

## Теория математической обработки геодезических измерений (ТМОГИ)

*Дегтярев Александр Михайлович*

*к.т.н., доцент кафедры геодезии и кадастров ПГУ*

### Литература

1. Дегтярев А.М. Вероятностно-статистические методы в геодезии.
2. Маркузе Ю.И. Практикум по теории математической обработки геодезических измерений.

# 1. ТПИ. Основные положения

Структура курса:

2 семестра – 18/18, 17/17.

4 + 4 лабораторные работы, 2 РГР.

1 семестр – 2 раздела:

- Теория погрешностей измерений

- Статистический анализ результатов измерений.

4 + 4 + 1 контрольные точки.

Предварительные сведения: разделы ТВ и МС,  
MATLAB.

Подготовка к практике. Допуск к работе.

# 1. ТПИ. Основные положения

Измерение - источник информации — процесс-объект познания.

Сложная структура измерения по схеме процесса:

- цель,
- объект,
- субъект,
- средства,
- метод,
- окружающая среда.

# 1. ТПИ. Основные положения

## Структура измерительной процедуры.

Первичный теоретический уровень:

- Постановка измерительной задачи и построение математической модели измерения, уравнения измерений.
- Планирование эксперимента.

Первичный эмпирический уровень:

- Собственно измерение как взаимодействие.

Вторичный уровень:

- Обработка и анализ результатов измерений

# 1. ТПИ. Основные положения

Необходимость всех этапов.

*Наблюдение, измерение, эксперимент.*

Измерение как основной способ получения информации в геодезии и как системный процесс. Невозможность предсказания.

*Величина значение которой* зависят от множества причин, которые не могут быть полностью учтены и потому заранее не известная – *случайная* – основа ТПИ ТВ и МС

# 1. ТПИ. Основные положения

## Классификация измерений.

Вид измерения по *физическому исполнению* – уравнение измерения. Выделяют прямые, косвенные, совместные, совокупные измерения.

*Прямые измерения* – средства измерений непосредственно взаимодействуют с объектом опыта. Уравнение прямого измерения величины  $X$

$$Q = X$$

Точность и количество на этапе планирования.

# 1. ТПИ. Основные положения

*Косвенные измерения* – определяемую величину  $Q$  невозможно определить прямо, но можно связать с другими измерениями  $X, Y, \dots$ , которые можно получить непосредственно.

Уравнение косвенного измерения есть

$$Q = f(X, Y, \dots)$$

При планировании предусчитывают вид модели, число измерений, точность измерений. Совокупные и совместные измерения.

# 1. ТПИ. Основные положения

Другие классификации:

- по количеству: необходимые и избыточные,
- по точности: равноточные (*гомоскедастичные*) и неравноточные (*гетероскедастичные*).
- по степени влияния друг на друга: коррелированные (зависимые) и некоррелированные (не зависимые).
- по степени изменения свойств во времени:  
стационарные (статичные) – с неизменными характеристиками, динамичные – свойства изменяются во времени.



# 1. ТПИ. Основные положения

Постулаты измерения:

- истинное значение измеряемой величины существует;
- его определить невозможно;
- его значение постоянно (для стационарных наблюдений).

Процесс измерения - случайный процесс, с результатом в виде случайной величины

# 1. ТПИ. Основные положения

## Погрешности и их классификация

Истинные погрешности измерения

$$\Delta_i = x_i - a$$

Не сведение к нулю. Неизбежность, но не беда.

Расширение и разделение:

$$\Delta_i = x_i - M(x) + M(x) - a = \Delta_i + \theta_i$$

# 1. ТПИ. Основные положения

$\theta_i$  – систематическая погрешность. Входят в каждый результат по определенному функциональному закону. Делятся на *постоянные* и *переменные*. должны быть обнаружены, изучены и устранены.

$\Delta_i$  - случайная погрешность. Обнаруживается при большом числе измерений. Статистическими методами оценивается и уменьшается влияние. Перераспределение. Грубые погрешности.

# 1. ТПИ. Основные положения

## Модели измерений и погрешностей

Самый общий случай:

$$x_i = f(a, \Delta_i, t_i)$$

Простейшая статическая модель:

$$x_i = a + \Delta_i = a + (\theta_i + c)$$

Простейшая динамическая модель:

$$x_i = a \cdot i + b + \varepsilon_i$$

# 1. ТПИ. Основные положения

## **Цели и задачи теории погрешностей измерений.**

- Изучение закона возникновения распределения и связей погрешностей измерений.
- Построение и исследование моделей измерений, погрешностей и мешающих параметров.
- Отыскание вида и способа получения оптимальных количественных и качественных оценок по результатам измерений.
- Предрасчет условий измерений для получения оптимальной или заданной точности результата