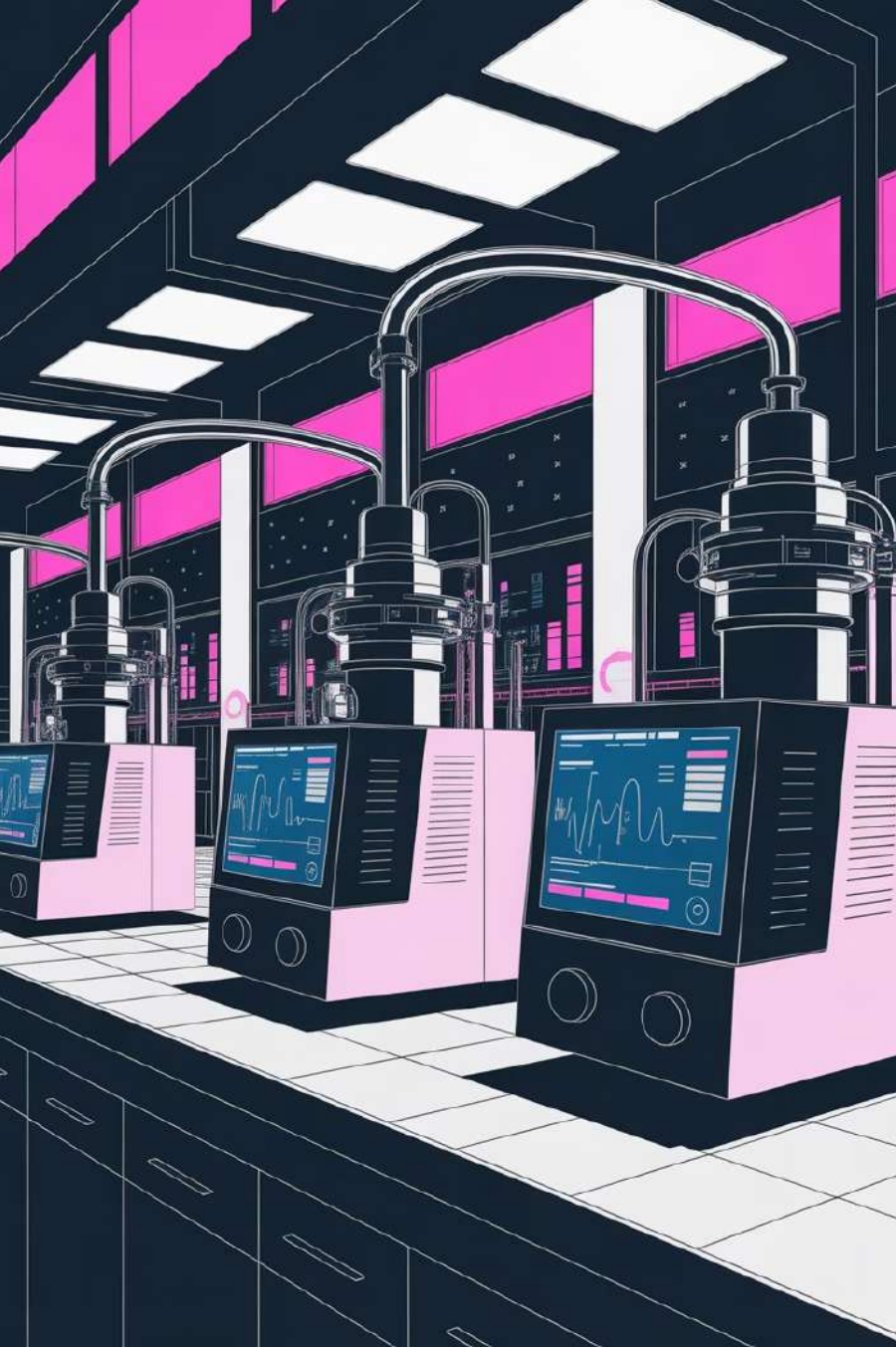




Лекция 2. Вероятность охвата и стандартная неопределенность измерений

Лектор: Байжұма Жандос Ескендірұлы

Тел.: +7 707 556 60 08 | Email: zhandos.baizhuma@kaznu.edu.kz

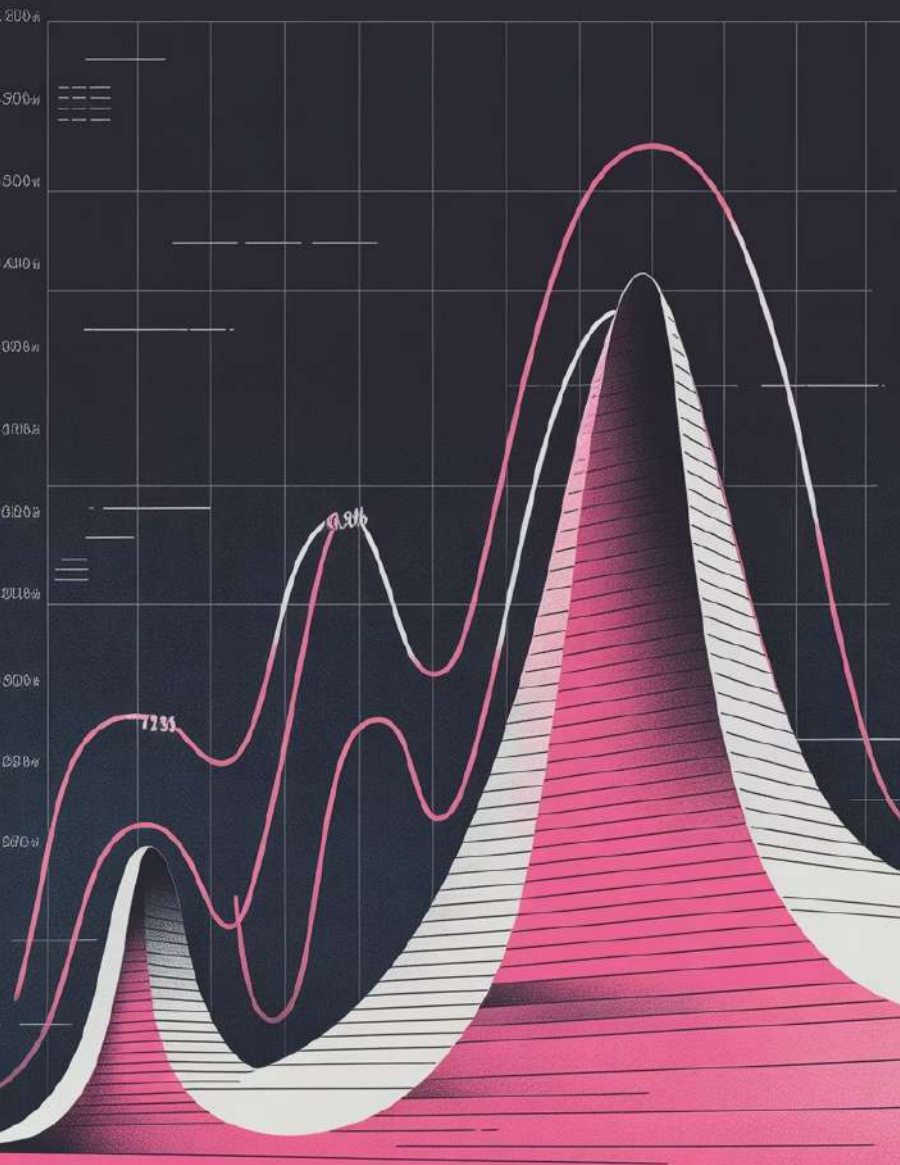
Цель и основные вопросы лекции

Цель лекции

Дать представление о понятиях вероятности охвата и стандартной неопределенности, рассмотреть этапы оценивания неопределенности и принципы формирования измерительной задачи, а также методы преобразования распределений при расчёте оценок.

Ключевые темы

- Вероятность охвата и коэффициент охвата
- Стандартная и расширенная неопределенности
- Этапы процесса оценки неопределенности
- Формулирование измерительной задачи
- Преобразование распределений
- Вычисление оценок результата



Стандартная и расширенная неопределенности

Стандартная неопределенность (u)

Стандартное отклонение, характеризующее разброс результата измерения. Является оцененным стандартным отклонением, связанным с результатом.

Расширенная неопределенность (U)

Интервал с заданной вероятностью охвата (обычно $P = 95\%$). Получается умножением суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата k .

Коэффициент охвата (k)

Множитель для расчёта расширенной неопределенности. Всегда должен быть указан для возможности получения стандартной неопределенности при последующих вычислениях.

Этапы оценивания неопределенности

01

Формулировка измерительной задачи

Определение цели, измеряемой величины, условий и требований к точности измерения.

02

Построение модели измерений

Составление математической модели, определяющей соотношение выходной величины с входными величинами.

03

Определение входных величин

Выявление всех входных величин и приписывание им распределений вероятностей на основе имеющейся информации.

04

Оценка неопределенностей типов А и В

Статистическая обработка данных (тип А) и использование научного суждения на основе доступной информации (тип В).

05

Расчёт объединённой неопределенности

Вычисление суммарной стандартной и расширенной неопределенностей с использованием закона распространения.

06

Представление результата

Окончательное оформление результата измерения с указанием неопределенности и коэффициента охвата.



Оценка неопределенности по типам А и В

Тип А: Статистические методы

Составляющие, которые оцениваются путем применения статистических методов обработки данных.

Основные методы:

- Расчет стандартного отклонения и среднего значения на основе серии наблюдений
- Метод наименьших квадратов для подбора кривой к данным
- Дисперсионный анализ для идентификации случайных эффектов

Стандартная неопределенность: $u_A = [\sum(x_i - \bar{x})^2 / n(n-1)]^{1/2}$

Тип В: Научное суждение

Составляющие, которые оцениваются другими методами на основе всей доступной информации.

Источники информации:

- Данные предварительных измерений и опыта
- Спецификации изготовителя
- Свидетельства о калибровке и сертификаты
- Справочные данные
- Общие знания о свойствах материалов и приборов

Основные распределения вероятностей



Прямоугольное (равномерное)

Используется когда известны только границы интервала возможных значений, все значения внутри интервала равновероятны.



Треугольное

Применяется когда значения ближе к центру интервала более вероятны, чем к краям.



Трапецеидальное

Комбинация равномерного и треугольного распределений с плоской вершиной.



U-образное (арксинуса)

Характеризуется повышенной вероятностью значений у границ интервала.



Нормальное (Гаусса)

Наиболее распространенное распределение для случайных величин с симметричной колоколообразной формой.

Трансформирование распределений и вычисление оценок

Этап формулировки измерительной задачи



Задание выходной величины

Определение измеряемой величины Y



Выявление входных величин

Определение всех величин, от которых зависит Y



Составление модели

Определение соотношения Y с входными величинами



Приписывание распределений

Назначение распределений вероятностей входным величинам

Этап вычислений

Трансформирование распределений вероятностей входных величин в распределение для выходной величины Y может быть реализовано тремя способами:

Закон трансформирования неопределенностей (GUM)

Описание случайной величины распределением Гаусса или t -распределением. Приближенный метод, применимый в большинстве случаев.

Аналитический вывод

Получение формы распределения вероятностей для Y методами математического анализа. Точный метод.

Метод Монте-Карло

Численное моделирование с генерацией случайных значений. Дает решение с контролируемой числовой точностью.

Ключевые принципы оценивания неопределенности

«Оценка неопределенности не является ни рутинной работой, ни чисто математической; она зависит от детального знания природы измеряемой величины и измерения. Качество и ценность неопределенности результата измерения зависит от понимания, критического анализа и честности тех, кто участвует в приписывании ее значения.»

Критическое мышление

Методика дает схему определения неопределенности, но не может заменить критические размышления и профессиональное мастерство.

Детальное знание

Необходимо глубокое понимание природы измеряемой величины, процесса измерения и всех влияющих факторов.

Экспериментальная проверка

Хорошо спланированный эксперимент способствует повышению надежности оценок неопределенности и является частью искусства проведения измерения.

Постоянный пересмотр

Математическая модель должна пересматриваться, когда наблюдаемые данные показывают, что модель неполна.

Рекомендуемая литература: ISO/IEC Guide 98-3:2008 (GUM), JCGM 101:2008, ISO/IEC 17025:2017, а также работы Алексева С.В., Левина В.И. и других авторов по метрологии и оценке неопределенности измерений.