

# Содержательный модуль 1

## Основные сведения о технологии обучения

### 1.1. Параметры технологии обучения и иерархия ее целевых установок

Настоящий учебный материал адаптирован под технологию обучения и является составной частью стандартизированной технологии образования специальности 7.070908 "Геоинформационные системы и технологии". Дисциплина относится к блоку профессионально-ориентированных дисциплин.

В соответствии с образовательным стандартом технология обучения имеет следующие параметры:

- **объект изучения:** инструментальные математические средства, обеспечивающие обработку геодезических измерений и интерпретацию геоданных в геоинформационных системах;
- **предмет изучения:** математические методы обработки геодезических измерений;
- **начало реализации** технологии обучения: 2 курс;
- **продолжительность реализации** технологии обучения: 3 - 4 семестр;
- **объем** теоретического материала: 33 часов;
- **объем** лабораторной практики 66 часов;
- **диагностика** знаний и умений: аттестация (3, 4 семестр), экзамен (3 семестр), зачет (4 семестр);
- **правовое обеспечение:** государственный стандарт высшего образования высшего учебного заведения по специальности 7.070908 "Геоинформационные системы и технологии";
- **техническое обеспечение:** средства информатики и оргтехника;
- **программное обеспечение:** Microsoft PowerPoint, тестовые программы и др.

- **информационно – технологическое обеспечение:** учебники, учебное пособие, Интернет, инструкции и др.;

- **лингвистическое обеспечение:** комбинированное (в письменной и устной формах) с использованием естественного русского языка, языка математики и языка интерфейсов PowerPoint, Excel, Windows и др.;

- **математическое обеспечение:** методы теории вероятностей, математической статистики, метрологии, теории измерений, теории ошибок, методы линейной алгебры и др.;

- **технологии обучения спроектировал:** доктор технических наук, доцент К.А. Метешкин.

В основу реализации стратегии технологии обучения положена иерархическая система учебных целевых установок, результатом достижения которых являются знания и умения студентов. Иерархия целевых установок технологии обучения и результаты их достижения структурированы и сведены в табл.1.1.

Таблица 1.1

**Иерархия целевых установок технологии обучения  
и результаты их достижения**

<b>Учебные цели</b>	<b>Результаты достижения учебных целей (знания и умения)</b>
1	2
<b>Технологии обучения:</b> сформировать у студентов знания, необходимые для решения типовых геодезических задач.	<b>Знания</b> совокупности математических методов обработки и интерпретации геодезических данных. <b>Умение</b> применять те или иные методы обработки и интерпретации геодезических измерений.
<b>Модуль 1.</b> Изучить основные методы теории погрешностей измерений  <u>Содержательный модуль 1.1.</u> Сформировать у студентов обобщенное представление об учебном материале и методах его изложения.  <u>Содержательный модуль 1.2.</u> Пополнить лексическую базу студентов новыми терминами и сущностными определениями метрологии.	<b>Эвристические знания</b> , позволяющие студентам ориентироваться в изучаемой предметной области и самостоятельно изучать дополнительный материал. <b>Знания</b> об структуре учебного материала, последовательности его изучения и общих характеристиках технологии его изучения.  <b>Знания</b> основных терминов теории измерений и их определения.

<p><u>Содержательный модуль 1.3.</u> Сформировать у студентов представление о правилах оценивания точности измерений в геодезии</p>	<p><b>Знания</b> правил оценивания точности измерений в геодезии и <b>умения</b> применения их на практике.</p>
<p><u>Содержательный модуль 1.4.</u> Сформировать у студентов представление об оценивании точности функций непосредственно измеренных величин.</p> <p><u>Содержательный модуль 1.5.</u> Сформировать у студентов знания о процедурах математической обработки равноточных измерений одной и той же величины.</p> <p><u>Содержательный модуль 1.6.</u> Сформировать у студентов представление о неравноточных измерениях.</p> <p><u>Содержательный модуль 1.7.</u> Сформировать у студентов представление о двойных измерениях.</p> <p><u>Содержательный модуль 1.8.</u> Сформировать у студентов общее представление о зависимых случайных величинах и зависимых погрешностях.</p>	<p><b>Знания</b> о процедурах оценивания точности функций непосредственно измеренных величин.</p> <p><b>Знания</b> о процедурах математической обработки равноточных измерений одной и той же величины и <b>умения</b> их применять на практике.</p> <p><b>Знания</b> сути процедур равноточного измерения и <b>умения</b> их применять на практике.</p> <p><b>Знания</b> сути процедур двойного измерения и <b>умения</b> их применять на практике.</p> <p><b>Знания</b> сути измерения зависимых случайных величин и зависимых погрешностей.</p>

1	2
<p><b>Модуль 2.</b> Изучить один из методов теории ошибок для оценки неизвестных величин по результатам геодезических измерений содержащих случайные ошибки.</p> <p><u>Содержательный модуль 2.1.</u> Изучить основные сведения о методе наименьших квадратов.</p> <p><u>Содержательный модуль 2.2.</u> Изучить параметрический способ уравнивания случайных величин.</p> <p><u>Содержательный модуль 2.3.</u> Изучить методы уравнивания измеренных величин, связанных условиями.</p>	<p><b>Знания</b> инструментальных возможностей метода наименьших квадратов при обработке геодезических измерений и <b>умение</b> его применения на практике.</p> <p><b>Знания</b> основных возможностях метода наименьших квадратов при обработке геодезических измерений.</p> <p><b>Знания</b> параметрического способа уравнивания случайных величин и <b>умения</b> его применения на практике.</p> <p><b>Знания</b> возможностей метода уравнивания измеренных величин, связанных условиями.</p>

## 1.2. Содержание учебных модулей

### Модуль 1

#### СМ. 1.1. Стратегия изучения учебного материала и особенности технологии обучения

1. Иерархия целевых установок стратегии изучения учебного материала.
2. Сетевая модель реализации технологии обучения.
3. Основные термины и определения (терминологическая модель).
4. Схема технологии обучения как составная часть структурно-логической схемы подготовки специалиста по специальности "Геоинформационные системы и технологии".

#### СМ. 1.2. Общие сведения о метрологии

1. Исторические сведения о геодезии и метрологии
2. Общая характеристика математических методов обработки геодезических измерений.
3. Понятие физической величины.
4. Измерение и их классификация.
5. Погрешности измерений и их классификация и свойства.
6. Свойства случайных погрешностей.

#### СМ.1.3. Количественные критерии оценивания точности измерений

1. Модели распределения случайных погрешностей измерений.
2. Модели распределения систематических погрешностей измерений.
3. Количественные критерии оценивания точности ряда равноточных измерений одной величины.

#### СМ.1.4. Оценка точности функций непосредственно измеренных величин

1. Основная теорема теории погрешностей и ее применение для расчета предельно допустимых невязок.
2. Апостериорная оценка точности функций измеренных величин.

#### СМ.1.5. Математическая обработка ряда равноточных результатов измерений одной и той же величины

1. Простая арифметическая середина и ее свойства.
2. Формула эмпирической средней квадратической погрешности.
3. Последовательность математической обработки ряда равноточных измерений одной и той же величины.

#### СМ.1.6. Метод неравноточные измерения

1. Вес как специальная мера относительной точности результатов измерений.
2. Веса функций результатов измерений.
3. Примеры расчета весов в геодезической практике.
4. Общая арифметическая середина и ее свойства.

5. Формула эмпирической средней квадратической погрешности единицы веса.
6. Последовательность математической обработки ряда неравноточных измерений одной и той же величины.

#### СМ.1.7. Метод двойных измерений

1. Общие соображения о методе двойных измерений.
2. Оценивание точности по разностям двойных равноточных измерений.
3. Оценивание точности по разностям двойных неравноточных измерений.

#### СМ.1.8. Краткие сведения о зависимых случайных величинах и зависимых погрешностях

1. Виды зависимостей.
2. Количественные характеристики линейной стохастической зависимости.
3. Зависимые случайные погрешности в геодезии.

### **Модуль 2**

#### СМ.2.1. Общая характеристика метода наименьших квадратов

1. Сущность задачи уравнивания.
2. Два подхода к решению задачи уравнивания.
3. Принцип наименьших квадратов и его обоснование.

#### СМ.2.2. Параметрический метод уравнивания

1. Постановка задачи. Уравнения поправок.
2. Минимум  $[V^2]$ . Нормальные уравнения.
3. Уравнения поправок и нормальные уравнения в матричной записи. Решение нормальных уравнений.
4. Оценка точности уравненных значений неизвестных.
5. Вычисление эмпирической среднеквадратической погрешности по поправкам, полученным из уравнивания.
6. Среднеквадратическая погрешность измеренных величин после уравнивания.
7. Уравнивание и оценка точности при неравноточных измерениях.
8. Уравнивание триангуляции.
9. Уравнивание трилатерации (линейная засечка).
10. Уравнивание системы нивелирных ходов.

#### СМ.2.3. Метод уравнивания измеренных величин, связанных условиями

1. Постановка задачи. Условные уравнения.
2. Условный минимум  $[V^2] = \min$ . Нормальные уравнения коррелят и их решение.
3. Оценивание точности функций уравненных величин.
4. Вычисление эмпирической средней квадратической погрешности по поправкам и средней квадратической погрешности уравненных величин.

5. Уравнивание и оценка точности неравноточных измерений.
6. Уравнивание триангуляции.
7. Уравнивание систем нивелирных ходов.

#### СМ.2.4. Уравнивание систем измеренных величин, связанных условиями, с дополнительными неизвестными

1. Общие сведения.
2. Подведение итогов курса.

### 1.3. Сетевая модель технологии обучения

Сетевая модель технологии обучения дает представление об изучении учебного материала распределенного во времени. Представим процесс достижения поставленных целей в виде сетевой (семантической) модели, где ее вершины будут соответствовать процедурам проведения занятий как теоретических, так и исследовательских в виде лабораторных работ (см. рис.1.1). Сетевая модель ставит в соответствие содержательные модули и объем конкретных видов занятий. Сетевая модель содержит несколько видов отношений «Л – Лр», «Лр – Л», «Лр – Лр», «Лр – Э», «Лр – З». Кроме того, два вида вершин сетевой модели строго упорядочены. Строгий порядок имеют вершины  $L_i$ ,  $i = \overline{1,16}$ , а  $Lr_j$ ,  $j = \overline{1,36}$ . Такой порядок обеспечивает последовательное изучение теоретического материала и его закрепление в процессе выполнения лабораторных работ. Отдельные вершины помечены специальным образом, что обозначает занятия на которых осуществляются процедуры диагностики знаний и умений студентов по пройденному материалу, а также занятия на которых выдаются расчетно-графические задания.

### 1.4. Терминологическая модель содержания учебного материала

Предметом изучения учебной дисциплины являются методы обработки геодезических измерений (см. п.п.1.1.1). Поэтому в качестве коренного понятия терминологической модели учебной дисциплины выберем термин «метрология». На рис.1.2 иллюстрируется обобщенная схема формирования понятий науки об измерениях - метрологии. Здесь в качестве обеспечивающих понимание учебного

материала используются термины и определения измерений в геодезии и инструментальных математических средств (методов, способов, теорий).

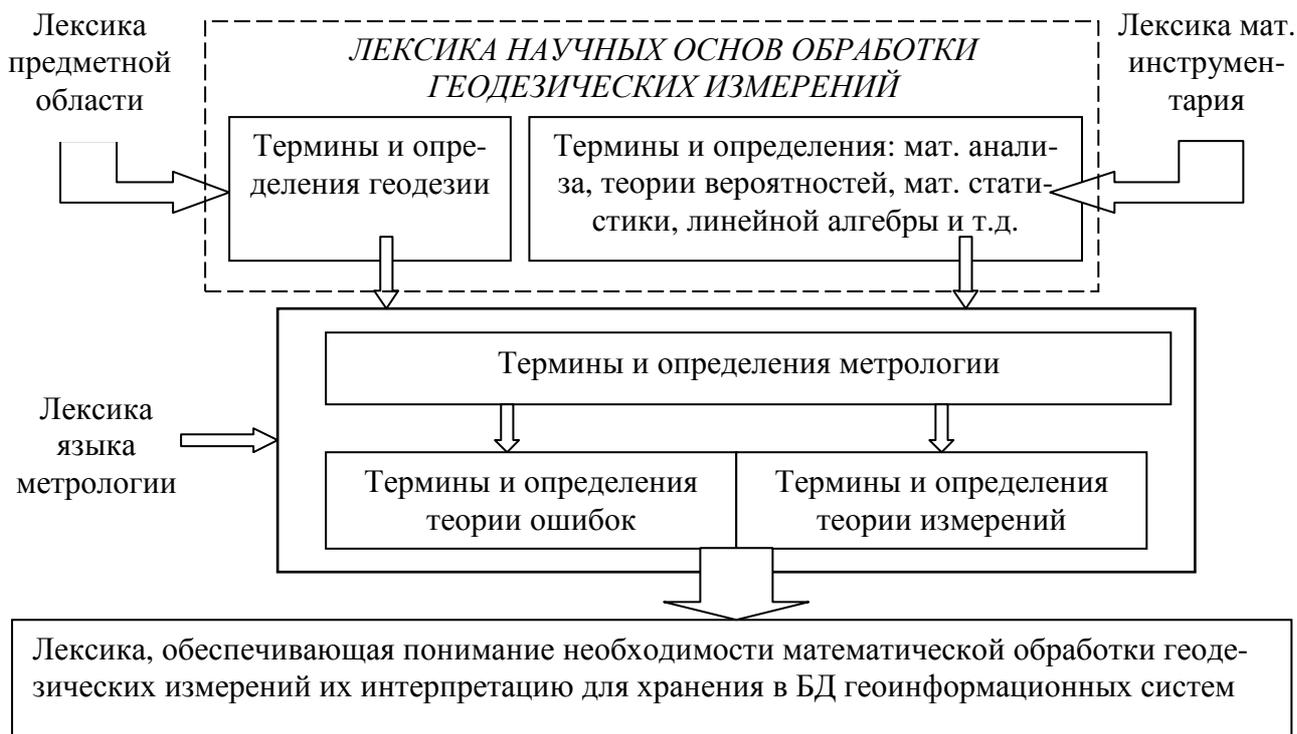


Рис. 1.2. Обобщенная схема формирования понятий метрологии

В процессе изучения учебного материала студенты должны сформировать терминологическую и понятийную базу геодезических измерений для дальнейшего изучения возможности их интерпретации в базах данных геоинформационных системах. В верхней части рис. 1.2 показано, что приступая к изучению данного учебного материала студенты должны уже владеть терминологией курса «геодезия», а также терминами и основными понятиями математического инструментария.

Большинство словарно-справочных средств выделяют следующие основные термины и определения.

**Метрология** – наука, изучающая общепринятые основы измерений, методы и средства измерений, единицы физических величин, методы точности измерений, принципы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений.

**Единство измерений** – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установлен-

ных пределах равны размерам единиц, воспроизводимым первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

**Физическая величина** – одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

**Измерение** – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получения значения этой величины.

**Средство измерений** – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики.

**Погрешность измерения** — отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

**Погрешность средства измерения** — разность между показанием средства измерений и истинным значением измеряемой физической величины.

**Точность средства измерений** — характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю.

Остальные термины и определения будут приведены по тексту учебного материала.

#### 1.5. Схема технологии обучения как составная часть структурно – логической схемы подготовки специалиста

Образовательные стандарты высшего учебного заведения по специальности 7.070908 "Геоинформационные системы и технологии", в частности учебный план, предполагает реализацию технологии обучения «Математическая обработка геодезических измерений» на втором курсе (3 и 4 семестры). Разработанная технология обучения опирается на знания студентов, которые они должны приобрести на первом курсе при изучении «Высшей математики», «Геодезия», «Физики», «Информатике и программированию», а также «Геология и геоморфология». Параллельно на втором курсе продолжается математическая подготовка студентов

по дисциплинам «Высшая математика» и «Математические методы и модели». Данные учебные дисциплины позволяют успешно реализовать технологию обучения: «Математическая обработка геодезических измерений». Такая логика построения процесса формирования профессиональных знаний студентов на первом и втором курсах обеспечивает успешное изучение специальных дисциплин, таких как: «Высшая геодезия», «Картография», «Спутниковая геодезия», «Основы геоинформационных систем», «Технологии геоинформационных систем» и др.

Схематично логика формирования профессиональных знаний студентов иллюстрируется рис.1.3, где показан фрагмент структурно-логической схемы подготовки специалиста с учетом изучения учебного материала по математической обработке геодезических измерений.

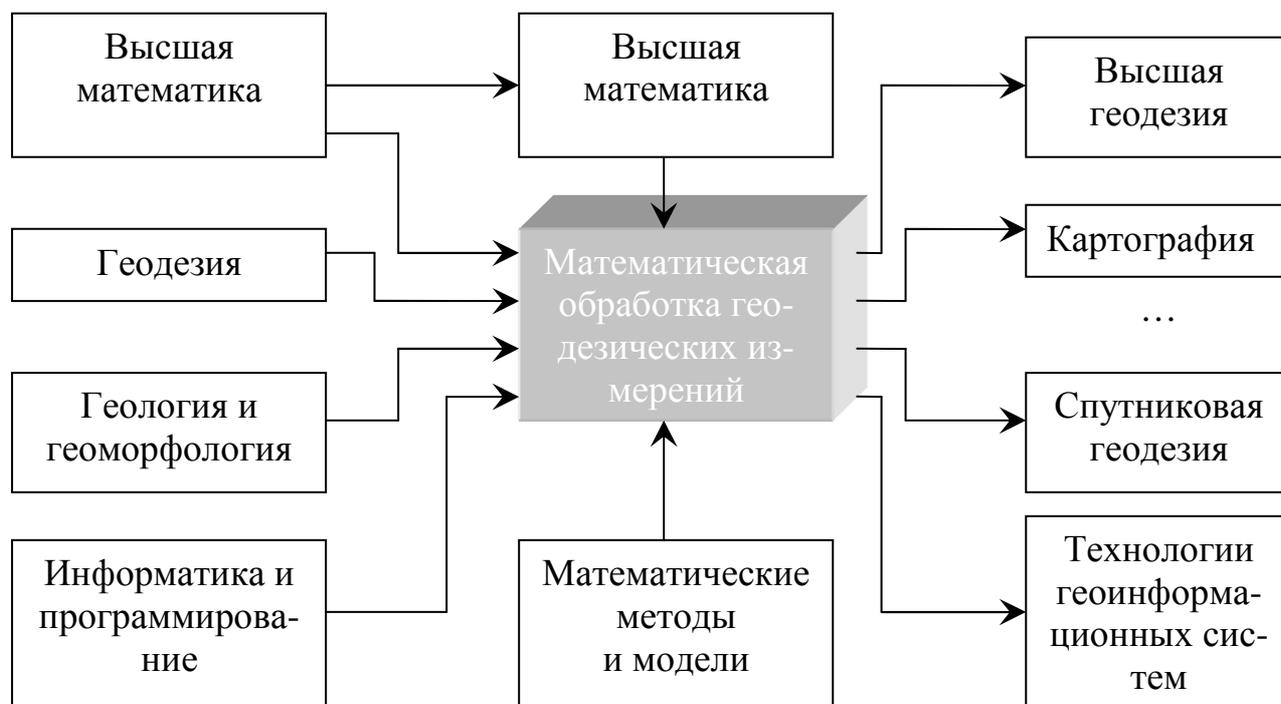


Рис. 1.3. Фрагмент структурно-логической схемы, демонстрирующий связи технологии обучения с другими дисциплинами учебного плана

Таким образом, фрагментарно показано место учебной дисциплины, которое она занимает при подготовке студентов по специальности.

## 1.6. Особенности изучения учебного материала

Опыт изложения учебного материала, помещенного в данной книге, показывает, что он вызывает у студентов при его изучении определенные трудности. Кроме того, определенные трудности возникали и у автора, который попытался на основе известной литературы и образовательных стандартов систематизировать учебный материал и представить его в виде содержательной основы технологии обучения.

Одной из основных отличительных особенностей настоящего материала от других подобных пособий является то, что он в максимальной степени приближен к решению практических задач геодезии и в нем отсутствуют математические методы и модели, которые редко используются или вообще не используются в геодезии. Кроме того, **язык**, которым излагается учебный материал, содержит лексику, которая представляет собой совокупность терминов нескольких предметных областей и наук – геодезии, метрологии, математического анализа, теории погрешностей, теории вероятностей и математической статистики. Совместное использование методических баз этих наук и теорий обуславливает сложность морфологических и синтаксических правил грамматики профессионального языка, на котором излагается учебный материал. Такой язык можно назвать естественно-математическим, так как, с одной стороны, им излагаются основные определения и комментарии к ним, задаются условия решения примеров и т.д. С другой стороны, на основе математических символов (алфавита математического языка) и правил построения формул и более сложных математических конструкций (морфологии и синтаксиса математического языка) абстрактно и формально показываются отношения между измеренными физическими величинами, которые приводят к их количественному оцениванию.

Усложняет язык изложения учебного материала одновременное использование современной символики математического языка, с символикой введенной еще К.Ф.Гауссом, которая по традиции, используется при описании методов обработки измерений. Например, одновременно при составлении математических формул

используют символ суммы «[ ]», введенный К.Ф. Гауссом и современный символ в виде заглавной греческой буквы  $\Sigma$ .

Еще одна особенность, которую необходимо учитывать при изучении данного учебного материала - это подобие понятий «приращение переменной» и «погрешность измерения». Первое понятие лежит в основе дифференциального исчисления, второе составляет основу теории погрешностей. Смысловым содержанием этих понятий является разность. В дифференциальном исчислении это разность между фиксированной точкой  $x_0$  и произвольной точкой  $x$ , лежащей в некоторой окрестности фиксированной точки. В теории погрешностей это разность между истинным и измеренным значениями измеряемой величины  $\Delta$ . Поэтому дифференциальное исчисление как математический инструментарий при обработке геодезических измерений играет важную роль.

#### Дополнительные источники информации

1. Википедия. [электронный ресурс] /<http://ru.wikipedia.org/wiki/Метрология#>