Задания, ответы и критерии оценивания

Производство сахара из сахарной свёклы — важная веха в истории пищевой промышленности. До начала XIX века сахар получали преимущественно из сахарного тростника, что делало его дорогим и малодоступным продуктом.

В 1747 году немецкий химик Андреас Сигизмунд Маргграф впервые доказал наличие сахарозы в свёкле. Однако промышленное применение этого открытия стало возможным лишь благодаря его ученику Францу Карлу Ахарду, который в 1801 году построил первый завод по производству свекловичного сахара в Нижней Силезии.

В России первый свеклосахарный завод появился в 1802 году в Тульской губернии. К середине XIX века технология значительно усовершенствовалась: были внедрены:

– диффузионные аппараты для экстракции сока;
– вакуум-выпарные установки для концентрирования сиропа;
– центрифуги для отделения кристаллов сахара.

Современный процесс производства включает следующие основные стадии:

1. Очистка и мойка свёклы.
2. Нарезка в стружку.
3. Диффузия (экстракция сока).
4. Очистка сока (дефекация, сатурация).
5. Выпаривание до сиропа.
6. Кристаллизация и центрифугирование.
7. Сушка и упаковка кристаллов.

Задача 1 (10 баллов)

Реальный «выход продукта», учитывающий все потери на различных стадиях технологического процесса показывает, насколько полно используется сырье и насколько оптимально отлажены технологические параметры. Отклонение от теоретических расчетов сигнализирует о потерях и «узких местах» процесса.

На заводе, где вы работаете технологом, переработали 200 т сахарной свеклы с содержанием сахарозы 15 %. Технологический процесс включает следующие стадии:

1. Диффузия

Извлекается 95 % сахарозы.

2. Очистка сока

Удаляется 10 % от оставшейся сахарозы в виде нерастворимых примесей.

3. Кристаллизация

Выход кристаллического сахара составляет 90 % от очищенного сиропа.

Рассчитайте массу полученного кристаллического сахара (в тоннах), ответ округлите до целого числа.

Найдите общий процент извлечения сахарозы в готовый продукт (от исходной массы сахарозы в свёкле), ответ округлите до целого числа.

Решение:

1. Найдем исходную массу сахарозы в свёкле:

m_0 = 200 т * 0,15 = 30 т

2. На стадии диффузии:

извлечено сахарозы 30 т * 0,95 = 28,5 т

потери диффузии 25,5 т * 0,02 = 0,51 т

3. После очистки сока:

удалено сахарозы 28,5 * 0,1 = 2,85 т

осталось сахарозы 28,5 – 2,85 = 25,65 т

5. После кристаллизации

масса кристаллического сахара 25,65 т * 0,9 = 23,085 т, округляем до целых 23 т

6. Общий выход сахарозы в готовый продукт

η = 23/30 * 100 % = 76,67 %, округляем до целых 77 %

Ответ: масса кристаллического сахара 23 т, общий выход сахарозы 77 %.

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	5	Приведены рассуждения в правильном направлении, ответ не найден или ошибочный
3	10	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 2 (25 баллов)

На сахарном заводе решили провести аудит энергопотребления. Вам как технологу нужно рассчитать суммарные затраты тепловой энергии на выпаривание сока в течение 1 смены (8 часов).

Данные, которыми вы располагаете:

- производительность по соку 10 $м^3$/ч (на 1 установку)
- количество выпарных установок 4
- начальная концентрация сухих веществ 15 %
- конечная концентрация сухих веществ после выпаривания 60 %
- плотность сока принята 1000 кг/$м^3$
- для испарения 1 кг воды требуется 2250 кДж тепловой энергии
- КПД выпарной установки 90 %

Решение:

1. Найдем объем сока, переработанного за смену на 1 установке
10 $м^3$/ч * 8 ч = 80 $м^3$
2. Объем сока за смену на 4 установки
80 $м^3$ * 4 = 320 $м^3$
3. Масса сока
320 $м^3$ * 1000 кг/$м^3$ = 320 000 кг = 320 т
4. Масса сухих веществ в соке
320 т * 0,15 = 48 т
5. Масса сиропа после выпаривания
Сухие веществ сохраняются (48 т) и составляют 60 % от массы сиропа, таким образом
48 т/0,6 = 80 т
6. Масса удаленной воды
320 т – 80 т = 240 т
7. Тепловая энергия на испарение без учета КПД
240 000 кг * 2250 кДж/кг = 540 000 000 кДж = 540 000 МДж
8. Тепловая энергия с учетом КПД 90 %
540 000 МДж/ 0,9 = 600 000 МДж

Ответ: суммарные затраты тепловой энергии 600 000 МДж = 600 ГДж..

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	12	Приведены рассуждения в правильном направлении, допущена математическая ошибка или задача не решена полностью
3	25	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 3 (25 баллов)

На сахарном заводе перерабатывают сахарную свёклу с содержанием сахарозы 18 %. Технологический процесс включает следующие стадии:

1. Измельчение и экстракция: потери сахарозы – 5 % от исходного количества.
2. Очистка раствора известковым молоком ($Ca(OH)_2$) с образованием сахарата кальция: выход по стадии – 98 %.
3. Разложение сахарата CO_2: выход – 97 %.

4. Кристаллизация и сушка: потери – 3 %.
Дополнительные данные:
Завод перерабатывает 100 тонн свёклы за смену.
Молярная масса сахарозы $M(C_{12}H_{22}O_{11})$ = 342 г/моль, молярная масса гидроксида кальция $M(Ca(OH)_2)$ = 74 г/моль
Известковое молоко подаётся в стехиометрическом количестве.
Рассчитайте теоретический выход сахарозы (в тоннах) из 100 т свёклы без учёта потерь. Определите практический выход сахара (в тоннах) с учётом всех стадий процесса. Сколько тонн $Ca(OH)_2$ потребуется для очистки раствора на второй стадии? Ответ дайте с точностью до сотых.

Решение
1. Теоретический выход сахарозы
Масса сахарозы в 100 т свёклы:
$m_{теор}$= 100 т * 0,18 = 18,00 т.
2. Практический выход с учётом потерь
Последовательный расчёт с учётом выходов на каждой стадии:
После экстракции (потеря 5 %):
m_1 = 18,00 * 0,95 = 17,10 т.
После очистки (выход 98 %):
m_2=17,10 * 0,98 = 16,758 т.
После разложения сахарата (выход 97 %):
m_3 = 16,758 * 0,97 = 16,255 т.
После кристаллизации (потеря 3 %):
m_4 = 16,255 * 0,97 = 15,77 т.
3. Расчёт расхода $Ca(OH)_2$
Уравнение реакции
$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 \rightarrow C_{12}H_{20}O_{11}Ca + 2H_2O$.
1 моль сахарозы реагирует с 1 молем $Ca(OH)_2$.
Молярные массы:
$M(C_{12}H_{22}O_{11})$ = 342 г/моль;
$M(Ca(OH)_2)$= 40+2 * (16 + 1) = 74 г/моль.
Количество вещества сахарозы:
$n_{сах}$ = 17100 кг/342 кг/кмоль = 50 кмоль.
Требуемое количество $Ca(OH)_2$: $nCa(OH)_2$ = 50 кмоль.
Масса $Ca(OH)_2$:
$mCa(OH)_2$ = 50 кмоль * 74 кг/кмоль = 3 700 кг = 3,70 т.

Ответ: теоретический выход сахарозы: 18,00 т, практический выход сахара: 15,77 т, расход $Ca(OH)_2$: 3,70 **т**.

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	12	Приведены рассуждения в правильном направлении, допущена математическая ошибка или задача не решена полностью
3	25	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 4 (40 баллов)
Многоступенчатый процесс получения сахара в промышленных масштабах четкий и отлаженный, уже известны все теоретические и практические коэффициенты выхода, нюансы оборудования, особенности сырья. А можно ли получить сахар в лабораторных условиях? Конечно можно! Но нужно быть внимательным и аккуратным.
Представьте, что вы решили получить в лаборатории сахар из сахарной свёклы. Вы повторили все основные этапы по инструкции, но в итоге вместо белых кристалликов получили тёмную липкую массу.
Как вы делали сахар (поэтапно):

1. Подготовка сырья
Вымыли и натёрли 1 кг свёклы
2. Извлечение сока
Залили тёртую свёклу 500 мл горячей воды, погрели 30 минут, отжали сок.
3. Очистка сока
Добавили 1 чайную ложку «известкового молока» (разведенной гашеной извести), помешали и нагревали 10 минут.
4. Осветление
Пропустили через раствор пузырики воздуха (имитировали сатурацию)
5. Упаривание
Выпарили воду, пока смесь не стала густой.
6. Кристаллизация
Оставили густую массу остывать – но кристаллы не образовались.

Наблюдения
После добавления извести раствор стал **мутным**, но не появился светлый осадок.
При нагревании смесь **потемнела** и стала **очень вязкой**, как сироп.
После остывания получилась **тёмная липкая масса**, а не рассыпчатые кристаллы.
Вопросы:
Попробуйте разобраться что могло пойти не так? Как исправить ошибку в следующий раз?

Решение (примерное)
1. Главная ошибка – на этапе очистки сока (этап 3). Именно там нужно было аккуратно связать примеси (кислоты, белки), чтобы потом сахар мог кристаллизоваться. Если это не получилось, всё дальнейшее упаривание даёт лишь тёмный сироп.
2. Почему смесь потемнела и не дала кристаллов?
При нагревании с избытком извести или при слишком долгом кипячении сахар начинает разлагаться. Образуются тёмные вещества (например, карамели), которые делают массу вязкой и мешают кристаллизации.
Если в соке остались белки и кислоты, они тоже темнеют при нагреве и «склеивают» сахар.
3. Что не так было с очисткой сока?
Возможно, извести добавили слишком много – она не только связала примеси, но и начала разрушать сахар.
Или нагревали слишком долго/сильно – это ускорило разложение.
Также могло не хватить времени на осаждение: примеси не успели выпасть в осадок и остались в растворе.
4. Как правильно подготовить сок к выпариванию?
Добавить ровно столько извести, чтобы нейтрализовать кислоты, но не перебрать.
Нагревать не дольше 5–7 минут при температуре не выше 70–80 °C**.**
Дать раствору отстояться**,** чтобы осадок осел, а сверху остался чистый светлый сок.
Аккуратно слить верхний слой (без осадка) перед выпариванием.
5. Что изменить в следующий раз?
Точнее отмерять известь (например, взять половину чайной ложки вместо целой).
Контролировать время и температуру нагрева – не кипятить долго.
Дать соку отстояться после очистки и слить чистый слой.
Выпаривать медленнее, на слабом огне, пока не появятся первые кристаллы.
Если масса всё же темнеет – прекратить нагрев и начать заново с меньшим количеством извести.

Критерии оценивания (примерные)

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	10	Правильно определен этап, на котором допущена ошибка, выбор аргументирован
2	20	То же, что в критерии 1 и несколько (2-3) причины, почему не получился сахар
3	40	То же, что в критерии 1 и 2, и описаны предположения, что нужно изменить

Задания, ответы и критерии оценивания

Природный битум известен человечеству с эпохи неолита. Неандертальцы использовали разогретый битум для прикрепления каменных наконечников к древковым копьям. В Месопотамии битум применяли для изоляции дерева, создания мозаик, в строительстве дорог и систем орошения. В Древнем Египте битум использовали для бальзамирования мумий.

В XIX веке началось промышленное использование битума. В 1832–1835 годах в Париже впервые использовали асфальт для мощения тротуаров. Позже битум стали применять в Лондоне, Вене, Лионе, Филадельфии и других городах. В Российской империи первое асфальтовое покрытие появилось в 1866 году в Петербурге, а в 1869 году — в Кронштадте.

Развитие нефтяной промышленности в XIX веке привело к активному использованию искусственных битумов, получаемых при переработке нефти. В 1914 году в Грозном был получен первый окисленный битум, а с 1925 года его производство началось в Баку. В 1930-х годах в СССР начали производить дорожные эмульсии и холодный асфальт.

Современные технологии включают модификацию битума полимерами, что улучшает его эластичность и устойчивость к температурным колебаниям. Это позволяет создавать долговечные дорожные покрытия и гидроизоляционные материалы.

Задача 1 (10 баллов)

Получение битума с заданными характеристиками качества – одна из задач технолога. На складе есть изоляционные битумы БН 90/10 (содержание твердых частиц – 90 %) и БН 50/20 (содержание твердых частиц – 50 %). Сколько килограммов каждого компонента нужно взять, если перед вами поставили задачу получить 600 кг изоляционного битума БН 70/30 с содержанием твердых частиц – 70 %.

Решение:

Пусть x – масса БН 90/10 (кг), тогда масса БН 50/20 = 600 – x

Составим уравнение

0,9x + 0,5 * (600-x) = 0,7 * 600

0,4 x = 120

x = 300 кг

Тогда масса БН 50/20: 600 кг – 300 кг = 300 кг

Ответ: обоих компонентов нужно взять по 300 кг.

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	5	Приведены рассуждения в правильном направлении, ответ не найден или ошибочный
3	10	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 2 (25 баллов)

Соотношение смол, масел и асфальтенов – ключевой фактор моделирования долговечности битума. Зная массу смол, можно:

- оценить скорость старения битума в конкретных климатических условиях;
- подобрать оптимальный состав для региона (например, больше смол для холодных зон);
- рассчитать межремонтные интервалы.

На установке окисления гудрона перерабатывают 9000 кг/ч сырья следующего состава (масс. %):

- масла – 64 %;
- смолы – 25 %;
- асфальтены – 11 %.

Условия протекания процесса:

1. Температура в реакторе составляет 260 ºС;

2. Потери массы:
- газовая фаза (CO_2, пары, лёгкие углеводороды) – 7 % от массы сырья;
- унос (капли, аэрозоли) – 1 % от массы сырья.

Поскольку потери (газы, унос) не избирательны по компонентам, доли смол, масел и асфальтенов в готовом битуме сохраняют пропорции, достигнутые после окисления.
3. Кинетика накопления асфальтенов:
$C_A = C_{A0} + 0{,}02\tau$,
где C_A – конечная доля асфальтенов;
C_{A0} – 0,11 – начальная доля асфальтенов;
τ = 5 ч, время пребывания в реакторе.
4. Прирост асфальтенов происходит за счет:
- смол – 80 % от прироста;
- масел – 20 % от прироста.

Рассчитайте выход готового битума в кг/ч. Определите конечную долю асфальтенов в %. Найдите массу смол в готовом битуме в кг/ч.

Решение:
1. Найдем общие потери 7 % + 1 % = 8 %
2. Найдем массу потерь в кг/ч
9000 * 0,08 = 720 кг/ч
3. Соответственно выход битума кг/ч
9000 – 720 = 8280 кг/ч
4. Определим конечную долю асфальтенов
C_A = 0,11 + 0,02 * 5 = 0,11 + 0,1 = 0,21, в процентах 21 %
5. Найдем массу смол в готовом битуме
Прирост асфальтенов в процентах
21 % - 11 % = 10 %
Масса прироста асфальтенов на 9000 кг сырья
9000 * 0,1 = 900 кг
Расход смол (80 % от прироста)
0,08 * 900 = 720 кг
Начальная масса смол (25 % от сырья)
9000 * 0,25 = 2250 кг
Конечная масса смол до учета потерь
2250 – 720 = 1530 кг
Пересчитаем на готовый битум (8280 кг)
Доля смол до потерь 1530 / 9000 = 0,17
Масса смол в битуме
8280 * 0,17 = 1407,6 кг/ч
Ответ: выход готового битума 8280 кг/ч, конечная доля асфальтенов 21 %, масса смол в битуме 1407,6 кг/ч.

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	12	Приведены рассуждения в правильном направлении, допущена математическая ошибка или задача не решена полностью
3	25	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 3 (25 баллов)
Состав битума формируют не только окислением гудрона (ростом асфальтенов за счет превращения масел и смол, как мы узнали из задачи 2), но и компаундированием (смешением окисленного и неокисленного сырья).
В распоряжении технолога два комонета:

1. Окисленный битум (продукт реактора):
- асфальтены – 25 %;
- смолы – 20 %;
- масла – 55 %.

2. Неокисленный гудрон:
- асфальтены – 12 %;
- смолы – 30 %;
- масла – 58 %.

Требуется получить битум марки БНД60/90 с содержанием асфальтенов 20 % по массе.
Рассчитайте, в каком массовом соотношении нужно смешать окисленный битум и гудрон, чтобы получить целевой продукт. Ответ дайте в виде соотношения окисленный битум:гудрон (например, 3:2).
Определите состав полученного битума по смолам и маслам (в %).

Решение:

1. Расчет соотношения компонентов

Примем за х – массу окисленного битума в кг, а за у – массу гудрона в кг.
Уравнение по асфальтенам в смеси:
$0,25x + 0,12y = 0,2(x+y)$
$0,25x – 0,2x = 0,2y-0,12y$
$0,05x = 0,08y$
Отношение $x:y = 0,08/0,05 = 8 /5$,
таким образом, окисленный битум:гудрон нужно смешать в соотношении 8:5.

2. Состав полученного битума

из найденного соотношения примем
окисленный битум – 8 кг, гудрон – 5 кг, общая масса смеси 8 кг + 5 кг = 13 кг
Смолы:
в окисленном битуме 8 * 0,2 = 1,6 кг
в гудроне 5 * 0,3 = 1,5 кг
всего в смеси 1,6 + 1,5 = 3,1 кг
Найдем массовую долю смол:
3,1 / 13 = 0,2385, округлим до 24 %
Масла:
в окисленном битуме 8 * 0,55 = 4,4 кг
в гудроне 5 * 0,58 = 2,9 кг
всего в смеси 4,4 + 2,9 = 7,3 кг
Найдем массовую долю масел:
7,3/13 = 0,5615, округлим до 56 %

Ответ: соотношение окисленный битум:гудрон = 8:5, в полученном битуме 24 % смол и 56 % масел.

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	12	Приведены рассуждения в правильном направлении, допущена математическая ошибка или задача не решена полностью
3	25	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 4 (40 баллов)

Вы – лаборант в лаборатории дорожного строительства. На склад поступила новая партия битума, но при проверке обнаружилась проблема: материал не держит форму даже в прохладную погоду, стекает по вертикальной поверхности и плохо сцепляется с щебнем.
Начальник лаборатории даёт вам задание:
- разобраться, на каком этапе производства мог возникнуть дефект;
- выдвинуть гипотезы о причинах некачественного битума;
- предложить способы исправления ситуации.

Как получают битум (упрощённо)

1. Сырьё. Берут гудрон – остаток после переработки нефти.
2. Окисление. Гудрон нагревают до 230–270 °C и продувают воздухом. Кислород «сшивает» молекулы, увеличивая долю смол и асфальтенов – от этого битум становится вязким.
3. Контроль. Проверяют:
- вязкость (способность течь);
- температуру размягчения (при какой температуре начинает плавиться);
- однородность (нет ли пузырьков, расслоений).

4. Охлаждение и фасовка. Готовый битум разливают в формы.

Что известно о проблемной партии

- В журнале зафиксировано: «компрессор подавал воздух с перебоями»
- Оператор отметил: «температура в реакторе кратковременно опускалась до 210 °C».
- При визуальном осмотре в битуме видны мелкие пузырьки воздуха.
- Тест на вязкость показал: битум течёт при +15 °C (норма – сохранять форму до +30 °C).

Решение (примерное)

1. Сбой произошёл на этапе окисления. Именно здесь формируются ключевые свойства битума – вязкость и термостойкость. Любые отклонения от режима (температура, подача воздуха) сразу сказываются на качестве.
2. Почему опасны колебания температуры?

Оптимальный диапазон для окисления – 230–270 °C. При 210 °C реакция замедляется: смолы и асфальтены образуются медленнее и в меньшем количестве.

В итоге битум получается «недоокисленным»: он слишком жидкий, плохо держит форму и плавится при низких температурах.

3. Как повлияла неравномерная подача воздуха?

Для равномерного окисления нужен стабильный поток воздуха.

Перебои привели к тому, что одни участки массы окислились сильнее, другие – слабее.

Результат – неоднородная структура: в одних местах битум вязкий, в других – жидкий. Это снижает общую прочность и сцепление с наполнителями (например, со щебнем).

4. Откуда пузырьки?

При нормальной работе воздух равномерно распределяется, а газы (водяные пары, CO_2) спокойно выходят.

Из-за перебоев в подаче воздуха образуются «карманы», где газы скапливаются и не успевают выйти.

Эти пузырьки остаются в битуме, делая его менее плотным и прочным.

5. Как исправить партию?

Повторно прогреть битум в реакторе при стабильной температуре 250 °C, чтобы довести окисление до нормы.

Обеспечить равномерную подачу воздуха – проверить компрессор, настроить постоянный поток.

Перемешивать массу во время окисления, чтобы газы выходили, а пузырьки разрушались.

Провести контрольные тесты после доработки: проверить вязкость, температуру размягчения и однородность.

Если параметры в норме – партию можно использовать. Если нет – повторить мероприятия.

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	10	Выдвинута гипотеза на каком этапе произошел сбой, ответ аргументирован
2	20	То же, что в критерии 1, дополнительно рассмотрены причины получения некачественного битума, приведены рассуждения
3	40	То же, что в критерии 1 и 2, и описано как исправить партию

Задания, ответы и критерии оценивания

Поваренная соль (NaCl) известна человечеству с древнейших времён: первые промышленные солеварни обнаружены в Болгарии уже в середине VI тысячелетия до н.э. воду из соляного источника выпаривали в глинобитных печах.
В античности соль стала ключевым природным консервантом без неё невозможно было сохранить рыбу, мясо и овощи. Это обеспечило продовольственную безопасность и сделало возможными длительные путешествия.
Уже в IV тысячелетии до н.э. в австрийском Халльштатте велась шахтная добыча каменной соли. В жарких регионах соль получали естественным испарением морской воды в бассейнах, а в северных применяли метод вымораживания.
В Древнем Риме соль имела стратегическое значение: «Соляная дорога» связывала промыслы с Римом, а солдатам выплачивали «salarium» (солевое довольствие) – отсюда английское *salary* («зарплата»).
Промышленная революция XIX века радикально изменила солеварение: паровые машины заменили ручной труд, глубокое бурение открыло новые пласты, а машинное выпаривание ускорило производство. Солеварение превратилось в отрасль тяжёлой промышленности.
В XX веке появился метод йодирования соли (добавление йодата калия), что позволило бороться с заболеваниями щитовидной железы. Сегодня соль получают преимущественно вакуум-выпарным способом (при 60 – 80 °C), обеспечивающим высокую чистоту продукта.
Современная соль – не только пищевой продукт, но и сырьё для химической промышленности (производство хлора, соды, соляной кислоты), а также реагент для борьбы с обледенением дорог.

Задача 1 (10 баллов)

Для повышения энергоэффективности производства часто приходится рассчитывать концентрацию растворов. Рассчитайте массовую долю соли в процентах, если в ёмкость, содержащую 160 кг воды, добавили 40 кг поваренной соли.

Решение:

1. Найдем общую массу раствора

$m_{раствора} = m_{соли} + m_{воды} = 160$ кг + 40 кг = 200 кг

2. Найдем массовую долю соли:

$w = m_{соли} / m_{раствора} * 100\ \% = 40/200 * 100\ \% = 20\ \%$

Ответ: 20 %

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	5	Приведены рассуждения в правильном направлении, ответ не найден или ошибочный
3	10	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 2 (25 баллов)

Вы – инженер-технолог на заводе по производству поваренной соли. Завод получает рассол (соляной раствор) из подземного источника и выпаривает воду, чтобы получить кристаллическую соль.
Главный экономист завода поставил задачу: снизить расход энергии на выпаривание за счёт более концентрированного исходного рассола. Сейчас завод работает на рассоле с концентрацией 25 % (по массе), но есть возможность подключиться к новому источнику, где концентрация соли – 30 %.

Вопрос

На сколько килограммов меньше воды придётся выпарить при переработке 1 тонны рассола из нового источника по сравнению с текущим? Это покажет, насколько сократится энергозатрата на испарение.

Условия и данные

Текущий рассол: 25 % NaCl, значит, 75 % – вода.

Новый рассол: 30 % NaCl, значит, 70 % – вода.
Масса рассола для расчёта – 1 тонна = 1000 кг.
Считаем только массу воды, которую нужно испарить, чтобы остались сухие кристаллы NaCl.
Примеси не учитываем – предполагаем, что соль чистая.

Решение

1. Рассчитаем массу воды в текущем рассоле (25 % соли)
Концентрация соли − 25 %, значит, воды − 75 %.
Масса воды в 1000 кг рассола:
1000 кг * 0,75=750 кг воды.
2. Рассчитаем массу воды в новом рассоле (30 % соли)
Концентрация соли − 30 %, значит, воды − 70 %.
Масса воды в 1000 кг рассола:
1000 кг * 0,70=700 кг воды.
3. Найдём разницу в массе испаряемой воды
В текущем варианте испаряют 750 кг воды.
В новом варианте − 700 кг воды.
Разница:
750 кг − 700 кг=50 кг.
Ответ: при переходе на новый источник рассола (30 % соли) заводу придётся выпарить на 50 кг воды меньше на каждую тонну рассола. Это означает снижение энергозатрат на испарение на 5 % (так как 50 кг от 1000 кг − это 5 %).

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	12	Приведены рассуждения в правильном направлении, допущена математическая ошибка или задача не решена полностью
3	25	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 3 (25 баллов)
В реальных производственных условиях потери соли происходят не только при очистке, но и на этапах транспортировки, сушки и фасовки. Инженерам необходимо учитывать итоговый выход продукта, чтобы планировать загрузку мощностей технологического оборудования, количество рабочих смен, загруженность складских площадей.
Представьте себя инженером завода, на котором переработали 1000 кг технической соли. Процесс включал следующие этапы:
1. Очистка от нерастворимых примесей. Потери массы составили 5 % от исходной.
2. Промывка водой. Потери массы составили 2 % от массы, оставшейся после 1 этапа.
3. Сушка. Потери массы составили 3 % от массы, оставшейся после второго этапа.
4. Фасовка. Потери составили 0,5 % от массы после сушки.
Рассчитайте массу готовой соли на выходе в кг. Определите общий процент потерь от исходной массы. Округлите полученные результаты до десятых.
Решение:
1. Найдем массу примесей
1000 кг * 0,05 = 50 кг
2. Масса после удаления примесей 1000 – 50 = 950 кг
3. Потери с промывными водами 950 * 0,02 = 19 кг
4. Масса после очистки
950 – 19 = 931 кг
5. Потери при сушке 931 * 0,03 = 27,93 кг
6. Масса после сушки 931 – 27,93 = 903,07 кг
7. Потери при фасовке 903,07 * 0,005 = 4,52 кг

8. Масса готовой соли 903,07 – 4,52 = 898,55 кг
9. Общий процент потерь в кг
1000 – 898,55 = 101,45 кг
Потери в %
101,45/1000 * 100 % = 10,145 %
Ответ: масса готовой соли 898,6 кг, общий процент потерь 10,1 %

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	1	Написан только ответ
2	12	Приведены рассуждения в правильном направлении, допущена математическая ошибка или задача не решена полностью
3	25	Задача решена, полностью описано решение, ответ верный

Задача 4 (40 баллов)
Современные производства стремятся к «зелёным» технологиям – минимизации отходов и максимальному использованию ресурсов. При производстве поваренной соли также возникают побочные продукты, требующие грамотной утилизации и переработки.
Представьте, вы – технолог на заводе по производству поваренной соли. Перед вами стоит задача разработать ресурсосберегающую технологию переработки отходов производства (рассолов, промывных вод, нерастворимых примесей).
Три основных типа отходов, образующихся при производстве поваренной соли:
- рассолы с примесями сульфатов и хлоридов кальция, магния;
- промывные воды с низким содержанием NaCl;
- нерастворимый осадок (глинистые частицы, песок).

Предложите для каждого типа отходов способ переработки/утилизации, указав:
- суть технологического процесса (кратко, 1-2 предложения);
- экологическое преимущество предложенного метода;
- возможное практическое применение полученного продукта.

Примерное решение:
1. Рассолы с примесями сульфатов и хлоридов кальция, магния
Суть процесса: выпаривание с последующим выделением ценных солей $CaSO_4$, $MgCl_2$ для использования в других отраслях.
Экологическое преимущество: снижение сбросов соленых стоков в водоемы.
Применение: $CaSO_4$ – гипс применяется в строительстве, $MgCl_2$ – в качестве пищевой добавки, посыпать дороги от наледи.

2. Промывные воды
Суть процесса: мембранная фильтрация (обратный осмос) для концентрирования раствора NaCl и возврата очищенной воды в производственный цикл.
Экологическое преимущество: сокращение потребления свежей воды, минимизация сброса сточных вод, содержащих соли, отсутствие химических (едких) веществ в процессе очистки.
Применение: концентрированный раствор возвращается обратно в производственный цикл на выпаривание, очищенную воду можно использовать в системах охлаждения или при промывке оборудования.

3. Нерастворимый осадок (глинистые частицы, песок)
Суть процесса: сушка при температуре 100-120 ^oC
Экологическое преимущество: использование вторичного сырья вместо добычи новых материалов
Применение: сырье для производства строительных материалов, например, бетоны, керамических изделий.

Критерии оценивания

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	10	Описаны технологические процессы, показано понимание целесообразности применение того или иного метода
2	20	То же, что в критерии 1 и описаны реальные экологические преимущества
3	40	Расписаны применения, баллов тем больше, чем более конкретны применения полученных материалов