

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.В.01 Экспериментальные исследования в агроинженерии**

35.04.06 Агроинженерия

Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве

магистр

очная

## 1. Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины «Экспериментальные исследования в агроинженерии» является формирование знаний и практических навыков в области организации и проведения экспериментальных исследований, качественной обработки полученных результатов. Изучение дисциплины позволит успешно выполнить необходимый объем исследований и подготовить выпускную квалификационную работу.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки	ПК-1.1 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	знает Аналитические и статистические методы обработки результатов эксперимента, правильной оценки погрешности измерений, способов оценки полученных результатов умеет Правильно выполнять обработку результатов и последующую их оценку владеет навыками Навыками получения результатов эксперимента и их обработки
ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки	ПК-1.2 Руководство группой работников при исследовании самостоятельных тем	знает Способы и методики организации и проведения научных исследований, постановки и проведения экспериментальных исследований умеет Использовать приобретенные знания для постановки и решения научно-исследовательских задач в области агроинженерии владеет навыками Навыками применения методов экспериментальных исследований и качественной оценки полученных результатов
ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки	ПК-1.3 Способен проводить патентные исследования и определение характеристик продукции (услуг)	знает Специфику и области применения прикладных экспериментальных исследований для решения задач агроинженерии, методов обработки информации умеет Поставить научно-исследовательскую задачу по проведению экспериментальных исследований и правильно применить необходимый математический аппарат



1.	1 раздел. Краткие сведения из теории вероятностей									
1.1.	Краткие сведения из теории вероятностей	3	4	2		2	10	КТ 1	Коллоквиум	
2.	2 раздел. Постановка и проведение экспериментальных исследований									
2.1.	Постановка и проведение экспериментальных исследований	3	4	2		2	10	КТ 1	Коллоквиум	
3.	3 раздел. Обработка результатов экспериментов									
3.1.	Обработка результатов экспериментов	3	4	2		2	10	КТ 2	Коллоквиум	
4.	4 раздел. Планирование экспериментов									
4.1.	Планирование экспериментов	3	4	2		2	10	КТ 2	Коллоквиум	
5.	5 раздел. Статистическая обработка результатов									
5.1.	Статистическая обработка результатов	3	4	2		2	12	КТ 3	Коллоквиум	
	Промежуточная аттестация	За								
	Итого		72	10		10	52			
	Итого		72	10		10	52			

### 5.1. Лекционный курс с указанием видов интерактивной формы проведения занятий

Тема лекции (и/или наименование раздел) (вид интерактивной формы проведения занятий)/ (практическая подготовка)	Содержание темы (и/или раздела)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка
Краткие сведения из теории вероятностей	Случайные события и случайные величины. Числовые характеристики случайных величин. Законы распределения случайных величин	2/2
Постановка и проведение экспериментальных исследований	Понятие эксперимента. Этапы постановки и проведения. Классификация экспериментальных исследований	2/-
Обработка результатов экспериментов	Погрешности измерений. Предварительная обработка результатов. Оценка случайной погрешности. Метод наименьших квадратов	2/2
Планирование экспериментов	Составление плана эксперимента и матрицы, расчет коэффициентов регрессии, проверка однородности дисперсий, оценка значимости коэффициентов регрессии, проверка возможности использования уравнения регрессии без высших членов, Проверка линейности принятой модели, экспериментальная оптимизация	2/2
Статистическая обработка результатов	Генеральная совокупность. Статистический ряд и гистограмма. Проверка сходимости теоретического и статистического распределений	2/2

Итого		10
-------	--	----

### 5.3. Курсовой проект (работа) учебным планом не предусмотрен

### 5.4. Самостоятельная работа обучающегося

Темы самостоятельной работы	к текущему контролю
Изучение учебной литературы, ответы на вопросы и тестовые задания самоконтроля, самостоятельное решение задач	10
Изучение учебной литературы, ответы на вопросы и тестовые задания самоконтроля, самостоятельное решение задач	10
Изучение учебной литературы, ответы на вопросы и тестовые задания самоконтроля, самостоятельное решение задач	10
Изучение учебной литературы, ответы на вопросы и тестовые задания самоконтроля, самостоятельное решение задач	10
Изучение учебной литературы, ответы на вопросы и тестовые задания самоконтроля, самостоятельное решение задач	12

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

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Экспериментальные исследования в агроинженерии» размещено в электронной информационно-образовательной среде Университета и доступно для обучающегося через его личный кабинет на сайте Университета. Учебно-методическое обеспечение включает:

1. Рабочую программу дисциплины «Экспериментальные исследования в агроинженерии».
2. Методические рекомендации по освоению дисциплины «Экспериментальные исследования в агроинженерии».
3. Методические рекомендации для организации самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Экспериментальные исследования в агроинженерии».
4. Методические рекомендации по выполнению письменных работ ()
5. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы студентами заочной формы обучения.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)		
		основная (из п.8 РПД)	дополнительная (из п.8 РПД)	метод.лит. (из п.8 РПД)
1	Краткие сведения из теории вероятностей	1,2,3	1,2,3	1,2,3
2	Постановка и проведение экспериментальных исследований	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5
3	Обработка результатов экспериментов	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5
4	Планирование экспериментов	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5
5	Статистическая обработка результатов	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5

## 7. Фонд оценочных средств (оценочных материалов) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Экспериментальные исследования в агроинженерии»

### 7.1. Перечень индикаторов компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2	
		1	2	3	4
ПК-1.1:Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Дисциплины по выбору Б.1.В.ДВ.01	x			
	Методология проведения научных исследований	x			
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
	Научные исследования в агроинженерии	x			
	Экспериментальные исследования гибридных систем электроснабжения			x	
ПК-1.2:Руководство группой работников при исследовании самостоятельных тем	Дисциплины по выбору Б.1.В.ДВ.01	x			
	Методология проведения научных исследований	x			

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2	
		1	2	3	4
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
	Научные исследования в агроинженерии	x			
ПК-1.3:Способен проводить патентные исследования и определение характеристик продукции (услуг)	Дисциплины по выбору Б.1.В.ДВ.01	x			
	Методология проведения научных исследований	x			
	Научно-исследовательская работа	x		x	x
	Научные исследования в агроинженерии	x			
	Экспериментальные исследования гибридных систем электроснабжения			x	

## 7.2. Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине «Экспериментальные исследования в агроинженерии» проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в течение семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а также для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Экспериментальные исследования в агроинженерии» проводится в виде Зачет.

За знания, умения и навыки, приобретенные студентами в период их обучения, выставляются оценки «ЗАЧТЕНО», «НЕ ЗАЧТЕНО». (или «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» для дифференцированного зачета/экзамена)

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки качества освоения образовательной программы. Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся. Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине.

## Состав балльно-рейтинговой оценки студентов очной формы обучения

Для студентов очной формы обучения знания по осваиваемым компетенциям формируются на лекционных и практических занятиях, а также в процессе самостоятельной подготовки.

В соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки, принятой в Университете студентам начисляются баллы по следующим видам работ:

№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижения компетенций	Максимальное количество баллов
3 семестр		
КТ 1	Коллоквиум	10
КТ 2	Коллоквиум	10
КТ 3	Коллоквиум	10

<b>Сумма баллов по итогам текущего контроля</b>	<b>30</b>
Посещение лекционных занятий	20
Посещение практических/лабораторных занятий	20
Результативность работы на практических/лабораторных занятиях	30
Итого	100

№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижений компетенций	Максимальное количество баллов	Критерии оценки знаний студентов
<b>3 семестр</b>			
КТ 1	Коллоквиум	10	10 баллов заслуживает студент, который полно и развернуто ответил на вопрос. 8 баллов заслуживает студент, который полно ответил на вопрос. 5 баллов заслуживает студент, который не полно ответил на вопрос. 0 баллов заслуживает студент, не ответил на вопрос.
КТ 2	Коллоквиум	10	10 баллов заслуживает студент, который полно и развернуто ответил на вопрос. 8 баллов заслуживает студент, который полно ответил на вопрос. 5 баллов заслуживает студент, который не полно ответил на вопрос. 0 баллов заслуживает студент, не ответил на вопрос.
КТ 3	Коллоквиум	10	10 баллов заслуживает студент, который полно и развернуто ответил на вопрос. 8 баллов заслуживает студент, который полно ответил на вопрос. 5 баллов заслуживает студент, который не полно ответил на вопрос. 0 баллов заслуживает студент, не ответил на вопрос.

### **Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций**

При проведении итоговой аттестации «зачет» («дифференцированный зачет», «экзамен») преподавателю с согласия студента разрешается выставлять оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «зачет») по результатам набранных баллов в ходе текущего контроля успеваемости в семестре по выше приведенной шкале.

В случае отказа – студент сдает зачет (дифференцированный зачет, экзамен) по приведенным выше вопросам и заданиям. Итоговая успеваемость (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) не может оцениваться ниже суммы баллов, которую студент набрал по итогам текущей и промежуточной успеваемости.

При сдаче (зачета, дифференцированного зачета, экзамена) к заработанным в течение семестра студентом баллам прибавляются баллы, полученные на (зачете, дифференцированном зачете, экзамене) и сумма баллов переводится в оценку.



### **Критерии и шкалы оценивания ответа на зачете**

По дисциплине «Экспериментальные исследования в агроинженерии» к зачету допускаются студенты, выполнившие и сдавшие практические работы по дисциплине, имеющие ежемесячную аттестацию и без привязке к набранным баллам. Студентам, набравшим более 65 баллов, зачет выставляется по результатам текущей успеваемости, студенты, не набравшие 65 баллов, сдают зачет по вопросам, предусмотренным РПД. Максимальная сумма баллов по промежуточной аттестации (зачету) устанавливается в 15 баллов

Вопрос билета	Количество баллов
Теоретический вопрос	до 5
Задания на проверку умений	до 5
Задания на проверку навыков	до 5

### **7.3. Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Экспериментальные исследования в агроинженерии»**

## Тестовые задания

1. Случайным событием является:

- 1) событие, вероятность которого равна 1;
- 2) событие, вероятность которого равна 0;
- 3) событие, которое может произойти или не произойти при определенных условиях.

2. Дискретной случайной величиной является:

- 1) закон распределения случайной величины;
  - 2) функция распределения случайной величины;
- Числовые характеристики случайной величины;  
Моменты случайной величины.

3. Какая, из 4 приведенных формул является математическим описанием дифференциального закона распределения случайной величины?:

1)  $D(X) = M[X - M(X)]^2$  ;

2)  $\sigma_x = \sqrt{D(X)}$  ;

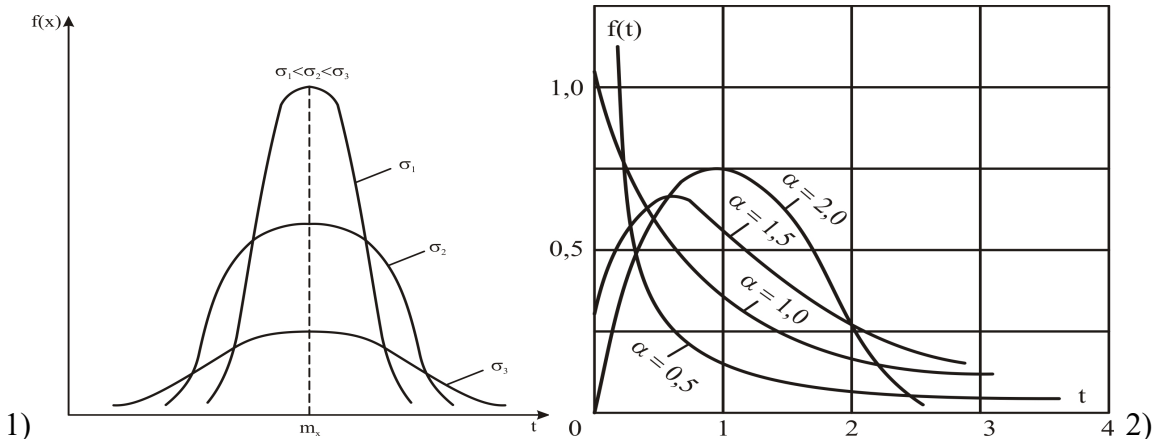
3)  $F(x) = P(X < x)$

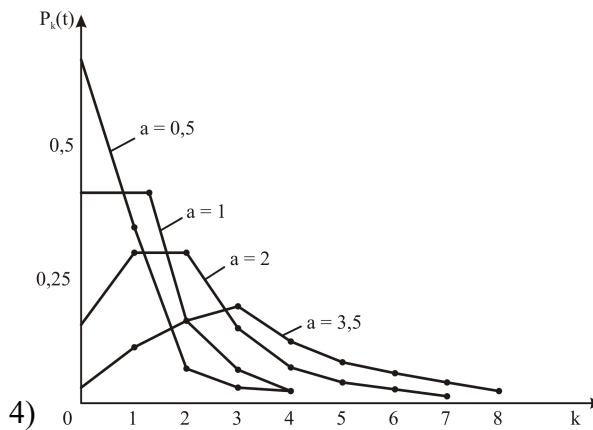
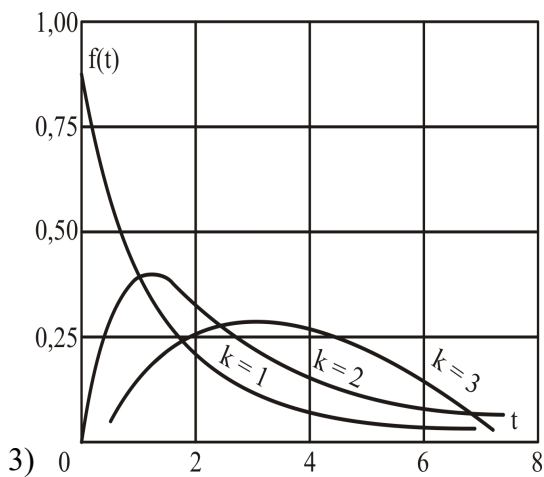
4)  $f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$ .

4. Распределение дискретной случайной величины описывается:

- 1) нормальным законом распределения;
- 2) модью Вейбулла;
- 3) распределением Пуассона;
- 4) распределением  $\chi^2$ - Пирсона;
- 5) экспоненциальным распределением.

5. По виду графика необходимо определить, какой из них описывает распределение Пуассона:





6. Какие из параметров сложного объекта могут варьироваться в процессе эксперимента:

- 1) входные;
- 2) выходные;
- 3) контролируемые;
- 4) неконтролируемые.

7) Постановка экспериментальных исследований обычно предусматривает следующее количество этапов:

- 1) 4;
- 2) 6;
- 3) 9;
- 4) 12.

8. При проведении экспериментальных исследований до проведения измерений должна быть исключена:

- 1) грубая погрешность;
- 2) случайная погрешность;
- 3) систематическая погрешность;
- 4) приборная погрешность.

9. По какому из выражений определяется выборочная дисперсия при оценке случайной погрешности прямых измерений:

$$1) \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2; \quad 2)$$

$$\Delta S_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n-1};$$

$$3) \Delta S_{\bar{x}}^2 = \frac{\Delta S_n^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}.$$

10. Математическая статистика предлагает в качестве среднего значения случайной погрешности использовать величину:

- 1)  $\sigma$ ;
- 2)  $\Delta x$ ;
- 3)  $\Delta S_{\Pi}$ ;
- 4)  $\Delta S_{\Pi}$ .

11. Распределение Стьюдента позволяет определить:

- 1) доверительную вероятность;
- 2) доверительный интервал;
- 3) погрешность измерений;
- 4) число степеней свободы.

12. При косвенных измерениях искомая величина определяется как результат:

- 1) дополнительных измерений;
- 2) обработки экспериментальных данных;
- 3) функция других экспериментально полученных величин;
- 4) путем логарифмирования и дифференцирования результатов измерений.

13. Метод наименьших квадратов применяется для:

- 1) аппроксимации экспериментальных кривых;
- 2) уточнения экспериментальных данных;
- 3) построения по экспериментальным данным кривой распределения;
- 4) сглаживания экспериментальных данных.

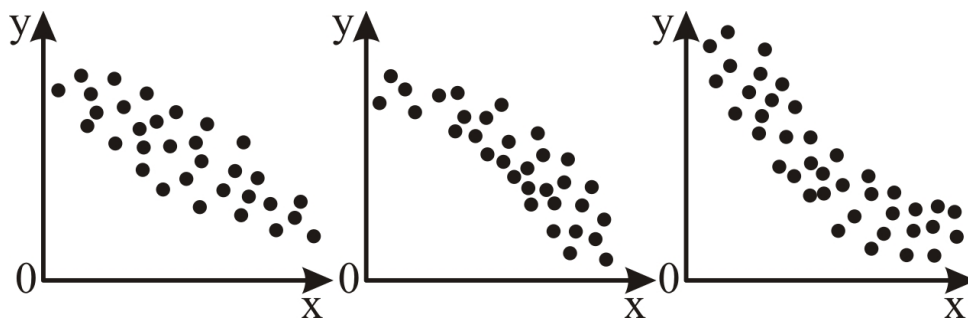
14. Линейная аппроксимация выполняется с использованием уравнения:

- 1)  $y = \beta_0 x$ ;
- 2)  $y = a + bx + cx^2$ ;
- 3)  $y = \alpha + \beta x$ ;
- 4)  $y = \alpha e^{-\gamma x}$ .

15. Линейная корреляционная связь описывается уравнением:

- 1) параболы;
- 2) гиперболы;
- 3) экспоненты;
- 4) степенной функции;
- 5) прямой линии;

16. На каком, из 3 приведенных рисунков показана экспоненциальная регрессия взаимосвязанных признаков  $x$  и  $y$ :



1)

2)

3)

17. Корреляционный анализ имеет цель:

- 1) установить наличие связи между величинами;
- 2) количественно определить тесноту связи между величинами;
- 3) установить зависимость между признаками;
- 4) определить форму связи между величинами.

18. Значимость линейного коэффициента корреляции определяется по:

- 1) критерию  $\chi^2$ - Пирсона;
- 2) на основе  $t$ -критерия Стьюдента;
- 3) квантилей распределения Кохрена;
- 4) квантилей распределения Фишера.

19. В теории планирования экспериментов факторами являются:

- 1) результирующая функция;
- 2) входная переменная;
- 3) неконтролируемые параметры ;
- 4) условия проведения эксперимента.

20. Аналитическая связь между 2 факторами в виде гиперболы описывается выражением:

1)  $\bar{y} = a_0 + a_1x$ ;

2)  $\bar{y} = a_0 + \frac{a_1}{x}$ ;

3)  $\bar{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2$ .

21. При постановке трехфакторного эксперимента в уравнении регрессии

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{1,2,3}x_1x_2x_3, \quad (4,15)$$

коэффициентами регрессии соответствующих факторов, указывающими на влияние того или иного фактора на изучаемый процесс являются:

- 1)  $b_0$ ;
- 2)  $b_1, b_2, b_3$ ;
- 3)  $b_{1,2}, b_{1,3}, b_{2,3}$ ;
- 4)  $b_{1,2,3}$ .

22. Необходимое число опытов при постановке 3 факторного эксперимента определяется по формуле:

- 1)  $2^{k+1}$ ;
- 2)  $2^k$ ;
- 3)  $4+2^k$ ;
- 4)  $m = 3k + 2^k$ .

23. В формуле для расчета коэффициентов регрессии при обработке результатов эксперимента среднее значение выходного фактора обозначено:

- $m$ ;
- $\bar{Y}_m$ ;
- $X_i^m$ ;
- $x_j^m$ .

24. Окончательное уравнение регрессии при проведении трехфакторного эксперимента записывается после:

- 1) вычисления ошибок коэффициента регрессии;
- 2) вычисления ошибок коэффициента регрессии;
- 3) возможности использования уравнения регрессии без членов высших порядков;
- 4) проверки линейности принятой модели.

25. Экспериментальную оптимизацию при постановке многофакторного эксперимента рекомендуется выполнять с использованием метода:

- 1) динамического программирования;
- 2) метода множителей Лагранжа;
- 3) метода крутого восхождения (метод Бокса–Уилсона);
- 4) метода наискорейшего спуска.

26. Статистическая обработка накопленных в результате эксперимента данных позволяет:

- 1) определить значение результирующей целевой функции;
- 2) оценить параметры процесса или установки;
- 3) установить закон распределения и параметры распределения;

27. Для первичной обработки статистических данных строятся:

- 1) вариационный ряд;
- 2) гистограмма распределения;
- 3) теоретическая кривая распределения.

28. Число интервалов, на которые следует разбивать статистический ряд рекомендуется брать равным:

- 1) 3–6;
- 2) 10–20;
- 3) 30–40.

29. По гистограмме распределения случайной величины можно определить:

- 1) закон распределения случайной величины;
- 2) статистические характеристики статистического распределения;
- 3) математическое ожидание и дисперсию распределения;
- 4) случайную функцию распределения.

30. Критерий  $\chi^2$ -Пирсона позволяет установить:

- 1) теоретическую вероятность попадания случайной величины в интервал статистического ряда;
- 2) общий вид функции распределения;
- 3) сходимость статистического и теоретического распределений;
- 4) различие между теоретической и экспериментальной кривыми.

## Ситуационные задачи по дисциплине «Экспериментальные исследования в агроинженерии»

**Пример 1.** Средний выход осветительных приборов в ремонтной мастерской за время  $T = 10\,000$  ч составил 10 шт. Какова вероятность того, что за время 1000 ч возникнет 3 отказа?

**Пример 2.** В результате эксперимента получен следующий массив результатов измерений: 1,06; 1,03; 1,07; 1,01; 1,29; 1,05; 1,04; 1,12. Определить выскакивающие значения.

**Пример 3.** Цифровым прибором было произведено 11 замеров тока нагрузки в распределительном устройстве частного домовладения. В результате замеров получен следующий массив информации: 11,02; 10,14; 9,96; 10,00; 11,56; 16,28; 11,13; 10,66; 10,44; 9,73; 10,82 А. Определить относительную погрешность результата измерений.

**Пример 4.** Оценить погрешность определения коэффициента полезного действия асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, работающего при постоянной нагрузке, по данным замеров мощности, потребляемой из сети ( $P_{вх}$ ) и мощности, развиваемой электродвигателем ( $P_{вых}$ ). Результаты замеров представлены в таблице ниже.

$P_{вх}$ , кВт	5,08	5,14	5,00	4,87	5,18	4,79	4,93
$P_{вых}$ , кВт	4,63	4,42	4,48	4,56	4,52	4,50	4,59

5. В результате измерения электрического сопротивления неизолированного провода  $r$  при различной температуре  $t$  получены данные, приведенные в столбцах 2 и 3 таблицы. Выполнить линейную аппроксимацию экспериментальных данных.

$i$	$t_i$ , °C	$r_i$ , Ом	$t_i^2$	$t_i r_i$	$r(t_i)$	$\Delta r_i$
1	20,00	85,90	400,00	1718,00	86,04	- 0,14
2	25,00	87,08	625,00	2177,00	87,84	- 0,76
3	30,00	90,62	900,00	2718,60	89,64	0,98
4	35,00	91,23	1225,00	3193,05	91,44	- 0,21
5	40,00	93,16	1600,00	3726,40	93,24	- 0,08
6	45,00	95,06	2025,00	4277,70	95,04	- 0,02
7	50,00	96,41	2500,00	4820,50	96,84	- 0,43
Сумма	245,00	639,46	9275,00	22631,25	640,08	

**Пример 6.** Процесс изменения амплитуды тока короткого замыкания в электрической сети с течением времени  $\tau$  при некоторых допущениях можно описать убывающей экспоненциальной функцией вида

$\varphi = \varphi_0 e^{-\delta\tau}$ , где  $\varphi$  – амплитуда тока короткого замыкания;  $\varphi_0$  – амплитуда тока в начальный момент времени;  $\delta$  – коэффициент затухания;  $\tau$  – время.

Результаты экспериментального исследования изменения амплитуды тока короткого замыкания представлены в столбцах 2 и 3 таблицы.

i	$\tau_i$ , мс	$\varphi_i$ , А	$\tau_i^2$	$\ln \varphi_i$	$\tau_i \ln \varphi_i$
1	4,00	55,00	16,00	4,00	16,00
2	11,00	50,00	121,00	3,91	43,01
3	20,00	45,00	400,00	3,81	76,20
4	36,00	40,00	1296,00	3,69	132,84
5	49,00	35,00	2401,00	3,56	174,44
6	66,00	30,00	4356,00	3,40	224,40
7	83,00	25,00	6889,00	3,22	267,26
8	111,00	20,00	12 321,00	3,00	333,00
9	148,00	15,00	21 904,00	2,71	401,08
10	199,00	10,00	39 601,00	2,30	457,70
11	280,00	5,00	78 400,00	1,61	2 309,50
Сумма	1007,00		167 705,00	35,21	2 576,73

Выполнить нелинейную аппроксимацию экспериментальной кривой.

**Пример 7.** На основании экспериментальных данных о длительности ( $\tau$ ) и амплитуде ( $u$ ) импульсных напряжений в электрической сети, представленных в таблице, оценить тесноту связи между этими параметрами.

N п/п	$\tau_i$ , мкс	$u_i$ , кВ	$\tau_i - \bar{\tau}$	$u_i - \bar{u}$	$(\tau_i - \bar{\tau})^2$	$(u_i - \bar{u})^2$	$(\tau_i - \bar{\tau})(u_i - \bar{u})$
1	12	0,25	-32,7	-2,11	1069,29	4,45	69,00
2	18	0,75	-20,7	-1,61	712,89	2,59	42,99
3	22	1,30	-22,7	-1,06	515,29	1,12	24,06
4	25	1,70	-19,7	-0,66	388,09	0,44	13,00
5	30	2,20	-14,7	-0,16	216,09	0,026	2,35
6	41	2,70	-3,7	0,34	13,69	0,12	1,26
7	49	3,00	4,3	0,64	18,49	0,41	2,75
8	60	3,50	15,3	1,14	234,09	1,30	17,44
9	80	3,70	35,3	1,34	1 246,09	1,80	47,30
10	110	4,50	65,3	2,14	4 264,09	4,58	139,74
Среднее	44,7	2,36			8 678,1	16,84	359,89

**Пример 8.** Проведен трехфакторный эксперимент по исследованию освещенности на рабочем месте. В качестве управляемых факторов рассматривались: мощность осветительного прибора ( $x_1$ ), напряжение питания ( $x_2$ ), высота подвеса осветительного прибора ( $x_3$ ).

Уровни факторов приняты следующими:

Факторы	Уровень факторов			
	$0_{x_i}$	$\mu_i$	+ 1	- 1
$x_1$	150	50	200	100
$x_2$	220	20	240	200
$x_3$	75	25	100	50

Для оценки линейности уравнения регрессии выход  $y_0$  на нулевом уровне определялся три раза, получены значения  $y_0 = 157,1; 139,1; 165,4$ .

В процессе проведения эксперимента выполнено три серии опытов ( $k = 3$ ). Матрица планирования эксперимента и результаты параллельных опытов приведены в таблице

**Таблица – Матрица планирования трехфакторного эксперимента**

Номер опыта	Уровень фактора				Расчетные показатели				Выходной параметр			
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$Y_m^I$	$Y_m^{II}$	$Y_m^{III}$	$\bar{Y}_m$
1	+	-	-	-	+	+	+	-	54,3	49,5	39,6	47,8
2	+	+	-	-	-	-	+	+	148,8	151,4	119,0	139,7
3	+	-	+	-	-	+	-	+	102,1	94,2	75,3	90,5
4	+	+	+	-	+	-	-	-	275,5	273,3	218,6	255,8
5	+	-	-	+	+	-	-	+	80,4	68,7	54,9	68,0
6	+	+	-	+	-	+	-	-	221,2	196,8	157,4	191,9
7	+	-	+	+	-	-	+	-	153,4	133,2	105,7	130,7
8	+	+	+	+	+	+	+	+	410,9	368,4	294,7	358,0

Провести обработку полученных данных.

**Пример 9.** Для описания выходной координаты на небольшом участке поверхности отклика был поставлен полный факторный эксперимент с нулевым уровнем в точках  $x_1 = 4$  и  $x_2 = 3$ . Единицы варьирования были выбраны  $\mu_1 = 1, \mu_2 = 0,5$ . Уравнение регрессии получено в следующем виде  $y = 56 + 14x_1 + 8x_2$ . Провести оптимизацию по критерию круглого восхождения Бокса-Уилсона.

**Пример 10.** Данные о наработке до отказа 201 потребительской ТП сгруппированы в интервалы статистического ряда и приведены в таблице

Интервал	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta t_i$ , ч.	0-1000	1000-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500	3500-4000	4000-4500	4500-5000	5000-6000
$\Delta n_i$	5	15	22	35	43	37	20	15	9

Требуется оценить с помощью критерия  $\chi^2$  – Пирсона гипотезу о согласии принятого нормального распределения с экспериментальными данными.

**Критерии оценки:**

- 8 баллов выставляется студенту, если задача решена правильно на 100% ;
- 6 баллов выставляется студенту, если задача решена правильно на 80%;
- 4 балла выставляется студенту, если задача решена правильно на 60%;
- 2 балла выставляется студенту, если задача решена правильно на 40%;
- 1 балл выставляется студенту, если задача решена правильно на 20%.

**Вопросы для коллоквиума**

**Раздел 1.**

1. Случайные события.
2. Случайные величины.
3. Числовые характеристики случайных величин
4. Распределение Пуассона.
5. Нормальное распределение.
6. Распределение Вейбулла.
7. Распределение  $\chi^2$ .
8. Гамма-распределение.

**Раздел 2.**

1. Понятие и деление экспериментов.
2. Структурная схема сложного объекта.
3. Специфика проведения экспериментальных исследований.



4. Классификация экспериментов.
5. Этапы постановки экспериментальных исследований.

### **Раздел 3.**

1. Прямые и косвенные измерения.
2. Понятие погрешности измерений.
3. Классификация погрешностей.
4. Правила записи цифрового материала, полученного в результате эксперимента.
5. Проверка экспериментальных данных на наличие выскакивающих значений.
6. Оценка случайной погрешности прямых измерений..
7. Доверительный интервал.
8. Доверительная вероятность.
9. Относительная погрешность измерений.
10. Алгоритм обработки результатов измерений.
11. Обработка результатов косвенных измерений..
12. Метод наименьших квадратов для определения параметров эмпирических зависимостей.
13. Линейная аппроксимация экспериментальных кривых.
14. Нелинейная аппроксимация экспериментальных кривых.
15. Корреляционный анализ экспериментальных данных.
16. Виды корреляционной связи.
17. Определение коэффициента корреляции.

### **Раздел 4.**

1. Понятие метода планирования эксперимента.
2. Активный и пассивный эксперименты.
3. Регрессионный анализ.
4. Планирование однофакторного эксперимента.
5. Планирование многофакторного эксперимента.
6. Выбор уравнения регрессии при планировании эксперимента.
7. Определение необходимого числа опытов при планирование эксперимента.
8. Составление плана многофакторного эксперимента.
9. Расчет коэффициентов регрессии.
10. Расчет дисперсии воспроизводимости и дисперсии коэффициентов регрессии.
11. Проверка значимости коэффициентов регрессии.
12. Проверка адекватности модели.
13. Метод экспериментальной оптимизации при постановке многофакторного эксперимента.

### **Раздел 5.**

1. Задачи, решаемые математической статистикой.
2. Генеральная совокупность статистических данных.
3. Статистический ряд и гистограмма распределений.
4. Определение закона распределения случайной величины.
5. Проверка сходимости теоретического и статистического распределений.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

а) Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Хорольский В. Я., Таранов М. А., Шемякин В. Н., Аникуев С. В. Экспериментальные исследования в электроэнергетике и агроинженерии: учебное пособие – Ставрополь: «АГРУС», 2013. – 108 с.
2. Хорольский В.Я., Шемякин В. Н., Аникуев С. В. Экспериментальные исследования (учебное пособие для выполнения курсовой работы). – Ставрополь: «АГРУС», 2013. – 108 с.
3. ЭБС «Znanium»: Статистические методы обработки экспериментальных данных. Лабораторный практикум с использованием пакета MathCad: учебное пособие. Острейковский В. А., Карманов Ф. И.– М.: АБРИС, 2012 – 209с.
4. ЭБС «Znanium»: Измерения в физическом эксперименте / Шкуратник В. Л.– М.: Горная книга, 2006, 326 с.
5. ЭБС «Znanium»: Элементы статистического моделирования. Учебное пособие / Руденко И. П., Харитонов Л. П., Болотина Н. А., Вишняков Е. Г.– Волгоградский государственный архитектурный институт, 2010. – 77 с.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

№	Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
1	Электротехника	<a href="http://znack93.ru/index.php/zhurnal-elektrotehnika">http://znack93.ru/index.php/zhurnal-elektrotehnika</a>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства и информационных справочных систем (при необходимости).**

#### *11.1 Перечень лицензионного программного обеспечения*

1. Kaspersky TotalSecurity - Антивирус
2. OPERA - Система управления отелем

#### *11.3 Перечень программного обеспечения отечественного производства*

1. Kaspersky TotalSecurity - Антивирус

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений	Номер аудитории	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения	419	Лабораторное оборудование

2	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа	419	
3	Учебные аудитории для самостоятельной работы студентов и индивидуальных и групповых консультаций:	310	Персональные компьютеры, доступ к Интернету
4	Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации	203	

### 13. Особенности реализации дисциплины лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения промежуточной аттестации оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на промежуточной аттестации зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

в) для глухих и слабослышащих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- промежуточная аттестация проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента промежуточная аттестация может проводиться в письменной форме;

д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента промежуточная аттестация проводится в устной форме.

Рабочая программа дисциплины «Экспериментальные исследования в агроинженерии» составлена на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия (приказ Минобрнауки России от 26.07.2017 г. № 709).

Автор (ы)

Профессор Хорольский В.Я.

Рецензенты

Доцент Воротников И.Н.

Рабочая программа дисциплины «Экспериментальные исследования в агроинженерии» рассмотрена на заседании Кафедры электроснабжения и эксплуатации электрооборудования протокол №10 от 12.05.2022 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Шарипов Ильдар Курбангалиевич

Рабочая программа дисциплины «Экспериментальные исследования в агроинженерии» рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Электроэнергетический факультет протокол №5 от 20.02.2022 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия

Руководитель ОП \_\_\_\_\_