

Альтернативное анкерное крепление соляной выработки

Направление: Материаловедение и механика креплений

Цель: Разработать альтернативную анкерную крепь и сравнить её надёжность и затраты с металлической базой.

Справка о компании: «ЕвроХим» — производитель минеральных удобрений, объединяющий добычу сырья, химическое производство и сбыт продукции. Предприятия группы выпускают азотные, фосфорные и калийные удобрения. Их технологические процессы связаны с производством кислот и аммиака, использованием воды и энергии, а также обращением с побочными продуктами производства.

Задача участников

Разработайте собственную концепцию альтернативной анкерной крепи и сравните её с металлической базой по нагрузкам, изменению несущей способности и затратам за 5 лет. Обоснуйте конструкцию, обслуживание и программу проверки для соляного массива. Представьте схему или демонстрацию своего решения, воспроизводимый расчёт и план проверки.

1 Почему рассматривают другую крепь

Рассматривается калийная выработка, пройденная комбайном Урал-20 Р 12: ширина 6000 мм, высота 3700 мм, анкерная крепь рядами через 0,8–1,5 м по 3–5 анкеров. Солёная среда, деформация массива и совместное растяжение/срез делают начальную прочность только частью выбора. Пользователь проекта — специалист, который сопоставляет монтаж, контроль и затраты на срок 3–5 лет.

Предложите обоснованный альтернативный материал, защиту или конструкцию крепления и сравните систему с общей базой на пятилетнем горизонте. Необходимо объяснить элемент, который первым ограничивает несущую способность стержень–закрепление и поведение при ухудшении свойств, а не выбрать самую дешёвую строку готового каталога.

2 Результат и общая геометрия

- Эскиз ряда/участка с размерами, ведомость и описание выбранного материала/закрепления/защиты.
- Расчёт нагрузок, несущей способности и деградации, правило осмотра/замены на пять лет, проверка чувствительности.
- Стоимость полного жизненного цикла относительно общей базы и программа будущих геомеханических/материальных испытаний.

Для учебного сравнения участок имеет длину 100 м. Разместите крайние ряды на 0 и 100 м; внутренние — с шагом 0,8–1,5 м, 3–5 анкеров в ряду. Длина анкера 1,7 м принята в базе; собственная длина должна быть совместима с обоснованной геометрией и закреплением. Нагрузка равномерна по длине: растяжение 180 кН/м и срез 60 кН/м. Грузовая полоса ряда ограничена серединами соседних интервалов, у крайних рядов — границей участка. Сумма полос равна 100 м; внутри ряда по умолчанию равное распределение.

Нагрузки и свойства ниже условные. Никакой эскиз/расчёт этого кейса не является проектом допуска реальной выработки. Ползучесть массива и реальная анкеровка не измерены.

3 База и независимые свойства для проектирования

Общая металлическая база	Принято для учебного сценария
Размещение	101 ряд через 1 м, по 4 анкера
Начальная способность одного анкера	$C_{T_0} = 100$ кН; $C_{C_0} = 50$ кН, уже с учётом слабого звена
Линейная деградация	$d_T = 0,08/\text{год}$; $d_C = 0,04/\text{год}$
Закупка / монтаж / осмотр	900 / 450 руб. на анкер; 60 руб. на анкер в год. В учебной базе 450 руб. при замене включает демонтаж старого и монтаж нового анкера.
Правило замены базы	В начале года заменить весь комплект, если прогноз на конец этого года даёт $u > 1$; осмотр оплачивается каждый год

Условный материал	σ_T / τ_C , МПа	Плотность, кг/м ³	Цена, руб./кг	d_T / d_C в год
M1	350 / 210	7850	300	0,08 / 0,04
M2	500 / 300	7850	500	0,04 / 0,03
M3	450 / 80	2000	1800	0,01 / 0,03

M1–M3 — независимые учебные свойства образцов, не паспорта реальных марок или готовые анкеры. Диаметр для справочной проверки 16–28 мм. Условная прочность контакта закрепления 0,6 МПа по периметру всей эффективной длины; торцы не учитываются. Монтаж 450 руб./анкер (при замене включает демонтаж старого анкера), осмотр 60 руб./анкер·год; дополнительные детали, защита и обслуживание оцениваются командой. Свои материалы/данные разрешены при полном паспорте свойств и проверке на общей нагрузке. Нельзя приписывать свойства образца всей системе без проверки закрепления.

$$C_{T_0} = \min(\sigma_T \pi d^2 / 4, \tau_C \pi d L) / 1000; C_{C_0} = \tau_C \pi d^2 / (4 \times 1000)$$

d, L — мм; напряжения — МПа = Н/мм²; C — кН. Это справочная учебная модель, можно обосновать иной способ проверки конструкции.

$$C_T(t) = C_{T_0}(1 - d_T t); C_C(t) = C_{C_0}(1 - d_C t); u = T/C_T + S/C_C \leq 1$$

t — возраст с последней замены, годы. Отрицательная способность недопустима; правило взаимодействия условное, не нормативное.

4 Проверка срока и стоимости

Проверьте номинальную нагрузку и +20 %, отказ одного анкера в наиболее нагруженном ряду с перераспределением на оставшиеся, а также увеличение обоих темпов деградации на 20 %. Допускается обозначить отдельный сценарий как непроходимый и предложить изменение/границу применения, но базовый пятилетний проект должен иметь согласованный план обслуживания/замены. При собственной расстановке покажите грузовые полосы и сумму нагрузок.

Стоимость включает материал и изготовление, закрепление, защиту, первоначальный монтаж, осмотры и замены с демонтажем. Горизонт 5 лет, постоянные цены, без НДС/дисконтирования/остаточной стоимости. Приведите стоимость на метр. Нельзя считать

предотвращённое обрушение денежным эффектом без статистики. Объясните, какие испытания в соляной среде нужны для проверки деградации, ползучести, монтажа и принятого равномерного распределения.

5 Свободный выбор и развитие

Команда самостоятельно выбирает: материал, защита, диаметр, закрепление; шаг рядов 0,8–1,5 м и 3–5 анкеров в ряду; контроль, обслуживание и правило замены.

Можно углубить ядро или выбрать полезное развитие. Примеры ниже необязательны и не образуют перечень бонусов.

- Неравномерная нагрузка/отказ анкера — Перераспределение и сохраняемые запасы на общей нагрузке.
- Коррозия, ползучесть и обслуживание — Сравнение сценариев срока, интервалов осмотра и стоимости; параметры прослеживаемы.
- Новый материал/закрепление — Паспорт/учебная модель свойств, монтажная совместимость и программа испытаний.

6 Материалы, собственные данные и проверка

Общие исходные условия и проверочные сценарии выше обязательны для сопоставимости. Отдельный CSV/XLSX для этого инженерного проекта не требуется. Независимая справка по свойствам компонентов не является готовой конструкцией: совместимость и параметры своего проекта обосновывает команда.

Разрешены открытые, собственные измеренные и синтетические дополнения с источником, единицами, допущениями и ограничениями. Общие исходные условия и проверочные сценарии сохраняются. Покажите, что изменилось благодаря дополнению, и отдельно сохраните результат на общей базе. Синтетические данные обозначьте как учебные и укажите их ограничения.

В проектной заявке и презентации представьте результат ядра, расчёт/демонстрацию и ограничения. Для расчётного проекта достаточно читаемой записки и схемы; для программного результата приложите инструкцию запуска и воспроизводимый пример. Дополнительные материалы служат проверке проекта и не меняют официальный состав заявки.

Жюри использует официальные критерии конкурса: 70 баллов на отборе и 80 в финале. Решения, полностью выполнившие ядро, различаются качеством доказательств, реализуемостью, переносимостью и экономическим обоснованием; совпадение с контрольным проектом и число расширений не требуются.

Расчетные допущения

- Численные параметры учебного сценария не являются измерениями предприятия.

Входные материалы и их использование

Материал	Для чего используется
Схема поперечного сечения выработки	Учебная схема геометрии сечения 6000 × 3700 мм. Справочный материал; использование необязательно.

Материал	Для чего используется
Паспорт объекта и общие сценарии Исходные условия и сценарии задачи	Общая база проверки собственного решения. Обязательные данные для общего расчёта.

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.