

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Теория вероятностей и математическая статистика

: 27.03.04

, :

: 2, : 3

| | | |
|-----------|---------|----------|
| | | |
| | | 3 |
| 1 | () | 5 |
| 2 | | 180 |
| 3 | , . | 116 |
| 4 | , . | 54 |
| 5 | , . | 54 |
| 6 | , . | 0 |
| 7 | , . | 0 |
| 8 | , . | 2 |
| 9 | , . | 6 |
| 10 | , . | 64 |
| 11 | (, ,) | |
| 12 | | |

(): 27.03.04

1171 20.10.2015 . , : 12.11.2015 .

: 1,

(): 27.03.04

, 7 20.06.2017

, 5 21.06.2017

:

,

:

,

:

.

1.

1.1

| | |
|---|---|
| Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; в части следующих результатов обучения: | |
| 5. | |
| 6. | |
| 7. | |
| 8. | |
| 1. | |
| 3. | |
| 4. | , |
| 5. | , |
| 6. | |
| 7. | , |
| 8. | , |

2.

2.1

| | | |
|--|---|--|
| | (| |
|--|---|--|

| | |
|--|-----|
| .1. 6 | |
| 1.знать способы прямого вычисления вероятностей и основные теоремы | ; ; |
| .1. 7 | |
| 2.знать законы распределения и числовые характеристики случайных величин и векторов | ; ; |
| .1. 8 | |
| 3.знать характеристики случайных процессов | ; ; |
| .1. 5 | |
| 4.знать основные понятия и методы теории вероятности и математической статистики | ; ; |
| .1. 1 | |
| 5.уметь использовать элементы математической логики для построения суждений и их доказательств | ; ; |
| .1. 6 | |
| 6.уметь оценивать параметры одномерных моделей методами моментов и максимального правдоподобия | ; ; |
| .1. 7 | |

| | | |
|--|---|---|
| 7.уметь анализировать зависимость между доверительной вероятностью, объемом выборки и шириной доверительного интервала | ; | ; |
| .1. 8 | | |
| 8.уметь применять модели и методы анализа, расчетов, оптимизации случайных информационных процессов в предметной области | ; | ; |
| .1. 3 | | |
| 9.уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач | ; | ; |
| .1. 4 | | |
| 10.уметь идентифицировать задачи теории вероятностей, выбирать и использовать адекватные методы статистического анализа | ; | ; |
| .1. 5 | | |
| 11.уметь осуществлять непараметрическое оценивание начальных и центральных моментов, коэффициентов эксцесса и асимметрии | ; | ; |

3.

3.1

| | | | |
|------------|---|---|------|
| | , | . | |
| : 3 | | | |
| : | | | |
| 1. | 0 | 3 | 4 |
| 2. | 0 | 3 | 1 |
| : | | | |
| 3. | 0 | 2 | 1 |
| : | | | |
| 4. | 0 | 2 | 1, 2 |
| : | | | |
| 5. | 0 | 6 | 2 |
| : | | | |

| | | | |
|-----|---|---|---------|
| 6. | 0 | 2 | 2 |
| : | | | |
| 7. | 0 | 4 | 1 |
| : | | | |
| 8. | 0 | 6 | 2 |
| : | | | |
| 9. | 0 | 3 | 2 |
| : | | | |
| 10. | 0 | 5 | 3 |
| : | | | |
| 11. | 0 | 4 | 3, 8, 9 |
| : | | | |
| 12. | 0 | 3 | 4 |
| : | | | |
| 13. | 0 | 4 | 6 |
| : | | | |
| 14. | 0 | 2 | 4, 7 |

| | | | | | |
|-----|---|---|---|---|-----|
| 15. | : | , | 0 | 3 | 2,4 |
| 16. | . | . | 0 | 2 | 2,4 |

3.2

| | | | | | |
|-----|---|---|---|---|--------|
| | , | . | | | |
| : 3 | | | | | |
| : | | | | | |
| 1. | . | . | 0 | 2 | 4,5 |
| 2. | . | . | 0 | 2 | 1,10 |
| : | | | | | |
| 3. | . | . | 0 | 3 | 1,10 |
| : | | | | | |
| 4. | . | . | 0 | 3 | 1,10,2 |
| : | | | | | |

| | | | | |
|--|---|---|-------|--|
| <p>5.</p> <p>.</p> <p>(</p> <p>).</p> <p>,</p> <p>.</p> <p>.</p> | 0 | 6 | 10, 2 | |
| : | | | | |
| <p>6.</p> <p>.</p> <p>.</p> <p>.</p> <p>,</p> <p>,</p> <p>.</p> | 0 | 2 | 10, 2 | |
| : | | | | |
| <p>7.</p> <p>.</p> <p>,</p> <p>.</p> | 0 | 4 | 1, 10 | |
| : | | | | |

| | | | | |
|-----|---|---|---------|--|
| 8. | 0 | 6 | 10, 2 | |
| : | | | | |
| 9. | 0 | 3 | 10, 2 | |
| : | | | | |
| 10. | 0 | 4 | 10, 3 | |
| : | | | | |
| 11. | 0 | 4 | 3, 8, 9 | |
| : | | | | |

| | | | | |
|---|--|--------------------------------------|----|---|
| 2 | | 1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | 28 | 0 |
| <p>... / - .., 2007. - 403, [1] .. :</p> | | | | |
| 3 | | 1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | 8 | 0 |
| <p>... : ... / - .., 2007. - 403, [1] .. :</p> | | | | |
| 4 | | 1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | 16 | 6 |
| <p>: ... [] : - / ... ; ... - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232342. - [2016]. -</p> | | | | |

5.

(.5.1).
5.1

| | |
|--|---|
| | - |
| | ; |
| | ; |

6.

(), - 15- ECTS.
. 6.1.

6.1

| | | |
|--|----|----|
| | | |
| : 3 | | |
| <i>Подготовка к занятиям:</i> Решение задач 2 балла за задачу | 19 | 54 |
| <i>Практические занятия:</i> Решение задач 2 балла за задачу | 0 | 54 |
| <i>РГЗ:</i> | 20 | 40 |
| <p>() " ... , [2016]. - [] :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232342. -</p> | | |
| <i>Экзамен:</i> | 0 | 40 |
| <p>() " ... , [2016]. - [] :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232342. -</p> | | |

| | | | |
|-----------|----|---|---|
| | | | |
| .1 | 5. | + | + |
| | 6. | + | + |
| | 7. | + | + |
| | 8. | | + |
| | 1. | | + |
| | 3. | + | + |
| | 4. | + | + |
| | 5. | + | + |
| | 6. | | + |
| | 7. | + | + |
| | 8. | + | + |

1

7.

1. Бородин А. Н. Элементарный курс теории вероятностей и математической статистики : учебное пособие для вузов по нематематическим специальностям / А. Н. Бородин. - СПб. [и др.], 2011. - 254 с. : табл.

2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. - М., 2007. - 478, [1] с. : ил.

3. Электронная библиотека «Юрайт» [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2017. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>. - Загл. с экрана.

1. Теория вероятностей. Примеры и задачи : учебное пособие / [М. Ю. Васильчик и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 118, IX с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164523

2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учебное пособие для вузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - М., 2007. - 490, [1] с. : ил.

1. eLIBRARY.RU (Научная электронная библиотека РФФИ) [Электронный ресурс]. – [Россия], 2000-2015. – Режим доступа: [http://\(www.elibrary.ru\)](http://(www.elibrary.ru)). – Загл. с экрана.

2. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

3. Теория вероятностей и ее применения [Электронный ресурс] : журнал / Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук. - 2017. - режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=9148. - Загл. с экрана.

4. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

5. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

6. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>

7. :

8.

8.1

1. Борисова И. В. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Борисова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232342. - Загл. с экрана.

2. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. - М., 2007. - 403, [1] с. : ил.

8.2

1 Windows

2 Office

9.

-

| | | |
|---|-----------------|----------|
| | | |
| 1 | (Internet) | Internet |

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теория вероятностей и математическая статистика приведена в Таблице 1.

Таблица 1

| Формируемые компетенции | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки) | Темы | Этапы оценки компетенций | |
|---|--|---|---|---|
| | | | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) |
| ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики | 35. знать основные понятия и методы теории вероятности и математической статистики | Испытания и события. Виды случайных событий. Алгебра событий. Действия над случайными событиями. Диаграммы Эйлера-Венна. Основные формулы комбинаторики. Правила суммы и произведения. Основные схемы. Понятия размещения, сочетания, перестановки | | Экзамен, вопросы 1-2 |
| | | Генеральная и выборочная совокупность. Виды отборов. Статистическое распределение выборки. Эмпирическая функция распределения. Полигон и гистограмма. Статистические оценки параметров распределения. Методы расчета сводных характеристик выборки. Равноотстоящие варианты. Сведение первоначальных вариант к равноотстоящим | РГЗ, разделы 1,2,4 | Экзамен, вопросы 46-48 |
| | | Ошибки первого и второго рода. Критерии согласия Пирсона, Колмогорова | РГЗ, раздел 3 | Экзамен, вопрос 52 |
| | | Проверка гипотез для нормальных генеральных совокупностей: сравнение двух дисперсий, сравнение исправленной выборочной дисперсии с гипотетической генеральной, сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной. | | Экзамен, вопросы 53-55 |
| | | Сравнение нескольких дисперсий нормальных генеральных совокупностей. Критерий Бартлетта. Критерий Кочрена. Сравнение двух вероятностей биномиальных распределений | | Экзамен, вопросы 56-58 |
| ОПК.1 | 36. знать способы прямого вычисления вероятностей и основные теоремы | Классическое определение вероятности события. Свойства вероятности. Частота события. Свойство статистической устойчивости. | РГЗ, раздел 1... | Экзамен, вопросы 3-8 |

| | | | | |
|-------|---|--|---------------|------------------------|
| | | <p>Статистическое определение вероятности. Геометрическое определение вероятности. Аксиоматическое определение вероятности. Свойства вероятностей. Вероятностное пространство</p> <p>Неравенство Чебышёва. Закон больших чисел в форме Чебышёва. Теорема Бернулли, теорема Пуассона</p> <p>Центральная предельная теорема.</p> <p>Условная вероятность. Вероятность произведения событий. Вероятность суммы событий. Независимые события. Вероятность появления хотя бы одного из независимых событий.</p> <p>Формула полной вероятности. Формула Байеса Формула Бернулли. Биномиальный закон распределения.</p> <p>Локальная и интегральная теоремы Лапласа. Функция Гаусса</p> | | |
| ОПК.1 | з7. знать законы распределения и числовые характеристики случайных величин и векторов | <p>Виды случайных величин. Закон распределения случайной величины. Математические операции над дискретными случайными величинами. Функция распределения и ее свойства (для дискретной и непрерывной случайной величины). Плотность распределения вероятностей непрерывной случайной величины, ее свойства и вероятностный смысл. Числовые характеристики случайных величин. Начальные и центральные моменты. Производящая функция.</p> | РГЗ, раздел 1 | Экзамен, вопросы 9-15 |
| | | <p>Закон распределения Пуассона. Простейший поток событий. Геометрический закон распределения. Распределение Паскаля</p> <p>Гипергеометрический, равномерный, нормальный, экспоненциальный закон распределения</p> | | Экзамен, вопросы 16-20 |
| | | <p>Формула Бернулли. Биномиальный закон распределения. Локальная и интегральная теоремы Лапласа. Функция Гаусса</p> | | Экзамен, вопросы 7-8 |
| | | <p>Системы случайных величин. Функция и плотность распределения двумерной случайной величины. Зависимость и независимость случайных величин. Условные</p> | | Экзамен, вопросы 24-31 |

| | | | | |
|-------|--|---|--|------------------------|
| | | <p>законы распределения для дискретного и непрерывного случая. Правило умножения плотностей распределения. Числовые характеристики двумерной случайной величины. Корреляционный момент. Свойства ковариации. Корреляционная матрица. Коэффициент корреляции. Двумерное нормальное распределение. Формула вероятности попадания в прямоугольник. Условное мат. ожидание. Функция регрессии. Коэффициент регрессии. Линейная регрессия.</p> | | |
| | | <p>Функция одного случайного аргумента и ее распределение. Распределение суммы случайных величин. Распределение хи квадрат, Стьюдента, Фишера-Снедекора.</p> | | Экзамен, вопросы 32-34 |
| | | <p>Проверка гипотез для нормальных генеральных совокупностей: сравнение двух дисперсий, сравнение исправленной выборочной дисперсии с гипотетической генеральной, сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной.</p> | | Экзамен, вопросы 53-55 |
| | | <p>Сравнение нескольких дисперсий нормальных генеральных совокупностей. Критерий Бартлетта. Критерий Кочрена. Сравнение двух вероятностей биномиальных распределений</p> | | Экзамен, вопросы 56-58 |
| ОПК.1 | 38. знать характеристики случайных процессов | <p>Случайные функции. Сечение случайной функции. Мат. ожидание и дисперсия. Корреляционная функция случайной функции и ее свойства. Взаимная корреляционная функция двух случайных функций. Характеристики суммы случайных функций. Стационарные и стационарно связанные случайные функции. Комплексные случайные величины, случайные функции и их числовые характеристики. Дискретный и непрерывный спектр стационарной случайной функции. Спектральная плотность. Передаточная функция и частотная характеристика линейной динамической системы</p> | | Экзамен, вопросы 35-45 |

| | | | | |
|-------|--|---|--------------------|------------------------|
| ОПК.1 | у1. уметь использовать элементы математической логики для построения суждений и их доказательств | Испытания и события. Виды случайных событий. Алгебра событий. Действия над случайными событиями. Диаграммы Эйлера-Венна. Основные формулы комбинаторики. Правила суммы и произведения. Основные схемы. Понятия размещения, сочетания, перестановки | | Экзамен, вопросы 1-2 |
| ОПК.1 | у3. уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач | Генеральная и выборочная совокупность. Виды отборов. Статистическое распределение выборки. Эмпирическая функция распределения. Полигон и гистограмма. Статистические оценки параметров распределения. Методы расчета сводных характеристик выборки. Равноотстоящие варианты. Сведение первоначальных вариантов к равноотстоящим | РГЗ, разделы 1,2,4 | Экзамен, вопросы 46-48 |
| | | Проверка гипотез для нормальных генеральных совокупностей: сравнение двух дисперсий, сравнение исправленной выборочной дисперсии с гипотетической генеральной, сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной. | | Экзамен, вопросы 53-55 |
| | | Сравнение нескольких дисперсий нормальных генеральных совокупностей. Критерий Бартлетта. Критерий Кочрена. Сравнение двух вероятностей биномиальных распределений | | Экзамен, вопросы 56-58 |
| | | Комплексные случайные величины, случайные функции и их числовые характеристики. Дискретный и непрерывный спектр стационарной случайной функции. Спектральная плотность. Передаточная функция и частотная характеристика линейной динамической системы | | Экзамен, вопросы 42-45 |
| ОПК.1 | у4. уметь идентифицировать задачи теории вероятностей, выбирать и использовать адекватные методы статистического анализа | Виды случайных величин. Закон распределения случайной величины. Математические операции над дискретными случайными величинами. Функция распределения и ее свойства (для дискретной и непрерывной случайной величины). Плотность распределения вероятностей непрерывной случайной величины, ее свойства и вероятностный смысл. | РГЗ, раздел 1 | Экзамен, вопросы 9-15 |

| | | | |
|--|---|--|------------------------|
| | <p>Числовые характеристики случайных величин. Начальные и центральные моменты. Производящая функция</p> | | |
| | <p>Закон распределения Пуассона. Простейший поток событий. Геометрический закон распределения. Распределение Паскаля Гипергеометрический, равномерный, нормальный, экспоненциальный закон распределения. Классическое определение вероятности события. Свойства вероятности. Частота события. Свойство статистической устойчивости. Статистическое определение вероятности. Геометрическое определение вероятности. Аксиоматическое определение вероятности. Свойства вероятностей. Вероятностное пространство Неравенство Чебышёва. Закон больших чисел в форме Чебышёва. Теорема Бернулли, теорема Пуассона Центральная предельная теорема.</p> | | Экзамен, вопросы 16-23 |
| | <p>Системы случайных величин. Функция и плотность распределения двумерной случайной величины. Зависимость и независимость случайных величин. Условные законы распределения для дискретного и непрерывного случая. Правило умножения плотностей распределения. Числовые характеристики двумерной случайной величины. Корреляционный момент. Свойства ковариации. Корреляционная матрица. Коэффициент корреляции. Двумерное нормальное распределение. Формула вероятности попадания в прямоугольник. Условное мат. ожидание. Функция регрессии. Коэффициент регрессии. Линейная регрессия.</p> | | Экзамен, вопросы 24-31 |
| | <p>Функция одного случайного аргумента и ее распределение. Распределение суммы случайных величин. Распределение хи квадрат, Стьюдента, Фишера-Снедекора.</p> | | Экзамен, вопросы 32-34 |
| | <p>Случайные функции. Сечение случайной функции. Мат. ожидание и дисперсия. Корреляционная функция случайной функции и ее</p> | | Экзамен, вопросы 35-41 |

| | | | | |
|-------|---|--|--------------------|------------------------|
| | | <p>свойства. Взаимная корреляционная функция двух случайных функций. Характеристики суммы случайных функций. Стационарные и стационарно связанные случайные функции.</p> <p>Условная вероятность. Вероятность произведения событий. Вероятность суммы событий. Независимые события. Вероятность появления хотя бы одного из независимых событий. Формула полной вероятности. Формула Байеса Формула Бернулли. Биномиальный закон распределения. Локальная и интегральная теоремы Лапласа. Функция Гаусса</p> | | Экзамен, вопросы 5-8 |
| ОПК.1 | у5. уметь осуществлять непараметрическое оценивание начальных и центральных моментов, коэффициентов эксцесса и асимметрии | <p>Генеральная и выборочная совокупность. Виды отборов. Статистическое распределение выборки. Эмпирическая функция распределения. Полигон и гистограмма. Статистические оценки параметров распределения. Методы расчета сводных характеристик выборки. Равноотстоящие варианты. Сведение первоначальных вариант к равноотстоящим</p> | РГЗ, разделы 1,2,4 | Экзамен, вопросы 46-48 |
| ОПК.1 | уб. уметь оценивать параметры одномерных моделей методами моментов и максимального правдоподобия | <p>Методы моментов и максимального правдоподобия для точечной оценки параметров распределения. Интервальные оценки. Доверительный интервал, доверительная вероятность. Доверительные интервалы для параметров нормального распределения. Оценка вероятности успеха при биномиальном распределении</p> | РГЗ, раздел 2 | Экзамен, вопросы 49-51 |
| ОПК.1 | у7. уметь анализировать зависимость между доверительной вероятностью, объемом выборки и шириной доверительного интервала | <p>Сравнение нескольких дисперсий нормальных генеральных совокупностей. Критерий Бартлетта. Критерий Кочрена. Сравнение двух вероятностей биномиальных распределений</p> | | Экзамен, вопросы 56-58 |
| | | <p>Ошибки первого и второго рода. Критерии согласия Пирсона, Колмогорова.</p> | РГЗ, раздел 3 | Экзамен, вопрос 52 |
| | | <p>Проверка гипотез для нормальных генеральных совокупностей: сравнение двух дисперсий, сравнение исправленной выборочной дисперсии с гипотетической генеральной, сравнение</p> | | Экзамен, вопросы 53-55 |

| | | | | |
|-------|--|---|---------------|------------------------|
| | | выборочной средней с гипотетической генеральной. | | |
| ОПК.1 | у8. уметь применять модели и методы анализа, расчетов, оптимизации случайных информационных процессов в предметной области | Комплексные случайные величины, случайные функции и их числовые характеристики. Дискретный и непрерывный спектр стационарной случайной функции. Спектральная плотность. Передаточная функция и частотная характеристика линейной динамической системы | | Экзамен, вопросы 42-45 |
| | | Ошибки первого и второго рода. Критерии согласия Пирсона, Колмогорова. | РГЗ, раздел 3 | Экзамен, вопрос 52 |
| | | Проверка гипотез для нормальных генеральных совокупностей: сравнение двух дисперсий, сравнение исправленной выборочной дисперсии с гипотетической генеральной, сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной. | | Экзамен, вопросы 53-55 |

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Форма билета для экзамена и список вопросов приведены в Паспорте экзамена.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в Паспорте РГЗ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

Таблица соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS:

Таблица 2

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-----------|-------|------|
| Диапазон баллов рейтинга | 98-100 | 93-97 | 90-92 | 87-89 | 83-86 | 80-82 | 77-79 | 73-76 | 70-72 | 67-69 | 63-66 | 60-62 | 50-59 | 25-49 | 0-24 |
| Оценка ECTS98 | A+ | A | A- | B+ | B | B- | C+ | C | C- | D+ | D | D- | E | FX | F |
| Традиционная (4-уровневая) шкала оценки | отлично | | | хорошо | | | удовлетворительно | | | | неудовлетворительно | | | | |
| | зачтено | | | | | | | | | | | | незачтено | | |

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ОПК.1, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

3. Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены

или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика», 3 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и две задачи. Задания в билет выбираются из разных дидактических единиц. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.
3. Задача. 1
4. Задача 2

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, при решении задач допускает принципиальные ошибки. Оценка составляет 0-19 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается **на пороговом уровне**, если студент знает основные понятия, законы и методы дисциплины, при решении задачи допускает неприципиальные ошибки, допускает погрешности в ответах. Оценка составляет 20-25 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается **на базовом уровне**, если студент знает основные понятия, законы и методы дисциплины, умеет оценивать характеристики случайных величин, способен самостоятельно выбрать и обосновать метод решения задачи. Оценка составляет 26-35 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается **на продвинутом уровне**, если студент знает основные понятия, законы и методы дисциплины, умеет оценивать характеристики случайных величин, способен самостоятельно выбрать и обосновать метод решения задачи, дает развернутые ответы на вопросы. Оценка составляет 36-40 баллов.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 20 баллов из 40 возможных.

В общей оценке по дисциплине баллы за экзамен суммируются с остальными баллами с коэффициентом 1.

Таблица соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS приведена в Фонде оценочных средств по дисциплине.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика»

ДЕ 1

1. Испытания и события. Виды случайных событий. Алгебра событий (по Колмогорову). Действия над случайными событиями. Диаграммы Эйлера-Венна.
2. Основные формулы комбинаторики. Правила суммы и произведения. Основные схемы: с возвращением, без возвращения. Понятия размещения, сочетания, перестановки.
3. Классическое определение вероятности события. Свойства вероятности. Частота события. Свойство статистической устойчивости. Статистическое определение вероятности. Геометрическое определение вероятности.
4. Аксиоматическое определение вероятности. Свойства вероятностей. Вероятностное пространство.

ДЕ 2

5. Условная вероятность. Вероятность произведения событий. Вероятность суммы событий. Независимые события. Независимость попарная и в совокупности. Вероятность появления хотя бы одного из независимых событий
6. Формула полной вероятности. Формула Байеса.

ДЕ 3

7. Формула Бернулли. Биномиальный закон распределения
8. Локальная и интегральная теоремы Лапласа. Функция Гаусса

ДЕ 4

9. Виды случайных величин. Закон распределения случайной величины. Математические операции над дискретными случайными величинами. Произведение независимых дискретных случайных величин
10. Функция распределения и ее свойства (для дискретной и непрерывной случайной величины).
11. Плотность распределения вероятностей непрерывной случайной величины, ее свойства и вероятностный смысл.
12. Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание и его свойства. Мода случайной величины.
13. Дисперсия и ее свойства. Среднее квадратическое отклонение.
14. Начальные и центральные моменты. Коэффициенты асимметрии и эксцесса. Квантили, медиана.
15. Производящая функция (случай целочисленных случайных величин).

ДЕ 5

16. Закон распределения Пуассона. Простейший поток событий
17. Геометрический закон распределения. Распределение Паскаля
18. Гипергеометрический закон распределения. Равномерный закон распределения.
19. Нормальный закон распределения.
20. Экспоненциальный закон распределения.

ДЕ 6

21. Неравенство Чебышёва. Закон больших чисел в форме Чебышёва.
22. Теорема Бернулли, теорема Пуассона
23. Центральная предельная теорема. Теорема Муавра-Лапласа как следствие центральной предельной теоремы

ДЕ 7

24. Системы случайных величин. Функция распределения двумерной случайной величины и ее свойства.

25. Плотность распределения вероятностей двумерной случайной величины и ее свойства.
 26. Зависимость и независимость случайных величин.
 27. Условные законы распределения для дискретного и непрерывного случая. Правило умножения плотностей распределения.
 28. Числовые характеристики двумерной случайной величины. Математическое ожидание и дисперсия.
 29. Корреляционный момент. Свойства ковариации. Корреляционная матрица. Коэффициент корреляции.
 30. Двумерное нормальное распределение. Формула вероятности попадания в прямоугольник.
 31. Условное мат. ожидание. Функция регрессии. Коэффициент регрессии. Линейная регрессия.
- ДЕ 8
32. Функция одного случайного аргумента и ее распределение
 33. Распределение суммы случайных величин
 34. Распределение хи квадрат
- ДЕ 9
35. Случайные функции. Сечение случайной функции. Мат. ожидание и дисперсия.
 36. Корреляционная функция случайной функции и ее свойства
 37. Взаимная корреляционная функция двух случайных функций
 38. Характеристики суммы случайных функций
 39. Стационарные и стационарно связанные случайные функции
 40. Производная случайной функции и ее характеристики
 41. Интеграл от случайной функции и его характеристики
- ДЕ 10
42. Комплексные случайные величины, случайные функции и их числовые характеристики
 43. Дискретный спектр стационарной случайной функции
 44. Непрерывный спектр стационарной случайной функции. Спектральная плотность
 45. Передаточная функция и частотная характеристика линейной динамической системы
- ДЕ 11
46. Генеральная и выборочная совокупность. Виды отборов. Статистическое распределение выборки. Эмпирическая функция распределения. Полигон и гистограмма
 47. Статистические оценки параметров распределения. Генеральная и выборочная средние, групповая и общая средние, отклонение от общей средней.
 48. Статистические оценки параметров распределения. Генеральная и выборочная дисперсии, групповая, внутригрупповая, межгрупповая и общая дисперсии. Исправленная дисперсия
- ДЕ 12
49. Метод моментов для точечной оценки параметров распределения
 50. Метод максимального правдоподобия для точечной оценки параметров распределения
 51. Интервальные оценки. Доверительный интервал, доверительная вероятность. Доверительные интервалы для параметров нормального распределения
- ДЕ 13
52. Критерий согласия хи-квадрат Пирсона
 53. Сравнение двух дисперсий нормальных генеральных совокупностей
 54. Сравнение исправленной выборочной дисперсии с гипотетической генеральной дисперсией нормальной совокупности
 55. Сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной средней нормальной совокупности
 56. Сравнение нескольких дисперсий нормальных генеральных совокупностей по выборкам различного объема. Критерий Бартлетта
 57. Сравнение нескольких дисперсий нормальных генеральных совокупностей по выборкам одинакового объема. Критерий Кочрена
 58. Сравнение двух вероятностей биномиальных распределений

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика», 3 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты по заданным измерениям признака должны найти оценки параметров распределения и проверить гипотезу о виде распределения с заданным уровнем значимости.

РГЗ оформляется на листах формата А4, текст с одной стороны, поля – левое 3 см, верхнее, нижнее – 2 см, правое – 1,5 см. Обязательно заполнение титульного листа, условия задачи переписываются перед решением.

Оцениваемые позиции:

- правильность решения;
- выбранный метод расчета и его параметры;
- анализ полученных результатов;
- аккуратность оформления;
- ответы на вопросы при защите РГЗ.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все задания. Оценка составляет 0-19 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если все задания выполнены, но допущены погрешности в расчетах или выборе параметров метода (число интервалов). При защите РГЗ допущены погрешности в ответах. Оценка составляет 20-25 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если все задания выполнены, построены графики, но не обоснован выбор параметров метода расчета или нет анализа полученных результатов. При защите РГЗ даны верные ответы. Оценка составляет 26-35 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задания выполнены, обоснован выбор параметров метода расчета, проведено сравнение результатов, построены графики, отчет аккуратно оформлен. При защите РГЗ даны верные развернутые ответы. Оценка составляет 36-40 баллов.

3. Шкала оценки

Баллы, полученные за выполнение и защиту РГЗ, входят в общую оценку по дисциплине путем суммирования с остальными баллами с коэффициентом 1.

Таблица соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS приведена в Фонде оценочных средств по дисциплине.

4. Типовое задание

Точечная и интервальная оценка параметров распределения, проверка гипотезы о виде
распределения

В результате эксперимента для 400 измерений признака получено следующее распределение. Предполагается, что исследуемый признак имеет нормальное

распределение с неизвестными параметрами.

1. Найти точечные оценки математического ожидания и среднего квадратического отклонения по выборке

2. Найти интервальные оценки математического ожидания и среднего квадратического отклонения с надежностью оценок 0,95

3. С помощью критерия согласия χ^2 проверить гипотезу о нормальном распределении, уровень значимости взять 0,05.

4. Построить по выборочным данным полигон наблюдаемых частот и кривую теоретического распределения с найденными параметрами.

5. Варианты заданий

| | вариант 1 | вариант 2 | вариант 3 | вариант 4 | вариант 5 |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| x_i | n_i | n_i | n_i | n_i | n_i |
| 1 | 1,30 | 0,36 | 1,17 | 3,91 | 1,05 |
| 3 | 1,40 | 0,70 | 1,61 | 4,49 | 1,58 |
| 6,5 | 2,26 | 1,21 | 1,84 | 5,62 | 2,26 |
| 8,5 | 2,57 | 1,54 | 2,36 | 6,34 | 2,61 |
| 12 | 3,65 | 2,68 | 3,62 | 7,70 | 3,76 |
| 14 | 4,39 | 3,47 | 4,15 | 8,53 | 4,39 |
| 17,5 | 5,92 | 5,41 | 6,03 | 10,05 | 5,86 |
| 19,5 | 6,93 | 7,06 | 7,15 | 10,94 | 7,16 |
| 23 | 8,91 | 10,13 | 8,75 | 12,49 | 9,13 |
| 25 | 10,15 | 11,90 | 10,13 | 13,36 | 9,95 |
| 28,5 | 12,44 | 16,11 | 12,46 | 14,80 | 12,64 |
| 30,5 | 13,78 | 18,49 | 13,58 | 15,55 | 14,00 |
| 34 | 16,09 | 22,49 | 15,95 | 16,70 | 16,28 |
| 36 | 17,35 | 24,29 | 17,57 | 17,25 | 17,11 |
| 39,5 | 19,31 | 27,25 | 19,59 | 17,96 | 19,14 |
| 41,5 | 20,25 | 28,32 | 20,13 | 18,22 | 20,02 |
| 45 | 21,48 | 29,40 | 21,38 | 18,40 | 21,68 |
| 47 | 21,92 | 29,09 | 21,98 | 18,34 | 22,05 |
| 50,5 | 22,16 | 27,26 | 22,24 | 17,96 | 21,99 |
| 52,5 | 21,99 | 25,83 | 22,05 | 17,59 | 22,00 |
| 56 | 21,19 | 22,33 | 21,41 | 16,70 | 21,12 |
| 58 | 20,46 | 20,03 | 20,37 | 16,07 | 20,34 |
| 61,5 | 18,79 | 16,03 | 18,89 | 14,80 | 18,85 |
| 63,5 | 17,65 | 13,64 | 17,57 | 13,99 | 17,58 |
| 67 | 15,44 | 10,01 | 15,61 | 12,49 | 15,47 |
| 69 | 14,11 | 8,04 | 14,17 | 11,61 | 13,96 |
| 72,5 | 11,77 | 5,33 | 11,74 | 10,05 | 11,58 |
| 74,5 | 10,47 | 4,30 | 10,67 | 9,17 | 10,55 |
| 78 | 8,32 | 2,68 | 8,48 | 7,70 | 8,43 |
| 80 | 7,20 | 1,79 | 7,08 | 6,91 | 6,99 |
| 83,5 | 5,45 | 1,25 | 5,48 | 5,62 | 5,69 |
| 85,5 | 4,59 | 0,78 | 4,82 | 4,95 | 4,60 |
| 89 | 3,31 | 0,33 | 3,32 | 3,91 | 3,21 |
| 91 | 2,71 | 0,25 | 2,72 | 3,39 | 2,68 |
| 94,5 | 1,86 | 0,01 | 1,73 | 2,59 | 1,66 |
| 96,5 | 1,49 | 0,02 | 1,41 | 2,20 | 1,41 |
| 100 | 0,97 | 0,18 | 0,81 | 1,64 | 1,19 |

| | вариант 6 | вариант 7 | вариант 8 | вариант 9 | вариант 10 |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| x_i | n_i | n_i | n_i | n_i | n_i |
| 1 | 0,40 | 1,42 | 3,85 | 1,05 | 3,79 |
| 3 | 0,58 | 1,06 | 4,66 | 1,36 | 4,83 |

| | вариант 6 | вариант 7 | вариант 8 | вариант 9 | вариант 10 |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 6,5 | 1,09 | 1,90 | 5,79 | 2,14 | 5,96 |
| 8,5 | 1,52 | 2,49 | 6,37 | 2,77 | 6,39 |
| 12 | 2,60 | 3,36 | 7,80 | 3,61 | 7,91 |
| 14 | 3,46 | 4,85 | 8,52 | 4,27 | 8,51 |
| 17,5 | 5,46 | 6,40 | 9,97 | 5,88 | 9,89 |
| 19,5 | 6,91 | 6,52 | 11,15 | 6,83 | 11,37 |
| 23 | 9,99 | 8,71 | 12,70 | 8,89 | 12,90 |
| 25 | 12,04 | 10,40 | 13,15 | 10,24 | 12,93 |
| 28,5 | 16,00 | 12,52 | 14,98 | 12,45 | 15,16 |
| 30,5 | 18,36 | 13,70 | 15,75 | 13,68 | 15,95 |
| 34 | 22,38 | 16,07 | 16,88 | 16,14 | 17,05 |
| 36 | 24,47 | 16,86 | 17,00 | 17,55 | 16,75 |
| 39,5 | 27,39 | 19,75 | 17,78 | 19,37 | 17,59 |
| 41,5 | 28,50 | 20,05 | 17,98 | 20,29 | 17,73 |
| 45 | 29,29 | 21,27 | 18,59 | 21,45 | 18,78 |
| 47 | 29,03 | 21,44 | 18,46 | 21,95 | 18,59 |
| 50,5 | 27,39 | 22,57 | 17,79 | 21,95 | 17,62 |
| 52,5 | 25,85 | 21,72 | 17,59 | 22,07 | 17,59 |
| 56 | 22,34 | 20,80 | 16,63 | 21,00 | 16,56 |
| 58 | 20,12 | 20,59 | 15,94 | 20,52 | 15,81 |
| 61,5 | 16,00 | 18,63 | 14,85 | 18,84 | 14,90 |
| 63,5 | 13,69 | 17,98 | 13,92 | 17,65 | 13,85 |
| 67 | 9,99 | 14,96 | 12,51 | 15,28 | 12,53 |
| 69 | 8,14 | 14,51 | 11,45 | 14,22 | 11,29 |
| 72,5 | 5,46 | 11,66 | 9,85 | 11,96 | 9,65 |
| 74,5 | 4,24 | 10,04 | 9,25 | 10,71 | 9,34 |
| 78 | 2,60 | 8,28 | 7,81 | 8,55 | 7,91 |
| 80 | 1,93 | 7,65 | 6,70 | 7,36 | 6,49 |
| 83,5 | 1,09 | 5,00 | 5,85 | 5,46 | 6,08 |
| 85,5 | 0,77 | 4,97 | 4,96 | 4,40 | 4,97 |
| 89 | 0,40 | 3,74 | 3,81 | 3,23 | 3,70 |
| 91 | 0,27 | 3,10 | 3,35 | 2,88 | 3,32 |
| 94,5 | 0,13 | 1,70 | 2,38 | 1,80 | 2,17 |
| 96,5 | 0,08 | 1,92 | 2,13 | 1,42 | 2,08 |
| 100 | 0,04 | 1,41 | 1,85 | 0,78 | 2,06 |

| x_i | вариант 11 n_i | вариант 12 n_i | вариант 13 n_i | вариант 14 n_i | вариант 15 n_i |
|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 3,92 | 4,03 | 3,96 | 1,78 | 1,83 |
| 4,5 | 4,96 | 5,40 | 5,08 | 2,39 | 2,51 |
| 6,5 | 5,63 | 5,96 | 5,71 | 2,80 | 2,88 |
| 10 | 6,92 | 6,93 | 6,76 | 3,64 | 3,48 |
| 12 | 7,71 | 7,73 | 7,55 | 4,19 | 4,03 |
| 15,5 | 9,19 | 9,39 | 9,29 | 5,27 | 5,38 |
| 17,5 | 10,06 | 9,52 | 10,11 | 5,96 | 6,02 |
| 21 | 11,62 | 11,64 | 11,52 | 7,29 | 7,19 |
| 23 | 12,51 | 12,47 | 12,64 | 8,10 | 8,23 |
| 26,5 | 14,02 | 13,40 | 13,77 | 9,59 | 9,36 |
| 28,5 | 14,82 | 14,79 | 14,96 | 10,48 | 10,62 |
| 32 | 16,10 | 15,90 | 16,24 | 12,03 | 12,18 |
| 34 | 16,73 | 16,72 | 16,65 | 12,91 | 12,84 |
| 37,5 | 17,62 | 17,53 | 17,69 | 14,38 | 14,45 |
| 39,5 | 17,99 | 18,21 | 18,01 | 15,16 | 15,19 |
| 43 | 18,37 | 17,97 | 18,26 | 16,37 | 16,26 |
| 45 | 18,43 | 18,56 | 18,20 | 16,96 | 16,73 |

| | вариант 11 | вариант 12 | вариант 13 | вариант 14 | вариант 15 |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 48,5 | 18,25 | 18,13 | 18,16 | 17,76 | 17,68 |
| 50,5 | 17,99 | 17,51 | 18,19 | 18,08 | 18,28 |
| 54 | 17,27 | 17,35 | 17,40 | 18,36 | 18,49 |
| 56 | 16,73 | 16,62 | 16,75 | 18,36 | 18,38 |
| 59,5 | 15,58 | 15,41 | 15,56 | 18,08 | 18,06 |
| 61,5 | 14,82 | 15,17 | 14,64 | 17,76 | 17,57 |
| 65 | 13,38 | 13,57 | 13,27 | 16,96 | 16,84 |
| 67 | 12,51 | 12,58 | 12,58 | 16,37 | 16,43 |
| 70,5 | 10,95 | 11,31 | 11,08 | 15,16 | 15,28 |
| 72,5 | 10,06 | 9,97 | 10,12 | 14,37 | 14,43 |
| 76 | 8,54 | 8,90 | 8,71 | 12,90 | 13,07 |
| 78 | 7,71 | 7,27 | 7,72 | 12,03 | 12,03 |
| 81,5 | 6,35 | 6,31 | 6,24 | 10,47 | 10,36 |
| 83,5 | 5,63 | 5,94 | 5,38 | 9,59 | 9,34 |
| 87 | 4,49 | 4,41 | 4,29 | 8,10 | 7,89 |
| 89 | 3,92 | 4,13 | 3,96 | 7,29 | 7,32 |
| 92,5 | 3,03 | 3,48 | 3,11 | 5,96 | 6,04 |
| 94,5 | 2,60 | 2,14 | 2,71 | 5,27 | 5,38 |
| 98 | 1,95 | 2,17 | 1,90 | 4,19 | 4,15 |
| 100 | 1,64 | 1,48 | 1,83 | 3,64 | 3,80 |

| | вариант 16 | вариант 17 | вариант 18 | вариант 19 | вариант 20 |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| x_i | n_i | n_i | n_i | n_i | n_i |
| 1 | 1,78 | 1,83 | 1,78 | 7,05 | 7,04 |
| 3,5 | 2,20 | 2,32 | 1,98 | 7,83 | 7,61 |
| 6,5 | 2,80 | 2,88 | 2,95 | 8,80 | 8,95 |
| 9 | 3,38 | 3,23 | 3,60 | 9,63 | 9,84 |
| 12 | 4,19 | 4,03 | 3,95 | 10,62 | 10,38 |
| 14,5 | 4,95 | 5,06 | 4,84 | 11,44 | 11,33 |
| 17,5 | 5,97 | 6,02 | 6,02 | 12,39 | 12,44 |
| 20 | 6,90 | 6,80 | 6,66 | 13,15 | 12,90 |
| 23 | 8,10 | 8,24 | 8,11 | 13,98 | 13,98 |
| 25,5 | 9,16 | 8,93 | 9,01 | 14,61 | 14,45 |
| 28,5 | 10,48 | 10,63 | 10,66 | 15,25 | 15,43 |
| 31 | 11,60 | 11,75 | 11,77 | 15,69 | 15,86 |
| 34 | 12,92 | 12,85 | 13,04 | 16,09 | 16,21 |
| 36,5 | 13,98 | 14,06 | 13,96 | 16,31 | 16,28 |
| 39,5 | 15,17 | 15,20 | 15,29 | 16,42 | 16,53 |
| 42 | 16,06 | 15,95 | 15,96 | 16,38 | 16,28 |
| 45 | 16,97 | 16,74 | 16,96 | 16,19 | 16,18 |
| 47,5 | 17,58 | 17,49 | 17,81 | 15,91 | 16,14 |
| 50,5 | 18,09 | 18,30 | 17,91 | 15,44 | 15,26 |
| 53 | 18,33 | 18,46 | 18,31 | 14,95 | 14,93 |
| 56 | 18,37 | 18,39 | 18,51 | 14,24 | 14,38 |
| 58,5 | 18,21 | 18,19 | 18,14 | 13,57 | 13,51 |
| 61,5 | 17,77 | 17,58 | 17,85 | 12,70 | 12,78 |
| 64 | 17,23 | 17,11 | 17,12 | 11,92 | 11,81 |
| 67 | 16,39 | 16,44 | 16,61 | 10,95 | 11,17 |
| 69,5 | 15,54 | 15,66 | 15,59 | 10,12 | 10,18 |
| 72,5 | 14,39 | 14,44 | 14,21 | 9,13 | 8,95 |
| 75 | 13,35 | 13,51 | 13,41 | 8,31 | 8,37 |
| 78 | 12,04 | 12,04 | 11,80 | 7,36 | 7,12 |
| 80,5 | 10,93 | 10,81 | 11,07 | 6,60 | 6,74 |
| 83,5 | 9,61 | 9,34 | 9,39 | 5,74 | 5,53 |
| 86 | 8,53 | 8,31 | 8,74 | 5,07 | 5,29 |

| | вариант 16 | вариант 17 | вариант 18 | вариант 19 | вариант 20 |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 89 | 7,30 | 7,33 | 7,50 | 4,33 | 4,54 |
| 91,5 | 6,33 | 6,41 | 6,39 | 3,76 | 3,82 |
| 94,5 | 5,28 | 5,39 | 5,32 | 3,15 | 3,20 |
| 97 | 4,48 | 4,44 | 4,35 | 2,70 | 2,57 |
| 100 | 3,64 | 3,84 | 3,43 | 2,22 | 2,02 |

| x_i | вариант 21 n_i | вариант 22 n_i | вариант 23 n_i | вариант 24 n_i | вариант 25 n_i |
|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 7,03 | 7,15 | 6,92 | 6,95 | 6,67 |
| 3,5 | 7,38 | 7,36 | 8,26 | 7,84 | 8,22 |
| 6,5 | 9,10 | 8,52 | 8,86 | 8,71 | 8,92 |
| 9 | 10,05 | 9,94 | 9,46 | 9,59 | 9,38 |
| 12 | 10,14 | 10,76 | 10,95 | 10,97 | 10,56 |
| 14,5 | 11,22 | 11,38 | 11,93 | 11,90 | 11,14 |
| 17,5 | 12,48 | 12,36 | 12,19 | 12,87 | 12,32 |
| 20 | 12,66 | 13,23 | 12,77 | 12,78 | 13,49 |
| 23 | 13,98 | 14,19 | 13,79 | 13,79 | 14,11 |
| 25,5 | 14,30 | 14,12 | 14,87 | 14,71 | 14,47 |
| 28,5 | 15,61 | 15,49 | 15,53 | 15,08 | 14,84 |
| 31 | 16,03 | 15,86 | 15,45 | 15,81 | 15,58 |
| 34 | 16,33 | 16,38 | 16,30 | 16,45 | 15,85 |
| 36,5 | 16,26 | 16,05 | 16,85 | 16,38 | 16,50 |
| 39,5 | 16,64 | 16,72 | 16,71 | 16,06 | 16,73 |
| 42 | 16,18 | 16,27 | 16,29 | 16,32 | 16,17 |
| 45 | 16,16 | 16,29 | 16,28 | 16,18 | 15,85 |
| 47,5 | 16,38 | 15,71 | 15,78 | 15,92 | 15,78 |
| 50,5 | 15,08 | 15,49 | 15,12 | 15,92 | 15,79 |
| 53 | 14,91 | 14,43 | 15,40 | 15,46 | 15,04 |
| 56 | 14,52 | 14,48 | 13,95 | 14,36 | 14,63 |
| 58,5 | 13,44 | 13,81 | 13,22 | 13,43 | 13,17 |
| 61,5 | 12,85 | 13,01 | 12,73 | 12,68 | 12,90 |
| 64 | 11,71 | 12,03 | 11,82 | 11,93 | 11,99 |
| 67 | 11,39 | 10,80 | 10,66 | 10,54 | 11,07 |
| 69,5 | 10,24 | 9,73 | 10,48 | 9,78 | 10,20 |
| 72,5 | 8,78 | 9,04 | 8,77 | 9,31 | 8,83 |
| 75 | 8,43 | 8,00 | 8,21 | 8,49 | 8,10 |
| 78 | 6,87 | 7,46 | 7,37 | 7,10 | 7,32 |
| 80,5 | 6,88 | 6,59 | 6,49 | 6,33 | 6,91 |
| 83,5 | 5,32 | 5,86 | 5,50 | 5,38 | 5,71 |
| 86 | 5,51 | 5,43 | 4,70 | 5,26 | 5,31 |
| 89 | 4,75 | 4,42 | 4,52 | 3,92 | 4,46 |
| 91,5 | 3,88 | 3,29 | 3,69 | 3,73 | 3,69 |
| 94,5 | 3,24 | 3,59 | 3,18 | 3,15 | 3,09 |
| 97 | 2,44 | 3,01 | 2,55 | 2,56 | 2,81 |
| 100 | 1,83 | 1,75 | 2,45 | 2,36 | 2,40 |

Составитель _____ И.В. Борисова

(подпись)

« _____ » 20 ____ г.