

# ЛЕСНЫЕ ДОРОГИ



C-1414619

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>7</b>
<b>1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ</b> .....	<b>10</b>
1.1 Виды лесных дорог.....	10
1.2 Элементы дороги.....	11
<b>2 ЛЕСНЫЕ ДОРОГИ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА</b> .....	<b>13</b>
<b>3 ПЛАНИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ</b> .....	<b>15</b>
3.1 Анализ рентабельности.....	16
3.2 Оптимизация плотности сети лесных дорог.....	17
3.3 Трассировка.....	19
3.4 Технические нормативы.....	23
3.4.1 Расчетная скорость движения.....	23
3.4.2 Расчетные расстояния видимости.....	24
3.4.3 Радиусы вертикальных кривых.....	27
3.4.4 Радиусы горизонтальных кривых.....	28
3.4.5 Уширения проезжей части на участках кривых.....	29
3.4.6 Уклоны.....	30
3.4.7 Примыкания дорог, уширения, развороты и лесопогрузочные площадки.....	31
3.5 Основание дорожного полотна.....	32
3.5.1 Исследования свойств грунта.....	32
3.5.2 Места разработки грунтов. Разработка конструкции земляного полотна.....	36
3.5.3 Укрепление основания земляного полотна.....	36
3.6 Дорожное покрытие.....	40
3.6.1 Стадии проектирования.....	40
3.6.2 Определение целевой несущей способности.....	40
3.6.3 Конструкции дорожного покрытия.....	43
3.6.4 Выбор материалов для дорожного покрытия.....	45
<b>4 СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСНЫХ ДОРОГ</b> .....	<b>50</b>
4.1 Основание дорожного полотна.....	50
4.2 Дорожное покрытие.....	53
<b>5 СОДЕРЖАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ</b> .....	<b>56</b>

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ..... 57**

Приложение 1 .....	58
Приложение 2 .....	59
Приложение 3 .....	60
Приложение 4 .....	61
Приложение 5 .....	62
Приложение 6 .....	63
Приложение 7 .....	64
Приложение 8 .....	65
Приложение 9 .....	66
Приложение 10 .....	67
Приложение 11 .....	68
Приложение 12 .....	69
Приложение 13 .....	70



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Одна из основных проблем, сдерживающая развитие лесопромышленного комплекса России, - очень низкая степень обеспеченности транспортной инфраструктурой. Слабо развитая дорожно-транспортная инфраструктура лесопользования ограничивает возможности более полного освоения эксплуатационных лесов и снижает экономическую доступность древесных лесных ресурсов. Поэтому Стратегией развития лесного комплекса РФ на период до 2020 г. [1] предусмотрен ряд мероприятий, обеспечивающих развитие лесной транспортной инфраструктуры, в частности, связанных с совершенствованием действующей нормативно-методологической базы планирования, строительства и содержания лесных дорог с учетом параметров современных лесовозных автопоездов.

В Финляндии накоплен огромный многолетний опыт в этой области ввиду того, что лесосырьевое снабжение предприятий ЛПК зависит от прямых поставок древесины с лесосек по сортиментному методу. Проектирование лесных дорог здесь увязано со знаниями в области лесного дела, воздействию на окружающую среду. Ведущую роль в планировании лесных дорог играют интересы предприятий ЛПК, и от них во многом зависит рентабельность дорожного строительства [2].

В основу данной публикации положена разработанная финской исследовательской компанией METSÄTIEHO [3] инструкция по строительству лесных дорог, имеющая широкое практическое применение в Финляндии. Она была проанализирована специалистами из НИИ леса Финляндии и Петрозаводского университета с точки зрения российских нормативных документов по проектированию и строительству дорог. В публикации представлены общие принципы планирования, строительства и содержания лесных дорог, а также даны конкретные методики расчетов и нормативная база.

Публикация предназначена для работников ЛПК, а также может использоваться в качестве учебного пособия в образовательных учреждениях лесной отрасли и на курсах переподготовки.

Данное учебное пособие подготовлено в рамках «Российско-Финляндской программы развития устойчивого лесного хозяйства и сохранения биоразнообразия на Северо-Западе России» (NWRDP), финансируемой Министерством сельского и лесного хозяйства Финляндии, проекта «Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе возможности бизнеса и исследования», финансируемого Финским агентством развития технологий и инноваций (TEKES), и проекта «Создание инфраструктуры лесных дорог и управление системами транспортировки древесины для лесопромышленного комплекса и биоэнергетики», финансируемого Федеральным агентством по науке и инновациям РФ.



## ВВЕДЕНИЕ

Развитая сеть ухоженных лесных дорог является предпосылкой эффективного лесоводства, конкурентоспособности лесозаготовок и низких затрат на лесоперевозки, а также позволяет круглогодично поставлять древесное сырье на предприятия отрасли. Благодаря густой сети лесных дорог достигаются следующие экономические эффекты:

- В области лесозаготовок наибольшую экономию получают в результате сокращения расстояния трелевки. Также в процессе лесосечных работ в результате сокращения расстояния между делянкой и погрузочным пунктом у дороги достигается оптимизация использования систем машин и повышается производительность труда.

- Благодаря высокому качеству лесных дорог работа на лесозаготовках и лесотранспорте не прерывается в течение всего года, включая периоды распутицы.

- Достигается оптимизация расходов на складирование.

- Значительная экономия достигается за счет сохранения высокого качества круглых лесоматериалов: на производство поступает свежая и неповрежденная древесина.

- Экономия достигается на разных этапах проведения работ в области лесовосстановления, ухода за молодняком и других лесоводственных мероприятий.

- Расходы на автотранспорт сокращаются, так как достаточно развитая сеть дорог позволяет выбрать более короткий маршрут.

- При сокращении затрат на производство древесины и поставку сокращаются и общие издержки, повышается производительность труда.
- Лесные дороги можно использовать также и в других хозяйственных целях.
- В районах с развитой туристической инфраструктурой лесные дороги выполняют рекреационные функции.
- Лесные дороги имеют важное значение в организации защиты леса от пожаров и деятельности спасательных служб.

Плотность сети лесных дорог в Финляндии составляет 12,3 км на одну тыс. га лесных земель [4]. 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) [5].

Лесные дороги причислены к так называемой сети второстепенных дорог, протяженность которой составляет всего около 350 тыс. км, что соответствует 97 % всей дорожной сети страны. Сеть второстепенных дорог можно назвать капиллярной системой дорожной сети Финляндии.

Согласно предварительным расчетам, в стране необходимо построить еще около 20 тыс. км новых дорог, особенно на севере страны, где плотность лесных дорог в настоящее время составляет 8-9 км на одну тыс. га при оптимуме 11 км на одну тыс. га. В Южной Финляндии в настоящее время плотность лесных дорог (13-14 км на одну тыс. га) уже близка к оптимальной (15 км на одну тыс. га). Кроме того, существующие дороги изнашиваются, их несущая способность не соответствует параметрам современных транспортных средств – это говорит о том, что потребности в реконструкции дорог будут со временем возрастать. Так, в 2007 г. в Финляндии было построено 852 км и реконструировано 3 218 км лесных дорог, а в 1997 г. соответственно 1 952 и 1 283 км [5].



Плотность сети лесных дорог в Российской Федерации составляет всего 1,5 км на одну тыс. га лесных земель [1]. Общая протяженность автомобильных дорог в лесном фонде РФ составляет 1618 тыс. км, из них:

- дороги общего пользования - 490 тыс. км,
- дороги лесохозяйственного назначения - 724 тыс. км,
- лесовозные дороги - 403 тыс. км.

При этом автомобильные дороги круглогодического действия с твердым покрытием составляют лишь 181 тыс. км (11%), грунтовые дороги круглогодического действия - 514 тыс. км (32%), временные дороги - 514 тыс. км (57%).

Потребность в строительстве новых лесных дорог круглогодического действия и временных дорог составляет в целом по Российской Федерации 2,2 тыс. км и 9,3 тыс. км в год соответственно [1]. В разрезе федеральных округов необходимый ежегодный прирост протяженности лесовозных дорог для обеспечения прогнозируемых объемов заготовки и вывозки древесного сырья должен составить:

**Таблица 1.**

N	Федеральные округа	Ежегодный прирост протяженности лесовозных дорог, км	
		лесовозные дороги круглогодического действия	ветки
1	Северо-Западный	588	2 520
2	Центральный	224	960
3	Приволжский	336	1 440
4	Уральский	196	840
5	Сибирский	574	2 460
6	Дальневосточный	238	1 020
7	Южный	11	48
Всего		2 167	9 288





## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

### 1.1 Виды лесных дорог

Дороги, предназначенные главным образом для обслуживания лесной отрасли, называются лесными дорогами.

Лесные дороги могут быть построены с учетом круглогодичной или почти круглогодичной эксплуатации (постоянные). Кроме этого, строят так называемые зимние дороги. Их эксплуатация возможна только в зимних условиях при отрицательных температурах. Такие дороги используют на практике для вывозки круглых лесоматериалов в Северной Финляндии.

Ледяные дороги строят с целью преодоления водоема по льду, например, при заготовке древесины на островах, а также на слабых грунтовых основаниях (болотах).

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 лесотранспортных потоков с веток и усов. Магистральные дороги в зависимости от интенсивности движения могут быть однополосными или двухполосными. Несущая способность магистральных дорог должна быть

рассчитана с учетом обеспечения проезда полностью загруженных сортиментовозов с прицепами в периоды распутицы.

### ***Ветки***

Ветки являются главными дорогами больших секторов лесосырьевой базы, их назначение – сбор лесотранспортных потоков с усов. Часто ветки примыкают к магистральным лесным дорогам и дорогам общего назначения. На размещение веток также могут оказывать влияние другие транзитные маршруты. Обычно их строят с учетом проезда полностью загруженных сортиментовозов с прицепами во время осенней распутицы. При необходимости ветки строят и для эксплуатации во время весенней распутицы.

### ***Усы***

Усы предназначены для вывозки древесины с лесосек и для других лесохозяйственных целей. Обычно усы примыкают к веткам, частным дорогам и дорогам общего назначения. По несущим характеристикам усы должны обеспечивать проезд полностью загруженных сортиментовозов с прицепами в сухое время года. Если есть необходимость, усы могут строить с учетом ограниченного движения во время распутицы.

## **1.2 Элементы дороги**

Дорога включает в себя проезжую часть и необходимые для ее эксплуатации площади, строения и устройства (рис.1).

Конструкцию дороги составляют основание и покрытие. Основанием называют грунт или подготовленную под основание насыпь. Покрытие составляют изнашивающийся слой, несущий и разделяющий слой, а также изолирующий и фильтрующий слой. Не все перечисленные слои являются необходимыми в конструкции дороги. В этом руководстве под понятием «разделяющий слой» подразумеваются несущий и разделяющий слой.



*Рис. 1. Элементы дороги в поперечном профиле (Metsäteho)*



## 2 ЛЕСНЫЕ ДОРОГИ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Строительство лесных дорог оказывает как прямое, так и косвенное влияние на окружающую среду. В круг задач, определяющих строительство лесных дорог, входят такие, как проведение экологического анализа и поиск возможностей уменьшить вредное воздействие на окружающую среду.

К факторам либо прямого, либо косвенного влияния на окружающую среду относятся изменения природного облика территории и угроза разрушения местообитаний редких видов или ценных биотопов. Строительство дороги становится причиной изменения ландшафта и структуры лесного биоценоза, влияет на состояние водоемов. К факторам вмешательства относятся также разрушение лесного грунта при строительстве и интенсификация многоцелевого пользования леса в придорожной зоне.

Зимняя лесная дорога оказывает меньшее влияние на окружающую среду, чем постоянная. Учитывая природоохранный

аспект, строительство зимней дороги обычно становится более приемлемым решением.

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

Возможности уменьшения отрицательного влияния на окружающую среду необходимо учитывать на всех этапах создания транспортного пути: от планирования дорожной сети до строительства частной дороги. Особенно на стадии планирования дороги необходимо наладить сотрудничество между проектировщиком, владельцем территории и чиновниками из лесных и экологических ведомств.

При тщательном выполнении работ по строительству дороги отрицательные влияния на окружающую среду обычно сводятся к минимуму.

### ***Защита водоемов***

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

Отток поверхностных или подземных вод из болота или заболоченной местности в зону пролегания грунтовых вод необходимо исключить. Строительство дренажной системы может вызвать понижение горизонта грунтовых вод в прилегающей к болоту местности, это повлечет за собой нежелательные изменения. Чтобы не нарушить гидрорежим болота, а также для снижения вероятности заноса снегом и достаточного возвышения над уровнем грунтовых вод следует возводить насыпь.



### 3 ПЛАНИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

При планировании дорожной сети каждая дорога рассматривается как часть единого комплекса, эффективно функционирующая в интересах как лесного хозяйства и лесозаготовок, так и других сторон. Кроме этого в плане необходимо 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. Составление планов в виде отдельных проектов недостаточно, так как в них не в полной мере предусмотрены перспективные мероприятия.

В целях повышения эффективности планирование начинают с более срочных задач. Собирают данные о вероятных рубках и других видах лесопользования в зоне дороги, анализируют 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.

Материалы лесоустройства являются хорошим подспорьем в разработке планов дорог, но только детальное знание местности гарантирует успех при составлении плана. На карту наносят магистральные лесные дороги, ветки, усы, возможные площадки для складирования гравия, стояночные площадки и требующие капитального ремонта дороги или их части.

### 3.1 Анализ рентабельности

Строительство и капитальный ремонт лесных дорог требуют экономического обоснования. Предварительная оценка прибыли и затрат, в силу различных обстоятельств, носит приблизительный характер, из-за чего анализ рентабельности является скорее вспомогательным инструментом при принятии решений.

На расходную часть строительства лесных дорог влияют: потребность в планировании, способы осуществления, сезонные условия и график строительства, несущие характеристики грунта, наличие камней, болот, категория дороги, доступность материалов для дорожного покрытия, объем 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.

В анализе рентабельности учитывают капиталовложения в дорожную инфраструктуру и связанные с ними расходы по процентам за кредиты. Кроме этого следует оценить ежегодные расходы на содержание дорог.



### 3.2 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, для чего используют следующие формулы [6]:

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

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

где

$L$  – оптимальное расстояние трелевки, м;

$V$  – оптимальная плотность дорог, м/га;

$A$  – удельные затраты на трелевку форвардером, €/м<sup>3</sup> на 100 м;

$C$  – удельные затраты на строительство дороги, € на 100 м;

$Q$  – объем древесины, получаемый из зоны действия дороги за расчетный период, м<sup>3</sup>/га;

$M$  – поправка на трелевку по условиям местности (для Финляндии составляет 1,4);

$T$  – коэффициент сети дорог (для Финляндии  $T=1,2-2,0$ ).

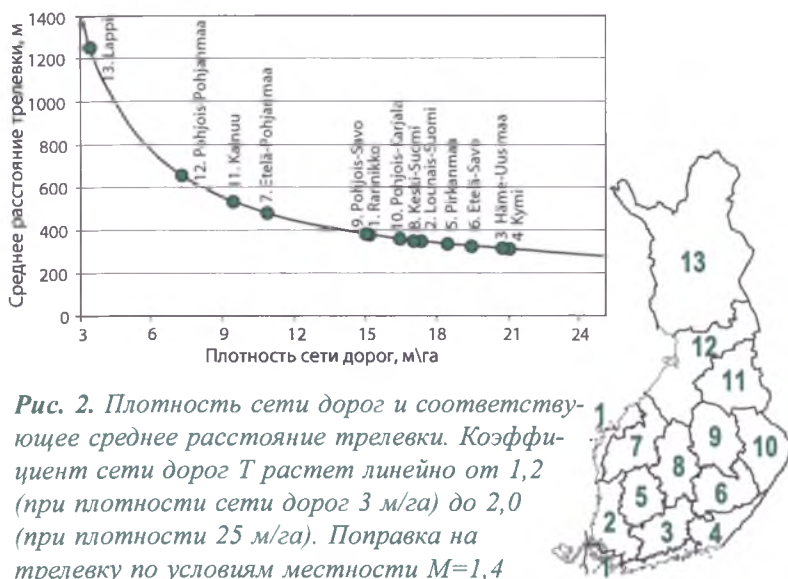
Поправка на трелевку  $M$  корректирует разницу между прямым и реальным расстоянием трелевки, вызванную криволинейностью движения форвардера (необходимость огибать препятствия, расположение лесопогрузочной площадки) на местности. Поправка варьируется в интервале от 1,2 до 1,6 в различных условиях. Рекомендуется использовать значение 1,4, которое характеризует средние условия трелевки в Финляндии.

1414619

Вологодская областная  
универсальная  
научная библиотека  
им. И.В. Баблихина

Коэффициент сети дорог  $T$  характеризует степень перекрытия зон влияния дорог. Например, использование значения коэффициента, равного 1,2, означает, что 83 % ( $1/1,2 \sim 83$ ) 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 легких условий местности используются небольшие значения коэффициентов, и наоборот.

Взаимосвязь между расстоянием трелевки и густотой лесных дорог в различных лесных регионах Финляндии представлена на рис. 2 [6].

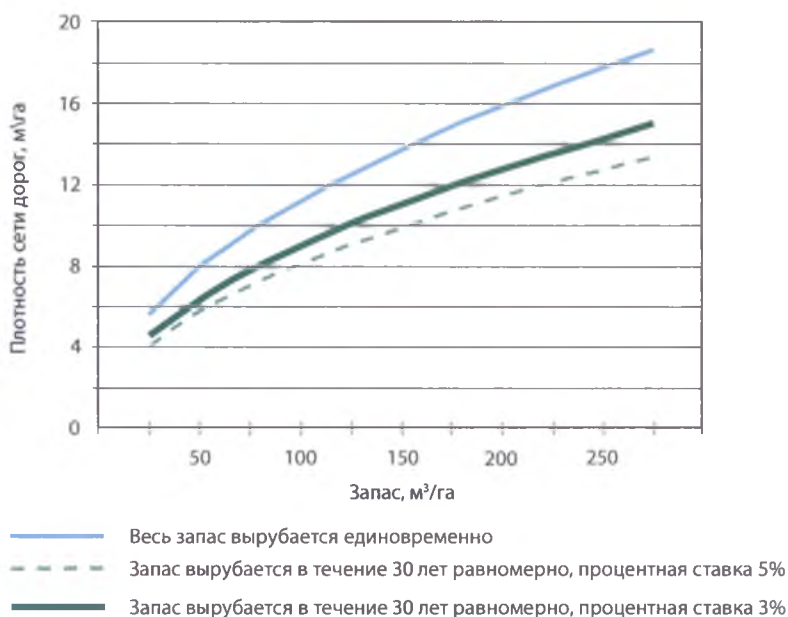


**Рис. 2.** Плотность сети дорог и соответствующее среднее расстояние трелевки. Коэффициент сети дорог  $T$  растет линейно от 1,2 (при плотности сети дорог 3 м/га) до 2,0 (при плотности 25 м/га). Поправка на трелевку по условиям местности  $M=1,4$

Затраты на трелевку и строительство дорог прогнозировать достаточно просто, чего нельзя сказать об объеме получаемой древесины. В реальных расчетах приходится прогнозировать

все доходы от рубок в течение расчетного срока службы дороги и дисконтировать их к современному состоянию.

Взаимосвязь между густотой лесных дорог и запасом древесины на одном гектаре в Южной Финляндии при различных процентных ставках по банковскому кредиту на 30 лет представлена на рис. 3 [7].



*Рис. 3. Влияние вырубемого запаса, сроков рубок и процентных ставок на оптимальную плотность дорог*

### 3.3 Трассировка

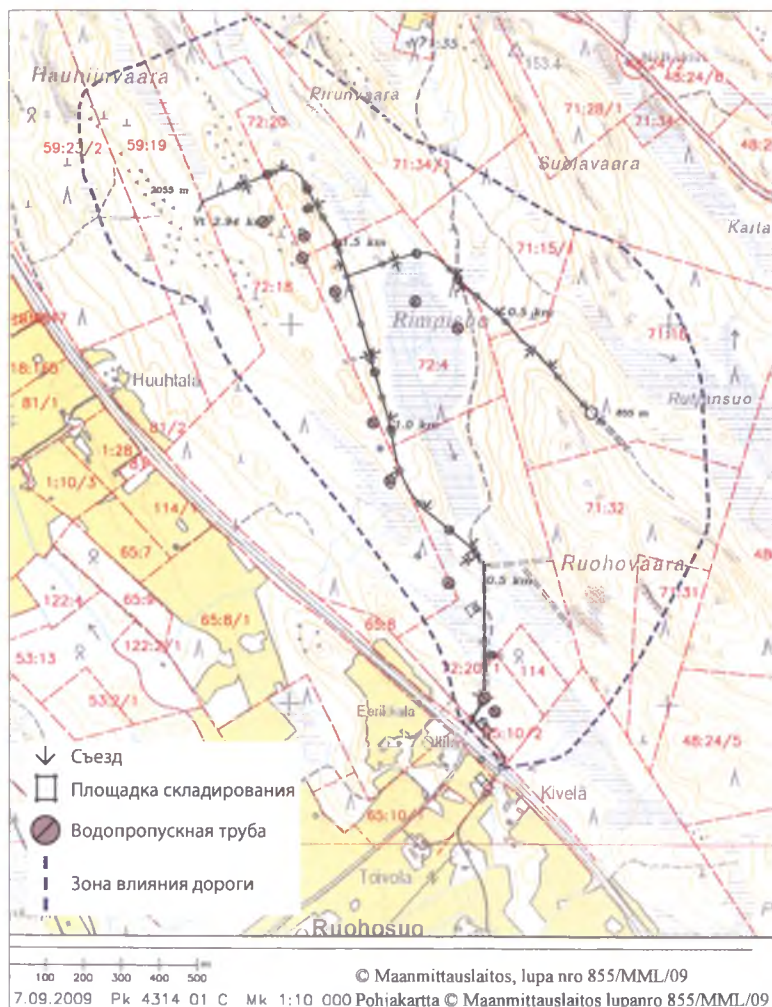
Трассировку начинают с поиска наиболее оптимального варианта прохождения будущей дороги, при этом учитывают экологические аспекты, расходы на строительство и содержание дороги. Расходные части альтернативных вариантов трассы сравнивают.

Значительная часть расходов приходится на выемку и засыпку грунтов, укрепление 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. Объем грунта, полученного при земляных работах и предназначенного для сооружения насыпи, должен быть достаточным для обеспечения рентабельности проекта.

Карты являются основным документом, как на стадии трассировки, так и на других стадиях проектирования дороги. План дороги должен быть выполнен в виде карты, снабженной изогипсами, с прикрепленной необходимой информацией, например, о ценных биотопах и местах залегания грунтовых вод. За основу плана принимают топографическую карту с указанием высот масштаба 1:10 000 или 1:20 000.

Дороги проектируют, принимая существующий ландшафт и форму рельефа без их дробления. Крупных выемок и насыпей грунта стараются избегать. Также стараются обходить при трассировке особые ландшафтные объекты (где требуется специальный уход), такие, например, как вершины хребтов и прибрежные зоны.

Природные объекты защитной категории стараются оставлять на достаточном удалении.



**Рис. 4.** План расположения уса, разработанный лесным центром (Metsäkeskus). На плане местности обозначены превышения. Линию дороги стремятся провести в направлении склона таким образом, чтобы в нижней части не нужно было бы прокладывать канаву, а в верхней части изъятый при строительстве канавы грунт можно было бы использовать в основании дороги. Также при планировании стремятся обходить увлажненные и каменистые участки.

## ***Кривые***

При проектировании кривых следует соблюдать следующие рекомендации:

- Исключить лишние виражи.
- В направлении подъема трасса должна проходить по прямой или по достаточно прямой линии, чтобы тяжелый транспорт имел возможность набрать скорость для подъема.
- В направлении спуска трасса проходит по прямой или с достаточно большим радиусом поворота, чтобы в районе прогиба трассы не возникло необходимости тормозить (угроза безопасности) и транспорт имел бы возможность набрать скорость для подъема.
- В условиях повышения рельефа поворот проектируют таким образом, чтобы при спуске дорога поворачивала в том же направлении, что и при подъеме.
- На участках, где применяется заполняющий грунт (на болоте), трасса по возможности должна быть прямой.
- После поворота следует прямая, величина которой соответствует как минимум длине двух автомобилей (около 60 м), иначе автопоезд не успеет выпрямиться.
- Перекрестки проектируются достаточно пологими и просторными.
- В районе моста дорогу стремятся трассировать перпендикулярно направлению реки, и мост размещают вдоль прямого участка дороги.

## ***Видимость***

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 вдвойне.

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.

### **3.4 Технические нормативы**

#### **3.4.1 Расчетная скорость движения**

Расчетная скорость движения – теоретическая скорость, установленная для дороги соответствующего назначения, на основе которой при измерении геометрических параметров дороги определяют минимальные значения. Расчетная скорость предопределяет расстояния видимости, радиусы криволинейных участков и вертикальных кривых. Если минимальных значений достичь невозможно, устанавливают дорожные знаки соответствующего содержания.

Расчетные скорости для лесных дорог в Финляндии - 60, 50, 40 и 30 км/час. Расчетную скорость определяют на основании интенсивности движения в летнее дневное время и условий рельефа согласно табл. 2. Расчетные скорости для лесовозных дорог в России определяются в зависимости от вида и категории дороги, которые зависят от годового грузооборота, и условий рельефа. Сопоставить скорости по разным категориям дорог можно используя табл. 3.



**Таблица 2.** Расчетные скорости

Автомобилей, шт./сутки	Ровный рельеф <sup>1</sup> , км/ч	Местность с неровным рельефом <sup>2</sup> , км/ч
Более 40 (более 20 в двух направлениях)	50 или 60	40 или 50
Максимум 40 (максимум 20 в двух направлениях)	40 или 50	30 или 40

**Таблица 3.** Расчетные скорости в сопоставлении финских и российских норм

Критерии деления		Расчетная скорость, км/ч			
Финские нормы	Российские нормы	Финские нормы		Российские нормы	
Интенсивность, авт./сутки	Вид и категория дороги	Ровный рельеф	Неровный рельеф	Основные	Допускаемые в трудных условиях
Более 40 (более 20 в двух направлениях)	Магистраль I-в, II-в, III-в	50 (60)	40 (50)	70, 60, 50	60, 50, 40
Максимум 40 (максимум 20 в двух направлениях)	Магистраль и ветки IV-в, усы <sup>3</sup>	40 (50)	30 (40)	40, 30, 20	30, 20, 15

### 3.4.2 Расчетные расстояния видимости

Расчетные скорости дорожной сети предопределяют расчетные расстояния видимости. При проектировании дороги учитывают следующие расстояния видимости: расстояние до полной остановки, расстояние видимости встречного автомобиля и расстояние видимости примыкания дороги.

<sup>1</sup> Основные дороги в сопоставлении с российскими нормами.

<sup>2</sup> Дороги в трудных местных условиях. Согласно СНиП 2.05.07 – 91\* к трудным местным условиям относится пересеченный или горный рельеф с разницей отметок долин и водоразделов свыше 50 м на расстоянии не более 500 м, а также при наличии глубоких балок с изрезанными недостаточно устойчивыми откосами.

<sup>3</sup> Согласно ВСН 01 – 82.

Под понятием *Расстояние до полной остановки* подразумевается расстояние видимости, которое при обнаружении водителем препятствия преодолевается до полной остановки транспортного средства (ТС), движущегося на расчетной скорости и в нормальных условиях.

Под понятием *Расстояние видимости встречного автомобиля* подразумевается расстояние, которое после обнаружения водителями друг друга преодолевается до остановки с целью предотвращения наезда. При этом транспортные средства движутся навстречу друг другу на расчетной скорости и в нормальных условиях.

Под понятием *Расстояние видимости примыкания дороги* подразумевается расстояние, которое требуется водителю ТС, выезжающего на перекресток для обзора дороги в противоположном направлении в целях оценки ситуации.

Расчетное расстояние видимости измеряют вдоль оси дороги при условии расположения глаз водителя 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<sup>4</sup>.

Расчетные расстояния видимости в зависимости от расчетной скорости указаны в табл. 4. В табл. 5 приведено сопоставление расчетных расстояний по финским и российским нормам<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> На лесовозных дорогах в России высота расположения глаз водителя над поверхностью проезжей части принимается равной 2 м при отсутствии легковых автомобилей в структуре движения по лесовозной дороге (дорога должна быть обозначена специальным дорожным знаком), в остальных случаях, как правило, она равняется 1,2 м.

<sup>5</sup> Отмечаем, что при определении расчетного расстояния видимости в России основным расчетным автомобилем является автомобиль для вывозки хлыстов, а тормозной путь умножается на повышающий показатель  $K_z$  – коэффициент эксплуатационного состояния тормозной системы, принимаемый равным 1,4, т.е. в норматив вводится некоторый запас. Для сравнения, при расчетах для дорог общего пользования  $K_z = 1,2$ .

**Таблица 4.** Расстояние видимости встречного автомобиля и расстояние до полной остановки

Расчетная скорость (км/час)	Расстояние видимости встречного автомобиля (однополосная дорога) (м)	Расстояние до полной остановки (двухполосная дорога) (м)
30	60	30
40	80	40
50	110	55
60	140	70

**Таблица 5.** 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

На каждом участке лесной дороги должны быть предусмотрены при соответствующей расчетной скорости достаточные расстояние видимости примыканий на однополосной дороге и расстояние видимости встречного автомобиля на двухполосной дороге. При необходимости можно проредить древостой на криволинейных участках или вырубить определенное количество деревьев в примыкающем к дороге лесу.

На участках, не выполняющих требования видимости, размещают соответствующие предупреждающие дорожные знаки. На особо опасных участках однополосной дороги безопасность обеспечивается за счет устройства двухполосной проезжей части (шириной до 5,5 м). На подобных участках для магистральных дорог достаточной считается расчетная скорость при расстоянии видимости с учетом пути до полной остановки, для других дорог - 30 м.

### 3.4.3 Радиусы вертикальных кривых

Наименьшее значение радиуса выпуклых вертикальных кривых на непросматриваемом участке дороги определяется на основании данных табл. 6. В табл. 7 приведено сопоставление наименьших значений радиуса выпуклых кривых по финским и российским нормам<sup>6</sup>.

**Таблица 6.** Наименьшие значения радиуса выпуклых кривых

Расчетная скорость (км/ч)	На основании расстояния видимости встречного автомобиля (однополосная дорога) (м)	На основании расстояния до полной остановки (двухполосная дорога) (м)
30	400	200
40	800	300
50	1400	900
60	2300	1400

**Таблица 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	600	200	600
40	800	1200	300	1200
50	1400	2500	900	2500
60	2300	4000	1400	4000

Наименьшее значение радиуса вогнутых вертикальных кривых определяется на основании следующих табличных данных (табл. 8), а их сопоставление с российскими нормами приведено в табл. 9.

<sup>6</sup> В России, в отличие от Финляндии, минимальный радиус выпуклых кривых не нормируется отдельно по условию видимости встречного автомобиля и поверхности дороги.

**Таблица 8.** Наименьшие значения радиуса вогнутых кривых

Расчетная скорость (км/ч)	Наименьшие значения радиуса вогнутых кривых (м)
30	400
40	800
50	1100
60	1500

**Таблица 9.** Минимальные значения радиусов вогнутых кривых в сопоставлении финских и российских норм

Расчетная скорость, км/ч	Радиус кривой, м		
	Финские нормы	Российские нормы	
		Основной	В трудных условиях
30	400	600	100
40	800	1000	200
50	1100	1200	300
60	1500	1500	300

### 3.4.4 Радиусы горизонтальных кривых

Радиусы горизонтальных кривых на основании расчетной скорости обозначены в табл. 10, а их сопоставление с российскими нормами<sup>7</sup> приведено в табл. 11. Длины переходных кривых представлены в табл. 12.

**Таблица 10.** Наименьшие значения радиуса горизонтальных кривых

Расчетная скорость (км/ч)	Наименьшие значения радиуса горизонтальных кривых (м)
30	100
40	200
50	300
60	400

<sup>7</sup> Отметим, что в России при радиусе кривых в плане 250 м и менее устраиваются переходные кривые, имеющие переменный радиус – от  $\infty$  до радиуса горизонтальной кривой, служащие для плавного въезда на кривую и выезда с нее.

**Таблица 11.** Минимальные значения радиусов горизонтальных кривых при вывозке сортиментов в сопоставлении финских и российских норм

Расчетная скорость, км/ч	Радиус кривой, м	
	Финские нормы	Российские нормы
30	100	30
40	200	60
50	300	100
60	400	125

**Таблица 12.** Длина переходных кривых

Расчетная скорость, км/ч	Радиус горизонтальной кривой, м										
	30	35	40	50	60	80	100	125	150	200	250
30	30	25	20	20	15	10	10	-	-	-	-
40	-	-	-	-	35	25	20	15	15	10	10
50	-	-	-	-	-	-	40	35	25	20	15
60			-	-	-	-	40	35	25	20	15

### 3.4.5 Уширения проезжей части на участках кривых

Независимо от расстояния видимости по расчетной скорости проезжую часть уширяют с внутренней стороны кривой. В зависимости от радиуса кривой величина уширения определяется по табл. 13. Уширения проезжей части начинают производить за 10 м до начальной точки кривой. Уширение достигает половину целого значения в районе начальной точки кривой и целое значение в районе 10 м после начальной точки кривой. Сопоставление с российскими нормами<sup>8</sup> представлено в табл. 14.

<sup>8</sup> В России 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 (при необходимости) на участке от начала переходной кривой, а при ее отсутствии - на прямом участке, примыкающем к кривой, длиной не менее 15 м.

**Таблица 13.** Уширения на кривых поворота

Радиус кривой (м)	Ширина (м)
20	3,0
30	2,0
40-50	1,5
60-90	1,0
100-110	0,5
120<	0

**Таблица 14.** Уширения на кривых при вывозке сортиментов в сопоставлении финских и российских норм

Радиус (м)	Уширение, м		
	Финские нормы	Российские нормы	
		Однополосная дорога	Двухполосная дорога
15	3,0	4,3	2,15
20	3,0	3,2	1,6
30	2,0	2,2	1,1
40	1,5	1,9	0,95
50	1,5	1,6	0,8
60	1,0	1,5	0,75
80	1,0	1,2	0,6
100	0,5	1,0	0,5
150	не устраивается	0,9	0,45
200		0,8	0,4
250		0,7	0,35
300		0,6	0,3
400		0,5	0,25
500		0,5	0,25
600		0,4	0,2
700		0,3	0,15

### 3.4.6 Уклоны

Величина уклона не должна превышать 10 %<sup>9</sup>. Возможно, для уменьшения уклона потребуются большой объем работ, тогда, в целях сокращения расходов на строительство, подъем можно сделать более крутым. В особых случаях значение уклона можно увеличить в целях сохранения ландшафта. В проекте пред-

<sup>9</sup> В России наибольший продольный уклон определяется по колесной формуле расчетного автомобиля и типом покрытия дороги и варьируется для трудных условий в интервале 3 – 15 %.



усматривается потенциал трансмиссии транспортного средства на подъеме, в этом случае уклон допускается 10-12 % на коротком расстоянии (менее 60 м на одном подъеме).

Поперечный уклон проезжей части принимается с двухскатным поперечным профилем 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 принимается 5 %. Переход от двухскатного поперечного профиля дороги к односкатному осуществляется на протяжении 20–10 м до начальной и после конечной точек кривой.

### 3.4.7 Примыкания дорог, уширения, развороты и лесопогрузочные площадки

Для строительства примыканий лесных дорог к общим дорогам необходимо получить от государственных организаций соответствующие разрешения.

При проектировании примыканий учитывают следующее:

- Примыкание необходимо проектировать перпендикулярно оси примыкающей дороги. Угол примыкания следует принимать между 72° и 108°.
- Примыкание стремятся проектировать на местности с ровным рельефом.
- Строящаяся дорога должна быть под уклоном 3 % в направлении спуска от общей дороги.
- 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 таким образом: на возвышенных местах (водоразделах) на протяжении 10 м пути боковую канаву не выкапывают или же имеющуюся боковую канаву заполняют камнями. Если данный способ невозможен, необходимо провести строительство примыкания согласно инструкциям (Приложение 1-3).

Разъездные уширения на лесных дорогах устраивают на расстоянии не менее 600 м друг от друга<sup>10</sup>.

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 (разъездное уширение).

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

Разъездные уширения и площадки разворота устраивают, как показано на рисунках (Приложения 4-6).

Лесопогрузочные пункты (площадки складирования) необходимо устраивать на той половине, где расположена лесосека, а также вблизи площадки разворота или возле дороги поперек дренажной канавы. Обычно различные площадки складирования устраивают на участках, прилегающих не к веткам и усам, а непосредственно к дорогам. Варианты различных по величине площадок складирования представлены в Приложениях 7-8.

### **3.5 Основание дорожного полотна**

Планирование основания дорожного полотна предусматривает проектирование нулевых мест, выемок, насыпей и укреплений грунта. Свойства грунта определяются опытным путем.

#### **3.5.1 Исследования свойств грунта**

Полевые исследования проводят в условиях талых грунтов. Для проведения опытов используются инструменты: геологический ломик, ручной бур и пенетrometer.

<sup>10</sup> Разъездные уширения в России устраиваются на однополосных дорогах в пределах видимости встречного автомобиля, но не более 500 м друг от друга.

Места отбора опытных образцов распределяют относительно поперечного и продольного профилей земляного полотна таким образом, чтобы можно было получить достаточно подробную картину состояния грунтов на дистанции трассы. На основании результатов исследований участкам трассы присваивают класс несущей способности с целью дальнейшего выбора конструкции дорожной одежды.

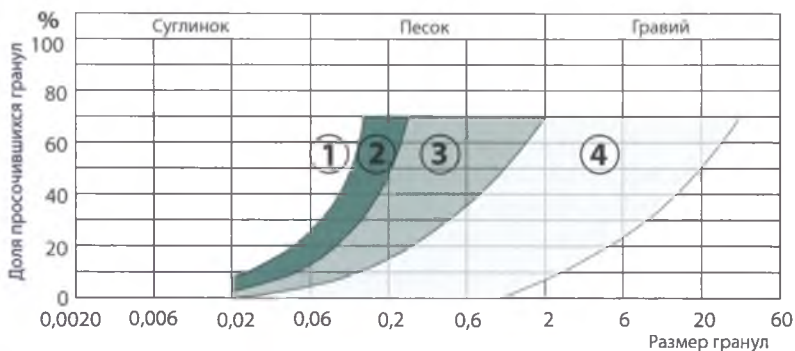
### ***Классы несущей способности и пучинистости***

Несущая способность и пучинистость зависят от гранулометрического состава грунта и от накопления в нем влаги (табл. 15).

Класс несущей способности определяется путем отрытия опытных выемок глубиной 30 – 50 см от поверхности земли. Возможно, что при рассмотрении почвенного разреза разновидности грунта определить сложно, в этом случае из выемки берут образец грунта весом 2–3 кг, который пропускают через сито. На основании гранулометрического состава грунта определяют способность грунтов к морозному пучению (рис. 5).

**Таблица 15.** Классификация грунтов в зависимости от несущей способности и пучинистости

Класс несущей способности	Грунты		Класс пучинистости	
	финская классификация	российский аналог (ГОСТ 25100)	финская классификация	российский аналог
A	Скальные грунты, щебень, гравийный щебень	Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 % по массе	Непучинистый	Практически непучинистый
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	Пучинистый	Слабопучинистый
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 $0,25 < I \leq 0,5$		Среднепучинистый
G	Суглинки и пылеватая морена (сильноувлажненная), легкая глина, торф и сапропель	Глинистые грунты при $I > 0,5$ , пески пылеватые и мелкие при $Sw > 0,95$		Сильнопучинистый и чрезмернопучинистый



*Рис. 5. Способность грунтов к морозному пучению на основании гранулометрического состава (Metsäheho)*

### *Группы грунтов по трудности разработки*

В зависимости от трудности разработки грунты делят на группы в соответствии с табл. 16.

**Таблица 16.** Группы грунтов по трудности разработки

Группа	Разновидность грунтов
I	Плотный торфяник без наличия деревьев, чернозем, пластичная глина, песок, гравий, рыхлый галечниковый грунт, щебень, рыхлая морена
II	Песчанистая супесь, пластичная морена, плотный галечниковый грунт, торфяник с наличием деревьев и пней
III	Тяжелая глина, тяжелый пылеватый суглинок Суглинок, который в водонасыщенном состоянии создает дополнительные трудности Морена, которая в водонасыщенном состоянии и из-за высокой каменности создает дополнительные трудности
IV	Галечниковый грунт, содержащий валуны Среднетяжелые морены, содержащие валуны Скальный грунт, мелкообломочный Текучая глина, сапропель и торф
V	Уплотненные морены Скальный грунт, крупнообломочный Валуны
VI	Скала

## ***Исследование просадочных грунтов***

Расчетная величина объема массы, ликвидирующей просадочные свойства грунтов, зависит от материала насыпи, а также от свойств торфяника. При проведении исследований в полевых условиях в первую очередь необходимо установить: толщину торфяного слоя, степень разложения торфа, которая характеризует его пористость и качество пролегающих под торфяником грунтов. Толщина торфа на участке с просадочным грунтом измеряется обычно через каждые 10 – 20 м.

### **3.5.2 Места разработки грунтов. Разработка конструкции земляного полотна**

До того как начнутся обследования местности с целью разработки природных строительных материалов, собирают информацию о возможных гравийных и песчаных месторождениях в районе строительства дороги.

При проектировании карьера необходимо принимать во внимание ландшафтные особенности местности.

При конструировании земляного полотна в качестве ключевого показателя принимается класс несущей способности грунта основания. Чем ближе состав грунтов к оптимальной смеси, тем лучше конструкция земляного полотна соответствует целевой несущей способности. Рекомендуемые значения для проектирования поперечного профиля земляного полотна указаны на рисунках в Приложениях 9–13.

### **3.5.3 Укрепление основания земляного полотна**

#### ***Потребность и применяемые методы***

В процессе трассировки стремятся по возможности огибать участки со слабыми грунтами. Если все-таки трассу приходится проектировать на просадочных грунтах или на песчаных грунтах с высоким уровнем грунтовых вод, необходимо пред-

усмотреть мероприятия по укреплению основания земляного полотна.

Для укрепления основания земляного полотна лесных дорог в первую очередь применяют геотекстили и геосетки. Также в этом случае подходящим методом является сооружение укреплений из веток и сланей. Если, несмотря на принятые меры, несущая способность остается слабой, для участка дороги, где ожидается оседание насыпи, проектируют так называемое основание с заполнителем.

### ***Выбор метода***

Планируемые мероприятия по укреплению оснований земляного полотна должны быть по возможности малозатратными. Оценку рентабельности укрепления основания земляного полотна можно делать с помощью сравнения затрат по таблице расхода материалов плавающей насыпи. Для укрепления основания земляного полотна требуемый объем материала (независимо от его качества) составляет соответственно 3 – 5 насып. м<sup>3</sup> на пог. м насыпи. Указанный объем также потребуется при сооружении насыпей на участках, где торфяной слой составляет менее 1 м, в этом случае укрепление основания земляного полотна делать невыгодно.

Для преодоления участков с просадочным грунтом требуемый объем массы можно рассчитать с помощью табл. 17 для дорог с односторонним движением. Таблица 18 предусматривает возвышение насыпи над поверхностью болота на 70 см<sup>11</sup>. Таблица не учитывает укрепления основания земляного полотна, т. е. приемлема для сооружения плавающей насыпи.

<sup>11</sup> Возвышение в 70 см приемлемо для участков с выторфовкой, там, где нет снятия торфа, нужно 80 см.



**Таблица 17.** Расход материала насыпи на болотных грунтах

Мощность торфяного слоя, м	(а) Слаборазложившийся торф, пл.м <sup>3</sup> /пог.м	(б) Среднеразложившийся торф, пл.м <sup>3</sup> /пог.м	(в) Сильноразложившийся торф, пл.м <sup>3</sup> /пог.м
1	8,5	7,5	6,0
2	10,5	9,0	7,0
3	12,0	10,0	7,5
4	13,0	11,0	8,0
5	14,0	11,5	8,5

(а) Слаборазложившийся торф - содержит главным образом неразложившиеся растительные компоненты, частично жизнеспособные, не утратившие клеточную структуру. Слаборазложившийся торф обладает большой механической прочностью и в свежем состоянии при сжатии рукой из него сочится жидкость.

(б) Среднеразложившийся торф – в его составе можно различить отдельные растительные остатки, разложившаяся органика имеет темный цвет. При сжатии рукой фрагмент торфа частично превращается в кашеобразную массу, третья часть которой просачивается между пальцами.

(в) Сильноразложившийся торф – представляет собой темную пластичную массу, которая при сжатии рукой легко просачивается между пальцами. В сухом виде обычно имеет темно-коричневый цвет, комок сухого торфа легко распадается до крошки и пылевых частиц.

Варианты устройства водопропускных труб кратко представлены в табл. 18 и в Приложениях 1-3.

**Таблица 18.** Варианты устройства водопропускных труб

№	Конструкция	Применение	Результат
1	Применение способа заклинки, непучинистые гравий или песок	Используют при строительстве магистральных дорог и, при необходимости, веток на мягких грунтах с неравномерной просадкой или на сильнопучинистых грунтах	Отсутствие деформаций морозного пучения: труба не поднимается
2	Окружная засыпка из гравия и остальной заполняющий материал из местного грунта	Если не используют вышеуказанный переходный тип дорожной одежды или если толщина покрывающего трубу слоя превышает 1.0 м	Деформация морозного пучения возможна, если толщина покрывающего трубу слоя $\leq 0,8$ м: труба обычно не поднимается
3	Окружную засыпку можно делать из пучинистого местного грунта	Используют при строительстве веток и усов, когда диаметр трубы составляет $\leq 600$ мм	Обычно деформация морозного пучения отсутствует: поднятие трубы допустимо

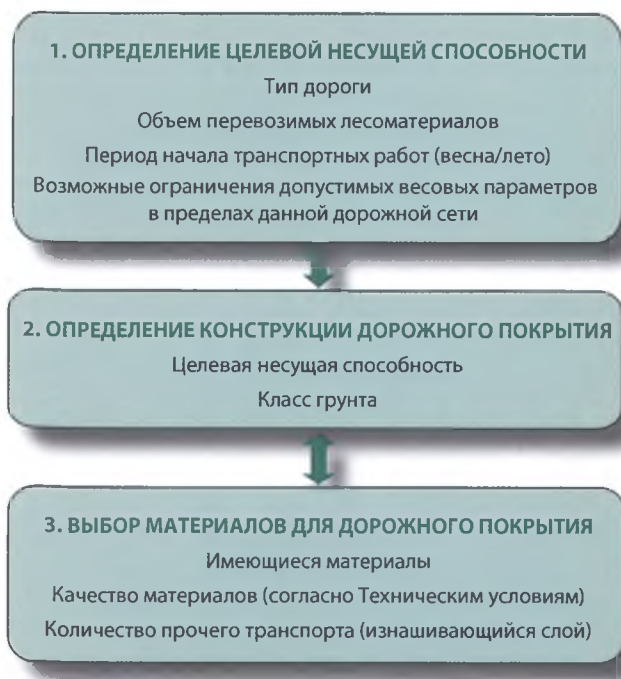


*Рис. 6. В Финляндии используются пластиковые гофрированные трубы диаметром 30-50 см*

## 3.6 Дорожное покрытие

### 3.6.1 Стадии проектирования

Дорожное покрытие принимает и распределяет прилагаемую к поверхности нагрузку таким образом, чтобы напряжение не превысило структурной прочности грунта. Кроме этого дорожное покрытие должно формировать ровную и прочную поверхность дороги. На следующей схеме (рис. 7) представлены стадии проектирования дорожного покрытия.



*Рис. 7. Поэтапное проектирование дорожного покрытия*

### 3.6.2 Определение целевой несущей способности

Целевая несущая способность определяется исходя из назначения дороги. Обычно строят с таким расчетом, чтобы магистральные лесные дороги выдерживали движение во время ве-

сенней распутицы, ветки - во время осенней распутицы и усы – движение тяжелого транспорта в летний период<sup>12</sup>.

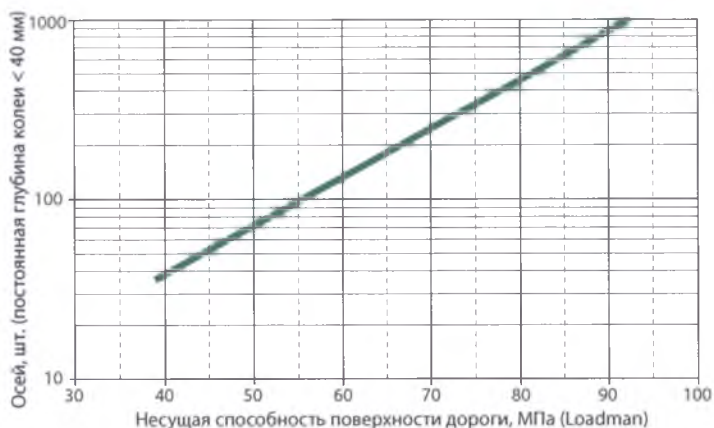
Если есть необходимость, значение целевой несущей способности можно увеличивать или уменьшать относительно базовых характеристик, присущих данной категории дороги. В этом случае на расчеты оказывают влияние такие показатели, как количество проходящего тяжелого транспорта и, самое главное, распределение его потоков по сезонам года. Кроме этого учитываются региональные рекомендации по ограничениям нагрузок на дорожную сеть в разное время года.

Для измерения величины несущей способности используют единицу, выраженную в мегапаскалях ( $1 \text{ МПа} = 1\,000 \text{ кН/м}^2$ ). Нагрузка на дорогу определяется через показатель количества осей (колесных пар, где осевая масса составляет 10 т), при этом постоянная глубина колеи составляет менее 40 мм. Несущая способность дороги меняется в зависимости от сезона, но отношение «нагрузка - несущая способность» не зависит от времени года. После восприятия нагрузки несущая способность дороги возвращается в исходное состояние, при условии, что не была повреждена конструкция дороги (глубина колеи не превышает 40 мм), и образованные колеи в дальнейшем устраняют<sup>13</sup>. Следующую схему (рис. 8) можно использовать для определения целевой несущей способности после определения размера будущей нагрузки на дорогу. Например, если весенняя нагрузка по прогнозу составит 100 осей, значит, не-

<sup>12</sup> Для расчета нежестких дорожных одежд лесовозных дорог в России применяют методику ОДН 218.046 – 01 «Проектирование нежестких дорожных одежд». Дорожную одежду, как правило, рассчитывают по трем основным критериям: упругого прогиба, соответствия сдвигоустойчивости материалов конструктивных слоев и грунта возникающим в них касательным напряжениям, отражающему условие ограничения накопления сдвиговых остаточных деформаций (формоизменения) под воздействием многократных кратковременных нагрузок и морозоустойчивости. Целевая несущая способность соответствует российскому критерию упругого прогиба.

<sup>13</sup> В принятой в России методике расчета несущей способности дорожного полотна большое влияние имеет толщина каждого слоя, слой износа рекомендовано не включать в прочностной расчет. В расчетах принимают не число проездов осей, а приведенное к расчетной нагрузке среднесуточное (на конец срока службы) число проездов всех колес, расположенных по одному борту расчетного автомобиля, в пределах одной полосы проезжей части (приведенная интенсивность воздействия нагрузки).

сущая способность в весенний период должна составлять около 55 МПа.



**Рис. 8.** Зависимость несущей способности от нагрузки. График построен на основании измерений переносным дефектомером (Metsäteho)

Количество осей можно перевести на объем перевозимой древесины согласно соотношению: одна пара колес – 8,3 кубометра древесины. Количество осей можно перевести на количество сортиментовозов согласно соотношению: один сортиментовоз – 6 десятитонных колесных пар (значение ведущей передней оси в расчете не принимается). Аналогичные значения представлены в следующей табл. 19.

**Таблица 19.** Несущая способность дорожного покрытия в зависимости от количества транспортных средств, осей колесных пар и объема перевозимой древесины

Количество осей (колесных пар), шт.	Объем перевозимой древесины, м <sup>3</sup>	Количество транспортных средств, шт.	Целевая несущая способность, МПа
1	8,3	–	–
6	50	1	–
60	500	10	47
600	5 000	100	84

### 3.6.3 Конструкции дорожного покрытия

В таблицах 20 – 23 представлены варианты конструкций дорожного покрытия для грунтов класса А-Е. На просадочных грунтах (класс Г) параметры конструкции принимают согласно классификации материалов насыпи (табл. 15).

#### *Конструкция дорожного покрытия 1 – Лесные магистральные дороги*

**Таблица 20.** Целевая несущая способность (весна) 80-90 МПа (80-150 лесовозов)

Класс несущей способности	А-Е	А	В	С	Д	Е		Е
Изнашивающийся слой (щебень, 0-16..25 мм)	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3
Разделяющий слой (гравийный щебень, 0-32..55 мм)	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	15 1,0	–	10 0,6	30 2,0	60 4,0	20 1,3	50 3,3
Изоляционный/фильтрующий слой (непучинистый песок)	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	–	–	–	–	–	80 4,7	–
Геотекстиль	тип	–	–	–	–	KL3	KL3	KL3
Насыпь (материал класса Е)	см	–	–	–	–	–	–	50
Всего	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	20 1,3	5 0,3	15 0,3	35 2,3	65 4,2	105 6,3	105 6,3
Несущая способность на поверхности дороги <sup>14</sup> , МПа	Весна Лето	270 285	200 245	125 155	95 125	80 115	80 115	80 115

<sup>14</sup> Путем расчета вышеуказанных вариантов конструкции дорожного покрытия по методике ОДН 218.046 – 01 были получены следующие значения несущей способности на поверхности дороги (модуля упругости многослойной системы) с учетом исключения слоя износа (он постепенно уменьшается): А – 300 МПа, В – 265 МПа, С – 144 МПа, Д – 238 МПа, Е – 219/183 МПа, F – 210 МПа. В общем случае расчеты по российской методике дают более высокие значения несущей способности, чем табличные, поэтому приведенные конструкции вполне отвечают прочностным требованиям.

## Конструкция дорожного покрытия 2 – Лесные магистральные дороги и ветки

**Таблица 21.** Целевая несущая способность (весна) 60-70 МПа (20-40 лесовозов)

Класс несущей способности	A-F	A	B	C	D	E		F	
Изнашивающийся слой (щебень, 0-16..25 мм)	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3	5 0,3
Разделяющий слой (гравийный щебень, 0-32..55 мм)	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	15 1,0	– –	5 0,3	15 1,0	40 2,6	15 1,0	40 2,6	20 1,3
Изоляционный/фильтрующий слой (непучинистый песок)	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	– –	– –	– –	– –	– –	45 3,0	– –	75 4,9
Геотекстиль	тип	–	–	–	–	KL3	KL3	KL3	KL3
Насыпь (материал класса E)	см	–	–	–	–	–	–	40	–
Всего	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	20 1,3	5 0,3	10 0,6	20 1,3	45 2,9	65 4,3	85 5,6	100 6,6
Несущая способность на поверхности дороги, МПа	Весна Лето	270 285	200 245	110 140	75 95	70 110	60 90	70 100	65 120

## Конструкция дорожного покрытия 3 – Ветки

**Таблица 22.** Целевая несущая способность (весна) 60-70 МПа (20-40 лесовозов), на дорогах категорий E и F во время сезонной распутицы применение тяжелых транспортных средств не допускается

Класс несущей способности	A-F	A	B	C	D	E	F	
Покрытие простейшего типа (гравийный щебень, 0-32..55 мм)	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	<b>15</b> 1,0	<b>0-5</b> 0-0,3	<b>5</b> 0,3	<b>10</b> 0,6	<b>20</b> 1,2	<b>45</b> 3,0	<b>30</b> 2,0
Изоляционный/фильтрующий слой (непучинистый песок)	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	– –	– –	– –	– –	– –	– –	<b>15</b> 1,2
Геотекстиль	тип	–	–	–	–	(KL 3)	(KL3)	(KL3)
Всего	см нас.м <sup>3</sup> / пог.м	<b>15</b> 1,0	<b>0-5</b> 0-0,3	<b>5</b> 0,3	<b>10</b> 0,6	<b>20</b> 1,2	<b>45</b> 3,0	<b>45</b> 3,0
Несущая способность на поверхности дороги, МПа	Весна Лето	245 255	200 245	105 135	65 85	40 65	35 65	35 60

Поскольку ветки активно используются легким транспортом к покрытию простейшего типа можно добавить собственно изнашивающийся слой (щебень, 0 – 16..25 мм).



## Конструкция дорожного покрытия 4 – Усы

**Таблица 23.** Целевая несущая способность (весна) 50-60 МПа (10-20 лесовозов), эксплуатация дорог из грунтов класса Е и F тяжелыми транспортными средствами во время сезонной распутицы не допускается

Класс несущей способности	A-F	A	B	C	D	E	F
Покрытие простейшего типа (гравийный щебень, 0-32...55 мм)	<b>см</b> нас.м <sup>3</sup> / пог.м	<b>10</b> 0,6	<b>0</b> 0	<b>0-5</b> 0-0,3	<b>5</b> 0,3	<b>15</b> 1,0	<b>35</b> 2,3 <b>20</b> 1,3
Изоляционный/фильтрующий слой (непучинистый песок)	<b>см</b> нас.м <sup>3</sup> / пог.м	-	-	-	-	-	- <b>25</b> 1,6
Геотекстиль	тип	-	-	-	-	(KL 3)	(KL3)    (KL3)
Всего	<b>см</b> нас.м <sup>3</sup> / пог.м	<b>10</b> 0,6	<b>0</b> 0	<b>0-5</b> 0-0,3	<b>5</b> 0,3	<b>15</b> 1,0	<b>35</b> 2,3 <b>45</b> 3,0
Несущая способность на поверхности дороги, МПа	Весна Лето	265 275	200 240	105 130	55 75	35 55	30 55    30 60

В реальных условиях состав грунтов отличается большим разнообразием, что усложняет их классификацию. Свойства грунтов окончательно проясняются в процессе строительства, когда ведется наблюдение за устойчивостью к нагрузкам, вызванным передвижениями дорожно-строительной техники. Не предусмотренные проектом слабые участки по необходимости укрепляют.

### 3.6.4 Выбор материалов для дорожного покрытия

#### *Использование геотекстиля*

Геотекстиль служит разделителем между слоями дорожного покрытия и грунтом (основанием). Применение геотекстиля рекомендуется в условиях строительства на пучинистых грунтах (классов Е, F и G). Целесообразность применения геотекстиля особенно актуальна в условиях, когда эксплуатация дороги осуществляется в период межсезонной распутицы или в летний период, если земляное полотно остается в увлажненном состоянии. В условиях слабых грунтов геотекстиль способствует усилению прочностных свойств конструкции, что в свою очередь оптимизирует уплотнение слоев покрытия во время строительства.

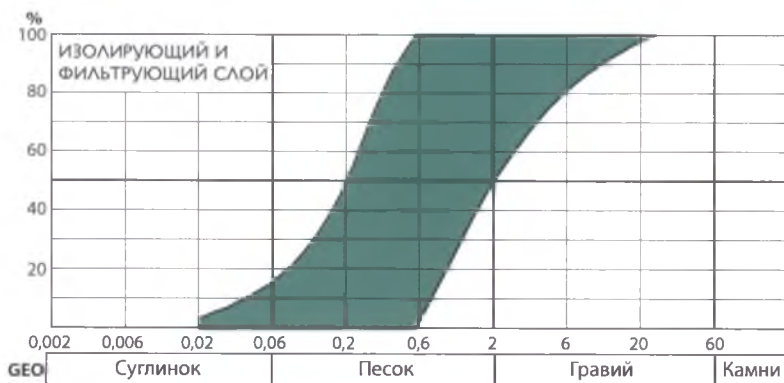


*Рис. 9. На слабых грунтах прокладывают слой геотекстиля по всей ширине насыпи. Без этого гравийно-щебеночные материалы покрытия проникают в мягкий грунт основания, и через несколько лет конструкция дорожной одежды утрачивает первоначальные свойства*

### ***Изолирующий и фильтрующий слой***

Изолирующий и фильтрующий слой препятствует смешению пучинистого грунта с непучинистыми прослойками дорожного покрытия и капиллярному подъему влаги, а также способствует увеличению несущей способности конструкции покрытия.

Материалом изолирующего и фильтрующего слоя является песок, рекомендуемый гранулометрический состав которого колеблется в пределах, представленных на следующем графике (рис. 10). Для изолирующего и фильтрующего слоя следует применять непучинистый материал, состав которого представлен более мелкими частицами, чем в верхнем слое. Изолирующий и фильтрующий слой можно заменить геотекстилем.



*Рис. 10. Гранулометрический состав материала изолирующего и фильтрующего слоя. Область рекомендуемых значений (Metsäteho)*

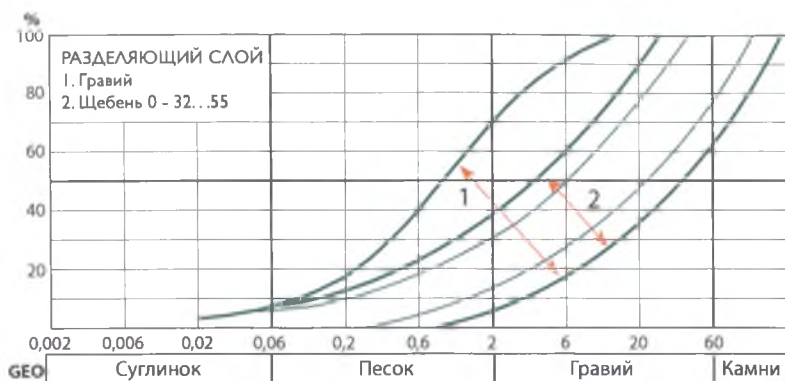
### **Разделяющий слой и простейший тип покрытия**

Конструкция дорожного покрытия 1-го и 2-го типа предусматривает устройство отдельно разделяющего и изнашивающего слоев. Для конструкций 3-го и 4-го типа проектируют простейшее покрытие, которое выполняет одновременно функции разделяющего и изнашивающего слоев.

Разделяющему слою и покрытию простейшего типа отводятся функции принимать нагрузку и рассеивать давление, передаваемое на нижний, более слабый грунт.

В качестве материала для слоя, выполняющего нормативные требования, используют гравийный щебень, его толщина рассчитывается с помощью таблицы.

В случае, если вместо гравийного щебня применяют крупнообломочный грунт, толщину слоя можно уменьшить на 10–30 % в зависимости от качества материала. Если гравийный щебень заменяют гравием или гравийной мореной, на пучинистых почвах (Е–G) следует увеличить толщину слоя на 10–20 % в зависимости от того, насколько точно гранулометрический состав соответствует области значений, представленной на следующем графике (рис. 11).



*Рис. 11. Гранулометрический состав материала разделяющего слоя. Область рекомендуемых значений (Metsäteho)*

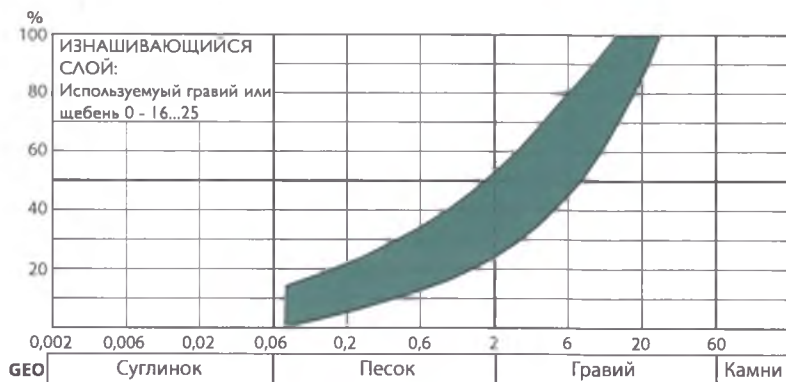
Во избежание размягчения в увлажненном виде фракции в составе материала разделяющего слоя и покрытия простейшего типа должны быть достаточно крупными. Подходящим материалом считается такой, в котором главная составляющая представлена фракциями размером более 20 мм, а фракции меньших размеров компактно располагаются в пустотах между крупными. Таким образом, чем благоприятнее соотношение между группами фракций, тем лучше качественные характеристики субстрата.

С целью достижения достаточной плотности в состав материала не должны входить обломки (камни) размером, превышающим половину толщины слоя. При необходимости субстрат можно просеять.

### ***Изнашивающийся слой***

Изнашивающийся слой выполняет функции защиты разделяющего слоя и формирует ровную и прочную поверхность дорожного покрытия. При строительстве лесных дорог для изнашивающегося слоя применяют в первую очередь щебень.

Рекомендуемый гранулометрический состав материала изнашивающегося слоя представлен в пределах области значений на следующем графике (рис. 12).



*Рис. 12. Гравулометрический состав материала изнашивающегося слоя. Область рекомендуемых значений (Metsäteho)*

С целью увеличения устойчивости к износу и уменьшения пыльности изнашивающийся слой должен быть хорошо утрамбован и уплотнен. Материал, содержащий слишком много мелких и пылеватых частиц, обладает пучинистыми свойствами, следовательно, из-за частых ремонтов вся конструкция дорожного покрытия будет чувствительна к отрицательным температурам. Материалом для изнашивающего слоя является гравийный щебень, просеянный гравий или моренные обломки подходящей размерности. В состав материала не должны входить обломки (камни) размером более 20–30 мм. Размер гранул в составе изнашивающегося слоя из гравийного щебня не должен превышать 25 мм. С целью достижения достаточной плотности в слой из просеянного щебня необходимо по возможности добавить глину или суглинистую морену.

Твердое покрытие или покрытие из вяжущих холодных материалов применяют на дорогах с простейшим типом покрытия, если ожидается интенсивное движение легкового транспорта (200 автомобилей в сутки), а также по обе стороны моста на участке протяженностью 50 м.



## 4 СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Данная методика предусмотрена для строительства однополосной лесной дороги с гравийным покрытием.

В строительстве главным образом применяется способ выемки грунта. На этом этапе строительства основания дороги целесообразно применять местные грунты в таком объеме, чтобы по возможности минимизировать использование привозных земляных масс.

### 4.1 Основание дорожного полотна

#### *Возведение земляного полотна*

Под возведением земляного полотна понимается расчистка дорожной полосы, связанных с ней площадок примыканий, создание боковых канав, а также формирование, выравнивание и уплотнение грунта земляного полотна. Земляные работы производят с учетом поперечного профиля с разработкой грунта из бокового резерва, если проектом не предусмотрено использование привозного или перемещаемого грунта.

Растительные отходы размещают на подходящей для этих целей площадке или складывают в ложбину или карьер. Если нет воз-



возможности захоронить камни и пни, их складывают в кучи. На холмистой местности земляное полотно возводят не из резервной части грунта, а из перемещенной, при этом выравнивая поверхность насыпи с двух сторон холма. На заболоченной местности растительные отходы выгоднее оставить на поверхности болота, чтобы усилить несущую способность грунта.

Если между поверхностью готовой дороги и поверхностью земли толщина слоя составляет более 0,70 м, расчистку от растительности не производят. После уплотнения земляного полотна формируют откосы согласно поперечному профилю. На этой стадии работ с поверхности дороги сгребают и складывают в канавы камни размером более 0,20 м.

Для возведения земляного полотна используются главным образом экскаваторы.



*Рис. 13. На экскаваторе установлен планировочный ковш*



### ***Разработка выемок и возведение насыпи***

Работы, связанные с разработкой грунта и возведением насыпи, производят согласно проекту. При сооружении насыпи поверхностный грунт, камни и пни размещают в нижней части насыпи и в откосах таким образом, чтобы между фактической поверхностью заполняющего материала и проектируемой поверхностью дороги оставалось не менее 0,7 м.



***Рис. 14. На глинистых грунтах оптимальная форма канавы в виде трапеции***

В качестве заполняющего материала насыпи подходят все уплотняемые минеральные грунты, не считая мелких пылеватых грунтов ( $>0,002...0,0063$  мм).

### ***Укрепление земляного полотна***

На слабых грунтах, где заполнитель насыпи не достигает твердого основания, применяют различные укрепляющие конструкции с использованием геотекстиля и геосетки, а также укрепления из веток и сланей.

Иногда возникает необходимость укреплять земляное полотно на минеральной почве.

Желательно разбить строительство дороги на несколько разнесенных по времени этапов. На первом этапе происходит подготовка основания для земляного полотна: корчевка пней с последующей их укладкой в основание вверх корневой си-

стемой (что придает армирующий эффект земляному полотну), доуплотнение основания, прокопка канав, отсыпка земляного полотна. Подготовленное земляное полотно оставляется на самоуплотнения в естественных условиях на срок около года. По истечении срока самоуплотнения грунта устраиваются слои дорожной одежды, формируется устойчивая геометрия профиля, производится обустройство дороги.

## 4.2 Дорожное покрытие

До начала возведения дорожного покрытия основание дорожного полотна должно быть уплотнено, спланировано, оформлено и высушено. Различные нормативы требований к материалам представлены в инструкциях по проектированию.



*Рис. 15. Прежде чем начнется строительство покрытия и непосредственно эксплуатация, основанию строящегося уса дают в течение зимы уплотниться*

Слои покрытия лесной дороги довольно тонкие, поэтому их распределение следует производить в сухое летнее время или в холодный период в условиях замерзшего грунта.

В настоящее время в качестве основного материала для строительства покрытия используют щебеночно-гравийные смеси. Объем материала, необходимого для укладки слоев покрытия, должен включать и запас для предстоящих работ по содержанию дороги.

### ***Изолирующий и фильтрующий слой***

Изолирующий слой и фильтрующий устраивают по возможности равнозначными по прочности. Камни размером более 50 мм в процессе работы из песка удаляют.

Если основание дорожного полотна имеет низкую несущую способность, то изолирующий и фильтрующий слой укладывают бульдозером одновременно с разделяющим.

Изолирующий и фильтрующий слои могут быть заменены техническим текстилем.

### ***Разделяющий слой***

Разделяющий слой обычно производят путем распределения материала по ширине покрытия толстым слоем. Выравнивание гравийной смеси выполняют автогрейдером.

При создании разделяющего слоя необходимо предотвратить образование колеи на земляном полотне. Это возможно, если грейдер или грузовик при каждом проходе меняет полосу движения.

Уплотнение разделяющего слоя можно проводить на грунтах с хорошей несущей способностью при строительстве дороги, а также при реконструкции с применением виброкатка.

### *Изнашивающийся слой*

На уплотненный, ровный и профилированный разделяющий слой укладывают тонкий изнашивающийся. Выравнивание грунта производят автогрейдером или с помощью регулируемого грейдерного оборудования.

Изнашивающийся слой уплотняется под тяжестью транспорта, выравнивание и уплотнение производят катком во время и после строительства дороги. Уплотнение можно осуществлять также методом вибрации.

### *Покрытие простейшего типа*

Покрытие простейшего типа представляет собой комбинацию разделяющего, изолирующего и изнашивающегося слоев. Материал покрытия рассыпают по ширине дорожного полотна тонкими слоями, пока слой не достигнет нормативной толщины.

Часто при строительстве покрытия уплотнение осуществляют путем последовательной смены колеи при каждом проходе транспорта, распределяющего щебень.



# 5 СОДЕРЖАНИЕ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Под понятием содержание дороги подразумевается проведение комплекса работ по поддержанию соответствующего состояния дороги с целью профилактики возникновения опасных участков на существующей дорожной сети.

Состав и объем работ по содержанию зависит от интенсивности движения и видов транспортных средств, а также и от качества дороги и климатических условий.

Дорога долго служит, если ее основание сохраняется сухим и сезонные ограничения эксплуатации не нарушаются.

Сроки проведения работ по содержанию дорог представлены в табл. 24, в которой непрерывная линия означает обязательный уход, а прерывистая — уход по необходимости.

**Таблица 24.** Сроки проведения работ

	Весна	Лето	Осень	Зима
<b>Летние профилактические работы</b>				
Исправление профиля с помощью грейдерного оборудования	— — — — —	— — — — —	— — — — —	
Обеспыливание		— — — — —		
Ремонт и содержание дорожной одежды и покрытия	— — — — —		— — — — —	
Расчистка обочин		— — — — —		
Ремонт и содержание элементов дорожного обустройства		— — — — —		
Контроль состояния и очистка элементов мостового полотна		— — — — —		
Очистка (обслуживание) русел водопропускных труб	— — — — —			
<b>Зимние профилактические работы</b>				
Снегоочистка	— — — — —			— — — — —
Уборка снежного и ледового наката	— — — — —			— — — — —
Рассыпка противогололедного материала	— — — — —		— — — — —	— — — — —
Другое	— — — — —		— — — — —	— — — — —
<b>Ремонт дороги</b>				
Восстановление профиля с добавлением щебня или гравия	— — — — —		— — — — —	
Реконструкция осушительной сети		— — — — —		
Ремонт водоотводных труб		— — — — —		
Ремонт мостового полотна		— — — — —		
Другое	— — — — —			

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

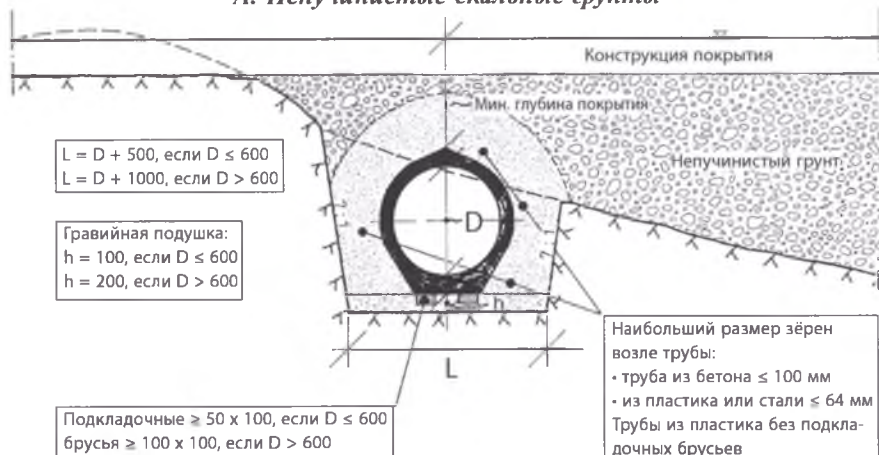
1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г. М.: Минсельхоз России, 2008.
2. Ууситало Й. Основы лесной технологии. Йёнссу: Oy FEG - Forest and Environment Group Ltd., 2006. 228 с.
3. Metsätieohjeisto: Metsäteho: 2001.96 s.
4. Karjalainen T., Leinonen T., Gerasimov Y., Husso M. & Karvinen S. (eds.). 2009. Intensification of forest management and improvement of wood harvesting in Northwest Russia – Final report of the research project. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 110. 151 p.
5. Metsätalastollinen vuosikirja. 2008.
6. Uotila E., Viitala E.-J. Optimaalinen tietiheys yksityismetsätalouden kannalta. Metsätieteen aikakauskirja 2/1999: 167–179.
7. Uotila E., Viitala E.-J. Tietiheys metsätalouden maalla. Metsätieteen aikakauskirja 1/2000: 19–33.
8. ВСН 01-82. Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий. М.: Минлесбумпром СССР, 1982.
9. СНиП 2.05.07 – 91\*. Промышленный транспорт. М.: Госстрой России, 1996.
10. ОДН 218.046 – 01. Проектирование нежестких дорожных одежд. М.: Росавтодор, 2001.
11. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. М.: Госстандарт, 1996.
12. СНиП 2.05.02-85\*. Автомобильные дороги. М.: Госстрой России, 1997.




# Приложение I

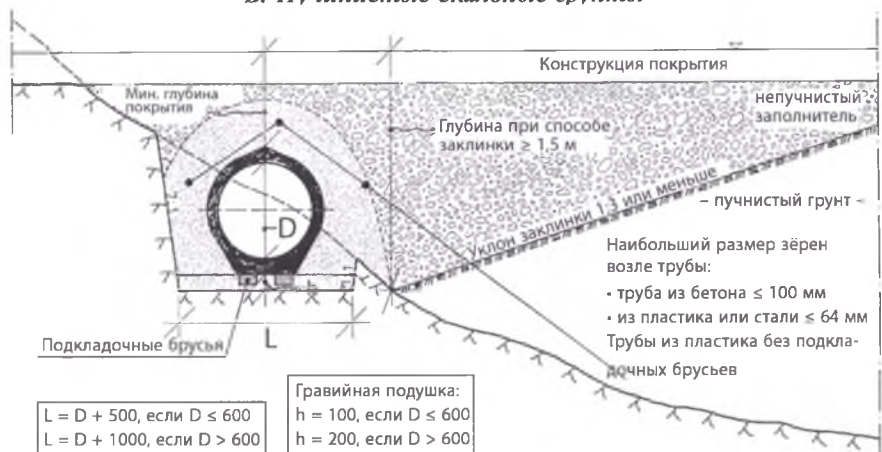
## ВОДОПРОПУСКНАЯ ТРУБА – ГРУНТ КЛАССА А

### А. Непучинистые скальные грунты



Для подкладочных брусьев можно использовать круглые материалы =   $\geq 100$

### Б. Пучинистые скальные грунты



(Metsäteho)



## Приложение 2

ВОДОПРОПУСКНАЯ ТРУБА, ГРУНТЫ КЛАССОВ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ В-Г

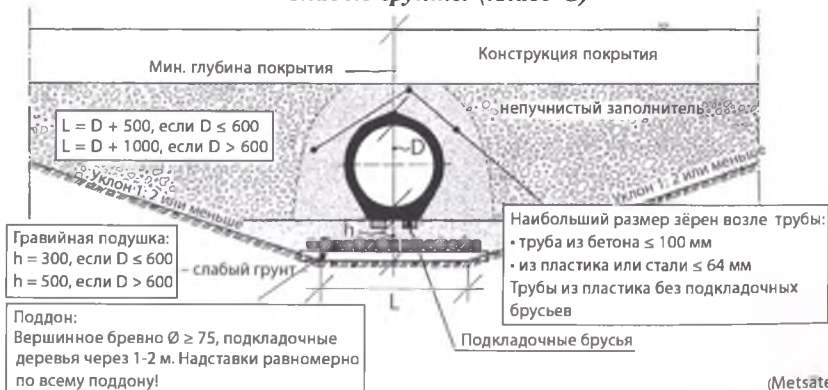
### А. Непучинистые грунты (классы В-D)



### Б. Пучинистые грунты (классы Е-F)



### В. Слабые грунты (класс Г)



(Metsäteho)

## Приложение 3

### ВОДОПРОПУСКНАЯ ТРУБА, ПУЧИНИСТЫЕ ИЛИ СЛАБЫЕ ГРУНТЫ

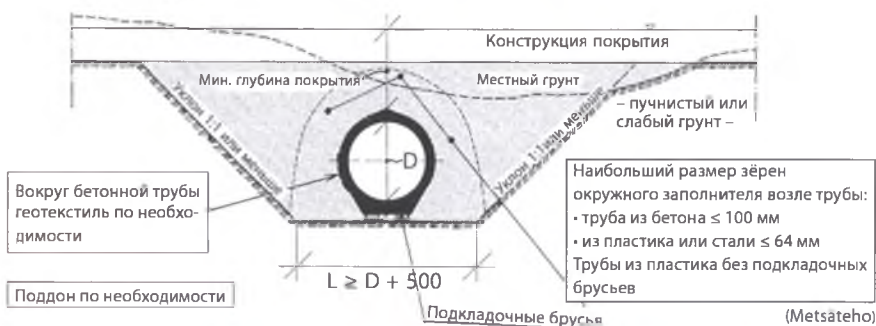
#### А. Окружная засыпка, непучинистый материал, узкая траншея



#### Б. Окружная засыпка из гравия и остальной заполняющий материал из местного грунта, глубина покрытия > 1,0 м



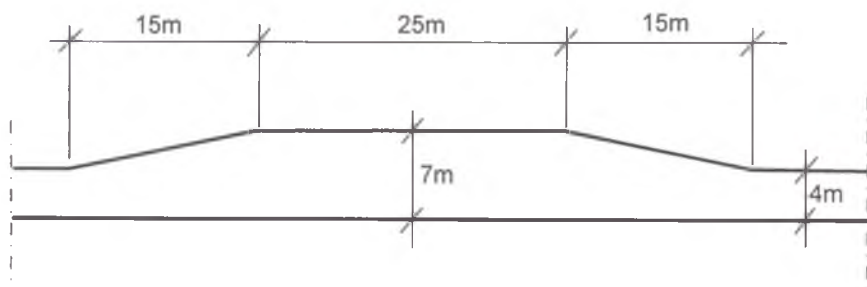
#### В. D трубы $\leq 600$ мм, заполняющий материал из местного грунта



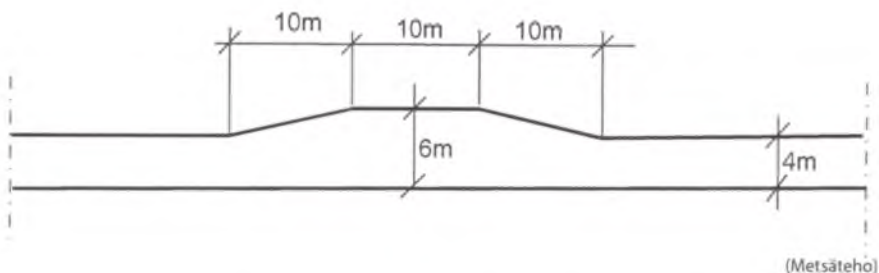
## Приложение 4

### РАЗЪЕЗДНОЕ УШИРЕНИЕ

*Параметры площадки для грузового транспорта при полной загрузке*

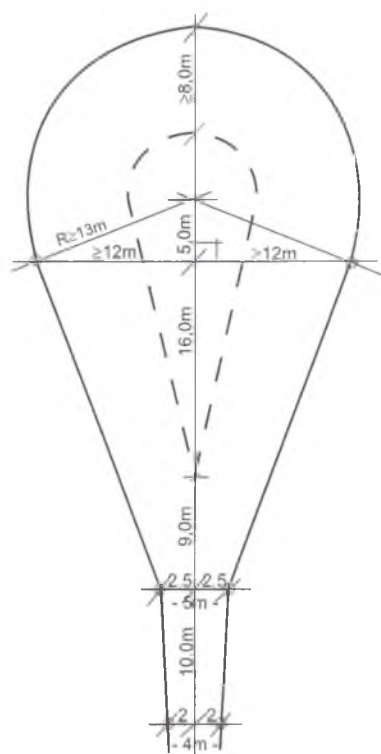
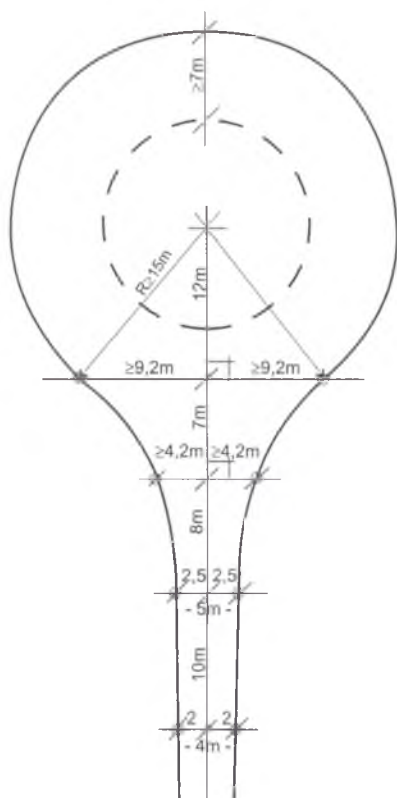


*Параметры площадки для грузового транспорта при полной загрузке*



## Приложение 5

### РАЗВОРОТНАЯ ПЕТЛЯ 1-2

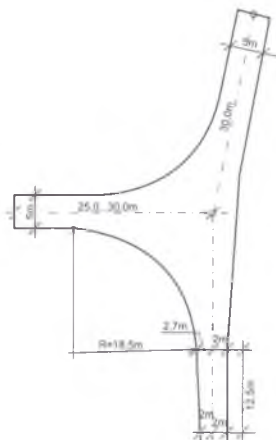


(Metsäteho)

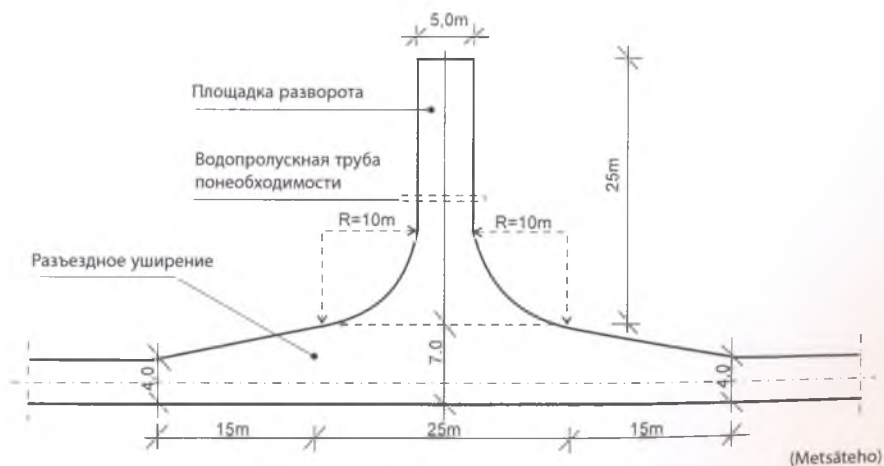
## Приложение 6

### ПЛОЩАДКА РАЗВОРОТА 3-4

#### *А. Тупиковая площадка разворота в конце дороги*



#### *Б. Расширение для разворота и разъезда*

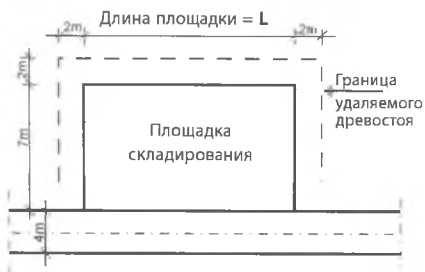


В случае, если площадку разворота пересекает канава: уклон канавы устанавливают 1: 4 или меньше для возможности переезда через канаву.

## Приложение 7

### ПЛОЩАДКИ СКЛАДИРОВАНИЯ

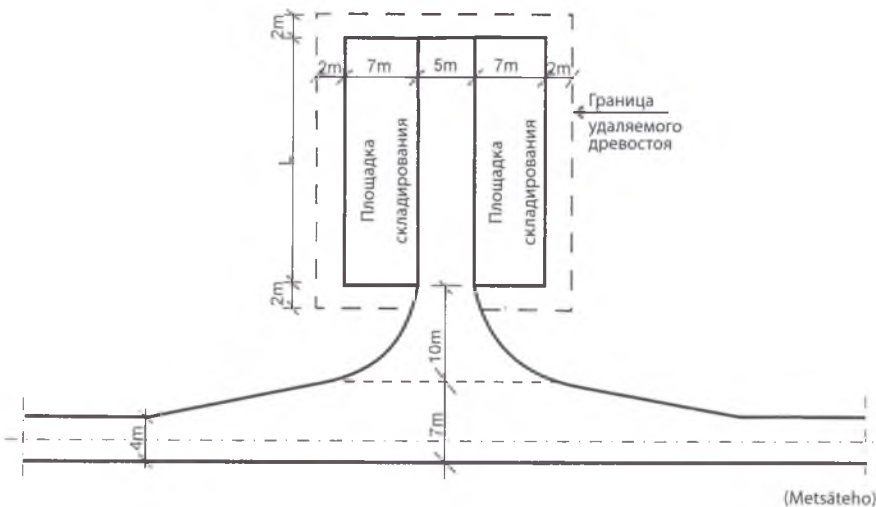
*Площадка складирования  
возле дороги*



*Площадка складирования  
возле расширения*

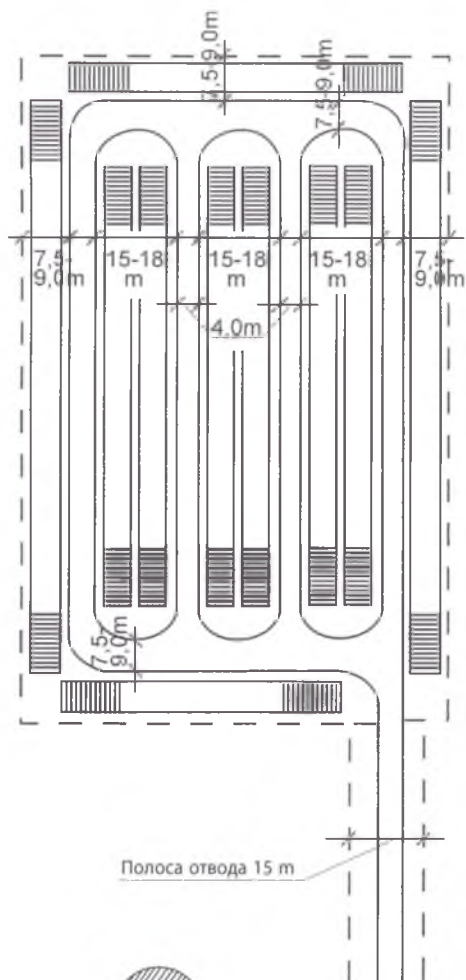


*Склад возле площадки разворота*



## Приложение 8

### УСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ СКЛАДА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ



#### Требования по развороту:

$R_u = 12,5$  (13,5 рекоменд)

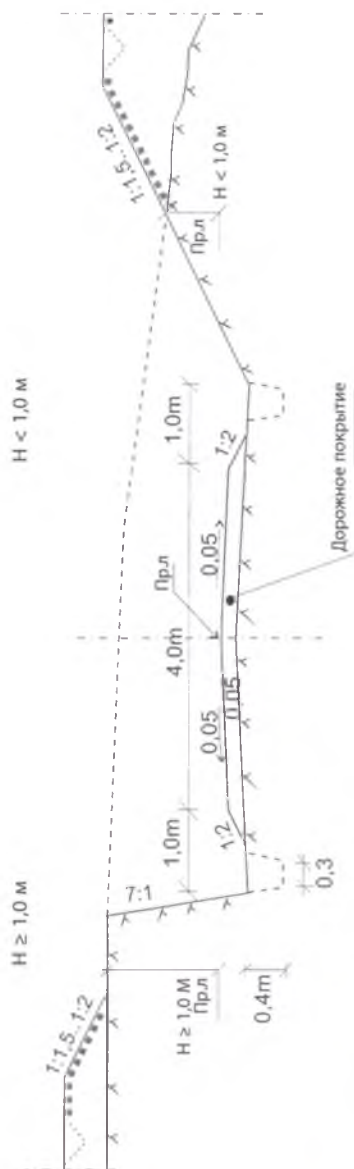
$R_s = 5,0$  m (4,0 рекоменд)

(Metsäteho)



## Приложение 9

ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ – класс несущей способности А

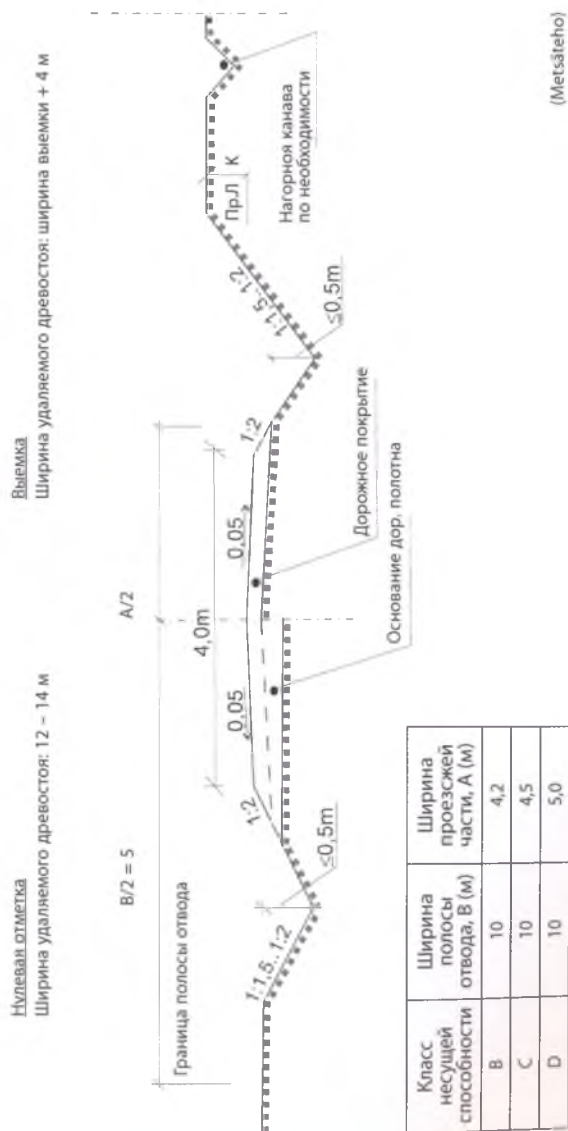


Ширина удаляемого древостоя = ширина выемки + 4 м  
Нагорные и боковые канавы по необходимости  
Прл - проектная линия

(Metsälehti)

## Приложение 10

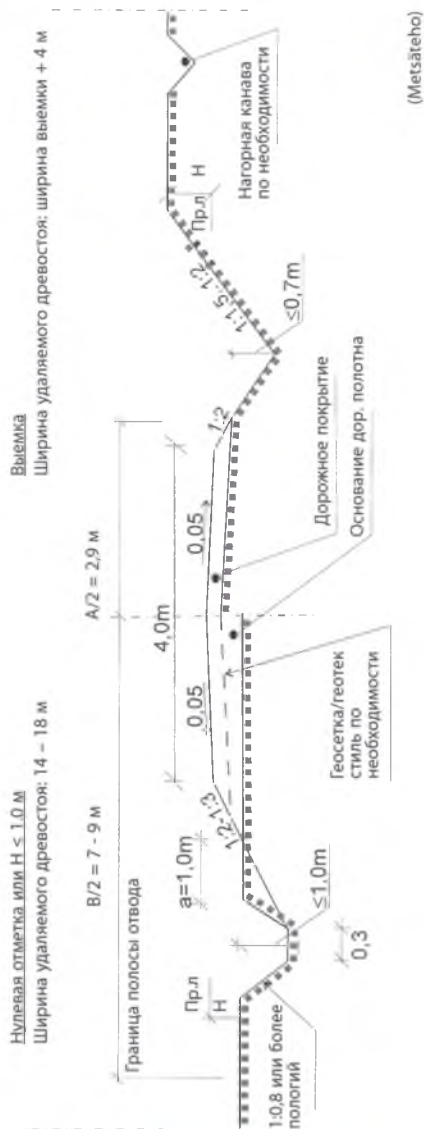
### ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ – классы несущей способности В, С и D



## Приложение II

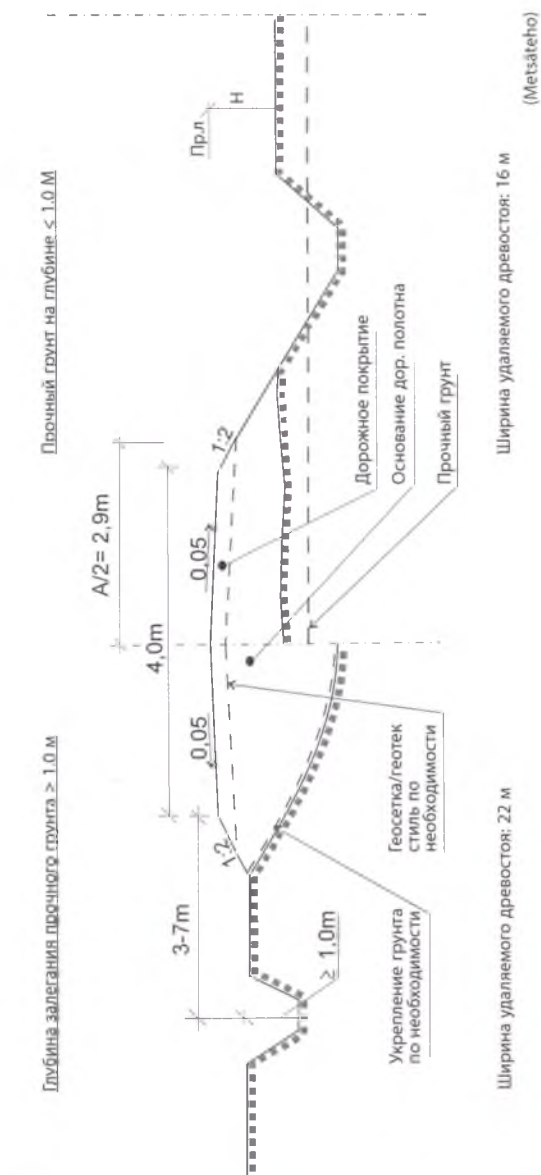
### ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ

– классы несущей способности E и F



## Приложение 12

### ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ – классы несущей способности G



## ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ – высокая насыпь

