

Характеристика карьерных дорог



План лекции:

- ◆ Технологические качества автодорог
 - ◆ Продольный уклон дорог
 - ◆ Проезжая часть дороги
 - ◆ Типы дорожных покрытий
 - ◆ Строительство карьерных дорог
 - ◆ Содержание и ремонт карьерных дорог
- 
- A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

На карьерах различают



- ♦ Дороги общего типа (хозяйственные)
- ♦ Карьерные дороги (производственные) для перевозки вскрышных пород и полезного ископаемого



```
graph TD; A[По сроку службы карьерные дороги] --- B[постоянные (срок службы не менее 1-2 лет)]; A --- C[временные];
```

По сроку
службы
карьерные
дороги

постоянные
(срок службы
не менее
1-2 лет)

временные

Карьерные дороги

- ◆ Обычно все карьерные дороги – двухполосные, с обеспечением встречного движения машин
- ◆ Иногда, при кольцевом движении, однополосные



Технологические качества автодорог характеризуются:

- ◆ Расчетной скоростью движения – скоростью, на которую рассчитываются элементы трассы и конструкции автодорожных сооружений



Технологические качества автодорог характеризуются:

- ◆ Расчетной массой и габаритами подвижного состава, пропускаемого дорожными одеждами и сооружениями



Технологические качества автодорог характеризуются:

- ◆ Проезжаемостью, определяемой возможностью движения подвижного состава с заданной скоростью в различные периоды года



Технологические качества автодорог характеризуются:

- ◆ Грузонапряженностью – количеством груза (в тоннах), перевозимого по участку дороги в единицу времени



Технологические качества автодорог характеризуются:

- ◆ Интенсивностью движения – количеством транспортных средств, проходящих через данное сечение дороги в единицу времени



Технологические качества автодорог характеризуются:

- ◆ Транспортной работой – производением массы перевозимого груза на дальность перевозок



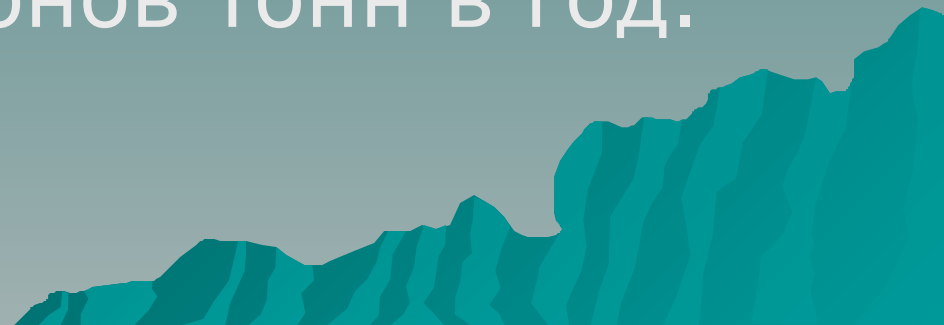
В соответствии с показателями грузонапряженности или интенсивности движения устанавливается **техническая категория дороги**. Временные дороги относятся к III категории



Техническая классификация карьерных постоянных автодорог

Категория дороги	I	II	III
Грузонапряженность, млн. т, брутто в год	Более 25	От 25 до 3	Менее 3
Расчетная скорость движения на прямых участках, км/ч	50	40	30
То же, на поворотах, серпентинах и перекрестках, км/ч	30	25	20

Расчетные скорости движения на карьерных автодорогах (15—50 км/ч) намного меньше, чем на дорогах общего пользования (60—100 км/ч). В то же время полная масса карьерных автомобилей достигает 100 т и более, а ширина и высота — 4 м, грузонапряженность измеряется десятками миллионов тонн в год.



Продольный профиль дороги, являющийся вертикальным разрезом по оси трассы, должен обеспечить плавность движения с расчетной скоростью. Для этого переломы профиля сопрягают вертикальными кривыми длиной не менее 10 м. Минимальные радиусы выпуклых кривых должны обеспечить расчетное расстояние видимости, а вогнутых кривых — максимально допустимую нагрузку рессор под действием центробежных сил.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Значения радиусов вертикальных кривых и расчетные расстояния ВИДИМОСТИ автодорог

Расчетная скорость движения, км/ч	50	40	30	20
Минимальный радиус вертикальных кривых, м:				
выпуклой	700	500	300	200
вогнутой	300	200	100	50
Расчетное расстояние видимости, м:				
поверхности дороги	60	50	40	30
автомобилей	125	100	80	60

Продольный уклон дорог

устанавливают в результате технико-экономического анализа. При увеличении уклонов (до 7—8 % для тягачей с полуприцепами и 10—12 % для автосамосвалов) уменьшаются объемы горно-подготовительных работ и время рейса машин. В то же время увеличивается износ двигателей, трансмиссий и шин, возрастает длина тормозного пути, уменьшаются скорость движения машин и провозная способность дороги.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

По расчетам минимальные затраты на транспортирование достигаются при продольном уклоне дорог для автосамосвалов не более 10 %, а по условиям безопасности движения он должен быть еще ниже. Фактически на карьерах продольные уклоны постоянных дорог не превышают 7—8 %. Иногда при одностороннем движении порожних машин они достигают 10—12%. Уклон дорог для тягачей с прицепами и полуприцепами с одной ведущей осью не должен превышать 4—6 %, а для дизель-троллейбусов он может быть увеличен до 10, 12 и 14 % соответственно при одной, нескольких и всех ведущих осях машин.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

По условиям безопасности движения необходимо предусматривать вставки с уклоном не более 2 % и длиной не менее 50 м через каждые 500 м длины затяжного уклона в траншеях. На кривых малых радиусов величина продольного уклона дороги уменьшается:

радиус кривой, м	15	20	30	40	50
снижение максимального продольного уклона, %	5	4	3	2	1

Проезжая часть дороги

характеризуется шириной, типом и конструкцией дорожной одежды, очертанием поперечного профиля.

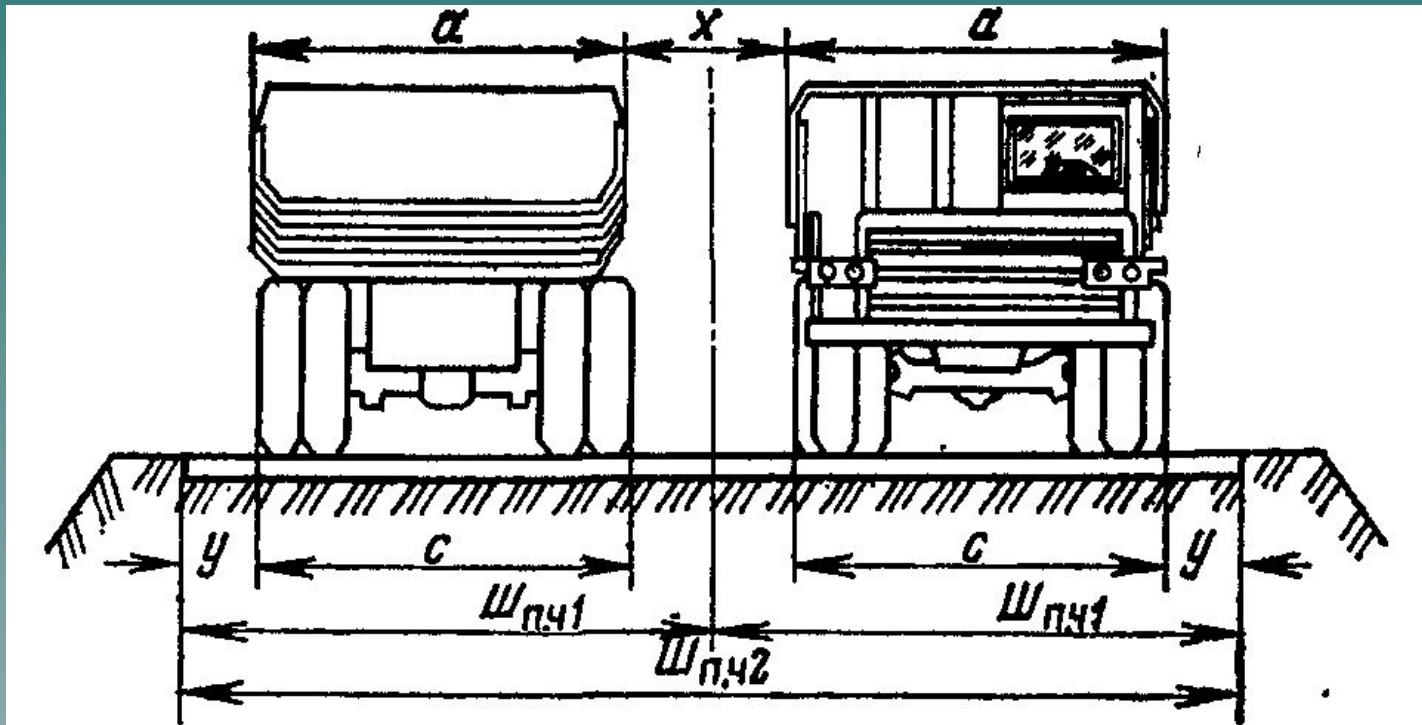


Схема к определению ширины проезжей части автодороги при одно- и двухполосном движении

Ширина проезжей части дороги *Шп.ч.*
(зависит от ширины машин по скатам колес c (примерно равна ширине кузова a), ширины предохранительной полосы y между наружным колесом машины и кромкой проезжей части и безопасного зазора x между кузовами встречных машин:

при однополосном движении

$$Ш_{п.ч.1} = a + 2y;$$

при двухполосном движении

$$Ш_{п.ч.2} = 2(a + y) + x,$$

где $y = 0,5$ м; $x = 0,5 + 0,005v$, м; v — скорость движения машин, км/ч.

При повышении интенсивности движения машин и соответственно категории дороги ширину ее проезжей части следует увеличивать, с тем чтобы избежать снижения скорости движения и повышенного износа покрытия. Полосу движения на кривой уширяют. Для современных короткобазовых карьерных автосамосвалов при двухполосном движении величина уширения составляет:

радиус кривой, м		15	20	30	50	100	250	500
уширение проезжей части, м	. .	2,1	1,7	1,4	1,1	0,8	0,5	0,3

Ширина обочин дорог принимается 2 и 2,5 м соответственно для машин шириной до 2,75 м и более.

Типы дорожных покрытий различаются

- ◆ Работоспособностью
- ◆ Сроком службы
- ◆ ровностью



Работоспособность дорожного покрытия измеряется суммарной массой (в тоннах) подвижного состава (брутто), пропускаемого по дороге с момента сдачи ее в эксплуатацию до возникновения потребности в ремонте или между двумя ремонтами.



Срок службы покрытий (в годах)
определяется частным отделения
работоспособности покрытий на
грузонапряженность дороги
(брутто).



Ровность покрытия может быть определена суммарной деформацией рессор машины на единицу длины пути (см/км).



Основные показатели дорожных покрытий

Тип покрытия	Ровность покрытия (нового), см/км	Допустимая скорость по условиям ровности покрытия, км/ч	Ориентировочная работоспособность, млн. т (брутто)	
			до среднего ремонта	до капитального ремонта
Усовершенствованное капитальное:				
цементобетонное	50—100	Более 100	20	80
асфальтобетонное	25—50	Более 100	10	40
Усовершенствованное облегченное:				
чернощебеночное	100—150	50—100	2,5	7,5
черногравийное	100—150	50—100	2	5
Переходное:				
щебеночное и гравийное	150—200	30—50	0,4—0,6	0,8—1,2
из укрепленного грунта с поверхностной обработкой	—	—	0,2—0,3	0,7—1

Тип и состояние дорожного покрытия существенно влияют на основные технико-экономические показатели работы автомобилей

Типы покрытий	Коэффициент сопро- тивления качению	Относительные значения показателей (при $i = 0$)				
		Техни- ческая скорость	Расход горюче- смазоч- ных материа- лов	Износ шин	Расходы на техни- ческое обслужи- вание и ремонт	Эксплуата- ционные расходы
Усовершенствованные	0,2	1,3	0,85	0,75	0,8	0,65—0,75
Переходные	0,3	1	1	1	1	1
Низшие	0,6	0,8	1,3	1,5	1,2	1,8—2,2

В то же время с улучшением дорожного покрытия растут затраты на него, составляющие 60—90 % общих затрат на строительство постоянных дорог. Выбор типа дорожного покрытия производится путем детального сравнения сроков окупаемости капитальных затрат и экономии эксплуатационных расходов с учетом объемов перевозок, срока службы дороги, типа подвижного состава, наличия местных строительных материалов.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Ориентировочно могут быть приняты следующие типы покрытий в зависимости от общих объемов перевозок (млн. т/год):

- ◆ более 10 — цементобетонные и асфальтобетонные
 - ◆ 2—10 — чернощебеночные и чернोगравийные
 - ◆ 0,5—2 — щебеночные и гравийные
 - ◆ менее 0,5 — простейшие грунтовые улучшенные, а также покрытия из мелкораздробленных скальных вскрышных пород
- 

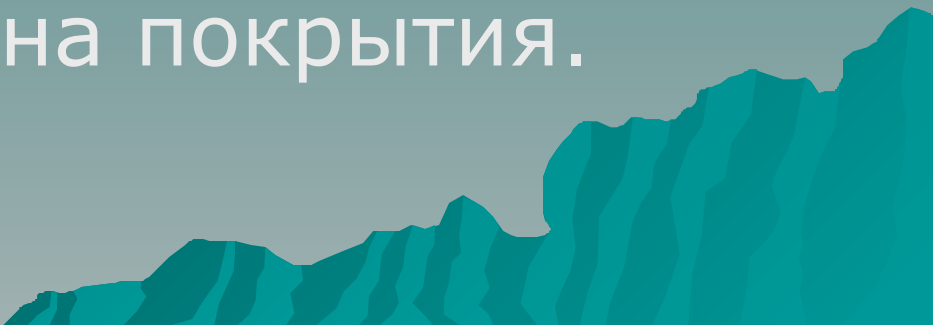
На **постоянных** карьерных дорогах применяются цементобетонные и щебеночные покрытия, на **временных** — сборные железобетонные и покрытия из нецементированных щебенистых и дресвяно-гравийных материалов.

Асфальтобетонные покрытия целесообразно применять при движении машин грузоподъемностью до 7—10 т, так как при более тяжелых машинах образуются колеи, волны и покрытие быстро изнашивается.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Очертание проезжей части

прямых участков дорог в поперечном сечении— криволинейное или с прямолинейным двухскатным профилем, крутизна которого принимается от 2 % (для цементно- и асфальтобетонных покрытий) до 5 % (для гравийных покрытий серповидного профиля). Уклон обочин обычно на 2 % больше поперечного уклона покрытия.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

На кривых малого радиуса для предотвращения бокового скольжения и опрокидывания автомобилей должны устраиваться **виражи**, имеющие односкатный поперечный профиль с уклоном 2—6 % к центру кривой. На прямых и кривых с центром в сторону обрыва — профиль односкатный с уклоном проезжей части и обочин 1 % в нагорную сторону.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

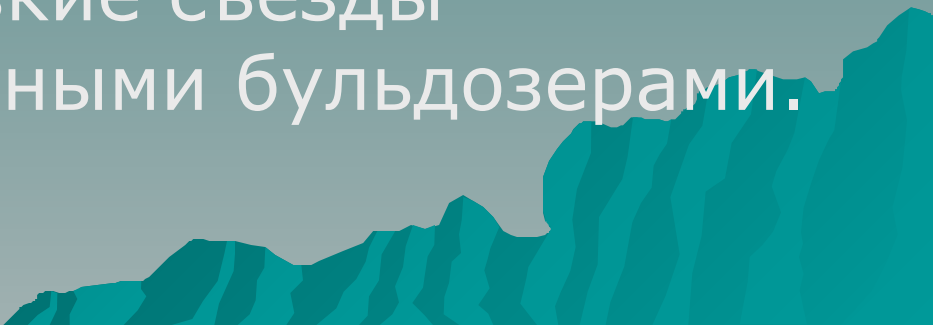
Строительство карьерных дорог

Первым этапом строительства являются *подготовительные работы*: разбивка трассы дороги и отдельных ее элементов на местности, очистка дорожной полосы, обеспечение водоотвода. Далее следуют *земляные работы*: возведение и профилирование земляного полотна, устройство водоотводных сооружений, укрепление обочин и откосов.

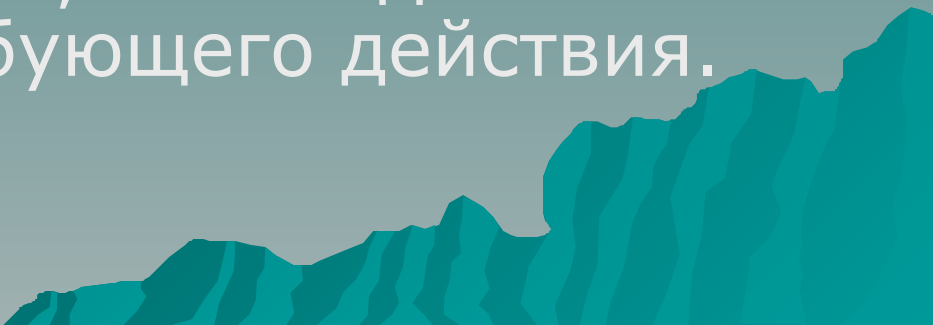


Земляные работы при строительстве дорог на поверхности карьеров выполняют с помощью бульдозеров, экскаваторов строительного типа, скреперов с ковшами емкостью 6—10 м³, прицепных и самоходных грейдеров, колесных погрузчиков. Земляное полотно и дорожные одежды возводятся участками-захватками длиной 250—1000 м (на косогорах 50—100 м). В период строительства карьера для сооружения земляного полотна используют породы резервов; в дальнейшем целесообразно применять породы, вывозимые из карьера. Строительство дорог в карьере осуществляют, как правило, основным карьерным оборудованием, которое может использоваться и на поверхности при больших объемах насыпей и выемок.

Требуемый продольный профиль дорог в капитальных траншеях и полутраншеях при скальных породах получают при их проведении посредством взрывания скважин переменной глубины с последующем выемкой и перемещением породы. Временные съезды шириной понизу 20—30 м сооружают в основном по взорванным породам экскаваторами с использованием автотранспорта или с частичной перевалкой породы на нижний горизонт. Узкие съезды проводят также мощными бульдозерами.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text.

Насыпи возводят горизонтальными или слабонаклонными (до 20 %) слоями с уплотнением каждого слоя предотвращения осадок земляного полотна, вызывающих разрушение дорожного покрытия. Толщина уплотняемого слоя равна 25— 50 см при работе катков массой 10—50 т и 50—110 см при использовании виброуплотняющих машин, виброкатков массой 2,5—3 т, трамбуемых плит (на экскаваторах) массой до 2 т при падении с высоты 2 м, самоходных машин ударно-трамбующего действия.



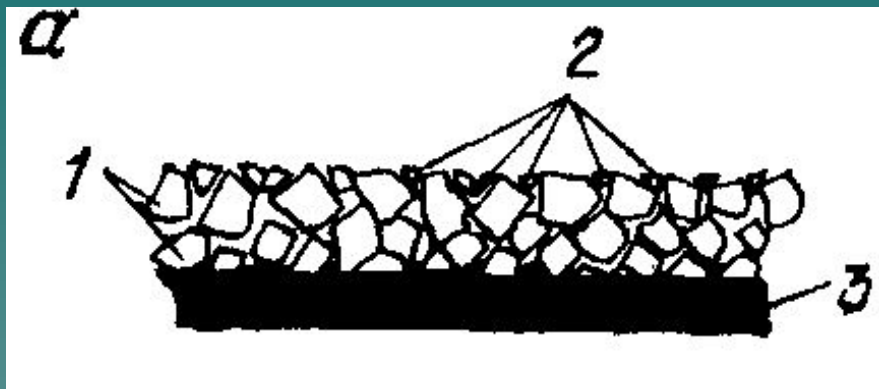
Планировка откосов небольших насыпей и выемок производится планировщиками, навешиваемыми на автогрейдеры и бульдозеры, а отделка обочин — автогрейдерами.



Сооружение дорожного покрытия начинается с устройства корыта под дорожное покрытие посредством перемещения породы из-под будущего дорожного покрытия на обочины или отсыпки на обочины привозной породы. В корыто укладываются с укаткой основание, а затем слои дорожного покрытия. При гравийных и щебеночных материалах минимальная толщина слоя h_{min} изменяется от 8 до 15 см соответственно при твердом и песчаном основании; при обработке органическими вяжущими путем смещения или пропитки $h_{min} = 4-8$ см. Асфальтобетон укладывается слоями толщиной 2—5 см, а цементобетон — 18—22 см. Максимальная толщина слоя $h_{max} \leq 1.5h_{min}$

Цементобетонные покрытия сооружаются с помощью комплекта бетоноукладочных машин, включающего профилировщик основания, распределитель цемента, бетоноотделочную машину, нарезчик и заливщик швов и др. Для дорог с щебеночным покрытием широко используется щебень, получаемый путем дробления и сортировки скальных вскрышных пород (производительность применяемых при этом дробильно-сортировочных установок 10—50 м³/ч). Покрытия из каменных материалов (щебень, гравий и др.) устраиваются методами заклинки и плотных смесей

Схемы покрытий из каменных материалов

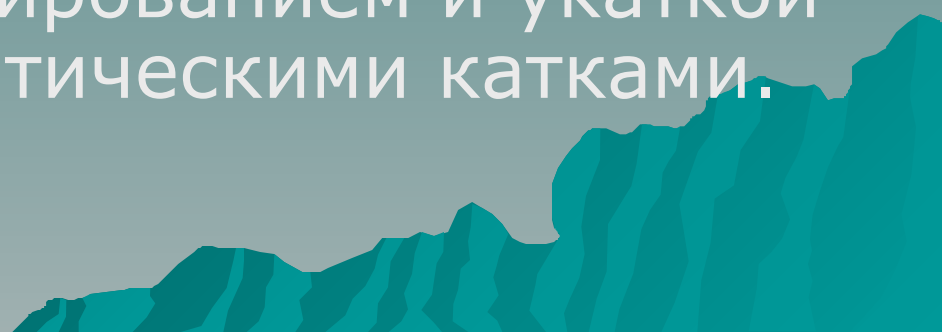


а — щебеночные, устроенные методом заклинки;
б — гравийные (грунтощебеночные), устроенные по методу плотных смесей; 1 — щебень размером куска 40—70 или 20—40 мм; 2 — клинец размером 20—40 или 10—20 мм и каменная мелочь; 3 — основание дорожного покрытия; 4 — гравий размером куска 20—25 мм или щебень размером куска 35—45 мм; 5 — вяжущие из связных грунтов

Метод заклинки заключается в том, что поверхность укатанного основного слоя щебня размером 40—70 мм рассыпается мелкий (10—30 мм) и более прочный клинец. При последующей укатке с поливкой клинец вдавливается между более крупными частицами, расклинивая их и образуя плотную и ровную кору.



Прочность покрытий, возводимых **методом плотных смесей** из местных материалов (мелкораздробленные скальные породы, отходы обогащения, горелые породы, гравий различной крупности и прочности с включением мелко-измельченных и пылеватых частиц), обеспечивается заполнением мелкими фракциями оптимальной влажности промежутков между крупными частицами при укатке. Предотвращение волнистости покрытия достигается профилированием и укаткой поверхности пневматическими катками.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned at the bottom right of the slide, partially overlapping the text area.

Хотя прочность щебеночных покрытий, возводимых методом заклинки, на 20—35 % больше, чем при методе плотных смесей, последний на карьерах применяется гораздо чаще вследствие меньших затрат и трудоемкости работ как при сооружении, так и ремонте покрытий



Обычно на карьерных временных дорогах с устойчивым основанием для машин грузоподъемностью менее 10 т устраивают однослойные каменные покрытия толщиной до 30—50 см, а при интенсивном движении машин грузоподъемностью 27—40 т — двухслойные толщиной до 1 м.



Содержание и ремонт карьерных дорог

Содержание дорог заключается в поддержании земляного полотна, дорожных покрытий и сооружений в состоянии, обеспечивающем безопасность движения и исключающем преждевременный износ автомобилей и дороги.

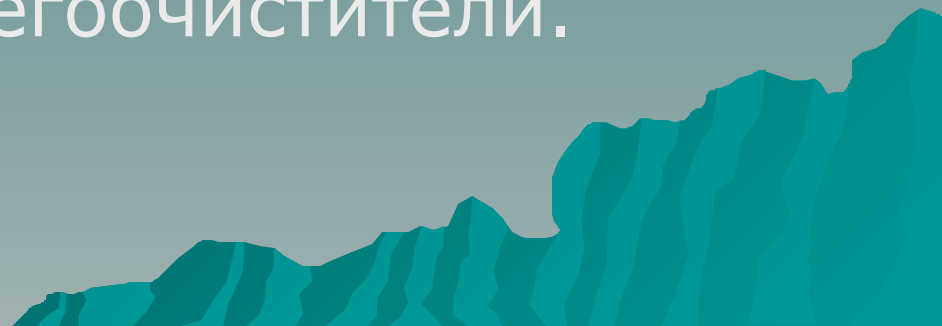
A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, adding a decorative element to the background.

Содержание и ремонт карьерных дорог

Для этого с земляного полотна отводится вода, очищающая водоотводные сооружения, планируются обочины. Дорожные покрытия защищают от снега, очищают от грязи, снега, пыли и просыпей, профилируют и планируют; при щебеночном и черном покрытиях в летний период рассыпают каменные высевки, а при грунтовых и гравийных дорогах — мелкозернистый гравий или крупнозернистый песок. В зимний, весенний и осенний периоды ведут борьбу с гололедом.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Очистка дорог от снега производится с помощью бульдозеров, а также плужных и роторных снегоочистителей. Плужные одноотвальные автомобильные снегоочистители непрерывно патрулируют на дорогах в период снегопадов и метелей. При толщине снежного покрова до 2 м и значительной его плотности, а также для разбрасывания снежных валов применяются шнекороторные и плужнороторные снегоочистители.



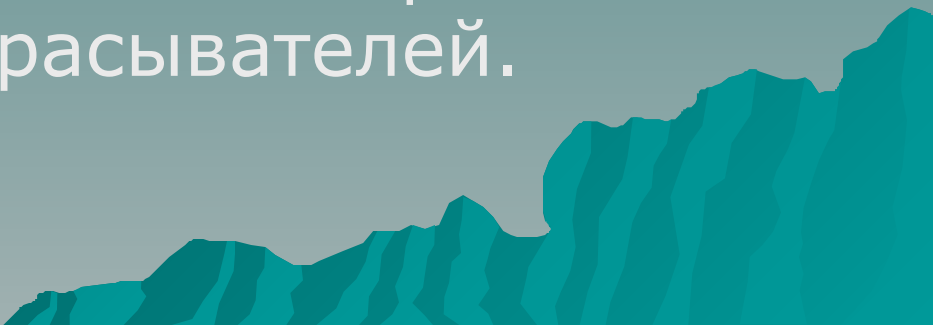
Обледенение дорог ведет к резкому уменьшению коэффициента сцепления шин с поверхностью скользкой дороги (до 0,08—0,12), снижению скорости движения с 20—25 до 10 км/ч и производительности автотранспорта на 30—40%, увеличению стоимости перевозок на 20—30 %. Особенно опасно обледенение участков дорог с уклонами более 4—5%, на кривых радиусом менее 80—100 м и пересечениях дорог в связи с резким увеличением длины тормозного пути машин.



Из химических средств борьбы с гололедом используют хлористый натрий и кальций, температура замерзания водных растворов которых соответственно $-21,2$ и -55 °С. Целесообразно смешивать эти соли в пропорции 2:1. Коррозирующее действие их ослабляется добавлением замедлителей — ионидов.



Тепловой метод заключается в плавлении льда теплом отработанных газов реактивных двигателей, установленных на автомобилях. Для повышения коэффициента сцепления используют фракционные материалы (песок, хвосты обогащения, шлак, каменные высевки) крупностью не более 5—8 мм. Расход их составляет 0,2—0,7 м³ на 1000 м² дорожного покрытия в зависимости от уклона и интенсивности движения. Рассыпка фракционного материала и солей осуществляется с помощью дисковых пескоразбрасывателей.

A stylized, dark blue silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Очистка дорог от грязи и ее уборка в весенне-осенний период производятся автогрейдерами и бульдозерами.



Автодороги без капитальных покрытий являются основным источником пылеобразования в карьерах, достигающего 600— 900 мг/м³, что во много раз превышает санитарные нормы, а также сильно ухудшает видимость, снижает безопасность и скорость движения машин, вызывает ускоренный износ трущихся деталей, особенно двигателя (пробег до капитального ремонта уменьшается с 90—100 тыс. до 15—25 тыс. км).

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Способы борьбы с пылью:

- ♦ орошение проезжей части дорог водой,
 - ♦ обработка щебеночных, гравийных и грунтовых дорог гигроскопическими солями и органическими вяжущими,
 - ♦ устройство малопылящих дорожных покрытий.
- 
- A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is located in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Орошение дорог водой производится специальными поливо-моечными машинами, оборудованными насосами для разбрызгивания воды под давлением до 0,4—0,5 МПа. Запыленность щебеночных дорог при орошении водой снижается в 6—7 раз, но действие его летом кратковременно (0,5—2 ч). Кроме того, вследствие размыва дорожного полотна образуются рытвины, вспучивания, ухудшается сцепление шин с мокрой поверхностью дороги.

A stylized, dark teal silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Эффективна обработка дорожных покрытий реагентами, способствующими увлажнению покрытий в течение длительного времени: раствором лигнина, гранулированным хлористым кальцием (расход $0,6 \text{ кг/м}^2$, снижение запыленности воздуха в 7—12 раз), лигносульфитами (например, сульфитно-спиртовой бардой не чаще 1 раза в месяц), битумными, нефтяными и другими эмульсиями (содержание битума или дегтя 1,5—5%, расход эмульсии $1,2—2 \text{ л/м}^2$, 10—15 поливов за сезон).

A stylized, dark silhouette of a mountain range is positioned in the bottom right corner of the slide, partially overlapping the text area.

Дорожно-ремонтные работы включают

- ◆ текущий,
- ◆ средний,
- ◆ капитальный ремонты автодорог.



При **капитальном ремонте** восстанавливаются земляное полотно и все изношенные элементы и сооружения дороги. В необходимых случаях производится повышение прочности дорожного покрытия и сооружений.



Средний ремонт дорог включает восстановление изношенного дорожного покрытия, водоотводных сооружений, укрепление обочин, приведение в порядок обстановки пути (путевых дорожных знаков, ограждений и т. п.).



К текущему ремонту относятся неотложные исправления земляного полотна, дорожного покрытия и обстановки пути, производимые систематически в течение всего года в виде планово-предупредительных ремонтов и отдельных исправлений случайных повреждений.



Необходимость проведения ремонтов устанавливается посредством осмотра покрытия, определения его износа и изменения ровности покрытия по показаниям толчкомера, увеличение которых в 2—3 раза по сравнению с показаниями при новом покрытии свидетельствует о необходимости усиленного **текущего ремонта**; дальнейшее увеличение показаний толчкомера (для капитальных покрытий — более 300 см/км), а для грунтощебеночных и гравийных — более 500—600 см/км) указывает на необходимость **среднего ремонта**.

A stylized silhouette of a mountain range in shades of teal and blue, located at the bottom right of the slide.

При ремонте и строительстве карьерных дорог используют специализированные дорожные машины и навесные приспособления к тракторам. Прицепные и трехосные автогрейдеры с механическим и гидравлическим управлением используются для возведения земляного полотна, устройства корыта, профилирования, ремонтных работ.



Уплотнение земляного полотна и покрытий производится прицепными и самоходными (с двигателем внутреннего сгорания) катками, а также трамбовками. Для улучшения проработки и уплотнения пород высоких насыпей иногда применяют кулачковые катки. Чтобы обеспечивалось качественное уплотнение породы без сдвига, рабочая скорость движения катка не должна превышать 1,6—2 км/ч. Лишь при заключительных проходках разрешается увеличивать скорость до 2,5—3 км/ч. Эффективно применение для уплотнения несвязных пород вибрационных самоходных катков с возмущающей силой 25—180 кН.



Для перемешивания, рыхления и измельчения пород применяют дисковые бороны, дорожные фрезы, легкие прицепные кирковщики, а для равномерного рассыпания каменных материалов в корыте дороги — распределители щебня и высевок.



При обработке и пропитке щебеночных и гравийных дорог для перевозки и распределения по дорожному полотну черных вяжущих в горячем или холодном состоянии используют передвижные цистерны с насосами и подогревателями — автогудронаторы вместимостью 3—7 м³. Ширина разлива 1—7 м, норма разлива 0,5—3 л/м².

При ремонте черных покрытий применяют передвижные битумные котлы (для нагрева битума), передвижные гудронаторы (для распределения битума при «ямочном ремонте» и поддержания постоянной температуры вяжущих) и гладкие катки. Механизированная укладка плит при строительстве и ремонте сборно-разборных железобетонных покрытий осуществляется с помощью автокранов.

