

Карьерная дорога после дождя

Направление: Дорожное проектирование и транспортная логистика

Цель: Предложить конструкцию и водоотвод карьерной дороги и оценить её работу по сезонам.

Справка о компании: Сибирская угольная энергетическая компания (СУЭК) занимается добычей, переработкой и поставками угля. Её производственные задачи связаны с открытыми и подземными горными работами, обогащением угля и транспортировкой продукции. Для предприятий угольной отрасли важны безопасность работников, надёжность техники, качество продукции и снижение воздействия производства на окружающую среду.

Задача участников

Предложите устройство и водоотвод учебного участка дороги разреза «Изыхский». Проверьте нагрузку тяжелой техники, дождевой сток, транспортные потери и экономику решения без заявления реального допуска скорости.

1 Контекст и цель

На глинистом основании карьерная дорога меняется по сезонам: дождь увеличивает водонасыщение, оттепель ослабляет основание, зимой важны сцепление и уборка. Для диспетчера последствия выражаются в ограничении загрузки/скорости и потерянных циклах, для дорожной службы — в ремонте и восстановлении водоотвода. Поэтому одной проверки прочности сухого слоя недостаточно.

Разработайте комплексное решение круглогодичной дороги разреза Изыхский: конструкцию, профиль/водоотвод, эксплуатацию и восстановление. Исходные самосвалы 130–220 т и уступы из глин/суглинков до 30 м сохраняются как контекст; 30 м не является толщиной дорожной одежды. Проектируется общий участок 1 км, а не вся сеть по площади разреза.

2 Обязательный основной результат

- План и поперечное сечение с выбранными слоями, материалами, канавами/выпусками; сезонный регламент движения и содержания.
- Проверки нагрузки, несущей способности/осадки, воды и укрупнённого торможения для всех сезонов; транспортные циклы и ограничения эффекта.
- Сравнение минимум двух конструктивных концепций, пятилетняя экономика и план грунтовых/нагрузочных испытаний.

3 Общий участок и сезоны

Следующие зависимости — учебные сравнительные модели, не действующие нормы проектирования или допуск скорости.

Показатель	Значение	Единица
Участок / проезжая часть / коридор	1000 / 20 / 24	м / м / м
Круговой рейс / погрузка+разгрузка	20 / 15	км / мин
Фонд смены / парк	600 / 10	мин / самосвалов
Рабочая / максимальная полезная нагрузка	180 / 220	т

Показатель	Значение	Единица
Собственная масса / контакты	140 / 6	т / шт.
Площадь контакта / динамический коэффициент	1 / 1,2	м² / доля
Продольный уклон / радиус / видимость	0,04 / 80 / 80	доля / м / м
Дождь / сток / водосбор	30 / 0,8 / 40000	мм/ч / доля / м²
Цель осадки / доп. спрос	8 / 100000	мм / т/год

Сезон	Смен/год	$\sigma_{осн}$, кПа	μ	v базы	Простой базы, мин
Сухо	80	250	0.45	25	0
Дождь	40	160	0.25	15	120
Оттепель	20	140	0.22	10	180
Зима	40	300	0.12	15	90

Для проекта верхние учебные скорости: сухо 25, дождь 20, оттепель 15, зима 15 км/ч. Условные простои после мер: 0/30/60/60 мин соответственно. Эти значения применяются только как сопоставимый сценарий после прохождения расчётных ограничений и при наличии сезонного регламента; они не доказательство реального допуска. Можно выбрать более осторожный режим.

4 Свободная конструкция и расчётные зависимости

Материал	ρ , т/м³	Цена с укладкой, руб./т	k материала
Щебёночный	2.1	1500	1.12
Повторный минеральный, после отбора	2.1	650	0.9

Толщина h выбирается в диапазоне 0,25–0,80 м. Для смешанных слоёв нужен собственный согласованный расчёт; в базовой формуле используется единый эквивалентный материал. Геосетка даёт учебный множитель $g = 1,15$, без неё $g = 1$. Она не заменяет дренаж/уплотнение; подтвердите применимость и конструкцию.

$$p = (m_{\text{полезн}} + 140) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,2 / (6 \cdot 1) / 1000; P_{\text{доп}} = \sigma_{осн} (1 + 2h/1)^2 \cdot k \cdot g; d = 8(p/P_{\text{доп}})^2$$

$p/P_{\text{доп}}$ в кПа; d в мм. Проверьте максимальные 220 т и эксплуатационные 180 т. Для общего сценария нужны $p \leq P_{\text{доп}}$ и $d \leq 8$ во всех сезонах. Формула — объявленная модель организатора, не геотехническая экспертиза.

$$Q \text{ дождя} = i \cdot A \cdot C / 3600000; Q \text{ канавы} = A \text{ сеч} \cdot (A \text{ сеч} / P \text{ смоч})^{2/3} \cdot \sqrt{I} / n$$

i в мм/ч, Q в м³/с. Две боковые канавы делят водосбор пополам. Трапеция: $A \text{ сеч} = d(b + zd)$, $P \text{ смоч} = b + 2d\sqrt{1 + z^2}$. Учебно $z = 1$, $n = 0,035$. $I = 0,01$ — минимальный локальный уклон/консервативный гидравлический сценарий, а не постоянный уклон вдоль всей дороги. Отдельно согласуйте трассировку/перепады канав с продольным профилем и предусмотрите защиту выпусков. Выбирайте b/d , показывайте размещение в коридоре, выпуск и защиту от размыва.

$$S \text{ ост} = 2v/3,6 + (v/3,6)^2/[2 \cdot 9,81(\mu - 0,04)]; a \text{ бок}/(9,81 \text{ м/с}^2) = (v/3,6)^2/(9,81 \cdot 80)$$

В формуле остановочного пути 9,81 м/с² — ускорение свободного падения; коэффициент геосетки g в неё не входит. Вниз по уклону $S \text{ ост} \leq 80 \text{ м}$, $\mu > 0,04$. Боковое требование без зачёта выража не более μ . Это проверка учебных условий, не сертификация тормозов. Укажите ограничения шин, льда и видимости.

Отметки учебного продольного профиля: 0 м — 100 м; 500 м — 120 м; 1000 м — 100 м. Предусмотрите выпуск в двух концах и отвод в вершине без перелива на полотно. Условный приёмник принимает общий Q дождя; реальное разрешение/эрозию предстоит подтвердить.

5 Транспорт и экономика

В формуле floor означает округление вниз до целого числа.

$$t \text{ рейса} = 60 \cdot 20/v + 15; N = \text{floor}((600 - \text{простой})/t \text{ рейса}); V = N \cdot 180 \cdot 10$$

Рейсы целые, перенос незавершённого рейса между сменами не учитывается. Годовой полезный прирост ограничен дополнительным спросом 100000 т.

Статья	Цена	Единица
Геосетка с монтажом	400	руб./м ²
Разработка канав	800	руб./м ³
Обслуживание водоотвода	0.3	млн руб./год
Базовый ремонт участка	6	млн руб./год
Проектный текущий ремонт	2	млн руб./год
Ценность дополнительной перевозки	80	руб./т
Обслуживание конструкции	0.02	CAPEX (капитальные затраты)/год
Горизонт	5	лет

Объём материала = $1000 \cdot 20 \cdot h$, масса через его плотность. Геосетка считается по всей выбранной площади. Канавы по обеим сторонам, стоимость по объёму, не по длине $\times$ площади дважды. В экономике учитывайте выбранную конструкцию/водоотвод и затраты ремонта; учебные 6/2 млн руб. — сценарий сравнения, а не обещание реального сокращения ремонта. Покажите чувствительность к ремонтному эффекту, цене материалов и достижению скоростного режима. Постоянные цены, без НДС/дисконтирования.

6 Ваши проектные решения

Выбирайте конструкцию, материалы/толщины, армирование, геометрию/защиту водоотвода и сезонную организацию работ. Иная технология или профиль допустимы с расчётными свойствами и той же проверкой нагрузки, воды, сцепления и экономического базиса.

7 Материалы и их статус

Таблицы и зависимости в постановке — общий учебный паспорт. CSV в приложениях — удобные копии/справки, а не обязательный обучающий датасет. Компоненты можно сочетать, масштабировать в объявленных пределах или заменить обоснованными характеристиками.

8 Свои данные и развитие

Вы вправе использовать собственные измерения, открытые источники, новые технологии и синтетические данные. Укажите источник/способ получения, дату или версию, условия использования, единицы, допущения и ограничения переноса. Общие обязательные объект, нагрузки, периоды и экономическая база сохраняются; эффект расширения показывайте отдельно. Наличие большого набора, программного кода или большого числа функций само по себе не преимущество. Простое обоснованное решение может быть лучшим.

Ниже — необязательные направления. Можно выбрать свой путь развития или глубже проработать основной результат; количество расширений само по себе не повышает оценку.

- Уточнение слоистой геотехнической модели, колеяности или водонасыщения на собственных испытаниях.
- Оптимизация участков/очередности ремонта, зимнее содержание и контроль состояния.
- Топливо/шины/выбросы с отдельными источниками и без двойного счёта транспортной выгоды.

9 Проверка и сдача

- Сезонная несущая способность, вода и тормозной путь проверены совместно.
- Грузоподъёмность не подменяет полную массу, скорость не назначена доказанной прочностью.
- Транспортный эффект ограничен целыми циклами/спросом; план испытаний и риски переноса ясны.

Передайте схему/эскиз и воспроизводимую расчётную записку или таблицу с исходными формулами, сравнение базы/проекта, экономику и план проверки. Код и физическое изделие необязательны, если прямо не требуется демонстрация. Проектная заявка и презентация — по приложениям 4 и 8 положения.

Расчётные допущения

- Числа общего сценария и характеристики отдельных средств заданы для учебного расчёта, а не измерены на предприятии.
- Общий сценарий обязателен для сопоставимости; использование CSV-копий инженерных таблиц необязательно.

Входные материалы и их использование

Учебные данные служат проверке расчёта и демонстрации; они не подтверждают промышленную пригодность решения.

Материал	Для чего используется
Параметры дорожного участка	Табличные значения для воспроизводимого расчёта. Справочный материал; использование необязательно.
Сезонные условия	Табличные значения для воспроизводимого расчёта. Справочный материал; использование необязательно.
Свойства и стоимость материалов	Табличные значения для воспроизводимого расчёта. Справочный материал; использование необязательно.
Цены и эксплуатационные расходы	Табличные значения для воспроизводимого расчёта. Справочный материал; использование необязательно.

Общие требования конкурса

Решение оформляется проектной заявкой и презентацией по приложениям 4 и 8 положения. Презентация: PDF, не более 16 слайдов и 25 МБ. На финале доклад до 10 минут и вопросы до 5 минут.