

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

Кафедра математического анализа и моделирования

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Применение теории вероятностей и математической статистики в геологии

Основной образовательной программы для специальности 130301.65– Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (очной и заочной в сокращенные сроки формы обучения)

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан доцентом Труфановым Виктором Александровичем

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры

Протокол заседания кафедры от «___» _____ 201_ г. №___

Зав. кафедрой _____ / Н.Н.Максимова /

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМСС 010501 – Прикладная математика и информатика

от «___» _____ 201_ г. №___

Председатель УМСС _____ / В.В.Сельвинский /

СОДЕРЖАНИЕ

I	Рабочая программа учебной дисциплины	4
1	Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.1	Цель преподавания дисциплины	4
1.2	Задачи изучения дисциплины	4
2	Место дисциплины в структуре ООП ВПО	4
3	Требования к уровню освоения содержания дисциплины	4
4	Структура и содержание дисциплины	4
5	Содержание разделов и тем дисциплины	5
6	Самостоятельная работа	6
8	Образовательные технологии	6
9	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	6
10	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	7
11	Материально-техническое обеспечение дисциплины	8
II	Краткое изложение программного материала	8
III	Методические указания	10
3.1	Методические указания по изучению дисциплины	10
3.2	Методические указания к практическим занятиям	11
3.3	Методические указания по самостоятельной работе студентов	11
3.4	Методические указания по выполнению контрольной работы заочниками	11
IV	Контроль знаний	
4.1	Текущий контроль знаний	12
4.2	Итоговый контроль	14

I РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Цель и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью курса «Применение теории вероятностей и математической статистики в геологии» является знакомство будущих специалистов геологов с основными разделами теории вероятностей и математической статистики, с помощью которых решаются некоторые геологические задачи.

1.2. Задачи изучения дисциплины.

Задачи изучения дисциплины определяются современными требованиями геологической службы страны к квалификации молодого специалиста геолога, изложенными в Государственном образовательном стандарте высшего образовательного образования по специальности 130301.65 – Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Владеть основными понятиями теории вероятностей и математической статистики.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Курс входит в общематематический и научно-естественный цикл дисциплин национально-регионального (вузовского) компонента.

При изучении курса «Применение теории вероятностей и математической статистики в геологии» привлекаются понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, теории дифференциальных уравнений.

Изучаемый курс может быть использован в дисциплине учебного плана «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых».

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

После прохождения курса студенты обязаны:

иметь представление

- о теории вероятностей и математической статистике
- о возможности использования методов теории вероятностей и математической статистики при решении геологических задач;

знать и уметь использовать

- вероятностные модели для конкретных процессов;
- проводить необходимые расчеты в рамках построенной модели.

4. Структура и содержание дисциплины «Применение теории вероятностей и математической статистики в геологии»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 71 час.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек.	Прак. зан.	Лаб. зан.	Сам. раб.	
1	Вероятностные							

	модели.	5	1-6	6	8		20	Индивидуальные задания
2	Статистические модели.	5	7-18	12	10		15	Индивидуальные задания

5. Содержание разделов и тем дисциплины

Наименование темы	Лекции (по порядку)	Практика (по порядку)
1. Вероятностные модели.		
1.1. Классификация и вероятности событий.		
1.2. Способы определения вероятности событий. Основные формулы комбинаторики. Примеры.		1
1.3. Допустимые отклонения статистической и теоретической вероятности, их использование для оценки рудоносности геологических объектов.		
1.4. Вероятность появления хотя бы одного события. Задача Ф.Псарева.	1	2
1.5. Зависимость событий. Измерение силы связей между событиями. Коэффициент корреляции.		
1.6. Взаимосвязи нескольких событий. Корреляционная матрица. Корреляционная дендрограмма	2	3
1.7. Геометрические вероятности событий. Задача Бюффона.		
1.8. Вероятностные модели поисковых работ.		
1.9. Вероятностная энтропия как структурная характеристика геологических систем. Определение, способы расчета, примеры использования.	3	4
2. Статистические модели		
2.1. Общие сведения о случайных величинах (СВ).		
2.2. Закон распределения СВ.		
2.3. Параметры распределения СВ: центр распределения; параметры изменчивости; дополнительные параметры.	4	5
2.4. Законы распределения дискретной СВ.		
2.5. Законы распределения непрерывных СВ.		
2.6. Специальные распределения СВ.	5	6
2.7. Оценка СВ по результатам наблюдений: общие сведения об оценивании и оценках; оценка параметров распределения по выборке; оценка СВ по группированным данным; интервальные оценки параметров.	6-7	7-8
2.8. Общие сведения о статистическом решении задач.		
2.9. Параметрические статистические критерии.	8	9
2.10. Непараметрические статистические критерии	9	

6. Самостоятельная работа

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в ч.
1	1	Домашнее задание	2
2	1	Индивидуальное задание №1 Классическое вероятностное пространство	2
3	1	Домашнее задание	2
4	1	Индивидуальное задание №2 Геометрическая вероятность.	2
5	1	Домашнее задание	2
6	1	Индивидуальное задание №4 Вычисление вероятности с использованием основных свойств вероятности	2
7	1	Домашнее задание	1
8	1	Индивидуальное задание №5 Условная вероятность, независимость. Формула полной вероятности и Байеса.	2
9	1	Домашнее задание	2
10	1	Индивидуальное задание №6 Схема Бернулли.	2
11	2	Домашнее задание	1
12	2	Индивидуальное задание №7 Нахождение оценок методом моментов.	2
13	2	Домашнее задание	2
14	2	Индивидуальное задание №8 Нахождение оценок методом максимального правдоподобия..	2
15	2	Домашнее задание	2
16	2	Индивидуальное задание №9 Доверительные интервалы.	2
17	2	Домашнее задание	2
18	2	Индивидуальное задание №10 Параметрические статистические критерии.	3
Всего			35

8. Образовательные технологии

Лекции: традиционное и проблемное изложение теоретического материала, текущий устный опрос, использование интерактивных обучающих мультимедиа средств; практические занятия: интерактивные методы решения задач, использование наглядных средств, контрольные работы; консультации, самостоятельная работа.

9. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В течение семестра студенты разбирают задания, указанные преподавателем к каждому семинару, разбирают и повторяют основные понятия из теории. Предусмотрены индивидуальные задания и самостоятельные работы.

Вопросы к зачету.

1. Классификация событий.
2. Вероятности событий.

3. Формулы комбинаторики.
4. Статистическая вероятность.
5. Вероятность абсолютной величины отклонения статистической и теоретической вероятности.
6. Формула полной вероятности.
7. Коэффициент корреляции и его свойства.
8. Геометрические вероятности.
9. Вероятностная энтропия.
10. Закон распределения СВ.
11. Параметры распределения СВ,
12. Дополнительные параметры.
13. Законы распределения дискретной СВ.
14. Законы распределения непрерывных СВ.
15. Специальные распределения СВ.
16. Выборка, ограниченность её объёма.
17. Статистические оценки.
18. Свойства оценок.
19. Оценка параметров распределения.
20. Оценка СВ по группированным данным.
21. Интервальные оценки параметров.
22. Общие сведения о статистическом решении задач.
23. Приближенный критерий нормальности распределения.
24. Сравнение двух средних значений.
25. Критерий Фишера.
26. Критерий Стьюдента.
27. Проверка гипотезы об однородности ряда средних значений.
28. Непараметрические статистические критерии.
29. Критерий согласия Пирсона.
30. Проверка гипотезы о законе распределения.

Темы дисциплины контрольной работы для заочной формы обучения

1. Классическое и статистическое определение вероятности.
2. Формула полной вероятности и Байеса. Условная вероятность.
3. Статистическое (интервальное) распределение непрерывной случайной величины.
4. Оценка параметров распределения случайной величины: точечная, интервальная.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Применение теории вероятностей и математической статистики в геологии»

а) основная литература:

1. Баврин И.И. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учеб.: доп. Мин. обр. РФ / И. И. Баврин. - М. : Высш. шк., 2005. - 160 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ/ В. Е. Гмурман. -12-е изд., перераб. -М.: Высш. образование, 2006. -480 с.
3. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ / В.Е. Гмурман. - 8-е, 11-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2003, 2006 - 406 с.

б) дополнительная

1. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей и математической статистике [Текст] : [учеб. пособие] / Д. Т. Письменный. - М. : Айрис-пресс, 2004. -

253 с.

2. Андронов А.М. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб./ А.М.Андронов, Е.А.Копылов, Л.Я.Гринглаз. – СПб.: Питер, 2004. – 461 с.
3. Дэвис, Джон С. Статистический анализ данных в геологии [Текст]: в 2 кн. / Дж. С. Дэвис ; пер. с англ. В. А. Голубевой ; под ред. Д. А. Родионова. - М.: Недра, 1990 Кн. 1. - 1990. - 320 с
4. Семенчин Е.А. Теория вероятностей в примерах и задачах: учеб. пособие: рек. УМО/ Е.А. Семенчин. – СПб.: Лань, 2007. – 352 с.
5. Феллер Вильям. Введение в теорию вероятностей и ее приложения [Текст]: в 2 т. Т. 1 / В. Феллер; пер. с англ. Ю. В. Прохорова ; предисл. А. Н. Колмогорова. - М.: Мир, 1984. - 528 с.

в) периодические издания

1. Журнал «Математическое моделирование».
2. Журнал «Доклады Академии наук».
3. Журнал «Информатика и системы управления».
4. Журнал «Автоматика и вычислительная техника».
5. Журнал «Успехи математических наук».
6. Журнал «Автоматика и телемеханика».

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Стандартно оборудованные лекционные аудитории.

II КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МАТЕРИАЛА

Курс базируется на прослушанных ранее курсах ряда геологических дисциплин, а также на ранее прослушанном курсе высшей математики, включающем разделы алгебры, дифференциального и интегрального исчисления и включающем разделы «Теория вероятностей» и «Математическая статистика».

Настоящий курс ориентирован на прикладные геологические аспекты этих разделов математики. Одновременно он послужит повторению и закреплению общих знаний по теории вероятностей и математической статистике. Особое место в курсе занимают особенности применения этих разделов для анализа пространственно распределенных данных, полученных опробованием с учитываемой геометрической базой.

Тема 1. Вероятностные модели.

1.1. Классификация и вероятности событий.

Теория вероятностей является специальным разделом математики, исследующим закономерности, проявляющиеся в массовых случайных событиях.

Случайное событие. Вероятность. Достоверное, невозможное, маловероятное события. Несовместимые события, разбиение событий. Равновероятные события. Противоположные события.

Классическое определение вероятности. Формулы комбинаторики. Статистическая вероятность. Вероятность появления хотя бы одного события. Задача Ф. Псарева.

Полная (средневзвешенная по гипотезам) вероятность. Апостериорные (послеопытные) вероятности (формула Байеса).

1.2 Корреляция событий.

Коэффициент корреляции событий. Свойства коэффициента корреляции. Корреляционная матрица. Расчет и построение корреляционной дендрограммы.

1.3 Геометрические вероятности.

Геометрическая вероятность. Задача Бюффона. Поиск выпуклого контура. Поиск линейного объекта сетью широких профилей. Сети взаимноперпендикулярных профилей.

1.4 Вероятностная энтропия.

Тема 2. Статистические модели

2.1. Общие сведения о случайных величинах.

Случайная величина (СВ). Дискретные и непрерывные СВ. Геологические пробы как НСВ.

Будем называть дискретным вероятностным пространством либо конечное вероятностное пространство, либо счетное вероятностное пространство.

2.2 Законы распределения случайной величины.

Закон распределения может быть задан: графически, таблично или аналитически.

Обобщенной характеристикой закона распределения является (интегральная) функция распределения. Свойства функции распределения.

Функция плотности распределения вероятностей.

2.3. Числовые характеристики распределения случайной величины.

Математическое ожидание. Изменчивость – дисперсия СВ и среднее квадратическое отклонение. Коэффициент вариации.

Медиана, мода, коэффициент асимметрии – дополнительные характеристики СВ.

2.4. Стандартные законы распределения дискретных и непрерывных СВ.

Бернулли, биномиальный, Пуассона. Равномерное, нормальное, стандартное нормальное, логарифмическое нормальное распределение.

2.5. Специальные распределения СВ.

Распределения «хи квадрат», Стьюдента, Фишера.

2.6. Оценка СВ по результатам наблюдений

Общие сведения об оценивании и оценках. Точечная, интервальная оценки. Свойства оценок. Выборочные моменты. Оценки СВ по группированным данным.

Доверительный интервал с заданной надежностью.

2.7. Общие сведения о статистическом решении задачи.

Статистическое решение задач основано на проверке статистических гипотез. Ошибки первого рода, второго рода.

2.8. Параметрические статистические критерии.

Приближенный критерий нормальности распределения. Критерий Фишера, Стьюдента.

2.9. Непараметрические статистические критерии.

Критерий согласия Пирсона – проверка гипотезы о законе распределения.

III Методические указания

3.1. Методические указания по изучению дисциплины

Дисциплина «Применение теории вероятностей и математической статистики в геологии» предназначена для ознакомления студентов-геологов с математическими моделями и методами на примере не самых простых областей математики, которыми являются теория вероятностей и математическая статистика.

Основной целью освоения дисциплины является: показать полезность и необходимость использования при решении задач горной инженерии и наук на которые она опирается идей и методов теории вероятностей и математической статистики, поскольку те основные свойства, для изучения которых в естественных областях знания они разрабатывались, – многократность повторения экспериментов в примерно одинаковых условиях и неопределенность (неоднозначность) исходов этих экспериментов в значительной степени присущи объектам и процессам изучаемым в геологии.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи курса. В начале курса необходимо дать студентам, считая, что им кое-что известно о геологии, общие представления о теории вероятности и математической статистике, которые они наверное знают меньше: о их происхождении, основных понятиях и моделях в них используемых, задачах, при решении которых они могут быть использованы, об особенностях и специфике комплексирования теории вероятностей и статистики с геологией и т.п.

Вторая задача курса - изложить основные понятия теории вероятностей как строгой математической теории. Это значит дать четкие определения тех объектов и явлений естествознания и в частности задач геологии, которые изучаются этой теорией, сформулировать аксиомы этой теории и результаты (теоремы), имеющие практическую направленность (объяснить какую) и привести примеры (задачи геологии), в которых эти результаты применяются.

Третья задача курса – объяснить методологию применения (общие принципы) теории вероятностей в любых конкретных ситуациях. Привести примеры реализации этой методологии в таких задачах геологии как выявление степени связи и уравнения связи между признаками отобранных проб с целью обоснования поисковых критериев и технологии эксплуатации месторождений (оценка запасов залежи и прогнозирование).

Четвертая задача – сформулировать основные понятия и соотношение с теорией вероятностей ее практической модификации – математической статистики. Сформулировать основные проблемы, которые решаются с помощью статистики и те конкретные задачи геологии, которые могут быть решены с помощью приемов, полученных в статистике, остановившись более подробно на байесовской теории принятия решений и некоторых особенностях использования в геологии персональных компьютеров, связанных с теорией вероятностей и математической статистики.

По окончании изучения указанной дисциплины студент должен: иметь представление о теории вероятностей и математической статистике как об областях математики; основных направлениях геологии и сопутствующих дисциплин, где использование теории вероятностей и математической статистики и представляется весьма перспективным; фундаментальных фактах (теоремах) теории вероятностей и математической статистики, обеспечивающих им разнообразные и многочисленные практические применения.

- знать: основные понятия и фундаментальные определения, составляющие основы теории вероятностей и математической статистики (например, понятия случайной величины

и выборки), определения математического ожидания случайной величины и ее дисперсии, как проверять гипотезы о их возможных значениях, в чем заключается простая линейная модель и т.п.

- уметь использовать эти понятия и модели для решения конкретных задач геологии, выбрать наиболее подходящую из них, получить окончательное решение и осуществлять интерпретацию его содержательной (на языке геологии) задачи.

3.2. Методические указания к практическим занятиям

Практические занятия целесообразно начинать с проверки знания и понимания студентами понимания ими теоретического материала и умения применять эти знания для решения типовых задач.

Основная часть практического занятия составляет решение задач, поскольку основное качество усвоения информации достигается именно в процессе формирования умений её востребовать и применять. Задачи должны различаться по степени обобщенности действий и по виду самостоятельной деятельности, выполняемой студентами.

Для оптимизации учебного процесса и развития практических навыков овладения изучаемой дисциплиной является проведение кратких самостоятельных работ, как по теоретическому, так и по практическому материалу. При этом формулировать вопросы по теории так, чтобы для ответа не требовались долгие выводы.

В конце занятия необходимо подвести итог, объявить тему следующего занятия, задать домашнее задание.

3.3. Методические указания по самостоятельной работе студентов

При выполнении самостоятельной работы студенты могут использовать различные источники приобретения информации: конспекты лекций, учебно-методические материалы курса, ссылки на научную литературу в информационном пространстве Интернета и др.

3.4. Методические указания по выполнению контрольной работы заочниками

Основной формой обучения студентов-заочников является самостоятельная работа, которая включает в себя изучения теоретического материала, приобретение навыков решения задач, выполнение контрольной работы.

При выполнении контрольной работы рекомендуется придерживаться следующими указанными ниже правилами, без соблюдения которых работа возвращается на доработку по устранению недостатков.

- 1) Контрольная работа выполняется в тетради с полями для замечаний преподавателя.
- 2) На обложке тетради должны быть ясно написаны фамилия студента, его инициалы, шифр, название дисциплины.
- 3) В работу должны быть включены все задачи, указанные в задании, соответствующие своему варианту. Контрольная работа, содержащая не все задания, а также содержащая задачи не своего варианта, не зачитывается.
- 4) Вариант контрольной работы студент выбирает по последней цифре номера зачетной книжки.
- 5) Решение задач надо располагать в порядке, указанном в заданиях, сохраняя номер задач.
- 6) Перед решением каждой задачи надо выписать полностью условие.
- 7) После получения прорецензированной работы, студент должен исправить замеченные ошибки и недочеты.
- 8) В конце работы следует указать использованную литературу, которую изучал студент при выполнении данной работы.
- 9) Зачтенная контрольная работа с рецензиями обязательно предъявляется на зачете.

IV КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

4.1. Текущий контроль знаний

В течение семестра студенты выполняют девять индивидуальных заданий, по одному за каждое практическое занятие. И если при выполнении заданий допускаются взаимные консультации, обсуждения, то затем или в этот же день или в любой другой (до конца семестра) каждый студент отчитывается за каждое задание перед преподавателем индивидуально, получая допуск к зачету.

Вариант контрольной работы для студентов заочного обучения.

1. Классическое и статическое определение вероятности.

В тяжелой фракции породы среди 50 зёрен наблюдалось 30 зёрен кварца. Наудачу из этих 50 зёрен отобраны 10 зёрен. Найти вероятность того, что среди отобранных зёрен ровно 4 кварцевых.

2. Формулы полной вероятности и Байеса. Условная вероятность.

На геологической карте данный район разбит на 25 равных по площади участков, в том числе 6 несмежных участков распространения юрских отложений. Точки для бурения двух скважин выбирают наугад поочередно, но так, чтобы на один и тот же участок не попали обе скважины. Определить вероятность того, что точка для бурения второй скважины попадет на участок юрских отложений, если точка другой скважины попала на участок распространения юрских отложений.

3. Вариационный ряд и статистическое (интервальное) распределение непрерывной случайной величины.

В таблице 1 дано содержание битума в породах песчаной пачки Шешминского горизонта по ряду площадей восточного борта Мелекесской впадины (относительные единицы)

Таблица 1

Номер анализа	Площадь, скважина	Содержание битума в породе
59	Ашальчинская, 67	0,265
57	Ашальчинская, 67	0,262
94	Кармалинская, 74	0,127
35	Подлесная, 46	0,142
140	Сарабикуловская, 10	0,122
15	Сарабикуловская, 2	0,22
14	Сарабикуловская, 7	0,03
12	Шугуровская, 5	0,34
13	Шугуровская, 7	0,03
141	Шугуровская, 16	0,143
2	Сугушлинская, 119	0,03
3	Сугушлинская, 119	0,06
135	Сугушлинская, 132	0,088
137	Сугушлинская, 132	0,008
8	Сугушлинская, 105	0,07
9	Сугушлинская, 105	0,04
134	Сугушлинская, 124	0,057
130	Сугушлинская, 123	0,077

Построить вариационный ряд, статистическое распределение, гистограмму частот.

4. Оценка параметров распределения случайных величин.

Вычислить точечные оценки математического ожидания и дисперсии, а также найти доверительный интервал с уровнем доверия 0,95 для распределения содержания железа в руде по данным таблицы 2. Допустить, что содержание железа подчиняется нормальному закону.

Таблица 2

Интервалы, %	Середина интервала, x_i	m_i
28-32	30	1
32-36	34	9
36-40	38	29
40-44	42	55
44-48	46	72
48-52	50	56
52-56	54	27
56-60	58	7
60-64	62	1

5. Проверка гипотез о законе распределения.

Дано распределение (таблица 3). Проверить гипотезу о нормальном распределении логарифма проницаемости ($y = \lg x$) пласта горизонта D_1 по данным 100 скважин.

Таблица 3

Интервалы, y	m_i
1,3-1,6	3
1,6-1,9	13
1,9-2,2	33
2,2-2,5	30
2,5-2,8	17
2,8-3,1	4

6. Коэффициент линейной корреляции.

В 21 образце гранитоидов Урала определено процентное содержание фтора в биотите (X) и сфене (Y). Результаты в таблице 4.

Таблицы 4

X	Y	X	Y	X	Y
0,25	0,27	0,88	0,48	1,57	0,77
0,26	0,36	0,98	0,52	1,72	1,17
0,72	0,52	0,98	0,6	1,98	1,3
0,78	0,53	1,01	0,63	2,12	0,81
0,8	0,37	1,09	0,43	2,28	1,29
0,84	0,51	1,16	0,59	2,59	1,25
0,86	0,43	1,42	0,77	3,0	1,38

Вычислить уравнение связи в виде $y = a x + b$ и коэффициент линейной связи (корреляции).

7. Многомерный регрессионный анализ.

Найти линейное уравнение регрессии, связывающее угол наклона волноприбойной полосы (Y) со средним диаметром зёрен песка (X_1) и коэффициентом отсортированности песка (X_2). Исходные данные показаны в таблице 5.

Таблица 5

Угол наклона, град., Y	Средний диаметр зёрен, X_1 мм	Коэфф. отсортирован- ности песка, X_2 , мм
12	0,87	1,69
5,5	0,202	1,17
4,5	0,203	1,17
4,5	0,198	1,17
10,5	0,73	1,63
4,5	0,51	1,59
6	0,205	1,14
4,5	0,67	1,92
5,5	0,205	1,22
6	0,271	1,71
4	0,203	1,16
6	0,264	1,37

4.2. Итоговый контроль.

Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен зачёт.