус кривых, ширину чистой от растительности полосы для обеспечения видимости, наличие виражей, наличие и количество водопропускных труб; продольный профиль для анализа характеристик движения, наличия канав; журналы производства работ по содержанию; график обстановки дороги; данные из ГИБДД по ДТП.

При полевых работах для оценки состояния дороги производят визуальный осмотр и инструментальные измерения.

При оценке состояния проезжей части фиксируют наличие, размеры и количество дефектов, указанных в пункте 3.3.1.

Инструментальное измерение проводят на участках дорог с удовлетворительным, плохим и очень плохим состоянием (рис. 3.16). При инструментальных измерениях определяют поперечный уклон, глубину колеи, ровность поверхности покрытия. Измерения выполняют не менее чем в трех поперечниках на 100 м.



Рис. 3.16. Пример неудовлетворительного содержания дороги

По результатам обследования составляют дефектные ведомости, которые включают в себя адрес дефекта и его вид.

На основании дефектной ведомости составляют рекомендации по видам, объемам и очередности работ (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Рекомендации по ремонту лесной дороги

Очередность работ	Вид дорожно-ремонтных работ	Адрес микроучастка, км+	
		начало	конец
1	Ремонтная профилировка	261	262
2	Ямочный ремонт	250	252,2
3	Увеличение видимости, смягчение продольного уклона	201	201,1

Располагая этими данными и данными об объеме финансирования можно определить объем работ, необходимый для проведения в расчетный период.

3.3.3. Технология работ при ремонте дорожной одежды

Скорость движения лесовозных автопоездов в значительной степени зависит от состояния покрытия [2]. В процессе эксплуатации дороги на покрытии возникают дефекты. Одним из наиболее распространенных дефектов являются выбоины. Для их устранения проводят ямочный ремонт покрытия.

При ремонте дорожных одежд восстанавливают слой износа, ровность покрытия и другие транспортно-эксплуатационные качества, предъявляемые к дороге данной категории.

Технология работ при проведении сплошной ремонтной профилировки состоит из следующих операций: перестройки дорожной одежды в местах пучин, просадок; очистки поверхности покрытия от грунта, грязи, мусора; киркования проезжей части и предварительного профилирования; вывозки на покрытие готовой гравийной смеси; распределения смеси, профилирования и уплотнения.

При перестройке дорожных одежд в местах пучин и просадок в нижние слои укладывают крупный материал, а в верхний – мелкий. Материал укладывают слоями и тщательно уплотняют катками или трамбовками.

Перед киркованием покрытие необходимо полить водой в количестве 6–12 л/м². Киркование производят на глубину наибольших неровностей. Как правило, глубина киркования составляет не менее 0,04–0,05 м.

На спланированную поверхность вывозят готовую гравийную смесь и выгружают в конусы на обочину. Расстояние между конусами определяют в зависимости от потребности материала на 1 м. При невозможности получения из карьера гравийных смесей требуемого зернового состава их готовят на месте (на дороге) путем добавления и тщательного перемешивания отдельных фракций. По завершении планирования слоя его уплотняют.

В процессе укатки и после ее окончания проверяют ровность, геометрические параметры, поперечный уклон и плотность покрытия.

Прикатка слоя выполняется проходом катков от краев к середине с перекрытием следа на 1/3 ширины заднего вальца. Скорость движения катка должна быть 1,5–2 км/ч. Число проходов катка по одному следу определяется пробной укаткой и колеблется от 3 до 6.

После окончания прикатки производят контроль ровности слоя и поперечных уклонов рейкой длиной 3 м. Обнаруженные дефектные места исправляют.

Уплотнение производят от бровки при скорости движения 3–5 км/ч. При последующих проходах каток смещается к середине на 2/3 ширины вальца. Скорость может быть повышена до 12–15 км/ч. Количество проходов катка по одному следу изменяется в диапазоне от 10 до 25. Для установления точного числа производят пробную укатку [17].

Окончание укатки определяют по прекращению осадки уплотняемого слоя от прохода катка и прекращению движения волны перед катком.

При эксплуатации дороги возникает необходимость ремонта и перестройки труб. Перед началом производства работ зону ограждают в соответствии с действующими нормативами путем установки дорожных знаков, устройства ограждений, при необходимости устройства объезда.

После этого приступают к разборке существующей дорожной одежды. Для этого используются экскаваторы, фронтальные погрузчики, бульдозеры и автосамосвалы. После разборки дорожной одежды приступают к разборке земляного полотна. Разборку осуществляют экскаватором до уровня основания водопропускной трубы, устраивают котлован таким образом, чтобы с одной стороны трубы он был шире основания на 3 м, а с другой стороны – на 1 м, заложение откосов котлована должно быть не круче 1:1. Для съезда автомобилей с дороги в котлован устраивают пандус с верховой части трубы, уклон пандуса не должен превышать 10%. Этим обеспечивают возможность пропуска автомобилей и движения рабочих, безопасность работ. Если через перестраиваемую трубу проходит водоток, то котлован уширяют и устраивают временное русло.

Для разборки существующей трубы применяют отбойные молотки, автокраны, бульдозеры, автомобили-самосвалы. В случае если основание трубы не имеет дефектов, то его сохраняют, в противном случае сдвигают с помощью бульдозера и используют при необходимости. После разборки трубы дно котлована планируют и уплотняют, при необходимости делают досыпку. Монтаж труб осуществляют согласно технологии, описанной в главе 2.

3.4. ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ ПО СОДЕРЖАНИЮ И РЕМОНТУ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Основными характеристиками, определяющими транспортно-эксплуатационное состояние дороги, являются: геометрические параметры, состояние дорожной одежды и ее прочность, ровность покрытия, обеспеченная скорость движения.

Геометрические параметры задаются на стадии проектирования в соответствии с действующими нормативными документами и зависят от категории дороги. Величина отклонений от нормативных величин не должна превышать предельно допустимых регламентированных значений [17]. К геометрическим параметрам дорог относят ширину проезжей части и обочин, радиусы кривых в плане и в продольном профиле, продольные и поперечные уклоны, расстояние видимости. Если значения параметров выходят за диапазон допустимых величин, проводятся работы по содержанию с целью доведения этих параметров до требуемых значений.

Прочность дорожной одежды задается при проектировании и зависит от расчетной нагрузки и интенсивности движения. Основным показателем прочности является коэффициент прочности.

Прочность дорожной одежды можно оценить как инструментально, так и визуально. При инструментальном обследовании на каждом характерном участке дороги назначают контрольную точку. Испытания на контрольных точках осуществляют методом статистического нагружения колесом автомобиля или методом кратковременного нагружения.

При визуальной оценке прочности в весенний период после снеготаяния и до начала ослабления дорожной одежды группой специалистов (инженер, техник и водитель), осуществляется проезд по участку дороги со скоростью 10–20 км/ч. При этом производится фиксация дефектов покрытия.

При значении коэффициента прочности менее 1 производят работы по усилению конструкции дорожной одежды.

Ровность покрытия является характеристикой плавности, удобства и безопасности движения по лесным дорогам. Ровность измеряют как в продольном, так и в поперечном направлении. Ровность в продольном направлении показывает колебания автомобиля при движении, в поперечном направлении – наличие колеи.

Величину колеи определяют с помощью рейки РДУ «Кондор» и клинового промерника (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Рейка РДУ «Кондор» и клиновой промерник

При измерении по способу вертикальных отметок рейка укладывается на покрытие вдоль оси дороги на подставочные стаканы, при помощи которых выводится в горизонтальное положение, по отношению к которому определяются просветы. Отклонения от условной прямой линии поверхности являются показателем ровности.

Ровность можно оценить также с помощью нивелира и нивелирной рейки. Для этого выбирают участок длиной не менее 400 м, на котором с шагом 5 м отмечают точки на дорожном покрытии. По данным нивелирования определяют относительные отметки точек поверхности покрытия и определяют отклонения по формуле:

$$\delta_i = \left| \frac{h_i - h_{i+1}}{2} - h_i \right|, \quad (3.3)$$

где h_{i-1} , h_i , h_{i+1} – относительные отметки предыдущей, рассматриваемой и последующей точек.

Общее количество отклонений δ_i и их значение не должно превышать соответствующих величин, приведенных в нормативной литера-

туре [17]. При неудовлетворительной ровности производят устройство выравнивающего слоя покрытия либо его планировку.

Обеспеченная скорость движения. При оценке состояния дорог необходимо определить фактическую максимально возможную безопасную скорость движения транспортного средства на каждом характерном участке. Скорость движения определяют для трех расчетных периодов: летнего, зимнего и осенне-весеннего. Каждому периоду соответствует характерное состояние покрытия. На скорость движения оказывает влияние большой набор параметров. Задача состоит в том, чтобы определить степень влияния отдельного параметра. Для выявления участков, на которых необходимо производство планово-предупредительных и ремонтных работ, используется коэффициент обеспеченности расчетной скорости.

Эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчетной скорости – отношение фактической максимальной скорости движения одиночного автомобиля, обеспеченной дорогой по условиям безопасности движения или взаимодействия автомобиля с дорогой на каждом участке ($V_{ф.маx}$) к расчетной скорости для данной категории дороги и рельефа местности ($V_{расч}$):

$$K_{pc}^э = \frac{V_{ф.маx}}{V_{расч}} . \quad (3.4)$$

Фактическая скорость движения автомобилей является показателем качества дороги и отражает влияние всех геометрических параметров, а также природно-климатических условий. Фактическая скорость определяет как экономические, так и технологические показатели вывозки: время доставки, производительность, себестоимость и т. д.

В случае если значение коэффициента обеспеченности расчетной скорости больше единицы, то производимые на участке дороги работы выполняются своевременно и в полном объеме.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Высокое качество лесных дорог является одним из ключевых факторов в обеспечении эффективности вывозки лесоматериалов. Оценка качества строительства и содержания лесных дорог является важной операцией. Контроль проводится экспертом либо группой экспертов. При контроле качества строительства контролируют соответствие фактических параметров проектным, причем величина отклонений не должна превышать предельно допустимых [17]. Качество содержания оценивают путем сплошного обследования сети дорог, участка дороги либо отдельных конструктивных элементов по балльной системе. Оценки рассчитывают на основании визуального осмотра по последовательным участкам.

Оценку качества содержания устанавливают по формуле:

$$S = \frac{P_{до} + P_{зп} + P_{ис} + P_{од}}{n}, \quad (4.1)$$

где $P_{до}$, $P_{зп}$, $P_{ис}$, $P_{од}$ – показатели качества содержания элементов дороги: дорожной одежды, земляного полотна и водоотвода, искусственных сооружений, обстановки дороги.

В зависимости от общей оценки содержания S принимают решение о необходимости производства работ. Так, при $S = 5$ дорога находится в отличном состоянии и не требует производства дополнительных работ, при $S = 4$ необходим больший объем работ по содержанию, при $S = 3$ – проводить работы по ремонту, а при $S = 2$ дорога в неработоспособном состоянии, движение по ней небезопасно.

Перед началом производства работ рабочие и инженерно-технические специалисты должны пройти инструктаж по технике безопасности; в период производства работ все занятые в них должны быть одеты в жилеты оранжевого или зеленого цвета со световозвращающими элементами.

До начала земляных работ необходимо установить знаки, указывающие места расположения подземных коммуникаций (газопроводов и т. п.). Зона производства работ по содержанию дорог может быть ограждена знаками и средствами организации движения. К эксплуатации допускаются машины, оборудованные звуковой сигнализацией. Заранее проверяются технологические схемы производства работ для каждой машины с указаниями по установке ее рабочих органов, скорости движения, графиков рабочих операций, а также помечаются места остановок и стоянок машин. Перед пуском или остановкой машины водитель или машинист должен подать сигнал, а затем обеспечить плавное движение.

В выемках или карьерах не допускается образование «козырьков» грунта или нахождение на откосах валунов, камней во избежание несчастных случаев или поломки техники. Рабочие, задействованные на карьерных работах, должны быть обеспечены защитными касками.

При работе экскаватора или крана не допускается нахождение рабочих под ковшом, стрелой или крюком, а также проведение любых работ в радиусе действия крана или экскаватора. Погрузка грунта на самосвалы не должна производиться со стороны двигателя и кабины водителя. Расстояние между землеройными машинами или катками в процессе работы или движения должно составлять не менее двух метров.

В пожароопасные периоды машинисту экскаватора следует быть особенно внимательным, т. к. существует вероятность образования искр при взаимодействии движителей и рабочих органов экскаваторов с крупнообломочными грунтами и валунными включениями.

По окончании сменной работы дорожно-строительные машины необходимо установить на спланированной площадке и закрепить опорами.

К основным факторам влияния строительства лесных дорог на окружающую среду относятся изменения природного облика территории, изменение гидрорежима лесного участка, угроза разрушения местообитаний редких видов или ценных биотопов.

Планирование региональной дорожной инфраструктуры с учетом территориальных особенностей, экологически обоснованный выбор трассы дороги и использование зимников – все это относится к способам уменьшить отрицательные воздействия лесных дорог на природу.

При инженерных изысканиях на участках с подходящими для водоснабжения грунтовыми источниками необходимо следить за тем, чтобы неосторожными действиями не причинить ущерб вследствие загрязнения или выхода на поверхность подземных вод. В местах разработки грунта необходимо оставлять защитный слой над пролегающими грунтовыми водами.

Защита водоемов от загрязнения включает комплекс мероприятий по уменьшению загрязнения придорожной полосы, снижению неконтролируемого прямого стока в водоемы вблизи дороги, устройству защитных и очистных сооружений. В процессе эксплуатации лесной дороги необходимо поддерживать постоянно в рабочем состоянии все водоотводные сооружения.

С целью уменьшения загрязнения придорожной полосы продуктами сгорания топлива, в частности соединениями свинца, и уменьшения ширины зоны загрязнения на лесных дорогах следует обеспечивать непрерывное и равномерное движение транспорта, а также содержать проезжую часть дороги в состоянии, исключающем необоснованное изменение скорости движения автомобилей. Снижение уровня шума, создаваемого автотранспортом при движении по дороге, может быть достигнуто путем улучшения ровности дорожных покрытий благодаря своевременному производству работ по содержанию и ремонту.

При загрязнении полосы отвода различными отходами, продуктами износа резины, мусором следует систематически их собирать и вывозить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленное учебное пособие является составной частью учебно-методического комплекса подготовки и переподготовки инженерных кадров для лесной и дорожной отраслей. Реализуемые в Петрозаводском государственном университете учебные программы базируются на использовании как данного учебного пособия, так и лабораторно-производственной составляющей, которая, в свою очередь, включает лаборатории дорожного грунтоведения и дорожно-строительных материалов с соответствующим методическим обеспечением и учебно-научно-исследовательский комплекс «Лесная дорога». При возведении данного объекта использовался российский и финляндский опыт строительства лесных дорог. В настоящий момент комплекс используется как база проведения учебных и производственных практик, а также научных исследований в рамках образовательной и научной деятельности Института лесных, инженерных и строительных наук Петрозаводского государственного университета (ПРИЛОЖЕНИЕ 4).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Классификация грунтов в России и Финляндии

Класс несущей способности	Грунты	
	финская классификация	российский аналог (ГОСТ 25100)
A	Скальные грунты, щебень, гравийный щебень	Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 % о массе
B	Гравий	Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 % по массе
C	Непучинистая гравийная морена, грубый песок	Пески гравелистые, пески крупные
D	Непучинистый средний песок, непучинистый мелкий песок (влажный)	Пески средние, пески мелкие при $Sw \leq 0,6$
E	Пучинистая гравийная морена, пучинистая песчаная морена (влажная), пучинистый мелкий песок (влажный)	Пески мелкие при $0,6 \leq Sw \leq 0,8$, крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким) от 10 до 30% по массе
F	Пучинистая песчаная морена (сильноувлажненная), пучинистый мелкий песок (сильноувлажненный), суглинки и пылеватая морена (влажная)	Пески мелкие и пылеватые при $0,8 \leq Sw \leq 0,95$, крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким) более 30 % по массе, глинистые при $0,25 < I \leq 0,5$
G	Суглинки и пылеватая морена (сильноувлажненная), легкая глина, торф и сапрпель	Глинистые грунты при $I > 0,5$, пески пылеватые и мелкие при $Sw > 0,95$

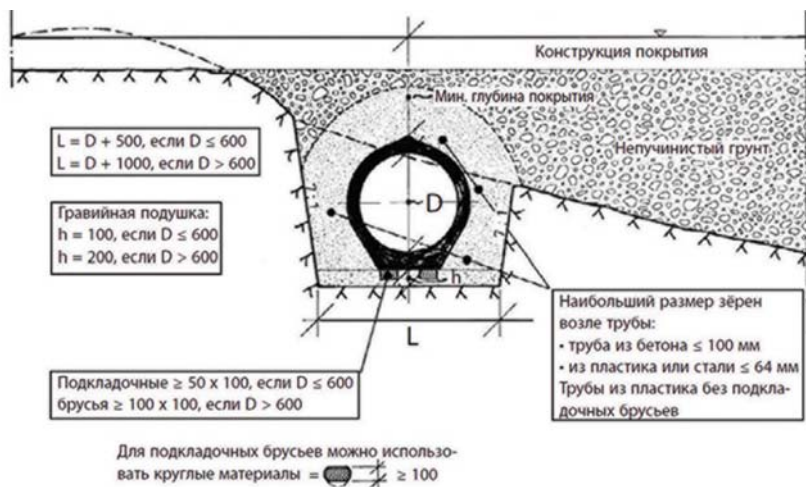
ПРИЛОЖЕНИЕ 2**Конструкции дорожных одежд магистралей
в различных грунтовых условиях (© Metsäteho)**

Материал слоя	Толщина слоя в зависимости от класса несущей способности						
	A	B	C	D	E	F	
Слой износа (щебень, 0–16..25 мм)	5	5	5	5	5	5	5
Разделяющий слой (щебеночно-гравийно песчаная смесь, 0–32..55 мм)	15	–	5	15	40	15	20
Изоляционный/фильтрующий слой (непучинистый песок)	–	–	–	–	–	45	75
Геотекстиль	–	–	–	–	+	+	+
Насыпь из привозного грунта (класса E)	–	–	–	–	–	–	–
Всего	20	5	10	20	45	65	100
Несущая способность, МПа: весенний период	270	200	110	75	70	60	65
летний период	285	245	140	95	110	90	120

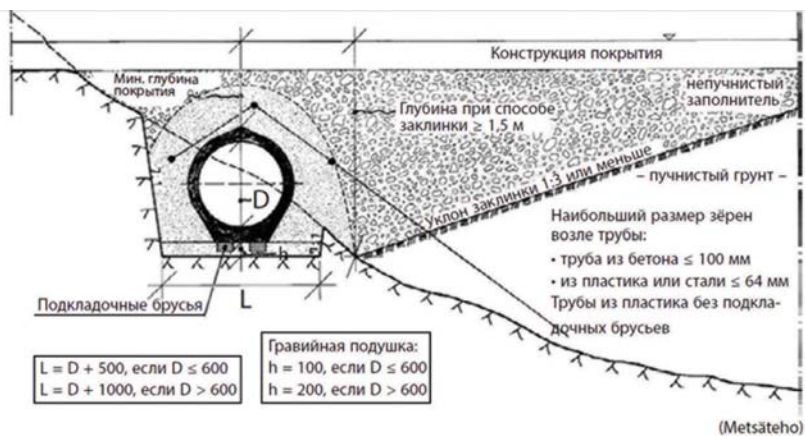
**Конструкции дорожных одежд веток
в различных грунтовых условиях (© Metsäteho)**

Материал слоя	Толщина слоя в зависимости от класса несущей способности						
	A	B	C	D	E	F	
Покрытие простейшего или низшего типа (щебеночно-гравийно песчаная смесь, 0–32..55 мм)	15	5	5	10	20	45	30
Изоляционный/фильтрующий слой (непучинистый песок)	–	–	–	–	–	–	15
Геотекстиль	–	–	–	–	+	+	+
Всего	15	5	5	10	20	45	45
Несущая способность, МПа: весенний период	245	200	105	65	40	35	35
летний период	255	245	135	85	65	65	60

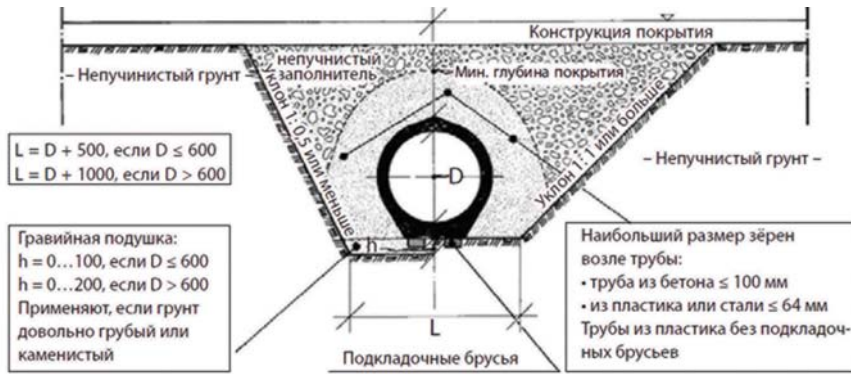
Устройство водопропускных труб
в различных грунтовых условиях (© Metsäteho)



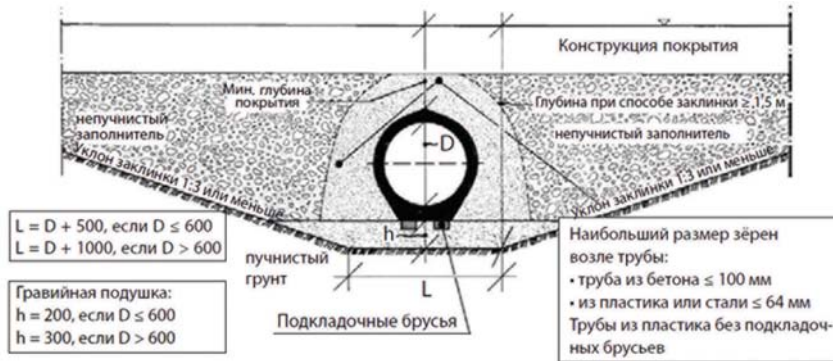
На крупнообломочных грунтах (класса А), не склонных к пучению



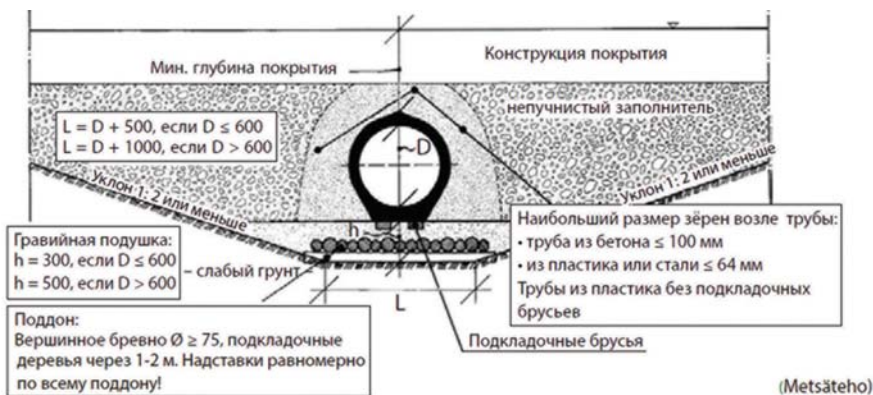
На крупнообломочных грунтах (класса А), склонных к пучению



На песчаных грунтах, не склонных к пучению (классов B-D)



На песчаных и глинистых грунтах, склонных к пучению (классов E-F)



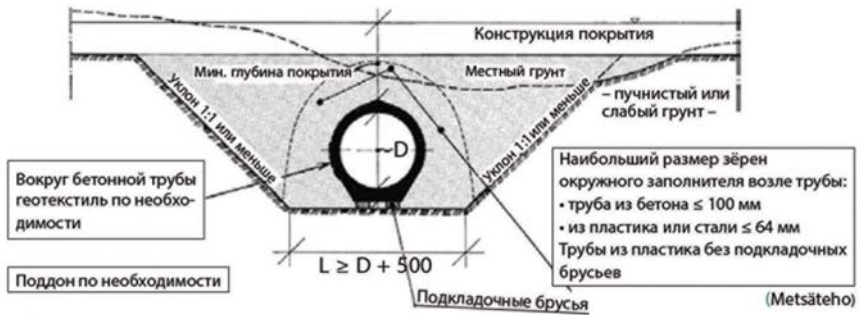
На слабых грунтах (класса G)



При укладке в узкую траншею с устройством окружающей засыпки из непучнистого материала



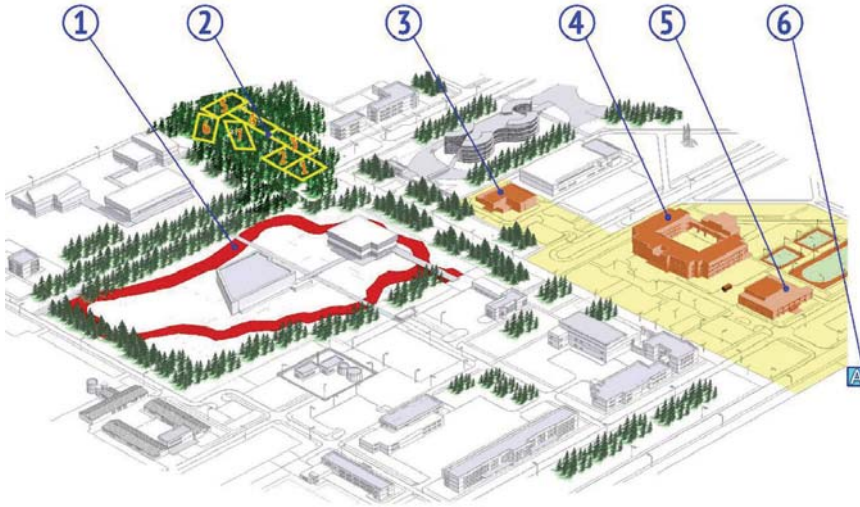
При использовании в засылке гравия и местного пучнистого грунта



При использовании в засылке местного грунта

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Схема размещения учебно-научно-исследовательского комплекса
«Лесная дорога» на территории
Инновационно-технологического кампуса ПетрГУ



- 1 – Учебно-научно-исследовательский комплекс «Лесная дорога»;
2 – Пробные площади (для демонстрации моделей ведения интенсивного
лесного хозяйства); 3 – Бассейн ПетрГУ «Онега»; 4 – Корпуса факультетов ПетрГУ;
5 – Строящееся студенческое общежитие; 6 – Остановка общественного транспорта

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухопутный транспорт леса : учебник для вузов / В. И. Алябьев [и др.]. — Москва : Лесная промышленность, 1990. — 416 с.
2. Бурмистрова О. Н. Разработка методики формирования транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог лесопромышленных регионов (на примере Республики Коми) / О. Н. Бурмистрова, С. А. Король. — Ухта : Типография УГТУ, 2012. — 220 с.
3. Васильев А. П. Справочная энциклопедия дорожника : в 9 т. Т. 2: Ремонт и содержание автомобильных дорог / А. П. Васильев. — Москва : Информавтодор, 2004. — 1129 с.
4. ВСН 01-82. Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий. — Москва : Минлесбумпром СССР, 1982.
5. ВСН 05-87. Инструкция по производству изысканий лесохозяйственных автомобильных дорог. — Москва : Гослесхоз, 1988.
6. Герасимов Ю. Ю. Лесные дороги / Ю. Ю. Герасимов, В. К. Катаров. — Йоэнсуу : Издательство НИИ леса Финляндии, 2011. — 70 с.
7. Технология и организация строительства автомобильных дорог / Н. В. Горелышев [и др.] ; под ред. Н. В. Горелышева. — Москва : Транспорт, 1992. — 551 с.
8. Технология и организация строительства автомобильных дорог : учебное пособие / А. Н. Кочанов, В. И. Марков, В. П. Селютин, В. А. Утышев. — Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2007. — 220 с.
9. Ларионов В. Я. Расчет средних скоростей движения лесовозного автотранспорта / В. Я. Ларионов, А. А. Камусин, Д. М. Левушкин // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. — 2014. — № 2. — С. 138—142.
10. Влияние продолжительности простоя на производительность подвижного состава / В. Н. Макеев [и др.] // Лесотехнический журнал. — 2013. — № 1(9). — С. 92—97.

11. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. — Москва : Росавтодор, 2001.
12. ОДМ 218.3.023-2003. Руководство по борьбе с зимней скользкостью. — Москва : Росавтодор, 2003.
13. ОДМ 218.4.005-2010. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. — Москва : Росавтодор, 2010.
14. Транспорт леса : учебник для студентов высших учебных заведений : в 2 т. / Э. О. Салминен [и др.] ; под ред. Э. О. Салминена. — Москва : Академия, 2009. — Т. 1: Сухопутный транспорт. — 368 с.
15. Лесные дороги. Справочник : учебное пособие. / Э. О. Салминен [и др.] ; под ред. Э. О. Салминена. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 496 с.
16. Ахо С. Управление водоотводом на дорогах с низкой интенсивностью движения [Электронный документ] : пояснительная записка-резюме / Саара Ахо, Тимо Сааренкет. — [Лулео], 2006. — URL: <http://www.ador.ru/data/files/static/kolarctic-3-12.pdf> (дата обращения: 06.04.2015).
17. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. — Москва : Госстрой России, 2013.
18. СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. — Москва : Министерство регионального развития РФ, 2012.
19. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 [Электронный документ]. — [Санкт-Петербург] : ЗАО «Кодекс», 2012—2014. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096789> (дата обращения: 06.04.2015).
20. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01—99. — Москва : Минрегион России, 2012.
21. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г. — Москва : Минсельхоз России, 2008.
22. Технология и организация строительства автомобильных дорог: методическое пособие к дипломному и курсовому проектированию для студентов специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» для всех форм обучения / сост. А. И. Гусев. — Сыктывкар : СЛИ, 2007. — 100 с.

-
23. Шегельман И. Р. Применение ГИС-технологий в изучении климатических и почвенно-грунтовых условий Республики Карелия / И. Р. Шегельман, Л. В. Щеголева, В. М. Лукашевич // Вестник Поморского университета. Сер. Естественные и точные науки. — Архангельск : ПГУ, 2007. — № 1 (11) — С. 22—27.
24. Karjalainen T. Intensification of forest management and improvement of wood harvesting in Northwest Russia — Final report of the research project. Metlan työraportteja / T. Karjalainen, T. Leinonen, Y. Gerasimov; Husso M. & Karvinen S. (eds.). // Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 110. — Joensuu : Metla, 2009. — 151 p.
25. Metsätalostollinen vuosikirja. — [Финляндия], 2008. — 458 s.
26. Uotila E. Optimaalinen tietiheys yksityismetsätalouden kannalta / E. Uotila, E.-J. Viitala. Metsätieteen aikakauskirja. — 1999. — № 2. — S. 167—179. Учебное издание

Авторы выражают искреннюю благодарность за многолетнюю поддержку нашим коллегам из научно-исследовательского института LUKE – профессору Тимо Карьялайнену, Паси Пойконену, Сари Карвинен, Элине Вяльккю; специалистам Лесного колледжа Валtimo – Пааво Киискинену, Харри Савонену, Тимо Томпери.



*Посвящается памяти
Юрия Юрьевича Герасимова*

Учебное издание

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО,
СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ ЛЕСНЫХ ДОРОГ**

*Учебное пособие для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям бакалавриата
«Технология и оборудование лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств» и «Строительство»
(профиль «Автомобильные дороги»)*

Авторы-составители:

Катаров Василий Кузьмич
Ковалёва Наталья Владимировна
Кочанов Анатолий Николаевич
Марков Владимир Иванович
Петров Александр Николаевич
Ратькова Елена Игоревна
Рожин Данила Владимирович
Степанов Артем Валерьевич
Соколов Антон Павлович
Сюнёв Владимир Сергеевич

Редактор *Т. Н. Музалева*

Художественный редактор *Е. В. Бобкова*

Подписано в печать 05.11.2014. Формат 70×100 1/16.
Бумага офсетная. 7,5 уч.-изд. л. Тираж 150 экз. Изд. № 92

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Отпечатано в типографии Издательства ПетрГУ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

ISBN: 978-5-8021-2496-3



9 785802 124963