

Карьерная вода без остановки

Направление: Гидравлика и управление водными потоками

Цель: Спроектировать водоотлив, накопление и очистку карьерной воды с проверкой пиков и отказов.

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

Спроектируйте учебную систему водосбора, резерва, перекачки, очистки и повторного использования воды Восточно-Бейского разреза. Проверьте пик притока и отказ, рабочие точки насосов и экономику модернизации.

1 Контекст и цель

С ростом карьерного притока водоотлив должен справляться не только со средним расходом, но и с пиком, отказом и восстановлением уровня. Часть воды может заменить покупную в технологическом потребителе, если качество подходит. Насосная станция, накопитель, очистка и повторное использование образуют общий объект: надёжность одной части не компенсирует переполнение другой.

Спроектируйте водоотлив, накопление и обращение с водой на будущий приток 1000 м³/ч, сохранив проверку нынешних 450 м³/ч. Выберите насосы/резерв, полезный и полный объёмы, очистную схему и повторное использование. Это учебная концепция, не разрешение сброса или проект строительства разреза.

2 Обязательный основной результат

- Гидравлическая схема, рабочие/резервные агрегаты и алгоритм уровней/переключений.
- Рабочие точки, мощность, почасовой баланс накопителя для пика, отдельного отказа и восстановления; водный/компонентный баланс очистки.
- Экономическое сравнение хотя бы двух допустимых конфигураций; эффект повторной воды отдельно от обязательных затрат водоотлива; план пилота.

3 Общие нагрузки и качество

Все паспортные значения ниже — единые учебные условия, не измерения разреза.

Показатель	Значение	Единица/пояснение
Текущий / будущий средний приток	450 / 1000	м³/ч
Суточный пик	1200 × 6 ч; 933,333333 × 18 ч	м³/ч × ч
Отдельный полный отказ	2 ч при 1000 м³/ч	не совмещается с пиком
Статический напор / К	60 / 0,000025	м / м/(м³/ч)²
Осадок / недоступный объём	400 / 200	м³

Показатель	Значение	Единица/пояснение
Свободный борт / плотность / g	0,15 / 1000 / 9,81	доля полного / кг/м³ / м/с²
Год / потребитель повторной воды	8760 / 6000	ч/год
Спрос повторной воды / цель взвеси	300 / 30	м³/ч / мг/л
Сырая вода: взвесь / pH	500 / 6,8	мг/л / ед. pH
Сульфаты / жёсткость	700 / 500	мг/л, единый учебный базис

Каждый сценарий начинается с пустого полезного регулирующего объёма. Для суточного пика покажите возврат к исходному уровню не позднее конца суток; после отдельного отказа — восстановление при притоке 1000 м³/ч за 24 ч. Нельзя считать накопитель постоянным местом размещения притока. Резерв при отказе одного агрегата должен обеспечивать средний будущий приток либо иметь доказанный временный режим с восстановлением.

4 Компоненты для самостоятельной схемы

ID	H ₀ , м	a	q _{min} , м³/ч	q _{max} , м³/ч	η	Цена, млн руб.
P1	130	8e-05	200	1000	0.75	8
P2	165	6e-05	250	1200	0.8	14

$$H_{\text{нас}}(q) = H_0 - a q^2; H_{\text{сети}}(Q) = 60 + 0,000025 Q^2; Q = n q$$

n — число одинаковых одновременно рабочих насосов. Для разных насосов суммируются расходы при общем напоре, а не напоры. Мощность = $\rho g Q H / (3600 \eta)$, Вт.

Диапазоны q относятся к одному включённому насосу. При меньшем притоке допустим циклический режим через накопитель; энергию считать по доле времени работы, не по нулевому притоку. Выбор частотного регулирования возможен с собственной характеристикой/ценой и проверкой ограничений.

ID	Операция	Предел, м³/ч	Удаление взвеси	CAPEX, млн руб.	кВт·ч/м³	Прочие, руб./м³
S	Отстаивание	1500	0.9	20	0.01	2
F	Фильтрация	400	0.8	6	0.04	3
M	Мембранная/тонкая очистка взвеси	400	0.96	10	0.15	4

Эффективности относятся к входу именно операции, потери воды в базовой модели отсутствуют, отделённая взвесь уходит в осадок. S/F/M не меняют автоматически pH, сульфаты и жёсткость. Потоки можно делить. Для оставшегося потока требуется учебная

взвесь ≤ 100 мг/л перед условным приёмником; это контроль сценария, не норматив сброса. Все дополнительные требования потребителя/приёмника требуют самостоятельной проверки.

5 Объёмы и экономический базис

$$V_{\text{полный}} = (V_{\text{полезный}} + 400 + 200)/(1 - 0,15)$$

Полезный объём выбирает команда из динамики. Общий предел занимаемой площади 1200 м², учебная глубина полного объёма не более 5 м; покажите запас/доступ, не только равенство объёмов.

Статья	Значение	Единица
Электроэнергия	7000	руб./МВт·ч
Покупная свежая вода	10	руб./м³
Обслуживание	0.02	CAPEX/год
Полный накопитель	0.002	млн руб./м³
Магистраль/подключение	15	млн руб.
Предел пилота	100	млн руб.

Базовая будущая схема обязана отводить весь приток; без водоотлива добыча не является допустимой экономической базой. Сравните CAPEX (капитальные затраты)/OPEX (текущие эксплуатационные расходы) двух работающих схем. Выгода повторного использования: замещённая свежая вода минус дополнительные затраты выбранной ветви; не относите весь CAPEX карьерного водоотлива к окупаемости этой ветви. Горизонт 5 лет, постоянные цены без НДС/дисконтирования. Энергия очистки отдельна от прочих руб./м³; обслуживание 2 % всего выбранного CAPEX.

6 Ваши проектные решения

Вы выбираете количество/тип агрегатов, резервирование, регулирующий объём и уровни, деление потоков и последовательность очистки. Собственная технология допустима с характеристиками и той же общей проверкой.

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.

- Оптимизация управления по уровню/тарифу с проверкой отказов и пуска.
- Собственные требования к повторной воде, шламовому хозяйству или дополнительным примесям.
- Другой горизонт роста притока, жизненный цикл и план обследования реальной сети.

9 Проверка и сдача

- Рабочие точки в диапазонах; полный приток сохранён, переполнения нет и уровень восстанавливается.
- Полезный/полный объёмы различаются; осадок, свободный борт и резерв не использованы дважды.
- Качество и масса осадка рассчитаны по ветвям; учебная очистка не выдана за нормативный допуск.

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.

Расчетные 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
Гидравлические условия	Табличные значения для воспроизводимого расчёта. Справочный материал; использование необязательно.
Характеристики насосов	Табличные значения для воспроизводимого расчёта. Справочный материал; использование необязательно.
Характеристики операций очистки	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.