

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

«16 мая» 2016 г.

Программа аспирантуры

Направление: 14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии

Направленность (специальность): 05.07.10 Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Методы статистической обработки результатов экспериментальных исследований
(спецглавы)»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.2

Всего: 108 часов

Семестр 1 - 108 часов, в том числе: 6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 879, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.07.10. Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение методов обработки и анализа результатов экспериментальных исследований, форм и способов представления и оформления результатов научных исследований.

Задачи дисциплины

Задачами дисциплины являются:

- освоение направлений и особенностей исследований в области техники;
- освоение основных этапов проведения исследований;
- изучение методов организации и проведения экспериментальных исследований;
- изучение методов обработки, анализа и представления результатов экспериментов;
- изучение методов автоматизации экспериментальных исследований.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- владение научно обоснованной методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке и использованию современных методов научного исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3);
- владение современными методами исследований в области аэрокосмической деятельности (ПК-1);
- владение современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-2).

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- современные методы теоретических и экспериментальных исследований в профессиональной области деятельности с целью эффективного анализа их результатов, построения вероятностно-статистических моделей (ОПК-1);

- современные методы научного исследования с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий, вероятностно-статистических комплексов, метода конечного элемента (ОПК-2);

уметь:

- анализировать и оценивать современные научные достижения при решении исследовательских и практических задач (УК-1);
- проектировать и осуществлять комплексные исследования на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- разрабатывать и использовать современные методы научного исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3);

владеть:

- современными методами исследований процессов, объектов и систем авиационной и ракетно-космической техники (ПК-1);
- современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-2);
- современными методами научного исследования и их применением в самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3).

3. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение. Задачи статистической обработки, анализа и интерпретации данных. Понятие вероятности. Вероятность независимых и зависимых событий. Задачи статистического анализа. Выборочный метод.
2. Непараметрические оценки опытных данных. Законы распределения вероятностей. Оценки выборочного среднего, среднего квадратичного отклонения, дисперсии, коэффициента вариации, квантилей. Другие непараметрические оценки случайной величины и их применение в технических задачах. Нормальный, логарифмически нормальный и Вейбулла-Гнеденко законы распределения. Функции распределения, плотности распределения. Физические модели законов распределения.
3. Точечное оценивание параметров распределений. Оценка параметров непрерывных законов распределения методом максимального правдоподобия. Примеры решения задач. Оценка параметров непрерывных законов распределения методом наименьших квадратов. Примеры решения задач.
4. Доверительное оценивание квантилей распределения, средних и дисперсий в параметрическом и непараметрическом случаях. Методика доверительного оценивания параметров распределений.
5. Планирование испытаний. Определение объема испытаний с целью достижения требуемой точности оценки квантилей, среднего и дисперсии. Объемы испытаний при определении средних, дисперсий и квантилей распределения.
6. Критерии проверки статистических гипотез. Критерии для отбрасывания аномальных результатов наблюдений. Критерий Смирнова, Граббса.
7. Критерии сравнения выборочных средних и дисперсий. Критерии Стьюдента и Фишера.
8. Критерии сравнения ряда средних. Однофакторный дисперсионный анализ. Критерии сравнения ряда дисперсий. Критерии Бартлета, Кочрена.
9. Непараметрические критерии. Критерии согласия. Критерии нормальности.
10. Аппроксимация результатов наблюдений. Метод наименьших квадратов. Метод «вверх-вниз». Аппроксимация регрессионных зависимостей обобщенным методом наименьших квадратов. Метод «вверх-вниз».
11. Представление результатов в виде отчетов, докладов, презентаций, научных публикаций, анализ состояния проблемы по литературным данным (литературный обзор).

Правила оформления научных отчетов, презентаций, докладов, публикаций. Диаграммы и графики в Excel, Mathcad и других средах.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 1 семестр – зачет с оценкой.

Контрольная работа №1. Тема – Непараметрические методы обработки результатов испытаний. Вычисление выборочных средних, дисперсий, коэффициентов вариации. Оценка параметров распределения вероятностей.

Контрольная работа №2. Тема – Доверительное оценивание параметров распределений.

Содержание оценочных средств:

Контрольная работа №1

Тема: Непараметрические методы обработки результатов испытаний. Вычисление выборочных средних, дисперсий, коэффициентов вариации. Оценка параметров распределения вероятностей.

Вариант 1:

Для заданных выборочных значений случайной величины логарифма долговечности: 5,70; 5,95; 6,07; 6,35; 6,78 вычислить оценки среднего, дисперсии, среднего квадратичного отклонения, коэффициента вариации и построить график функции нормального распределения.

Контрольная работа №2

Тема: Доверительное оценивание параметров распределений.

Вариант 1:

Для заданных выборочных значений случайной величины логарифма долговечности: 5,70; 5,95; 6,07; 6,35; 6,78 вычислить оценки среднего, дисперсии, среднего квадратичного отклонения, определить доверительные интервалы для указанных параметров, а также произвести оценки квантилей распределения и построить доверительные интервалы для них.

5. Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Определить верхнюю и нижнюю доверительные границы квантиля уровня $P = 0,01$ случайной величины с доверительной вероятностью $\beta = 0,95$ на основе нормального закона распределения, если измерены следующие значения: 6,57, 6,83, 6,99, 7,05, 7,12, 7,33, 7,45.
2. Проверить по критерию Смирнова принадлежность первого члена вариационного ряда в выборке из нормального закона распределения общей генеральной совокупности: 4,12, 4,99, 5,12, 5,32, 5,55, 5,76, 5,87, 5,98, 6,03, 6,10
3. Для линейной модели вида:

$$y = a + b \cdot \sin x + c \cdot e^x$$

определить методом наименьших квадратов параметры модели, если наблюдения y составляют: 12,1, 12,3, 12,5, 12,6, 12,8 при значениях факторов x : 100, 120, 140, 150, 170. Значения весовой функции принять равной единице.

4. Проверить по критерию Смирнова принадлежность последнего члена вариационного ряда в выборке из нормального закона распределения общей генеральной совокупности: 4.99, 5.12, 5.32, 5.55, 5.76, 5.87, 5.98, 6.03, 6.10, 7.05.

6. Определить верхнюю и нижнюю доверительные границы квантиля уровня $P = 0,05$ с доверительной вероятностью $\beta = 0,9$ на основе нормального закона распределения, если измерены следующие значения: 4.37, 4.53, 4.79, 5.05, 5.12.

7. Проверить по критерию Фишера гипотезу о равенстве дисперсий двух нормальных генеральных совокупностей:

220, 223, 234, 245, 257 (МПа);
234, 246, 259, 262, 278, 280, 285, 290 (МПа).

8. Для линейной модели вида:

$$y = a + b \cdot x^3 + c \cdot \ln x$$

определить методом наименьших квадратов параметры модели, если наблюдения y составляют: 7.1, 7.4, 7.5, 7.6, 7.9 при значениях факторов x : 50, 30, 25, 20, 17. Значения весовой функции принять равной единице.

9. Проверить по критерию Стьюдента гипотезу о равенстве средних двух нормальных генеральных совокупностей:

220, 223, 234, 245, 257 (МПа);
234, 246, 259, 262, 278, 280, 285, 290 (МПа)

10. Определить верхнюю и нижнюю доверительные границы квантиля уровня $P = 0,05$ с доверительной вероятностью $\beta = 0,9$ на основе нормального закона распределения, если выборочные среднее и среднее квадратичное отклонение составляют: $\bar{x} = 6,15$; $s = 0,15$ при объеме выборки $n = 15$.

11. Проверить по критерию Бартлета гипотезу о равенстве дисперсий пяти нормальных генеральных совокупностей, если значения выборочных средних квадратичных отклонений составляют 0.15, 0.17, 0.21, 0.25, 0.27, при объемах выборок 10, 12, 15, 9, 11 соответственно

12. Для линейной модели вида:

$$y = a + b \cdot x^3 + c \cdot \cos x$$

определить методом наименьших квадратов параметры модели, если наблюдения y составляют: 4.2, 4.4, 4.6, 5.1, 5.9 при значениях факторов x : 150, 130, 125, 120, 100. Значения весовой функции принять равной единице.

13. Проверить по критерию Фишера гипотезу о равенстве средних пяти нормальных генеральных совокупностей, если значения выборочных средних значений и средних квадратичных отклонений составляют:

$\bar{x}$: 7.12, 6.76, 6.94, 7.23, 6.54
 s : 0.15, 0.17, 0.21, 0.25, 0.27

при объемах выборок 10, 12, 15, 9, 11 соответственно

14. Произвести оценку параметров распределения Вейбулла-Гнеденко методом максимального правдоподобия

$$P = 1 - e^{-\left(\frac{x}{c}\right)^b},$$

если измерены следующие значения x : 5.07, 5.53, 5.89, 6.05, 6.15.

15. Проверить по критерию Смирнова ω^2 гипотезу о нормальном законе распределения случайной величины: 7.12, 6.76, 6.94, 7.23, 6.54, 6.25, 7.16, 6.87, 6.65, 7.20

16. Произвести оценку параметра c распределения

$$P = 1 - e^{-\left(\frac{x}{c}\right)^b},$$

методом максимального правдоподобия, если измерены следующие значения x : 15.07, 15.63,

15.79, 16.05, 16.17.

17. Проверить по критерию Андерсона-Дарлинга A^2 гипотезу о нормальном законе распределения случайной величины: 7.12, 6.76, 6.94, 7.23, 6.54, 6.25, 7.16, 6.87, 6.65, 7.20

18. Произвести оценку параметра b распределения

$$P = 1 - e^{-(x)^b},$$

методом максимального правдоподобия, если измерены следующие значения x : 4.17, 4.33, 4.69, 5.08, 6.67.

19. Проверить по критерию Уилкоксона гипотезу об отсутствии сдвига в двух независимых выборках. Измеренные значения случайных величин составляют:

720, 676, 695, 728, 654, 653, 718, 687, 665, 705 (МПа)

738, 621, 643, 628, 619, 724, 622 (МПа).

20. Произвести оценку квантиля уровня $P = 0,01$ распределения Вейбулла-Гнеденко, если параметры распределения составляют значения: $b = 1.1$, $c = 100$, $x_0 = 87$.

21. Рассчитать точное распределение значений суммы рангов двухвыборочного критерия Уилкоксона при объемах выборки $n_1 = 2$ и $n_2 = 3$

22. Произвести оценку параметров нормального распределения

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp - \frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}$$

методом максимального правдоподобия, если измерены значения случайной величины x : - достигшие критического состояния: 4.57, 4.89, 4.98, 5.14, 5.21; не достигшие критического состояния: 6.00, 6.00, 6.14.

23. Рассчитать точное распределение статистики критерия Уилкоксона при объемах выборок $n_1 = 2$ и $n_2 = 2$

24. Произвести оценку параметров уравнения:

$$X \cdot y^m = C$$

методом наименьших квадратов, если при значениях фактора испытаний X измерены следующие значения y :

№	$X=150$	130	100
1	4.32	5.21	6.21
2	4.76	5.45	6.57
3	4.98	5.67	6.76
4		5.88	7.00
5		5.99	

В первом приближении считать элементы весовой матрицы V обратно пропорциональными оценкам дисперсий y для каждого уровня X .

25. Рассчитать точное распределение статистики критерия Уилкоксона при объемах выборок $n_1 = 2$ и $n_2 = 3$

26. Произвести оценку параметров уравнения:

$$X = A \cdot y^{-m}$$

методом наименьших квадратов, если при значениях фактора испытаний X измерены следующие значения y :

№	$X = 170$	145	120
---	-----------	-----	-----

1	4.42	5.11	6.15
2	4.96	5.43	6.34
3	4.98	5.75	6.55
4		5.81	7.22
5		5.92	

В первом приближении считать элементы весовой матрицы V обратно пропорциональными оценкам дисперсий y для каждого уровня X .

27. Рассчитать точное распределение значений суммы рангов двухвыборочного критерия Уилкоксона при объемах выборки $n_1 = 2$ и $n_2 = 2$

28. Определить доверительную вероятность β , с которой можно оценить первым и последним членом вариационного ряда квантиль уровня $P = 0,1$ непараметрическим методом в выборке объема $n = 100$ из произвольного непрерывного распределения.

29. Проверить по критерию Уилкоксона гипотезу об отсутствии сдвига в двух независимых выборках. Измеренные значения случайных величин составляют:

220, 223, 234, 245, 257 (МПа);

234, 246, 259, 262, 278, 280, 285, 290 (МПа)

30. Определить доверительную вероятность β , с которой можно оценить первым и последним членом вариационного ряда квантиль уровня $P = 0,5$ непараметрическим методом в выборке объема $n = 10$ из произвольного непрерывного распределения.

31. Вычислить двусторонние доверительные границы для генеральной дисперсии в выборке из нормального распределения: 7.12, 6.76, 6.94, 7.23, 6.54, 6.25, 7.16, 6.87, 6.65, 7.20

32. Произвести оценку параметров уравнения:

$$X \cdot y^m = C$$

методом наименьших квадратов, если при значениях фактора испытаний X измерены следующие значения y :

№	$X = 270$	250	200
1	4.42	5.11	6.15
2	4.96	5.43	6.34
3	4.98	5.75	6.55
4		5.81	7.22
5		5.92	

В первом приближении считать элементы весовой матрицы V обратно пропорциональными оценкам дисперсий y , а также нормальным закон распределения y для каждого уровня X .

33. Вычислить двусторонние доверительные границы для генерального среднего в выборке из нормального распределения: 7.12, 6.76, 6.94, 7.23, 6.54, 6.25, 7.16, 6.87, 6.65, 7.20

Вывести формулы для оценки параметров нормального закона распределения методом максимального правдоподобия в случае полной выборки:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp - \frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}$$

34. Вычислить двусторонние доверительные границы для генеральной дисперсии в выборке из нормального распределения: 7.12, 6.76, 6.94, 7.23, 6.54, 6.25, 7.16, 6.87, 6.65, 7.20

35. Произвести оценку параметров уравнения:

$$X \cdot y^m = C$$

методом наименьших квадратов, если при значениях фактора испытаний X измерены следующие значения y :

№	$\sigma_a=270$ МПа	250 МПа	200 МПа
1	4.42	5.11	6.15
2	4.96	5.43	6.34
3	4.98	5.75	6.55
4		5.81	7.22
5		5.92	

В первом приближении считать элементы весовой матрицы V обратно пропорциональными оценкам дисперсий y , а также нормальным закон распределения y для каждого уровня амплитуд X .

36. Вычислить двусторонние доверительные границы для генерального среднего в выборке из нормального распределения: 7.12, 6.76, 6.94, 7.23, 6.54, 6.25, 7.16, 6.87, 6.65, 7.20

6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1 Основная литература:

1. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении : учеб. пособие / В.И. Круглов, В.И. Ершов, А.С. Чумадин, В.В. Курицына .— М. : Логос, 2011 .— (Новая университетская библиотека) .— ISBN: 978-5-98704-571-8, с. 480.

6.2 Дополнительная литература:

- Агамиров Л.В. Методы статистического анализа механических испытаний. М.: Интермет Инжиниринг, ISBN: 5-89594-105-2, 2004, с. 128.
- Агамиров Л.В. ОАО Изд. «Машиностроение». т II-1. Физико-механические свойства. Испытания металлических материалов. Энциклопедия. Планирование и статистическая обработка результатов механических испытаний, ISBN: 978-5-217-03469-7, 2010 г. с. 852
- Косарев Е.Л. Методы обработки экспериментальных данных. Физматлит, ISBN:978-5-9221-0608-5, 2008 г., с. 208
- Ефимов В.В., Барт Т.В. Статистические методы в управлении качеством продукции. КНОРУС, 2013, ISBN: 978-5-406-02744-8, с. 234 (ПЭР).
- Белокопытов В.И. Статистические методы управления качеством металлопродукции. Изд. «Проспект», ISBN:978-5-7638-2229-8, 2011 г., с. 108