

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 31 » января 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Математическая обработка результатов измерений
(наименование)

Форма обучения: _____ очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ специалитет
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 21.05.04 Горное дело
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Маркшейдерское дело (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Математическая обработка результатов измерений» является ознакомление студентов с комплексом математических методов и вычислительных средств, преобразующих результаты маркшейдерских измерений в оптимальные числовые значения, наилучшим образом приближенные к истинным величинам, и удобные для практического использования.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение теории погрешностей измерений, принципов математической обработки результатов измерений, уравнильных методов;
- формирование умения устанавливать точность измерений необходимую и достаточную для обеспечения практических решений; выбирать методы и средства для достижения установленной точности; определять подходящие критерии (допуски), позволяющие быть уверенными в надежности измерений; определять качество и точность проведенных измерений и полученных после обработки результатов;
- формирование навыков выбора метода и средств обработки измеренных значений для получения оптимальных результатов; выполнения уравнильных вычислений и математического моделирования в проблемно-ориентированных пакетах.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- измерения и их виды;
- ошибки результатов измерений, их источники, виды и свойства, законы распределения;
- критерии точности и способы оценки точности результатов измерений;
- интеграл вероятностей и интервальная оценка точности результатов измерений;
- прямая и обратная задачи теории погрешностей;
- веса неравноточных измерений;
- способы оценки точности результатов измерений;
- задачи уравнильных вычислений, метод наименьших квадратов и способы его реализации при уравнивании маркшейдерско-геодезических измерений и математическом моделировании;
- элементы математической статистики;
- матричные исчисления.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.8	ИД-1ПК-1.8	<p>Знает основные подходы для правильной организации и решения производственных задач с точки зрения выбора метода и средств измерений и их математической обработки для достижения установленной точности, виды измерений, источники и виды ошибок измерений, свойства случайных погрешностей измерений, количественные характеристики точности результатов измерений, способы оценки точности результатов измерений, принцип метода наименьших квадратов и способы его реализации при уравнивании маркшейдерско-геодезических сетей и специальных наблюдательных станций, последовательность выполнения коррелятного и параметрического уравниваний, сведения из линейной алгебры.</p>	<p>Знает организацию и методику производства работ при создании и развитии (реконструкции) геодезических и маркшейдерских сетей, специальных наблюдательных станций;</p>	Зачет
ПК-1.8	ИД-2ПК-1.8	<p>Умеет выбирать методы и средства измерений для достижения установленной точности маркшейдерско-геодезических работ, определять подходящие критерии (допуски), позволяющие быть уверенными в надежности измерений, выбирать методы и программы обработки измеренных значений для получения оптимальных результатов, составлять</p>	<p>Умеет составлять проекты создания и развития (реконструкции) маркшейдерско-геодезических сетей, специальных наблюдательных станций; выполнять инструментальные измерения в соответствии с программой работ по созданию и развитию (реконструкции) планово-высотных маркшейдерских сетей</p>	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		условные и параметрические уравнения поправок, приводить их к линейному виду, реализовывать алгоритмы обработки результатов измерений в проблемно-ориентированных электронных пакетах, определять веса, производить оценку точности результатов непосредственных измерений и их функций, выполнять априорный и апостериорный расчет точности пространственных координат пунктов проектируемых и реализованных планово-высотных маркшейдерских сетей.		
ПК-1.8	ИД-3ПК-1.8	Владеет основными принципами математической обработки результатов измерений, навыками уравнительных вычислений и математического моделирования результатов измерений (эксперимента и лабораторных исследований), навыками производить оценку точности угловых и линейных измерений и их функций: координат пунктов маркшейдерско-геодезических сетей, специальных наблюдательных станций.	Владеет навыками производить оценку точности угловых и линейных измерений, координат пунктов маркшейдерско-геодезических сетей, специальных наблюдательных станций; вычисления и уравнивания координат пунктов маркшейдерско-геодезических сетей	Защита лабораторной работы
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	Знает основные задачи, возникающие перед инженером-маркшейдером в его практической	Знает объекты профессиональной деятельности, задачи исследований, методы проведения	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>деятельности, решаемые с применением теории ошибок и метода наименьших квадратов, основные подходы для правильной организации и решения производственных задач с точки зрения выбора метода и средств измерений и их математической обработки для достижения установленной точности, принцип метода наименьших квадратов и способы его реализации при уравнивании маркшейдерско-геодезических сетей и специальных наблюдательных станций, способы реализации метода наименьших квадратов при обработке результатов эксперимента (математическом моделировании), элементы математической статистики.</p>	экспериментальных исследований	
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	<p>Умеет обрабатывать ряды многократных равноточных и неравноточных измерений разнородных величин для определения их наиболее надежных значений, выполнять уравнивательные вычисления при обработке результатов измерений и их математическом моделировании, определять веса, производить оценку точности результатов непосредственных измерений и их функций,</p>	Умеет проводить обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		проводить регрессионный анализ результатов исследований, реализовывать алгоритмы обработки результатов измерений в проблемно-ориентированных электронных пакетах.		
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	Владеет навыками решения маркшейдерско-геодезических задач, обеспечивающими необходимую и достаточную точность их выполнения, основными принципами математической обработки результатов измерений, навыками уравнительных вычислений и математического моделирования результатов измерений (эксперимента и лабораторных исследований), приемами регрессионного анализа, навыками составления отчетов по выполненным исследованиям и расчетным работам.	Владеет навыками проведения исследований объектов профессиональной деятельности, составления отчетов по выполненным исследованиям и разработкам	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	46	46	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	26	26	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	62	62	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Измерения и ошибки измерений	3	2	0	5
Цели и задачи дисциплины. Виды измерений. Ошибки результатов измерений.				
Обработка равнооточных измерений	4	3	0	12
Оценка точности результатов измерений. Решение прямой и обратной задач теории погрешностей. Уклонения измерений от среднего арифметического. Оценка точности по внутренней сходимости равнооточных измерений.				
Обработка неравнооточных измерений	3	3	0	8
Веса неравнооточных измерений. Общая арифметическая середина. Определение веса функции измеренных величин. Уклонения от общей арифметической середины. Оценка точности по внутренней сходимости неравнооточных измерений.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Уравнительные вычисления	6	12	0	25
Принцип способа наименьших квадратов. Уравновешивание условных измерений. Теория параметрического уравнивания.				
Математическое моделирование.	2	6	0	12
Корреляция случайных величин. Регрессионный анализ. Построение эмпирических формул.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	26	0	62
ИТОГО по дисциплине	18	26	0	62

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Статистическое исследование ряда случайных погрешностей (разностей превышений).
2	Решение прямых и обратных задач теории погрешностей.
3	Решение задач на определение веса функции измеренных величин. Оценка точности результатов многократных измерений по их внутренней сходимости.
4	Коррелятное уравнивание полигонометрического хода.
5	Параметрическое уравнивание полигонометрического хода.
6	Параметрическое уравнивание нивелирной сети.
7	Определение зависимости между длиной луча визирования и погрешностью нивелирования на станции.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Гордеев В.А. Теория ошибок измерений и уравнивательные вычисления : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2004. 429 с. 26,875 усл. печ. л.	14
2	Гудков В. М., Хлебников А. В. Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений : учебник для вузов. Москва : Недра, 1990. 335 с. 21,0 усл. печ. л.	12
3	Папазов М. Г., Могильный С. Г. Теория ошибок и способ наименьших квадратов : учебник для вузов. Москва : Недра, 1968. 303 с. 19 усл. печ. л.	16
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Беляев Б. И., Тевзадзе М. Н. Теория погрешностей и способ наименьших квадратов : учебник для вузов. Москва : Недра, 1992. 286 с.	7
2	Скейвалас И. М. Математическая обработка результатов геодезических измерений. Москва : Недра, 1991. 160 с. 9,8 усл. печ. л.	5
2.2. Периодические издания		
1	Геодезия и картография : научно-технический и производственный журнал / Федеральная служба геодезии и картографии России; Геодезические службы стран СНГ .— Москва : Картгеоцентр	1
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Инструкция по вычислению нивелировок. Москва : Недра, 1971. 108 с.	1
2	Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. Москва : Недра, 1990. 167 с.	19
3	Инструкция по производству маркшейдерских работ. Москва : Недра, 1987. 240 с.	46
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		

	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Большаков В. Д., Маркузе Ю. И. Практикум по теории математической обработки геодезических измерений : учебное пособие для вузов. Москва : Недра, 1984. 352 с.	6
2	Хлебников А. В. Основы теории погрешностей маркшейдерских измерений : конспект лекций. Ленинград : Изд-во ЛГИ, 1979. 58 с.	1

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Беликов А. Б., Симонян В. В. Математическая обработка результатов геодезических измерений? : учебное пособие. 2-е изд. Москва : МИСИ - МГСУ, 2016. 432 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lan90717	сеть Интернет; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Кошкина Л. Б. Математическая обработка результатов геодезических измерений? : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2008. 194 с. URL: https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160840	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160840	сеть Интернет; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер	9
Лекция	Экран, проектор, ноутбук	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

«

»

«

»

21.05.04 « »

()

:

:

«

»

:

,

:

:4

:7

:

:

3

:

108 .

:

:7

()

1.

(7-

)

5

(. 1.1).

1.1.

1.1.

()						
				/		
.1.				/ 1		
.2.			2 3	/ 2 / 3		
.3.			4 5 6	/ 4		
.5.			7	/ 4		
.6.			7			
.7.				/ 1		
.8.				/ 1		
.9.			1	/ 1		
.10.			2	/ 2		
.11.			2 3	/ 2 / 3		
.12.			4 5 6	/ 4		
.13.				/ 4		

.1			1	/ 2 / 3		
.2			4 5 6 7	/ 4		
.3	,		2 3	/ 2 / 3		
.4			7			
.5	-		4 5 6 7			
.6	-		2 3	/ 2 / 3		
.7	(),		2 3	/ 2 / 3		
.8			4 5 6 7			
.9	,		4 5 6	/ 4		
.10	-		4 5 6			
.1	- ,		2 3	/ 2 / 3		
.2			4 7	/ 2 / 3		
.3	()		4 5 6 7	/ 4		
.4			7			
.5			1 4 5 6 7			
.6	- :		4 5 6			

ó (; ó (); ó (); ó (); / ó ;

2.

,

,

,

.

ó

,

:

-

,

;

-

(

«

»

)

;

-

«

»,

«

»

,

,

(

),

,

,

..

,

ó

;

-

,

(

),

,

;

-

.

2.1.

,

,

2-

.

,

.

2.2.

(. 1.1)

,

,

2-

,

.

,

.

2.2.1.

7

2.2.2.

4

)

(
: «

», «
», «

», «

».

/ :

1.

,

,

í ?

2.

,

í ?

3.

,

í ?

4.

,

,

,

,

í ?

5.

,

í ?

6.

,

,

í ?

/ :

1.

,

í ?

2.

,

$$h = D \cdot \sin \delta + i - v$$

í ?

3.

?

4.

: «

í ».

5.

(0,61)

(5,2)

,

1

5

+3, -2, +7, -1, +2, 0,

6.

r

+1, -4, +4, +8, +1, -9, -2, -3, +2

í ?

/ :

1.

í ?

2.

: «

í ».

3. 15 2, 5, 30. ?

4. ,

5. ?

6. ,

3,6 , 2,5 3,1 , 1 5 .
/ :

1. ? ,

2. H_i^0

:

1) $h_{3-1} = H_1 - H_3$;

2) $h_{2-3} = H_3 - H_2$;

3) $h_{3-1} = H_1 - H_3$?

3. , 6- 2-
4- , 11- ?

4. a b c.
=3,041 , b=4,054

, c=5,028 .

5. ?

6. $y = 3x^2 - 2 \cdot x + 5$

$x_0 = 2,4$, $y = 17,2$.

2.3.

() ,

2.4.

()

()

2.4.1.

É , ;
É ;
É100%-

2.4.2.

(, -
('))
:
() ()
()

2.4.2.1

« »
:
1. .
2. .
3. .
4. .
5. .
6. .

:
1. . . .
2. .
3. .
4. .
5. .
6. .

y, 7.
8.

EXCEL.

2.4.2.2.

2- , ,

,

3.

3.1.

,

,

.

,

,

2-

.

.

.

,

.