



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП
«Маркшейдерское дело»

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
горного дела и комплексного
освоения георесурсов

Л.А. Усольцева
« 05 » июля 2017 г.

В.Н. Макишин
« 05 » июля 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Математическая обработка результатов измерений

Направление подготовки 21.05.04 Горное дело

специализация «Маркшейдерское дело»

Форма подготовки заочная

курс 4 семестр 8
лекции 8 час.
практические занятия 6 час.
лабораторные работы 0 час.
в том числе с использованием МАО лек. 0/пр. 0/лаб. 0 час.
всего часов аудиторной нагрузки 14 час.
в том числе с использованием МАО 0 час.
самостоятельная работа 85 час.
в том числе на подготовку к экзамену 9 час.
контрольные работы – 0
курсовая работа / курсовой проект – нет
зачет – нет
экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 17.10.2016 г. № 1298

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры горного дела и комплексного освоения георесурсов, протокол № 13 от « 05 » июля 2017 г.

Заведующий кафедрой горного дела и комплексного освоения георесурсов В.Н. Макишин

Составитель: к.г.н., доцент кафедры ГДиКОГР Л.А.Усольцева

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Specialist's degree in 21.05.04 Mining

Specialization mine surveying

Course title: mathematical processing of measurement results

Variable part of Block 1, 4 credits

Instructor: L.A.Usoltseva

At the beginning of the course a student should possess:

- GC-7 readiness for self-development, self-realization, use of creative potential;
 - SPC-1-ability to solve problems of professional activity on the basis of information and bibliographic culture with the use of information and communication technologies and taking into account the basic requirements of information security;
 - SPC-7-the ability to use a computer as a means of management and processing of information arrays.

Learning outcomes:

- SPC-7 Ability to determine the spatial and geometric position of objects, to carry out the necessary geodetic and surveying measurements, to process and interpret their results;
- SPC-22 Readiness to work with software products of General and special purpose for modeling of deposits of solid minerals, technologies of operational exploration, production and processing of solid minerals, in the construction and operation of underground facilities, assessment of economic efficiency of mining and construction works, production, technological, organizational and financial risks in market conditions;
- SPC- 4.3 Ability to make projects of surveying and geodetic works.
- **Course description:**

This course contains the basic provisions of mathematical statistics, correlation and regression analysis, measurement error theory, adjustment of geodetic networks and introduces the basic methods of mathematical processing of measurement information. In addition, the course should prepare students for the study of special disciplines containing the analysis of the accuracy of measurements and the results obtained, as well as for the selection based on the analysis of the optimal methods of observations and tools.

The goals and objectives of the discipline are to master the concepts, theoretical positions, basic methods of processing surveying and geodetic measurements. The practical part of the course is based on examples of geodetic, topographic and surveying works.

Educational-methodical complex includes:

- the working program of the discipline;
- lectures notes;
- materials for practical exercises;
- tasks for independent work;
- control and measuring materials;
- list of references (including Internet sources);
- glossary.

The theoretical part of teaching materials supplemented with a block of tasks, practical situations, aiming at a deeper understanding of the issues under investigation.

Main course literature:

1. Gerasimenko M. D. Modern least squares method with geodesic applications. Vladivostok: Dalnauka, 1998. <https://www.twirpx.com/file/1176588/>
2. Gordeev V. A. Fundamentals of theory of measurement errors. Textbook. - Ekaterinburg: Ed. UGGGA.-2000. <https://search.rsl.ru/ru/record/01000651878>
3. Gudkov, V. M., Khlebnikov A.V. the Mathematical processing of mine surveying-geodetic measurements: the Textbook. for universities.- Moscow: Nedra, 1990. <http://mexalib.com/view/48158>
4. Lesnih N. B. Theory of mathematical processing of geodetic measurements. The method of least squares: Proc. benefit. - Novosibirsk, 2003. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19474493>
5. Marcuse, Y. I., V. V. Golubev, "a Theory of mathematical processing of geodetic measurements", Moscow, Academic Project, 2010. <http://mexalib.com/view/113767>
6. G. A. Nefedova, V. A. Ascheulov, "Theory of mathematical processing of geodetic measurements in the perspective", textbook, Novosibirsk, SSGA, 2009. <https://www.twirpx.com/file/745334/>
7. Vladimir A. Padve "the Theory of mathematical processing of geodetic measurements", Novosibirsk, SSGA, an electronic manuscript (on line), 2009.

Form of final control: exam.

general competences (GC)/general professional competences (GPC) /specific professional competences (SPC)

Аннотация дисциплины «Математическая обработка результатов измерений»

Дисциплина разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, по профилю «Маркшейдерское дело» и входит в базовую часть Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.Б.36.3).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов (3 зачётных единицы). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (8 часов), практические занятия (6 часов) и самостоятельная работа студента 85 часов, 9 часов на экзамен. Дисциплина реализуется на 4 курсе в 8 семестре.

Дисциплина «Математическая обработка результатов измерений» опирается на уже изученные дисциплины, такие как «Высшая математика», "Геодезия".

В свою очередь она является «фундаментом» для изучения дисциплин «Высшая геодезия» и других. Дисциплина изучает средства и методы многомерного статистического анализа применительно к обработке и анализу результатов геодезических измерений: теоретическое и практическое освоение алгоритмов Метода наименьших квадратов (МНК-оптимизации) и оценки точности результатов геодезических измерений, дополнительных параметров уравнивания коррелятным и параметрическим способами:

- общие сведения об основах математической статистики, корреляционного и регрессионного анализа, теория ошибок измерений,
- уравнивание результатов измерений по методу наименьших квадратов,
- коррелятный и параметрический способ уравнивания маркшейдерско-геодезических сетей.

Цели дисциплины:

- формирование у студентов системы знаний об основных понятиях, теоретических положениях и основных методах обработки маркшейдерско - геодезических измерений,
- умение определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты,
- готовность работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях,
- способность составлять проекты маркшейдерских и геодезических работ.

Задачи:

В результате изучения дисциплины студент должен знать и научиться применять на практике при анализе данных маркшейдерско-геодезических сетей:

- виды распределения вероятностей случайных величин;
- методы обработки (сглаживания) экспериментальных данных;
- виды ошибок измерений, меры точности измерений;
- технологию обработки равноточных, неравноточных измерений отдельной физической величины;
- теорию метода наименьших квадратов;
- технологию уравнивания измерений коррелятным и параметрическим способами;
- методы обработки измерений, содержащих грубые ошибки;
- оценку точности функций измеренных величин, оценку точности уравненных значений измеренных величин и их функций;
- вычислительные алгоритмы для решения маркшейдерско-геодезических задач горного производства.

Для успешного изучения дисциплины «Математическая обработка результатов измерений» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОК-7 – готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала;

ОПК-1 - способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

ОПК – 7 - умением пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка Компетенции	Этапы формирования компетенции	
умение определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты (ПК-7)	Знает	1) принципы выполнения геодезических натуральных измерений на поверхности, 2) методы математической обработки информации, 3) теорию погрешностей (требования к точности выполнения работ)
	Умеет	осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты

	Владеет	основными методами проведения геодезических работ
готовностью работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях (ПК-22)	Знает	Алгоритмы МНК-оптимизации
	Умеет	использовать программные продукты МНК-оптимизации при решении задач горного производства
	Владеет	Технологиями уравнивания маркшейдерско-геодезических сетей
Способностью составлять проекты маркшейдерских и геодезических работ (ПСК-4.3)	Знает	Нормативную документацию по производству геодезических и маркшейдерских работ
	Умеет	Выполнять проектирование построения опорных и съёмочных геодезических сетей на земной поверхности
	Владеет	Навыками работы с картографическими материалами

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Математическая обработка результатов измерений» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: использование презентаций и видео материалов при изложении лекционного материала; практическая часть курса построена на примерах из геодезических, топографических и маркшейдерских работ, а также консультирование и рейтинговый метод.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (8 ЧАСОВ)

Раздел I. Вероятностные основы теории ошибок измерений.

Тема 1. Результаты измерений как случайные величины.

Классификация измерений и их погрешностей, показатели точности измерений: СКО, среднее отклонение, "вес", СКО "единицы веса". Связь между дисперсией функции измеренных величин и дисперсиями ее аргументов. Равноточные и неравноточные измерения; зависимые и независимые измерения. Оценка точности функции результатов измерений по ковариационной матрице её аргументов. Определение СКО аргументов функции некоррелированных измерений по СКО этой функции: принцип «равных СКО», «равных влияний» и принцип «имеющихся возможностей». Нахождение «веса» функции некоррелированных измерений по «весам» ее аргументов и решение обратной задачи по принципу «равных весов» или «равных влияний».

Тема 2. Оценка точности вычислений.

Общность задач «оценки точности» и «предвычисления точности». МОА рядов многократных (равноточных и неравноточных) измерений одной величины: нахождение наиболее надежного значения (ННЗ) измеряемой величины; оценка точности измерений; оценка точности ННЗ; построение доверительных интервалов; отбраковка грубых результатов. Оценка точности результатов геодезических измерений по разностям двойных измерений.

Тема 3. Дополнительные вопросы матричной алгебры

След квадратной матрицы и его свойства; вектор дифференциальных операторов и дифференцирование матричных выражений.

Матричная запись систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), матричная запись решения СЛАУ.

Ковариационная матрица измеренных величин и ее частные случаи, обусловленные некоррелированностью и равноточностью измерений. Обобщённая теорема оценки точности функций. Построение ковариационных матриц результатов геодезических измерений.

Раздел II. Уравнительные вычисления.

Тема 4. Уравнивание по методу наименьших квадратов (МНК). Строгое и приближённое уравнивание.

Неопределенность решения, возникающая при наличии избыточной информации. Уравнительные вычисления. Задачи уравнительных вычислений и возможные методы их решений. Принцип наименьших квадратов. Понятие о других методах оптимизации. Строгие и нестрогие способы уравнивания.

Тема 5. Уравнивание коррелятным способом.

Условные уравнения и их происхождение. Решение их по методу наименьших квадратов. Условные уравнения поправок. Нормальные уравнения коррелят. Контроль составления. Случаи равноточных и неравноточных измерений. Схема решения нормальных уравнений при последовательном исключении неизвестных. Контроль решения. Вычисление поправок измерений и средней квадратической ошибки наблюдений с весом, равным единице. Заключительный контроль результатов уравнивания. Вес и средняя квадратическая ошибка функций уравненных величин для равноточных и неравноточных измерений. Схема решения нормальных уравнений при последовательном исключении неизвестных. Контроль решения. Вычисление поправок измерений и средней квадратической ошибки наблюдений с весом, равным единице. Заключительный контроль результатов уравнивания. Вес и средняя квадратическая ошибка функций уравненных величин. Понятие о свободных и несвободных сетях.

Тема 7. Параметрический способ уравнивания.

Исходные уравнения. Параметрические уравнения поправок. Случаи равноточных и неравноточных измерений. Нормальные уравнения поправок к приближенным значениям. Вычисление коэффициентов и свободных членов нормальных уравнений и контроль этих вычислений. Контроль решения нормальных уравнений. Вычисления поправок измерений и средней квадратической ошибки измерения с весом, равным единице. Контроль правильности вычисления поправок. Вычисление весов и средней

квадратической ошибки уравненных значений определяемых величин. Решение нормальных уравнений и вычисление весовых коэффициентов. Вес и средняя квадратическая ошибка функции уравненных величин. Сравнительный анализ априорной и апостериорной ошибок единицы веса.

Тема 8. Матрица весовых коэффициентов.

Эллипсы ошибок. Ковариационная матрица координат и её связь с эллипсом ошибок точки. Ковариационная матрица координат и её связь с эллипсом ошибок точки.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Структура и содержание практической части курса включает в себя тематику и содержание практических занятий.

Практические занятия (6 час.)

Занятие 1. Статистическое исследование ряда истинных ошибок

1. Изучение студентом методических материалов по теме занятия.
2. Прочтение и осмысление полученного задания.
3. Ответы преподавателя на вопросы студентов.
4. Выполнение расчетной части практического занятия.
5. Оформление пояснительной записки.
6. Защита выполненного практического задания (собеседование).

Занятие 2. Корреляционная зависимость, линейная регрессия

1. Изучение студентом методических материалов по теме занятия.
2. Прочтение и осмысление полученного задания.
3. Ответы преподавателя на вопросы студентов.
4. Выполнение расчетной части практического занятия.
5. Оформление пояснительной записки.
6. Защита выполненного практического задания (собеседование).

Занятие 3. Обработка ряда равноточных, неравноточных и двойных измерений

1. Изучение студентом методических материалов по теме занятия.
2. Прочтение и осмысление полученного задания.
3. Ответы преподавателя на вопросы студентов.
4. Выполнение расчетной части практического занятия.
5. Оформление пояснительной записки.
6. Защита выполненного практического задания (собеседование).

Занятие 4. Коррелятное уравнивание плановой сети

1. Изучение студентом методических материалов по теме занятия.
2. Прочтение и осмысление полученного задания.
3. Ответы преподавателя на вопросы студентов.
4. Выполнение расчетной части практического занятия.
5. Оформление пояснительной записки.
6. Защита выполненного практического задания (собеседование).

Занятие 5. Коррелятное уравнивание высотной сети

1. Изучение студентом методических материалов по теме занятия.
2. Прочтение и осмысление полученного задания.
3. Ответы преподавателя на вопросы студентов.
4. Выполнение расчетной части практического занятия.
5. Оформление пояснительной записки.
6. Защита выполненного практического задания (собеседование).

Занятие 6. Параметрический способ уравнивания плановой сети

1. Изучение студентом методических материалов по теме занятия.
2. Прочтение и осмысление полученного задания.
3. Ответы преподавателя на вопросы студентов.
4. Выполнение расчетной части практического занятия.
5. Оформление пояснительной записки.
6. Защита выполненного практического задания (собеседование).

Занятие 7. Параметрический способ уравнивания высотной сети

1. Изучение студентом методических материалов по теме занятия.
2. Прочтение и осмысление полученного задания.
3. Ответы преподавателя на вопросы студентов.
4. Выполнение расчетной части практического занятия.
5. Оформление пояснительной записки.
6. Защита выполненного практического задания (собеседование).

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Вопросы теории ошибок	ПК-7	знает	УО-1	экзамен (вопросы 1,4,6,8,11,12,24)
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-22	знает	УО-1, ПР-5	экзамен вопросы (2,5,7,9,29,31)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
		ПСК-4.3	знает	УО-1, ПР-5	экзамен (вопросы 3,5,6,7,10,27,28,30)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
2	Коррелятное уравнивание маркшейдерско-геодезических сетей	ПК-7	знает	УО-1	экзамен (вопросы 11,12,13,15,16,25)
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-22	знает	УО-1, ПР-5	экзамен (вопросы 14,15,17,18,16,32)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
		ПСК-4.3	знает	УО-1, ПР-5	экзамен (вопросы 17,18,12,13,15,33)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
3	Параметрический способ уравнивания маркшейдерско-геодезических сетей	ПК-7	знает	УО-1	экзамен (вопросы 19,20,21,25,23)
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-22	знает	УО-1, ПР-5	экзамен (вопросы 22,23,20,21,25)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
		ПСК-4.3	знает	УО-1, ПР-5	Экзамен (вопросы 22,23,20,21,19)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Герасименко М.Д. Современный метод наименьших квадратов с геодезическими приложениями. Владивосток: Дальнаука, 1998. <https://www.twirpx.com/file/1176588/>
2. Гордеев В.А. Основы теории ошибок измерений. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГГА.–2000. <https://search.rsl.ru/ru/record/01000651878>
3. Гудков В.М., Хлебников А.В. Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений: Учеб. для вузов.–М.: Недра, 1990. <http://mexalib.com/view/48158>
4. Лесных Н.Б. Теория математической обработки геодезических измерений. Метод наименьших квадратов: Учеб. пособие. - Новосибирск, 2003. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19474493>
5. Ю. И. Маркузе, В. В. Голубев «Теория математической обработки геодезических измерений», М., Академический Проект, 2010. <http://mexalib.com/view/113767>
6. Г.А. Нефёдова, В. А. Ащеулов, «Теория математической обработки геодезических измерений в конспективном изложении», [Электронный ресурс]: Учебное пособие, Новосибирск, СГГА, 2009. <https://www.twirpx.com/file/745334/>
5. В. А. Падве «Теория математической обработки геодезических измерений», Новосибирск, СГГА, 2009.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Усольцева Л.А., Бабарыка А.С., Суворова А.Э. «Коррелятное уравнивание», практикум для студентов направления 21.04.05 «Горное дело» специализации «Маркшейдерское дело», ДВФУ, <https://www.dvfu.ru/schools/engineering/science/scientific-and-educational-publications/manuals/>
2. Усольцева Л.А., Григорьев А.А. «Уравнивание подземных маркшейдерских сетей», практикум для студентов направления 21.04.05 «Горное дело» специализации «Маркшейдерское дело», ДВФУ, Издательство ДВФУ, 2018, 18 с. ISBN 978-5-7444-4412-9

Нормативно-правовые материалы

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.: ФГУП НТУ; Промышленная безопасность, 2004. 120 с.
2. Инструкция по наблюдению за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. М.: Недра, 1989. 135 с.

Электронный ресурс

1. <http://cis.kuzstu.ru/umk/>
2. <http://session.vmggu.org/tehnologiya-otkrytyh-gornyh-rabot-togr/>
3. Библиотека Московского государственного горного университета
http://msmu.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=801&Itemid=182
4. Библиотека Санкт-Петербургского горного университета
<http://www.spmi.ru/biblio>
5. Сайт "Все для студента"
<http://www.twirpx.com/files/geologic/mining/>
6. Сайт Учебно-методического объединения вузов РФ в области горного дела - <http://www.rmpi.ru/library.php?fid=19&id=66<ype=5>
7. Горный информационно-аналитический бюллетень
<http://www.gornaya-kniga.ru/periodic>
8. Горный журнал - <http://www.rudmet.ru/catalog/journals/1/?language=ru>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Библиотека ДВФУ
<https://www.dvfu.ru/library/>
2. Библиотека НИТУ МИСиС
<http://lib.misis.ru/elbib.html>
3. Библиотека Санкт-Петербургского горного университета
<http://www.spmi.ru/biblio>
4. Горный информационно-аналитический бюллетень
<http://www.gornaya-kniga.ru/periodic>
5. Горный журнал
<http://www.rudmet.ru/catalog/journals/1/?language=ru>
6. Глюкауф на русском языке

<http://www.gluckauf.ru/>

7. Безопасность труда в промышленности

<http://www.btpnadzor.ru/>

8. Научная электронная библиотека

<http://elibrary.ru/titles.asp>

9. Справочная система «Гарант» <http://garant.ru/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Используемое в учебном процессе программное обеспечение:

1. Пакет Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint);
2. Графический редактор AutoCAD;
3. Графический редактор Photoshop;
4. Программа для чтения файлов в формате *.PDF: Adobe Reader (Adobe Acrobat)

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В учебный курс специализации «Маркшейдерское дело» включены практические занятия по дисциплине в объеме 6 часов. Практикум состоит из 7 отдельных заданий, рассчитанных на выполнение из бюджета времени, предусмотренного на самостоятельную работу студента. Представленные в разработке практические занятия тематически охватывают значительную часть программы дисциплины. Задания предусматривают решение задач, помогающее осмыслить и усвоить лекционный материал дисциплины, задачи аналогичного типа повседневно встречаются в практической деятельности горного инженера.

Методика проведения практических занятий основана на выдаче всего комплекса материалов по практикуму в течение первых двух недель семестра. Каждый студент получает индивидуальное задание в виде варианта, устанавливаемого преподавателем, и графика выполнения этих заданий. На каждом очередном занятии студент представляет решение своего варианта и получает консультацию по дальнейшей работе.

Структура методической разработки по практическим занятиям включает определение цели занятия, краткие теоретические сведения и ссылки на литературу по теме занятия, пример решения задачи на основе конкретных исходных данных, вопросы для самоконтроля, варианты исходных данных и список литературы. Следует отметить, что основные и в значительной мере достаточные теоретические сведения по заданиям содержатся в первом и втором разделах первой части работы.

Вариант задания студентом принимается из таблиц в соответствии с номером, назначенным преподавателем. Если номер варианта превышает их количество в таблице (10), следует принять вариант, номер которого определяется по выражению $N_{\text{приним}} = N_{\text{назнач}} - 10$, при этом некоторые параметры следует изменить в соответствии с рекомендацией, определяемой в каждом задании отдельно.

На первом занятии по дисциплине группа студентов информируется о введении в действие практики оценки знаний по балльной системе. Студенты информируются о методике оценки усвоения материалов дисциплины в конце семестра, комментируются возможные варианты этой оценки (балльная система с учетом текущей аттестации и сдача экзамена по теоретическому материалу).

Студентам разъясняются принципы формирования системы знаний по дисциплине, поясняется влияние различных составляющих работы над материалами дисциплины (посещение лекций, ведение конспекта, выполнение практических заданий), обращается внимание студентов на регулярность работы и своевременность выполнения текущей работы.

Старосте группы на этом же занятии выдается в электронном виде экземпляр Методических указаний по выполнению практических заданий и сообщается о необходимости распределения их между студентами группы.

В течение семестра через каждые 4 недели производится подсчет итоговых показателей за период с использованием системы TANDEM, о результатах которого ставится в известность группа, заведующий кафедрой и администратор образовательных программ.

На предпоследней неделе семестра группе сообщаются итоговые показатели по оценке работы в семестре и даются разъяснения по процедуре окончательной оценки знаний каждого студента.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Проведение лекционных занятий предусмотрено в мультимедийной аудитории. Лекции проводятся с использованием презентаций и видеоматериалов. Выполнение практических заданий предполагает использование прикладных компьютерных программ пакета Microsoft Office для выполнения математических расчетов и пояснительных записок, а также программ AutoCAD и Photoshop для разработки графических материалов. Практические занятия проводятся в компьютерном классе кафедры ГДиКОГР а также самостоятельно с использованием ноутбуков.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений»
Направление подготовки 21.05.04 «Горное дело»
специализация «Маркшейдерское дело»
Форма подготовки заочная

Владивосток
2013

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	4 неделя семестра	Работа с учебной и нормативной литературой, необходимой для выполнения практических заданий 1-2.	20	Собеседование, защита практической работы
2	8 неделя семестра	Работа с учебной и нормативной литературой, необходимой для выполнения практических заданий 3-4	15	Собеседование, защита практической работы
3	12 неделя семестра	Работа с учебной и нормативной литературой, необходимой для выполнения практического задания 4-5	15	Собеседование, защита практической работы
4	16 неделя семестра	Работа с учебной и нормативной литературой, необходимой для выполнения практических заданий 6-7	15	Собеседование, защита практической работы
5	18 неделя семестра	Работа с учебной и нормативной литературой	11	Тестирование
	Итого		76	
6	Экзаменационная сессия	Работа с учебной и нормативной литературой, конспектами лекций	9	Экзамен

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Основной целью самостоятельной работы студентов является улучшение профессиональной подготовки специалистов высшей квалификации, направленное на формирование у них системы профессиональных компетенций, необходимых в их будущей практической деятельности.

При изучении дисциплины предполагается выполнение следующих видов СРС:

1. Внеаудиторная самостоятельная работа.
2. Аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа предполагает выполнение студентами практических заданий, работу с учебной, нормативной и научно-технической литературой с использованием электронных библиотечных ресурсов.

Практические занятия проводятся преподавателем в виде собеседования, на котором студент предъявляет выполненные практические задания (задачи), обосновывает принятые технологические решения, защищает полученные результаты (задания 1-7, нумерация заданий – в соответствии с разделом II «Структура и содержание практической части курса»).

Недостающие данные по выданным вариантам принимаются студентами самостоятельно по материалам производственной практики, проектной документации или из литературных источников. Детали задания уточняются в личной беседе с преподавателем.

На консультациях студенты могут получить от ведущего преподавателя сведения о компьютерных программах, дополнительной литературе и советы по выполнению практических заданий.

При отрицательных результатах собеседования задание не засчитывается, и работа возвращается студенту для исправления. При несоответствии выполненной работы выданному заданию или представлении результатов, заимствованных в работах других студентов, возможна выдача нового задания.

Самостоятельная работа по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений» подготавливает студента к выполнению разделов дипломного проекта «Маркшейдерское обеспечение горных выработок».

Критерии оценки при собеседовании:

- 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

- 85-76 баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Допускается одна-две неточности в ответе.

- 75-61 балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько

ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

• 60-50 баллов - ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Вопросы для самоподготовки

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ПОЛОЖЕНИЯ И ТЕОРЕМЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ, СЛУЧАЙНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Предмет изучения теории вероятностей. Невозможные и достоверные события. Случайное событие. Комплекс условий. Испытание. Совместные и несовместные события. Независимые и зависимые события. Полная группа событий. Противоположные события.

Частость и вероятность события. Частость события. Устойчивость частоты при относительно неизменном комплексе условий, примеры. Вероятность события. Аксиоматическое определение понятия вероятности. Вычисление вероятности *a priori*. Практически невозможные и практически достоверные события. Условная вероятность. Формула полной вероятности.

Основные положения и теоремы теории вероятностей

Теорема сложения. Теорема умножения. Повышение устойчивости частоты события при увеличении числа испытаний в сериях испытаний. Теорема Бернулли. Статистическое определение вероятности. Биномиальный закон распределения. Вероятнейшее число появления события при многократных испытаниях.

Случайные величины. Случайные величины: непрерывные и дискретные. Закон распределения случайной величины. Способы задания законов распределения. Ряд распределений. Многоугольник распределения. Функция распределения. Ее свойства. Функция плотности распределения. Ее свойства. Основные числовые характеристики случайной величины:

начальные, центральные абсолютные моменты. Математическое ожидание. Дисперсия. Свойства математического ожидания и дисперсии.

Среднее квадратическое отклонение. Среднее отклонение. Основные законы распределения вероятностей.

Равномерное распределение. Его числовые характеристики. Биномиальное распределение и его числовые характеристики. Закон нормального распределения и его числовые характеристики. Связь среднего, вероятного и среднего квадратического отклонений. Кривая нормального распределения.

Свойства случайных величин, подчиняющихся нормальному закону распределения. Математическое ожидание случайной величины – предельное среднее значение. Теоремы о математическом ожидании функций случайных величин. Математическое ожидание частоты события. Параметры распределения случайной величины: нормальное распределение нормированных (безразмерных) значений случайной величины. Нормированное значение отклонения частоты от вероятности.

Интеграл вероятности. Таблицы интеграла вероятностей и функции распределения. Вероятность попадания в интервал. Вероятное отклонение. Понятие о двумерном и многомерном распределении. Коэффициент корреляции. Математическое ожидание многомерной случайной величины. Понятие корреляционной матрицы.

Предельные законы. Закон больших чисел. Неравенство и теорема Чебышева. Понятие о центральной предельной теореме Ляпунова.

ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Основные понятия математической статистики. Выборочный метод. Статистическое определение параметров распределения. Понятие о распределениях, отличных от нормального: Стьюдента, Пуассона, распределении χ^2 - χ_u - квадрат. Сравнение эмпирического распределения с теоретическим; критерии согласия. Оценка эмпирически полученных параметров распределения. Методы определения оценок. Способ

доверительных интервалов (для математического ожидания и среднего квадратического отклонения).

Элементы теории корреляции. Статистическая связь (корреляция) между двумя случайными величинами. Линейная и нелинейная корреляция. Коэффициент корреляции и корреляционное отношение, их свойства. Коэффициент регрессии. Понятие о множественной корреляции. Корреляционная матрица, ее свойства и применение.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ

Ошибки измерений. Классификация измерений. Истинная ошибка измерений. Распределение ошибок измерений и его параметры (математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение). Закон распределения Гаусса. Распределение нормированных ошибок. Классификация ошибок измерений. Свойства случайных и систематических ошибок измерений.

Характеристики (критерии) точности измерений. Средняя квадратическая ошибка. Средняя ошибка и ее связь со средним квадратическим отклонением распределения ошибок. Точность вычисления средней квадратической ошибки. Вероятная и средняя ошибка. Доверительные интервалы характеристик точности. Отбраковка результатов измерений по внутренней сходимости. Исследование ряда ошибок.

Ошибки округления. Свойства ошибок округления. Распределение ошибок округления. Предельная ошибка округлений. Средняя квадратическая ошибка округлений.

Ошибки функций. Истинные ошибки функций. Средняя квадратическая ошибка функции коррелированных измерений. Средняя квадратическая ошибка функции некоррелированных измерений. Типовые примеры. Расчет точности измерений.

Систематические ошибки измерений. Происхождение систематических ошибок, их закономерности распределения. Влияние систематических ошибок на точность измерений. Влияние систематических ошибок на точность

функций результатов измерений. Оценка точности функций результатов измерений с учетом случайных и систематических ошибок, точность среднего арифметического, точность арифметической суммы. Допуски невязок. Окончательная отбраковка измерений. Меры борьбы с влиянием систематических ошибок. Понятие о методах систематических влияний.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ ОДНОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Математическая обработка равноточных измерений. Равноточные и неравноточные измерения. Принцип арифметической середины. Уклонения от среднего и их свойства. Дисперсия и средняя квадратическая ошибка среднего арифметического. Доверительные границы для среднего квадратического отклонения результатов измерений. Формула Петерса. Отбраковка измерений в различных случаях геодезической практики. Порядок обработки равноточных измерений одной величины.

Математическая обработка неравноточных измерений. Свойство компенсации ошибок неравноточных измерений. Наиболее надежное значение измеренной величины.

Веса измерений. Весовое среднее. Вес функции коррелированных и некоррелированных результатов измерений. Оценка точности при неравноточных измерениях. Ошибка единицы веса. Вес и средняя квадратическая ошибка среднего весового. Установление системы весов и вычисление ошибки единицы веса в различных случаях геодезической практики. Точность определения ошибки единицы веса. Отбраковка неравноточных измерений. Порядок обработки неравноточных измерений одной величины.

Оценка точности по разностям двойных измерений. Сущность задачи. Общий случай оценки точности ряда двойных измерений (при разных весах измерений). Оценка точности ряда неравноточных двойных измерений при одинаковой точности измерений отдельных величин. Средняя квадратическая ошибка (СКО) ряда равноточных двойных измерений. Оценка точности при

наличии заметных систематических расхождений в разностях двойных измерений. Порядок обработки ряда измерений.

Матрицы и основные операции над ними: сравнение, сложение, умножение матрицы на число, умножение матриц, транспонирование, обращение квадратной матрицы. Дифференцирование линейных и произвольных матричных функций векторного аргумента и квадратичных форм в матричной форме записи.

Опираясь на определение корреляционного момента пары случайных величин X_i и X_j получить формулу, определяющую для случайного вектора X_{n1} его ковариационную матрицу. Ковариационная матрица KY линейного $Y = CX$ и произвольного $Y = FX$ преобразований случайного вектора X .

Ковариационная матрица измерений и её частные формы, определяемые видом измерений коррелированность-некоррелированность, равноточность-неравноточность: корреляционная, дисперсионная и единичная матрицы.

Вывод алгоритма нахождения НДЗ измеренных величин по «Коррелятной версии МНК-оптимизации измерений»: условные уравнения связи, приведение их к линейному виду и решение под условием, МНК-поправки к измерениям, уравненные значения измерений.

Вывод нормальных уравнений коррелат $NL - W = 0$ по линеаризованным условным уравнениям поправок $BV + W = 0$, решаемым под условием.

Укрупнённая блок-схема коррелятной версии МНК-оптимизации данных 6 первых этапов, используемая при математической обработке геодезических измерений, контроля.

Опираясь на условие отсутствия систематических ошибок в измерениях $E_y = Y$ и ковариационную матрицу измерений $K_y = K$, определите математические ожидания и ковариационные матрицы «векторов-оценителей» алгоритма коррелятной версии МНК-оптимизации.

Вывести формулы для вычисления допустимых значений «невязок», коррелат, и МНК-поправок для коррелятной версии МНК-оптимизации.

Масштабный показатель точности измерений s_2 : определение и анализ, вывод формулы его апостериорного оценивания для коррелятной версии МНК-оптимизации, проверка гипотезы .

Априорная и апостериорная оценка точности уравненных значений измерений НДЗ и функций от них при коррелятном способе уравнивания.

Поэтапная реализация технологии коррелятной версии МНК-оптимизации: особенности этапов и контроля как отдельных шагов, так и всего процесса 6 первых этапов.

Поэтапная реализация технологии коррелятной версии МНК-оптимизации: особенности этапов и контроля как отдельных шагов, так и всего процесса 4 последних этапа, начиная с 7го.

Вывод алгоритма параметрической версии МНК-оптимизации измерений: параметрические уравнения связи, приведение их к линейному виду и решение под условием , МНК-поправки к параметрам и измерениям, уравненные значения параметров и измерений.

Укрупнённая блок-схема параметрической версии МНК-оптимизации 6 первых этапов, используемой при математической обработке геодезических измерений, контроля.

Масштабный показатель точности измерений s_2 : определение и анализ, вывод формулы его апостериорного оценивания для параметрической версии МНК-оптимизации, проверка гипотезы .

Поэтапная реализация технологии параметрической версии МНК-оптимизации: особенности этапов, контроля отдельных шагов и процесса в целом 6 первых этапов.

Поэтапная реализация технологии параметрической версии МНК-оптимизации: особенности этапов, контроля отдельных шагов и процесса в целом 4 последних этапа, начиная с 7го.

Неслучайные ошибки: анализ данных, оценивание неслучайных ошибок, проверка.

Методические рекомендации по оформлению практических заданий

Практические задания оформляются в виде отдельных пояснительных записок.

Текстовая часть практических заданий выполняется на компьютере. Параметры страницы формата А4: левое поле –2,5 см, правое –1,0 см, верхнее и нижнее –2,0 см.

Шрифт основного текста – Times New Roman, размер шрифта – 14, выравнивание текста – «по ширине страницы», начертание шрифта – обычное. Для выделения основных слов и простановки акцента в выражениях можно применять начертание «полужирный» (Bold) или «курсив» (Italic).

Форматирование абзацев: текст без левого отступа от границы поля, абзацный отступ – 1 см или по умолчанию, междустрочный интервал одинарный, автоматический перенос слов.

Листы (страницы) пояснительной записки нумеруют арабскими цифрами. Титульный лист и задание включают в общую нумерацию страниц пояснительной записки.

На титульном листе и задании номер страницы не выводится, на последующих листах (страницах) номер проставляется в правом верхнем углу листа (страницы).

Построение пояснительной записки, порядок нумерации разделов и подразделов, оформление рисунков, таблиц, списков, формул и других элементов текста принимается в соответствии с требованиями ЕСКД.

В пояснительной записке приводится список использованных источников, оформляемый в соответствии с требованиями ЕСКД.

В конце пояснительной записки располагается содержание, оформляемое по рекомендациям того же источника.

Образец титульного листа



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Дальневосточный федеральный университет
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА
Кафедра горного дела и комплексного освоения георесурсов
специальность 21.05.04 «Горное дело»
специализация «Маркшейдерское дело»

ДИСЦИПЛИНА
«МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ»

Практическое задание №

Выполнил
студент группы _____

Оценка _____

Принял _____ «__» _____ 201_ г.

Владивосток
201_



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений»
Направление подготовки 21.05.04 «Горное дело»
специализация «Маркшейдерское дело»
Форма подготовки заочная

Владивосток
2013

**Паспорт Фонда оценочных средств
дисциплины «Математическая обработка результатов измерений»**

Код и формулировка Компетенции	Этапы формирования компетенции	
умение определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты (ПК-7)	Знает	1) принципы выполнения геодезических натуральных измерений на поверхности, 2) методы математической обработки информации, 3) теорию погрешностей (требования к точности выполнения работ)
	Умеет	осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты
	Владеет	основными методами проведения геодезических работ
готовностью работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях (ПК-22)	Знает	Алгоритмы МНК-оптимизации
	Умеет	использовать программные продукты МНК-оптимизации при решении задач горного производства
	Владеет	Технологиями уравнивания основных типов маркшейдерско-геодезических сетей
Способностью составлять проекты маркшейдерских и геодезических работ (ПСК-4.3)	Знает	Нормативную документацию по производству геодезических и маркшейдерских работ
	Умеет	Выполнять проектирование построения опорных и съёмочных геодезических сетей на земной поверхности
	Владеет	Навыками работы с картографическими материалами

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Вопросы теории ошибок	ПК-7	знает	УО-1	экзамен (вопросы 1,4,6,8,11,12,24)
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-22	знает	УО-1, ПР-5	экзамен вопросы (2,5,7,9,29,31)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
		ПСК-4.3	знает	УО-1, ПР-5	экзамен (вопросы 3,5,6,7,10,27,28,30)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
2	Коррелятное уравнивание маркшейдерско-геодезических сетей	ПК-7	знает	УО-1	экзамен (вопросы 11,12,13,15,16,25)
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-22	знает	УО-1, ПР-5	экзамен (вопросы 14,15,17,18,16,32)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
		ПСК-4.3	знает	УО-1, ПР-5	экзамен (вопросы 17,18,12,13,15,33)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
3	Параметрический способ уравнивания маркшейдерско-геодезических сетей	ПК-7	знает	УО-1	экзамен (вопросы 19,20,21,25,23)
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	
		ПК-22	знает	УО-1, ПР-5	экзамен (вопросы 22,23,20,21,25)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	
		ПСК-4.3	знает	УО-1, ПР-5	Экзамен (вопросы 22,23,20,21,19)
			умеет	УО-1, ПР-5	
			владеет	УО-1, ПР-5	

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-7 умение определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские	знает (пороговый уровень)	принципы выполнения геодезических натуральных измерений на поверхности, методы математической обработки информации, теорию погрешностей (требования к точности выполнения работ)	Знание определений и основных понятий предметной области. источники информации по технологии ведения геодезических и маркшейдерских наблюдений	Способность к грамотному формированию технической документации, производству расчетов и разработке технической документации для производства маркшейдерских и геодезических работ

измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты	умеет (продвинутый)	Обосновать критерии экономической эффективности принятых технических проектов производства геодезических работ.	Умение обосновывать критерии эффективности и требуемой точности, принимать наиболее оптимальный вариант проекта	Способность выполнять измерения при производстве маркшейдерских и геодезических работ; Интерпретировать полученные результаты
	владеет (высокий)	Аналитическими, графическими и графо-аналитическими методами принятия решений	Владение навыками технико-экономического обоснования принятых проектных решений	Способность использовать аналитические, графические и графоаналитические методы при анализе полевых материалов
ПК-22 готовностью работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях	знает (пороговый уровень)	Алгоритмы МНК-оптимизации		Способность обосновать выбор варианта развития горных работ и применяемы при этом средства механизации
	умеет (продвинутый)	использовать программные продукты МНК-оптимизации при решении задач горного производства	Умение разрабатывать рациональные схемы использования программных продуктов МНК-оптимизации при проведении маркшейдерских работ	Способность к использованию современного программного обеспечения для составления горно-графической документации
	владеет (высокий)	Технологиями уравнивания основных типов маркшейдерско-геодезических сетей	Владение методами технико-экономического сравнения вариантов уравнивания основных типов маркшейдерско-геодезических сетей	Способность обосновать эффективность принятых вариантов уравнивания для маркшейдерско-геодезических сетей
ПСК-4.3 Способность составлять проекты маркшейдерских и геодезических работ	знает (пороговый уровень)	Нормативную документацию по производству геодезических и маркшейдерских работ	Знание факторов, позволяющих определить точность производства маркшейдерско-геодезических работ	Способность использовать расчетные методы определения точности производства маркшейдерско-геодезических работ
	умеет (продвинутый)	Выполнять проектирование построения опорных и съёмочных геодезических	Умение выбрать основные факторы, влияющие на	Способность оценить эффективность принятого

		сетей на земной поверхности	проектирование построения опорных и съёмочных геодезических сетей на земной поверхности	проектирования построения опорных и съёмочных геодезических сетей на земной поверхности
	владеет (высокий)	Навыками работы с картографическими материалами	Владение методами работы с картографическим материалом, полученным в результате производства маркшейдерско-геодезических наблюдений	Способность использовать оптимальные методы работы с картографическим материалом, полученным в результате производства маркшейдерско-геодезических наблюдений

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений» проводится в форме контрольных мероприятий защиты практической работы, и промежуточного тестирования по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине).

Осуществляется путем контроля посещаемости, проверки конспектов и тетрадей по практическим занятиям;

- степень усвоения теоретических знаний.

Выборочный опрос по темам лекционных и практических занятий;

- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

Собеседование при приеме выполненных практических заданий;

- результаты самостоятельной работы.

Тестирование по основным разделам дисциплины.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

В качестве промежуточного контроля по дисциплине предусмотрен экзамен, который проводится в устной форме (устный опрос в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов).

Оценка	Критерий	Описание критерия
Отлично	100-85 баллов	Ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.
Хорошо	85-76 баллов	Ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Допускается одна - две неточности в ответе.
Удовлетворительно	75-61 балл	Оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.
Неудовлетворительно	60-50 баллов	Ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация производится в форме устного экзамена.

Вопросы к экзамену

1. Вероятностное моделирование ошибок измерений. Основные числовые характеристики ошибок измерений.
2. Написать и пояснить формулу для вычисления квадрата СКО функции измеренных величин.
3. Определение СКО аргументов функции *некоррелированных* величин по СКО этой функции (принципы равных СКО; равных влияний; имеющихся возможностей).
4. Определение «веса» измерения. Вычисление «веса» функции *некоррелированных* величин по «весам» её аргументов.
5. Определение «весов» *некоррелированных* аргументов по заданному «весу» их функции (принципы «равных весов» и «равных влияний»).
6. Математическая обработка ряда *равноточных, некоррелированных*, свободных от «систематики» измерений одной величины: нахождение наиболее достоверного значения (НДЗ) измеряемой величины, оценка точности измерений, оценка точности НДЗ.
7. Математическая обработка ряда *неравноточных, некоррелированных*, свободных от «систематики» измерений одной величины: нахождение НДЗ измеряемой величины, оценка точности измерений и НДЗ.
8. Построение доверительных границ для математического ожидания и среднего квадратического отклонения при математической обработке ряда *некоррелированных* измерений одной величины.
9. Математическая обработка повторных (двойных) *равноточных, некоррелированных* измерений разных величин: нахождение НДЗ измеряемых величин, оценка точности измерений, оценка точности НДЗ результатов.
10. Математическая обработка повторных (двойных) *неравноточных, некоррелированных* измерений разных величин: нахождение НДЗ измеряемых величин, оценка точности измерений, оценка точности НДЗ результатов.
11. Матрицы и основные операции над ними: сравнение, сложение, умножение матрицы на число, умножение матриц, транспонирование, обращение квадратной матрицы. Дифференцирование линейных и произвольных матричных функций векторного аргумента и квадратичных форм в матричной форме записи.
12. Вывод алгоритма нахождения НДЗ измеренных величин по *«Коррелятной версии МНК-оптимизации измерений»*: условные уравнения связи, приведение их к линейному виду и решение под условием, МНК-поправки к измерениям, уравненные значения измерений.

13. Вывод нормальных уравнений *коррелат* ($N - W = 0$) по линеаризованным условным уравнениям поправок ($BV + W = 0$), решаемым под условием \min
14. Укрупнённая блок-схема *коррелятной версии* МНК-оптимизации данных (6 первых этапов), используемая при математической обработке геодезических измерений, контроли.
15. Вывести формулы для вычисления допустимых значений «невязок», коррелат, и МНК-поправок для *коррелятной версии* МНК-оптимизации.
16. Априорная и апостериорная оценка точности уравненных значений измерений (НДЗ) и функций от них при *коррелятном* способе уравнивания.
17. Поэтапная реализация технологии *коррелятной версии* МНК-оптимизации: особенности этапов и контроли как отдельных шагов, так и всего процесса (6 первых этапов).
18. Поэтапная реализация технологии *коррелятной версии* МНК-оптимизации: особенности этапов и контроли как отдельных шагов, так и всего процесса (4 последних этапа, начиная с 7го).
19. Вывод алгоритма *параметрической версии* МНК-оптимизации измерений: параметрические уравнения связи, приведение их к линейному виду и решение под условием, МНК-поправки к параметрам и измерениям, уравненные значения параметров и измерений.
20. Укрупнённая блок-схема *параметрической версии* МНК-оптимизации (6 первых этапов), используемой при математической обработке геодезических измерений, контроли.
21. Априорная и апостериорная оценка точности уравненных значений параметров и функций от них при *параметрическом способе уравнивания*.
22. Поэтапная реализация технологии *параметрической версии* МНК-оптимизации: особенности этапов, контроли отдельных шагов и процесса в целом (6 первых этапов).
23. Поэтапная реализация технологии *параметрической версии* МНК-оптимизации: особенности этапов, контроли отдельных шагов и процесса в целом (4 последних этапа, начиная с 7го).
24. Неслучайные ошибки: анализ данных, оценивание неслучайных ошибок, проверка гипотезы о незначимости таких ошибок.
25. Блочные матрицы и операции над ними: сложение, транспонирование, блочное обращение квадратных матриц, обращение симметрических матриц.
26. Учёт ошибок координат опорных пунктов при МНК-оптимизации геодезических измерений.

27. Вес функции коррелированных и некоррелированных результатов измерений.
28. Оценка точности при неравноточных измерениях. Ошибка единицы веса. Вес и средняя квадратическая ошибка среднего весового.
29. Установление системы весов и вычисление ошибки единицы веса в различных случаях геодезической практики. Точность определения ошибки единицы веса.
30. Отбраковка неравноточных измерений. Порядок обработки неравноточных измерений одной величины.
31. Оценка точности измерений, уравненных значений измерявшихся величин и функций от них.
32. Вывод алгоритма уравнивания для коррелятной версии МНК-оптимизации. Статистические свойства векторов-оценителей коррелятной версии.
33. Допустимые значения "невязок" условных уравнений связи, МНК-поправок измерений и коррелят.

Образец экзаменационного билета по дисциплине



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Дальневосточный федеральный университет (ДФУ)
Инженерная школа
Кафедра горного дела и комплексного освоения георесурсов (ГДиКОГР)

2016/2017 учебный год

осенний семестр

Экзаменационный билет № 1

по *Математической обработке результатов измерений*

1. Математическая обработка ряда *равноточных, некоррелированных, свободных от «систематики»* измерений одной величины: нахождение наиболее достоверного значения (НДЗ) измеряемой величины, оценка точности измерений, оценка точности НДЗ.

2. Укрупнённая блок-схема параметрической версии МНК-оптимизации 6 первых этапов, используемой при математической обработке геодезических измерений, контроля.
3. Определение «веса» измерения. Вычисление «веса» функции *некоррелированных* величин по «весам» её аргументов.

Зав. кафедрой _____

Экзаменатор _____

Оценочные средства для текущей аттестации

По результатам изучения разделов дисциплины проводится тестирование, представляющее собой систему стандартизированных заданий, позволяющую автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Критерий	Описание критерия
100-86 баллов	Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой.
85-76 баллов	Знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; использование научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы.
75-61 балл	Фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии

	учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий.
60-50 баллов	Незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат.

Тестовые вопросы по дисциплине

Программа состоит из набора вопросов и ответов к ним. Из предлагаемых ответов только один является верным (обозначен цветом).

1. Среднее взвешенное (весовое) $\bar{x}_B = \frac{[px]}{[p]}$ - это состоятельная, несмещённая, МД-оценка:

а) стандарта; б) дисперсии; **в)** математического ожидания; г) среднего отклонения.

2. Средняя квадратическая ошибка (СКО) $m = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x}-x_i)^2}{n-1}}$

- это *оценка*:

а) дисперсии; **б)** стандарта; в) среднего отклонения; г) математического ожидания.

3. Точность измерений по материалам математической обработки независимого *равноточного ряда* наблюдений оценивается по формуле:

а) $\mu = \sqrt{\frac{[p\check{v}\check{v}]}{n-1}}$; б) $m = \sqrt{\frac{[d'd']}{2(k-1)}}$; **в)** $m = \sqrt{\frac{[\check{v}\check{v}]}{n-1}}$; г) $m = \sqrt{\frac{[pd'd']}{2(k-1)}}$.

4. Точность измерений по материалам математической обработки независимого *неравноточного ряда* наблюдений оценивается по формуле:

а) $\mu = \sqrt{\frac{[p\check{v}\check{v}]}{n-1}}$; б) $m = \sqrt{\frac{[d'd']}{2(k-1)}}$; в) $m = \sqrt{\frac{[\check{v}\check{v}]}{n-1}}$; г) $m = \sqrt{\frac{[pd'd']}{2(k-1)}}$.

5. Точность измерений по материалам математической обработки независимых *равноточных парных наблюдений* оценивается по формуле:

а) $\mu = \sqrt{\frac{[p\check{v}\check{v}]}{n-1}}$; **б)** $m = \sqrt{\frac{[d'd']}{2(k-1)}}$; в) $m = \sqrt{\frac{[\check{v}\check{v}]}{n-1}}$; г) $m = \sqrt{\frac{[pd'd']}{2(k-1)}}$.

6. Точность измерений по материалам математической обработки независимых *неравноточных парных наблюдений* оценивается по формуле:

а) $\mu = \sqrt{\frac{[p\check{v}\check{v}]}{n-1}}$; б) $m = \sqrt{\frac{[d'd']}{2(k-1)}}$; в) $m = \sqrt{\frac{[\check{v}\check{v}]}{n-1}}$; **г) $m = \sqrt{\frac{[pd'd']}{2(k-1)}}$.**

7. **Вес и дисперсия** измерения:

- а) **равны** друг другу;
- б) **прямо пропорциональны**;
- в) **не связаны** между собой;
- г) обратно пропорциональны.**

8. «СКО единицы веса» характеризуется весом, равным:

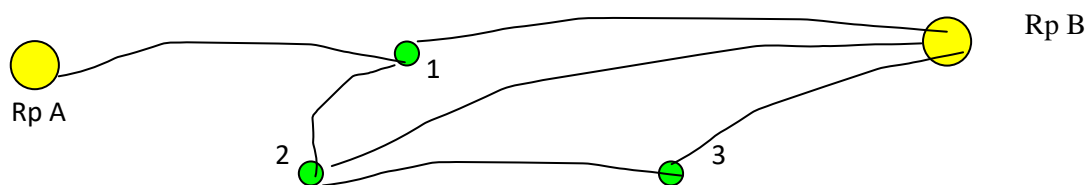
- а) 100 б) 10 **в) 1** г) 230

9. **Число** линейно независимых условных уравнений связи равно:

- а) n **б) r** в) $k+r$ г) r

10. Для приведённой ниже нивелирной сети **число** линейно независимых условных уравнений связи равно:

- а) 5 б) 2 в) 6 **г) 3**



11. Для приведённой выше нивелирной сети **число** нормальных уравнений коррелат равно:

- а) 3** б) 6 в) 2 г) 5

12. Для приведённой выше нивелирной сети **число коррелатных уравнений поправок** равно:

- а) 3 **б) 6** в) 2 г) 4

13. Ковариационная матрица **невязок** – это:

- а) разность матриц
- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений
- в) произведение матриц
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений**

14. Ковариационная матрица **коррелат** – это:

- а) разность матриц
- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений**

- в) произведение матриц
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений

15. Ковариационная матрица **МНК-поправок в измерения** – это:

- а) разность матриц
- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений
- в) произведение матриц**
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений

16. Ковариационная матрица **уровненных измерений** – это:

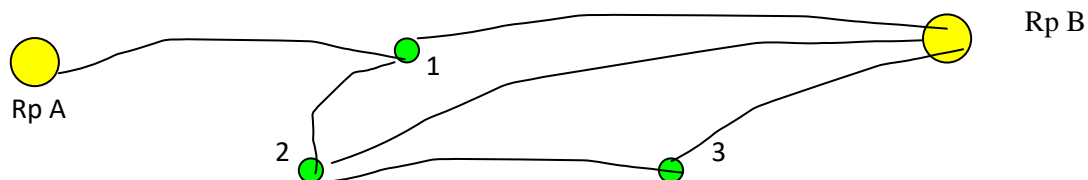
- а) разность матриц;**
- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений;
- в) произведение матриц;
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений.

17. **Сумма отношений дисперсий σ_v^2 МНК-поправок в независимо измеренные величины к дисперсиям σ_y^2 измерений до уравнивания** равна:

- а) числу всех измерений
- б) числу избыточных измерений**
- в) числу необходимых измерений
- г) числу птиц на ветке

18. Для приведённой ниже нивелирной сети **число линейно независимых параметрических уравнений связи** равно:

- а) 2 б) 4 **в) 6** г) 5



19. Для приведённой выше нивелирной сети **число параметрических нормальных уравнений** равно:

- а) 3** б) 6 в) 2 г) 4

20. Для приведённой выше нивелирной сети **число параметрических уравнений поправок** равно:

- а) 3 **б) 6** в) 2 г) 4

21. Ковариационная матрица **свободных членов** линеаризованного параметрического уравнения связи – это:

- а) ковариационная матрица измерений;**

- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений;
- в) произведение матриц;
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений.

22. Ковариационная матрица *свободных членов параметрических нормальных уравнений* – это:

- а) ковариационная матрица измерений;
- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений;
- в) произведение матриц;
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений.

23. Ковариационная матрица *МНК-поправок к параметрам* – это:

- а) разность матриц;
- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений;
- в) произведение матриц;
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений.

24. Ковариационная матрица *МНК-поправок в измерения* – это:

- а) разность матриц $K - K_{\bar{y}}$;
- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений;
- в) произведение матриц;
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений.

25. Ковариационная матрица *уровненных измерений* $K_{\bar{y}}$ это:

- а) разность матриц $K - K_{\bar{y}}$;
- б) обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений;
- в) произведение матриц;
- г) матрица коэффициентов нормальных уравнений.

Словарь терминов (Глоссарий)

Абсолютное измерение — измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант.

Абсолютная погрешность равна модулю разности между оценкой и границей интервала, т.е. полуширине доверительного интервала.

Апостериори (лат. a posteriori, буквально - из последующего), знание, получаемое из опыта.

Априори (от лат. a priori, буквально - из предшествующего), знание, предшествующее опыту и независимое от него.

Вес [weight] — в самом общем понимании: некоторое действительное число $f(x)$, поставленное в соответствие каждому элементу (объекту) x из множества X и выбранное таким образом, чтобы это множество можно было упорядочить, введя условие: $x < y$, если $f(x) < f(y)$.

Геодезия - система наук об определении формы и размеров Земли и об измерениях на земной поверхности для отображения ее на планах и картах.

Геодезические измерения – измерения, проводимые в процессе топографо-геодезических работ.

Принципом геодезических измерений является физическое явление, положенное в основу геодезических измерений. В геодезических средствах измерений используется ряд принципов, реализующих различные физические явления: оптический, оптико-механический, оптико-электронный, электромагнитный, импульсный, фазовый, спутниковый, доплеровский, интерференционный и др. принципы.

Грубая погрешность — погрешность, возникшая вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности инструментов.

Дисперсия - в математической статистике и теории вероятностей мера рассеивания (отклонения от среднего). В статистике дисперсия есть среднее арифметическое из квадратов отклонений наблюдаемых значений (x_1, \dots, x_n) случайной величины от их среднего арифметического. В теории вероятностей дисперсия случайной величины - математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания.

Единство измерений – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимым первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

Измерение — совокупность операций для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой за единицу, хранящуюся в техническом средстве (средстве измерений).

Класс точности — обобщенная характеристика прибора, характеризующая допустимые по стандарту значения основных и дополнительных погрешностей, влияющих на точность измерения.

Корреляция — статистическая взаимосвязь двух или нескольких случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми). При этом изменения одной или нескольких из этих величин приводят к систематическому изменению другой или других величин. Математической мерой корреляции двух случайных величин служит коэффициент корреляции.

Косвенное измерение — определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

Критерий — признак, основание, мерило оценки чего-либо.

Линейные (геодезические) измерения — вид геодезических измерений, в которых измеряемой геодезической величиной являются длины сторон геодезических сетей (расстояния или их разности).

Математическое ожидание — понятие среднего значения случайной величины в теории вероятностей.

Метод измерений — приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

Методические погрешности - погрешности, обусловленные несовершенством метода, а также упрощениями, положенными в основу методики.

Метрология - наука, изучающая общепринятые основы измерений, методы и средства измерений, единицы физических величин, методы точности

измерений, принципы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений.

МНК-оптимизация измерений – уравнивание измерений по методу наименьших квадратов (**коррелятная версия** – коррелятный способ, способ условий; **параметрическая версия** – параметрический способ, способ «посредственных» измерений);

Невязка – разность между значением функции, вычисленным по результатам измерений, и истинным ее значением, возникающая вследствие неизбежных погрешностей измерений. Есть несколько разновидностей невязок. Существуют фактическая и допустимая (найденная по формуле) невязки, по сравнению которых определяется качество выполненных работ. Характеризуют качества работы относительная и абсолютная невязки. Невязки, характеризующие погрешность определенного вида измерений: угловая, линейная, высотная невязки

Неравноточные измерения - ряд измерений физической величины, выполненных различными по точности средствами измерений и/или в разных условиях. Обычно неравноточные измерения обрабатывают с целью получения результата измерений, когда невозможно получить ряд равноточных измерений. измерениям.

Относительное измерение — измерение отношения величины к одноимённой величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноимённой величине, принимаемой за исходную.

Относительная погрешность равна отношению абсолютной погрешности к оценке истинного значения. Как правило, эту погрешность выражают в процентах. Величину, обратную относительной погрешности, называют **точностью измерений**.

Погрешность измерения — оценка отклонения величины измеренного значения величины от её истинного значения.

Предел - одно из основных понятий математики. Постоянная, к которой неограниченно приближается некоторая переменная величина, зависящая от

другой переменной величины, при определённом изменении последней.

Принцип измерений — физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Производная — основное понятие дифференциального исчисления, характеризующее скорость изменения функции. Определяется как предел отношения приращения функции к приращению ее аргумента при стремлении приращения аргумента к нулю, если таковой предел существует. Процесс вычисления производной называется дифференцированием.

Прямое измерение — измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно.

Равноточные измерения - ряд измерений физической величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях.

Систематическая погрешность — погрешность, изменяющаяся во времени по определенному закону. Систематические погрешности могут быть связаны с ошибками приборов (неправильная шкала, калибровка и т.п.).

Случайная погрешность — погрешность, меняющаяся (по величине и по знаку) от измерения к измерению.

Среднеквадратическое отклонение или Стандартное отклонение — в теории вероятности и статистике наиболее распространенный показатель рассеивания значений случайной величины относительно её математического ожидания.

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

Субъективные погрешности - погрешности, обусловленные степенью внимательности, сосредоточенности, подготовленности и другими качествами наблюдателя.

Теодолитный ход - замкнутая или разомкнутая ломаная линия, точки излома которой соответствующим образом закреплены на местности и между ними измерены расстояния и левые (либо правые) угла поворота.

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

Триангуляция - один из методов создания сети опорных геодезических пунктов и сама сеть, созданная этим методом; состоит в построении рядов или сетей примыкающих друг к другу треугольников и в определении положения их вершин в избранной системе координат. В каждом треугольнике измеряют все три угла, а одну из его сторон определяют из вычислений путём последовательного решения предыдущих треугольников, начиная от того из них, в котором одна из его сторон получена из измерений. Если сторона треугольника получена из непосредственных измерений, то она называется базисной стороной.

Угловые измерения – вид геодезических измерений, в которых измеряемой геодезической величиной являются горизонтальные и (или) вертикальные углы (зенитные расстояния).

Функция — это установленное соотношение, по которому каждому элементу x из некоторого множества X ставится в соответствие единственный элемент y из множества Y .

Ход нивелирный – геодезический ход, прокладываемый способом геометрического нивелирования с помощью нивелира. Служит для определения высот нивелирных знаков (реперов). Нивелирный ход создается путем измерения превышений между точками. деления).

Частная производная — одно из обобщений понятия производной на случай функции нескольких переменных.

Шкала – часть конструкции отсчетного устройства, состоящая из отметок и чисел, соответствующих последовательным значениям измеряемой величины.

