

Предварительное обогащение сильвинитовой руды

Направление: Обогащение полезных ископаемых и подземная закладка

Цель: Выбрать обоснованный режим сухого разделения руды под землёй при ограниченных мощностях подъёма и фабрики.

Справка о компании: «ПроТех Инжиниринг» (ПТИ) — инжиниринговая компания группы «ЕвроХим» — СУЭК. Компания проектирует объекты добычи сырья и производства калийных, фосфатных и азотных удобрений, открытые и подземные горные работы, обогатительные фабрики и заводскую инфраструктуру, а также выполняет инженерные изыскания и геомеханические расчёты. В её работе важны достоверные исходные данные, расчётная проверка технических решений, снижение затрат и сроков инвестиционных проектов.

Задача участников

Сравните полный подъём руды с двумя режимами подземного сухого разделения и закладкой отделённого потока. Рассчитайте допустимую производительность, потери сильвина и денежный эффект. Предложите состав и схему работы оборудования, объясните выбор и программу его проверки. Представьте схему или демонстрацию своего решения, воспроизводимый расчёт и план проверки.

CAPEX — первоначальные капитальные затраты; NPV — чистая приведённая стоимость: денежный результат с учётом приведения будущих сумм к началу проекта.

1 Производственная задача

Галит в составе сильвинитовой руды занимает часть мощности подъёма и обогатительной фабрики. Если часть галита отделить под землёй, можно увеличить фактическую добычу без расширения этих переделов. Вместе с пустой породой теряется часть сильвина; появляются затраты на разделение, транспортирование и закладку.

Пользователям решения — горному инженеру, технологу обогащения и экономисту — нужна согласованная схема: сколько добывать, какие потоки направлять на подъём и в закладку, какое оборудование выдержит нагрузку и оправданы ли вложения. Общий объект ниже — учебный рудник К-1. Все числа приняты для конкурса и не являются параметрами действующего предприятия.

2 Обязательный основной результат

- Рассчитайте базовую схему и оба режима разделения. Для каждого определите максимально допустимую по общим пределам добычу, затем обоснуйте собственную рабочую производительность. Проверьте равенство входа и выхода всей массы, сильвина, галита и прочих веществ; рассчитайте массу KCl и потери сильвина.
- Покажите функциональную схему от забоя до подъёма и закладки. Выберите число узлов, их производительность и установленную мощность; проверьте все потоки и общий предел мощности. Дайте таблицу загрузки переделов и узких мест.
- Сравните прирост годового денежного потока и NPV за десять лет, выполните общие сценарии чувствительности. Сделайте рекомендацию с условиями внедрения или расчётно обоснованного отказа.
- Предложите программу стендовых испытаний сухого разделения и следующего подземного испытания: что измерять, какие результаты подтвердят режим и когда проверку следует остановить.

3 Общий паспорт рудника

Доли минералов относятся к массе сухой добытой руды. Сильвин — полезный минерал, в учебной модели эквивалент KCl; сильвинит — смесь минералов, то есть исходная руда. Галит считается пустой породой. «Прочие» — самостоятельный балансовый компонент без выручки.

В базе добывают, поднимают и перерабатывают 1,10 млн т/год. При разделении добычу можно увеличить до 1,30 млн т/год, сохраняя пределы подъёма и фабрики. Это увеличение фактической загрузки рудника; строительство новой фабрики в общий расчёт не входит.

Показатель	Условие
Доступная добыча	До 1,30 млн т/год
Базовая добыча	1,10 млн т/год
Подъём и фабрика	По 1,10 млн т/год поднятого материала
Рабочее время	300 суток × 20 ч = 6000 ч/год
Суммарный предел сухой сортировки	220 т/ч независимо от числа модулей
Состав добытой руды	Сильвин 30%; галит 62%; прочие 8%
Извлечение на фабрике	86% массы сильвина в поднятом потоке превращается в товарный KCl
Новая установленная мощность под землёй	Не более 250 кВт

Режим	Отделяемая доля руды	Состав отделяемого потока
Без разделения	0%	Вся добытая руда поступает на подъём
Щадящий	9%	Галит 95%; сильвин 3%; прочие 2%
Интенсивный	16%	Галит 91%; сильвин 6%; прочие 3%

4 Линия и ограничения

Таблица даёт независимые учебные свойства отдельных узлов. Для общей проверки новая линия включает питатель, грохот, сортировку, отдельную конвейерную ветвь поднятого потока, отдельную конвейерную ветвь остатка и закладочный узел. Руда подготовлена к сухому разделению; дробление не требуется. В базовой схеме новая линия отсутствует.

Выбирайте число единиц и распределение потока самостоятельно. Параллельные единицы допустимы; их мощности суммируются. Установленная мощность не уменьшается при частичной загрузке. Каждую транспортную ветвь рассчитывают по своему потоку; одинаковые конвейеры в двух ветвях считаются двумя единицами. Дополнительного скрытого лимита закладки нет: выбранный узел должен обеспечить рассчитанную подачу остатка.

Эта схема проверяет функции и мощности. Размерная компоновка, действующий план выработок и заключение о геомеханической допустимости не требуются. В программе

дальнейшей проверки учтите устойчивость массива, допустимость материала закладки, пылеобразование, обслуживание и исключение нежелательного притока воды. Мокрое разделение допускается только как отдельная исследовательская альтернатива с собственными исходными данными.

ID	Узел	Подача, т/ч	Мощность, кВт
S110	Сухой сортировщик	110	65
S220	Сухой сортировщик	220	155
G220	Грохот	220	25
F220	Питатель	220	8
C120	Конвейер выбранной ветви	120	10
C240	Конвейер выбранной ветви	240	18
B35	Закладочный узел	35	25
B60	Закладочный узел	60	42

5 Балансы и сопоставимость

Пусть M — добыча, g — отделяемая доля руды, x_j — доля минерала j в добытой руде, u_j — его доля в остатке. Масса остатка равна $M \times g$; масса минерала в поднятом потоке — $M \times x_j - M \times g \times u_j$. Проверяйте неотрицательность каждого компонента и равенство суммарных масс входа и выходов. Все годовые массы выражайте в тоннах, часовую подачу — в т/ч.

Массу KCl рассчитывают по оставшемуся сильвину после разделения с извлечением 86%. Нельзя повторно считать поднятый поток рудой с исходными 30% сильвина. Сильвин в закладке не продаётся; прочие побочные доходы в общей базе равны нулю. Отдельного обязательного процента допустимых потерь сильвина не задано: покажите их массу и долю и объясните выбранный компромисс.

Два режима дискретны. Нельзя получать новый режим простой интерполяцией доли отделения и состава остатка без собственного подтверждения. Расчёт общей базы сохраняется и при предложении новой технологии.

6 Экономика и чувствительность

Все цены и затраты в таблице условные. Выручка — масса товарного KCl, умноженная на цену. Годовой денежный поток — выручка минус указанные переменные затраты и дополнительная постоянная эксплуатация. Эффект проекта — разность потоков проекта и базы при одинаковой цене и экономическом сценарии.

CAPEX 300 млн руб. относится ко всему новому комплексу общей учебной модели, включая выбранные узлы. Новых закупочных цен в справке компонентов нет. Электроэнергия разделения включена в 100 руб./т; второй раз её не вычитают. Заданные стоимости подъёма и фабрики относятся к поднятой, а не добытой массе.

$NPV = -CAPEX + \text{сумма приростов годового потока, делённых на } (1+0,12)^t \text{ в степени номера года. Вложения учитывают в } t=0, \text{ одинаковые годовые потоки — в конце годов } 1-10. \text{ Налоги, инфляция, субсидии и остаточная стоимость не учитываются.}$

Общие сценарии: цена KCl отдельно -20% и $+20\%$; затем все переменные удельные затраты отдельно -20% и $+20\%$. Остальные параметры каждого сценария фиксированы;

одинаковое изменение применяется и к базе. Постоянные 18 млн руб. и CAPEX при этой проверке не меняются. Дополнительно исследуйте ухудшение содержания сильвина в остатке на 1 процентный пункт за счёт уменьшения галита на 1 пункт при той же отделяемой доле; прочие вещества неизменны. Это проверка устойчивости, а не новый подтверждённый режим.

Статья	Значение	База начисления
Чистая выручка KCl	35 000 руб./т	Товарный продукт; сбыт уже вычтен
Добыча	1400 руб./т	Добытая руда
Подъём	950 руб./т	Поднятый поток
Фабрика	4800 руб./т	Поднятый поток
Сухое разделение	100 руб./т	Добытая руда проекта
Закладка	200 руб./т	Отделённый поток
Дополнительная постоянная эксплуатация	18 млн руб./год	Только проект с разделением
Вложения	300 млн руб.	Один раз в $t=0$
Горизонт и ставка	10 лет; 12% в год	Постоянные реальные цены

7 Ваши решения и дальнейшая проверка

Вы выбираете рабочую производительность, состав и число узлов, способ распределения потоков, представление схемы и приоритет между выпуском продукта и потерями сильвина. Более низкая добыча допустима, если объяснено, какую задачу она решает. Сравнение с максимально допустимой производительностью каждого режима остаётся обязательным.

Программа испытаний должна проверять долю отделяемой массы и минералогический состав обоих потоков, устойчивость разделения при изменении руды, часовую производительность, мощность и пригодность остатка к закладке. Назовите условия перехода от стенда к подземной проверке, критерии прекращения и необходимые производственные сведения. Учебный положительный NPV не подтверждает пригодность технологии на реальном руднике.

8 Проверка и сдача

Передайте воспроизводимую расчётную записку или таблицу с формулами, схему, балансы базы и двух режимов, таблицу загрузки/мощности, экономическое сравнение и программу испытаний. Можно использовать бумажную схему и электронную таблицу; программный код и физическая установка необязательны.

Укажите допущения и источники собственных характеристик. Читаемая схема должна показывать назначения узлов и направления потоков. Проверяйте, что рост выпуска не получен за счёт превышения мощности подъёма, фабрики, сортировки или установленной мощности.

Свои данные и развитие

Вы можете дополнять вводные открытыми материалами, собственными наблюдениями или синтетическими данными. Укажите источник или способ получения, дату, единицы и

ограничения; учебные значения не называйте реальными измерениями. Сохраните отдельный результат на общей базе. Выбор метода, устройства, материалов и формы представления обосновывает команда. Необязательное развитие не является перечнем бонусов: можно глубже проверить основной результат. Количество функций, объём данных и сложность программы сами по себе оценку не повышают.

- Другой способ сухого разделения: отдельно подтвердите минералогические потери, энергопотребление и стоимость.
- Изменчивость состава руды или доступного времени: покажите запас производительности и влияние на выпуск и NPV.
- Геомеханика закладки или размерная компоновка: обоснуйте необходимые измерения и ограничения переноса.

Расчетные допущения

Все численные параметры рудника, режимов, компонентов и экономики — единая учебная база конкурса. Эти значения не являются измерениями или коммерческим предложением ПТИ.

Материальные доли и годовые массы относятся к сухому веществу. Сильвин условно эквивалентен KCl; выручка возникает только после фабричного извлечения. Совокупный предел сухой сортировки 220 т/ч сохраняется при любом числе модулей.

Модели закладки и мощности служат предварительной инженерной проверке. Они не заменяют обследование массива и проект производства работ.

Входные материалы и их использование

Материал	Роль и применение
Общий паспорт, режимы и экономика в постановке	Единые входы для сопоставления базы и обоих режимов.
Компоненты	Копия независимых свойств узлов из раздела 4.
Свойства материалов	Единицы, роли файлов, состав функциональной линии.

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.