Оценка прочности бетона грануляционных башен

Направление: Диагностика конструкций и обработка данных

Цель: Разработать проверяемую методику оценки прочности по индикаторной глубине нейтрализации и подготовить карту зон с неопределённостью.

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

Создайте воспроизводимую методику, которая использует парные данные обследования для оценки прочности бетона. Проверьте её на общем учебном наборе, постройте развёртку двух условных башен, выделите зоны ниже заданных границ прочности и места для дополнительных измерений. Подготовьте экспорт и предварительную стоимость проверок и мероприятий.

1 Зачем нужна методика

При приллировании расплав аммиачной селитры падает внутри железобетонного ствола башни в восходящем потоке воздуха. Попадание вещества и влаги на стенки связано с химическим воздействием на бетон. Инженеру обследования нужно обоснованно определить, где достаточно измерений, где вероятно снижение прочности и где требуется дополнительная проверка.

Керн — цилиндрический образец, отобранный из стены. Индикаторная глубина нейтрализации характеризует изменение реакции среды от поверхности. Она сама по себе не измеряет прочность и не устанавливает универсальную зависимость между глубиной и прочностью. Эту связь нужно проверять на совместимых парных наблюдениях с учётом качества поверхности, неоднородности и способа испытания.

Результат предназначен для специалиста обследования и подготовки свойств зон для последующей модели конструкции. Полный расчёт несущей способности, создание конечно-элементной сетки и заключение о безопасности сооружения в обязательное ядро не входят. Практические работы на действующей башне не выполняются.

2 Обязательный основной результат

- Разделите фактические справочные фрагменты и синтетический учебный объект. Покажите, какие поля совместимы и почему непарные наблюдения нельзя использовать как готовую зависимость.
- Постройте работающий способ численной оценки прочности по глубине и выбранным признакам. Сравните его хотя бы с постоянным прогнозом среднего по обучению. Проверьте ошибку в МПа и ошибки около двух порогов на отдельной проверочной выборке; подготовьте прогноз общего теста.
- Постройте карту обеих сторон всех 256 ячеек двух учебных башен. Покажите измерения, численные оценки, неизвестные значения и отдельно надёжность применения. Обоснуйте пространственный перенос между кернами и его границы.
- Сдайте прогноз 32 тестовых целей, CSV карты, расчёт диапазона затрат и сравнение двух стратегий дообследования. Опишите получение реальных парных измерений и проверку переноса методики на объект.

3 Два блока входных сведений

Каталог «Фрагменты обследования» содержит фактические иллюстрации и неполный фрагмент испытаний. На фотографии керна №36 указаны отметка +29,300 м, диаметр 100 мм, длина 190 мм и глубина нейтрализации по 35 мм с обеих сторон; прочность этого керна отсутствует. В таблице испытаний есть по две стороны кернов 1, 3 и 4 с прочностями 53,3; 50,0; 84,4; 54,2; 80,1; 84,6 МПа, но без глубин нейтрализации. Ни одной подтверждённой пары «глубина — прочность» эти материалы не образуют.

Эти фрагменты помогают понять задачу и спланировать реальные измерения. Пустые поля сохраняют отсутствие измерений. Класс B40/B60 в отдельном столбце не подменяет фактическую прочность Rm; коэффициент из заголовка таблицы не применяется повторно. Цвет фотографии не превращается в прочность.

Каталог «Учебный набор» — отдельный синтетический объект, самодостаточный для обязательного расчёта. Его башни A и B не отождествляются с фактической схемой. Данные имеют неполную и шумную связь глубины с прочностью; даже хороший результат здесь не подтверждает такую же точность на производственном сооружении.

Материал учебного набора	Состав и назначение
Обучение	96 строк сторон 48 кернов; глубины, координаты, признаки и прочность
Проверка	32 строки сторон 16 кернов; отдельная проверка с известной прочностью
Тест	32 строки сторон 16 кернов; прочность закрыта жюри
Ячейки	256 ячеек общей геометрии, без готовых прочностей и ремонтных групп
Описание полей и Описание учебного набора	Единицы, пропуски, роли, формат результатов и протокол проверки
Форма прогноза и Форма карты	Пустые формы; использование готового шаблона необязательно
Расценки	Общие учебные ставки для бюджета обследования и мероприятий

4 Геометрия и пороговые группы

У каждой из двух учебных башен четыре стены шириной 8 м и высотой 40 м; толщина 190 мм. Ячейка 2×5 м имеет площадь 10 м². На стене 32 ячейки, на башне 128, на двух башнях 256. Площадь панелей: 2×4×8×40 = 2560 м². Внутренняя и наружная стороны относятся к одной панели: сквозная замена не удваивает её площадь.

Координата x — по отдельной грани, z — по высоте, s — по периметру: s=8×(номер грани−1)+x. Грани последовательно соседствуют 1–2–3–4–1. Нельзя считать противоположные грани соседними по короткому расстоянию через воздух. Если используете перенос через угол, объясните метрику и влияние границ.

Пороги ниже относятся к прочности при сжатии f в МПа в принятой учебной лабораторной интерпретации. Это условия кейса, а не универсальные нормативы ремонта. Классификация применяется отдельно к измеренному значению и вычисленному прогнозу. При неуверенности практическое назначение мероприятия откладывается до уточнения.

Значение f	Группа для учебной оценки
f < 9,8 МПа	Кандидат на сквозную замену ячейки
9,8 ≤ f < 19,6 МПа	Кандидат на ремонт соответствующей стороны
f ≥ 19,6 МПа	Вне этих двух пороговых групп; это не заключение о безопасности
Практический отказ от оценки	Дообследование; численный прогноз, если он есть, сохраняется отдельно

5 Методика и независимая проверка

Обе стороны одного керна всегда находятся в одной роли. Разбиение сформировано по отдельным горизонтальным пространственным блокам, без повторения точек между ролями. Не переносите отдельные стороны или повторы из проверки в обучение. Объясните обработку пропусков, выбросов и сомнительной поверхности; пустая глубина не равна нулю.

Обучение предназначено для настройки модели. Проверка — для сравнения способов и выбора правила надёжности. После выбора допускается переобучение на обучении и проверке вместе; назовите использованные данные. Тестовые прочности для настройки не используются.

Численный прогноз и практический флаг надёжности — разные выходы. Для общего теста N=32: при всех 32 численных прогнозах MAE равна сумме абсолютных ошибок, делённой на 32, в МПа. reliable=0 не исключает численный прогноз из этого расчёта. Команда может вычислить оценку, но отказаться от её применения к ремонту.

Если численного прогноза вовсе нет, это отсутствие, а не правильный отказ. MAE на полном тесте тогда не рассчитана: отдельно приводят частичную MAE, число отсутствий и численное покрытие n/32. При n=0 MAE не определена. Полный отказ без работающего численного метода не выполняет обязательное ядро.

Для каждого порога t=9,8 и 19,6 сравните f<t с прогнозом p<t: покажите верно найденные слабые TP, пропущенные слабые FN, ложные тревоги FP и верно определённые остальные TN; отсутствующие прогнозы учитывайте отдельно. Доля пропуска слабых — FN/(число фактов f<t); дополнительно сообщайте слабые цели без прогноза. Если слабых нет, доля не определена.

Практическое покрытие — число целей с численным прогнозом и reliable=1, делённое на 32. Ошибку принятых прогнозов можно показать дополнительно, обязательно с их числом и покрытием. Ни массовый отказ, ни выбор только удобных точек не подтверждают хорошее качество. Метрики нужны для сопоставления доказательств и не создают отдельной конкурсной суммы баллов.

6 Карта и формат результата

Получите оценки в точках обследования, затем предложите способ переноса на ячейки. Не заполняйте неопределённые области видом якобы измеренной прочности. Различайте наблюдение, прогноз, пространственную интерполяцию и неизвестное; на легенде должны быть отдельные обозначения.

Для теста сдайте CSV с record_id, prediction_mpa, reliable и reason. Предпочтительно вычислить численные значения для всех 32 целей, а ограничение применения отразить флагом и причиной. Для карты нужны cell_id, side, estimate_mpa, adopted_mpa, reliable, source_type и reason. Полные словари и пустые формы даны в приложениях.

На карте 512 строк сторон: две стороны каждой из 256 ячеек. estimate_mpa — вычисленная оценка; adopted_mpa — условно принятое командой значение для последующей учебной модели. При отказе adopted_mpa пусто. Оно не является нормативной расчётной прочностью и не заменяет установленное обследование. Не вычисляйте модуль упругости или несущую способность по неподтверждённой зависимости.

Постройте карту обеих башен с читаемыми гранями, высотой, легендой, единицами и местами кернов. Воспроизводимость может обеспечивать электронная таблица с формулами и экспортом; интерфейс, нейросеть и полноценный расчёт методом конечных элементов (FEM) необязательны.

7 Стоимость и стратегия дообследования

Рассчитайте укрупнённый бюджет по общим учебным расценкам. Это сравнение решений с заданным составом работ; ставки не являются рыночной сметой и не подтверждают реальный ремонтный объём. Не монетизируйте предотвращённую аварию или гарантированную надёжность.

Если хотя бы одна сторона надёжно отнесена к замене, сквозная замена считается один раз по площади панели, без ремонта той же панели. В отсутствие замены ремонт учитывают отдельно по нужным сторонам. Неуверенные панели показывают отдельным объёмом и диапазоном затрат; их нельзя молча объявить безопасными.

Сравните две стратегии: общий ориентир — дополнительный керн в каждой неуверенной ячейке с испытанием обеих сторон; ваш избирательный план — обоснованные точки, порядок и условия остановки. Стоимость одного такого нового керна включает отбор, два испытания прочности и одну индикаторную оценку обеих сторон. Затраты уже выданного набора считаются понесёнными, а 80 000 руб. подготовки карты относятся к вашему решению однократно.

Покажите подтверждённый по выбранному правилу объём, диапазон при неопределённости и стоимость уточнения. Для верхней границы можно рассмотреть сквозную замену всех ещё не определённых панелей; объясните любое иное правило. Меньшее число кернов само по себе не доказывает сохранение надёжности. Проверьте правило отказа на проверочных данных и объясните его ограничения.

Статья	Учебная ставка	Состав
Отбор нового керна	12 000 руб./керн	Без испытаний
Испытание прочности	3500 руб./сторону	Одно значение f
Индикаторная оценка	500 руб./керн	Обе стороны
Подготовка карты	80 000 руб.	Однократно
Ремонт стороны	8000 руб./м²	Восстановление слоя 30 мм
Сквозная замена	20 000 руб./м² панели	Вся толщина 190 мм; обе стороны вместе

8 Перенос и сдача

Дайте программу получения реальных парных наблюдений: единый ID керна и стороны, координаты, глубины с обеих сторон, геометрия испытанного образца, единицы, прочность, качество поверхности, повреждения и лабораторная интерпретация. Проверяйте

совместимость испытаний, влияние геометрии образца и независимость проверки. Одна индикаторная фотография не заменяет эти сведения.

Сдайте методику и воспроизводимый расчёт, сравнение с базовым методом, результаты проверки, прогноз общего теста, карту и её CSV, диапазон бюджета и две стратегии дообследования. Объясните причины ошибок и отказов. Если полученная связь слабая, покажите это числами, работающим методом и планом уточнения; не объявляйте неподтверждённую модель промышленным инструментом.

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.

- Более подробная модель неопределённости: проверьте покрытие интервалов и ошибку около порогов на независимых данных.
- Другой пространственный перенос или план отбора: сравните влияние на неопределённые зоны, затраты и риск пропуска слабых участков.
- Дополнительные реальные данные с подтверждёнными правами: сохраните отдельные результаты на общем учебном тесте и новом объекте.

Расчетные допущения

Учебные башни A и B, их геометрия, парные измерения, метаданные и расценки синтетические. Фактические справочные фрагменты хранятся отдельно и не используются как фиктивные пары.

Пороги 9,8 и 19,6 МПа — принятые условия этой задачи. Сравнение выполняется до округления. Значение 9,8 относится к ремонту, 19,6 — вне двух пороговых групп.

Расчёт относится к оценке данных и предварительным мероприятиям. Он не устанавливает безопасность, реальную несущую способность или разрешение эксплуатации. Экономика без НДС, инфляции, дисконтирования и выдуманной предотвращённой аварии.

Входные материалы и их использование

Материал	Роль и применение
Обучение, Проверка, Тест	Парные входы, отдельная проверка и 32 общие тестовые цели.
Ячейки	Геометрия 256 ячеек; две стороны в карте.
Описание учебного набора, Описание полей	Протокол, единицы, пропуски, роли и форматы.
Расценки	Копия общих ставок раздела 7.

Материал	Роль и применение
Форма прогноза, Форма карты	Пустые формы результата без численных прогнозов и групп ремонта. Форму результата можно подготовить самостоятельно.
Фрагменты обследования	Четыре PNG, две CSV-транскрипции и паспорт фактических фрагментов. Оцените достаточность сведений; обучать по ним метод не требуется.

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.