



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**  
**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра эксплуатации машинно-тракторного парка  
и высоких технологий в растениеводстве



**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по науке  
и инновационному развитию

С.Л. Белопухов

«30» августа 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.03 ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**  
**(ПО ОТРАСЛЯМ)**

для подготовки кадров высшей квалификации  
ФГОС ВО

Направление подготовки: 35.06.04 - Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

Направленность программы: Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Год обучения - 2

Семестр обучения - 3

Язык преподавания: русский

Москва, 2018

Авторы рабочей программы: А.Г.Левшин д.т.н., профессор

А.Н. Скороходов д.т.н., профессор

И.Н. Гаспарян д.с.-х.н., доцент


«28» августа 2018 г.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины Блока Б1.В.03 «Теория инженерного эксперимента» аспирантам очной формы обучения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 августа 2014 г. №1018 и зарегистрированного в Минюсте России 1 сентября 2014 г. № 33916.

Программа обсуждена на заседании кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, протокол от «28» августа 2018 г., № 1.

Зав. кафедрой: А.Г.Левшин д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«28» августа 2018 г.

Рецензенты: профессор кафедры тракторов и автомобилей РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Сергей Николаевич Девянин д.т.н., профессор

  
(подпись)

«28» августа 2018 г.

**Проверено:**

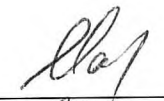
Начальник учебно-методического отдела  
Управления подготовки кадров  
высшей квалификации

  
(подпись) С.А. Дикарева

« 28 » 08 2018 г.


**Согласовано:**

И.О. директора института механики и энергетики  
им. В.П. Горячкина Катаев Ю.В.,  
кандидат технических наук, доцент

  
«28» августа 2018 г.


Программа обсуждена на заседании Ученого совета института  
механики и энергетики им. В.П. Горячкина  
протокол от «28» августа 2018 г., № 1

Секретарь ученого совета  
института Андреев С.А. к.т.н., профессор

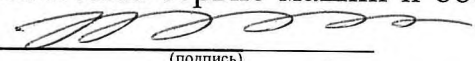
  
(подпись)  
«28» августа 2018 г.

Программа принята учебно-методической комиссией института  
механики и энергетики им. В.П. Горячкина  
протокол от «28» августа 2018 г., № 1


Председатель учебно-методической комиссии  
института механики и энергетики им. В.П. Горячкина  
Парлюк Е.П., к.э.н., доцент

  
(подпись)  
«28» августа 2018 г.

Заведующий кафедрой «Технический сервис машин и оборудования», к.т.н.,  
доцент Корнеев В.М.

  
(подпись)  
«28» августа 2018 г.

Зав. отдела комплектования ЦНБ





(подпись)

## Содержание

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>5</b>
<b>1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>6</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП.....</b>	<b>6</b>
<b>3. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>7</b>
<b>4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>7</b>
<b>5. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ.....</b>	<b>8</b>
<b>6. ФОРМАТ ОБУЧЕНИЯ.....</b>	<b>11</b>
<b>7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, ВИДЫ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ И ФОРМ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ.....</b>	<b>11</b>
7.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.....	11
7.2 Содержание дисциплины .....	12
7.3 Образовательные технологии.....	15
<b>8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>15</b>
8.1 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины «Теория инженерного эксперимента»	16
8.2 Индивидуальные задания для практических занятий	17
8.3 Темы рефератов	18
<b>9. ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ И ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....</b>	<b>18</b>
<b>10. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....</b>	<b>20</b>
10.1 Перечень основной литературы.....	20
10.2 Перечень дополнительной литературы.....	20
10.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	21
10.4 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса.....	21
10.5 Описание материально-технической базы.....	21
10.5.1 Требования к аудиториям.....	21
10.5.2 Требования к специализированному оборудованию.....	21
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ АСПИРАНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ПО ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>21</b>
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>23</b>



## АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина «Теория инженерного эксперимента» является важной составной частью Учебного плана подготовки аспирантов по направлению подготовки 35.06.04 - Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, программы аспирантуры: 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Основная задача учебной дисциплины – освоение аспирантами теоретических и практических знаний в области планирования, подготовки, проведения и обработки результатов эксперимента. Дисциплина Б1.В.03 «Теория инженерного эксперимента» в вариативной части базового модуля Б.1 является обязательной дисциплиной для направления 35.06.04 - Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

В системе технических наук изучает основные проблемы современной теории инженерного эксперимента. Излагаются вопросы по организации испытаний и анализу влияния случайных факторов на ошибки отдельных измерений или результата эксперимента в целом, методы обработки данных и их анализ. Аспиранты получают представление о системном подходе к изучению процесса или явления, анализу размерностей в изучаемых зависимостях, оптимизации факторного пространства для повышения точности математических моделей и эмпирических зависимостей. Рассматриваются различные методы анализа и обработки опытных данных.

Общая трудоемкость учебной дисциплины «Теория инженерного эксперимента» составляет 3 зачетных ед., в объеме 108 часов, том числе 8,25 аудиторных и 99,75 часов самостоятельной работы.

Контроль знаний аспирантов проводится в форме текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация аспирантов – оценка знаний и умений проводится постоянно на практических занятиях с помощью контрольных вопросов и оценки самостоятельной работы аспирантов.

Промежуточная аттестация аспирантов проводится в форме итогового контроля по дисциплине – зачета.

**Ведущие преподаватели:** д.т.н., профессор Левшин А.Г.

## **1. Цель и задачи дисциплины**

*Целью изучения дисциплины* Б1.Б.03 «Теория инженерного эксперимента» является освоение аспирантами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков в области планирования и организации эксперимента для получения достоверной информации об исследуемом объекте, познания методов факторного и размерного анализа, ознакомление с методами анализа, обработки опытных и представления опытных данных.

*Задачи дисциплины* – освоение методики оценки достоверности полученных экспериментальных данных, характеристик случайных величин, методов описания функции отклика и определения оптимальной области параметров для исследуемого процесса; оценки парной и множественной статистической взаимосвязи между случайными величинами и аппроксимации опытных данных математическими зависимостями; оценки точности и адекватности математических моделей.

## **2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы.**

Дисциплина Б1.В.03 «Теория инженерного эксперимента» включена в перечень дисциплин учебного плана вариативной части как обязательная дисциплина. Реализация в дисциплине «Теория инженерного эксперимента» требований ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации), ОПОП ВО и Учебного плана по программе аспирантуры, решений учебно-методической комиссии и Ученого совета факультета, отечественного и зарубежного опыта, должна учитывать следующее знание научных разделов:

- 1 Эксперимент как метод исследования;
- 2 Организация эксперимента;
- 3 Планирование эксперимента;

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Теория инженерного эксперимента» являются: «Методология, методы и средства научных исследований технологий и средств технического обслуживания», математические и естественнонаучные (математика, информатика, физика, электротехника, теоретическая механика), общепрофессиональные (начертательная геометрия и инженерная графика, механика, теплотехника, гидравлика, электротехника, метрология, стандартизация и сертификация) и специальные (технологии в растениеводстве, технологии и средства механизации в животноводстве, тракторы и автомобили, сельскохозяйственные машины, эксплуатация машинно-тракторного парка, надежность и ремонт машин, организация и

управление производством), полученные в процессе освоения образовательной программы специалитета или магистратуры.

Дисциплина является основополагающей для изучения дисциплин «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве», «Технологическое обслуживание машин в сельском хозяйстве» и «Современные методики оценки эффективности эксплуатации машин и оборудования» учебного плана подготовки аспирантов 35.06.04 - Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, по программам аспирантуры: 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве и написании научно-квалификационной работы (диссертации).

Особенностью учебной дисциплины «Теория инженерного эксперимента» является практическая направленность на методику применения методов экспериментальных исследований процессов, технологий технического сервиса, средств механизации и энергетического оборудования технологических процессов. Аспирантам в области технического сервиса в сельском хозяйстве необходимо владеть методами получения, анализа и обобщения достоверной информации об объекте исследования. Это предполагает знания принципов и методов системного анализа и синтеза сложных систем, организации и проведения эксперимента и оценки достоверности полученных результатов.

Рабочая программа дисциплины «Теория инженерного эксперимента» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Общая трудоемкость дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов, из которых 8,25 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (4 час. занятия лекционного типа, 4 – занятия практического типа, 0,25 – зачет), 99,75 часов составляет самостоятельная работа аспиранта (из них 9 час. – подготовка к зачету),

### **4. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Дисциплина «Теория инженерного эксперимента» должна формировать следующие компетенции:

ОПК-1 - способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты;

ОПК-2 - способностью подготавливать научно-технические отчеты, а также публикации по результатам выполнения исследований;

ОПК-3 - готовностью докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной научной работы;

ПК-1 – способность разрабатывать теории и методы повышения надежности сельскохозяйственной техники;

УК-1 - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

УК-2 - способностью 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-3 - готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;

УК-6 - способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

Освоение учебной дисциплины «Теория инженерного эксперимента» направлено на формирование у аспирантов компетенций и освоения знания, умения и/или владения навыками, представленными в таблице 1.

Контроль знаний аспирантов проводится в форме текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация аспирантов – оценка знаний и умений проводится постоянно на практических занятиях с помощью контрольных вопросов, оценки самостоятельной работы аспирантов.

Промежуточная аттестация аспирантов проводится в форме итогового контроля по дисциплине – зачета.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия.**

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний и умений по системному анализу, методологии и методам научного исследования.



Таблица 1

планируемые результаты обучения по дисциплине «Теория инженерного эксперимента», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы аспирантуры

№ п/п	Код компетенции	Содержание формируемых компетенций	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-1	способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты	методы планирования, методiku проведения опытов и экспериментов, методы обработки и анализа опытных данных	планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты	Навыками планирования и проведения экспериментов, обработки и анализа их результатов
2	ОПК-2	способностью подготавливать научно-технические отчеты, а также публикации по результатам выполнения исследований	Правила и требования к оформлению научно-технического отчета и подготовки рукописи к изданию	оформить научно-технический отчет о проведенном эксперименте и подготовить материалы к публикации по результатам выполнения исследований	Навыками оформления научно-технического отчета, а также публикации результатов выполненного исследования
3	ОПК-3	готовностью докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной научной работы	Методологию построения научного доклада и методы доказательства достоверности полученных результатов	Подготовить научный доклад по результатам эксперимента и доложить в профессиональной аудитории для общественного обсуждения	Навыками подготовки и выступления с научным докладом в профессиональном сообществе
	ПК-1	способность разрабатывать теории и методы повышения надежности сельскохозяйственной техники	Порядок разработки теории и методов повышения надежности сельскохозяйственной техники	разрабатывать теории и методы повышения надежности сельскохозяйственной техники	Навыками разработки теории и методов повышения надежности сельскохозяйственной техники
4	УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при	методы системного подхода и анализа современных научных достижений,	Применять методы системного подхода и анализа современных научных достижений,	Навыки системного анализа анализу современных научных достижений, генерирования новых идей

		решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач
5	УК-2	способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	Методологию планирования и проведения комплексных исследований и экспериментов
6	УК-3	готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	Требования и правила работы в российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач
7	УК-6	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Требования и возможности собственного профессионального и личностного



генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	при решении исследовательских и практических задач
Правила и методы планирования и проведения комплексных исследований и экспериментов	Навыками планирования и проведения комплексных исследований и экспериментов
Работать в российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач	Навыками работы в российских и международных исследовательских коллективах по решению научных и научно-образовательных задач
планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Навыками планирования и решения задач собственного профессионального и личностного развития

## 6. Формат обучения

Возможно обучение по дисциплине «Теория инженерного эксперимента» для лиц с ограниченными возможностями здоровья в формате электронного (дистанционного) обучения с использованием и (или) печатных образовательных ресурсов в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья. Необходимым условием для этого является наличие возможности участия аспиранта с ограниченными возможностями в проведении научно-исследовательской и экспериментальной работе по теме выбранной теме.

## 7. Содержание дисциплины), виды учебных занятий и формы их проведения.

### 7.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 2

### Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	зач. ед.	час.
<b>Общая трудоемкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>3</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>0,23</b>	<b>8,25</b>
Лекции (Л)	0,11	4
Практические занятия (ПЗ)	0,12	4
контактная работа в период аттестации		0,25
<b>Самостоятельная работа (СРА)</b>	<b>2,52</b>	<b>90,75</b>
в том числе:		
Реферат	0,5	18
самоподготовка к текущему контролю знаний, выполнение индивидуальных заданий по теме практических занятий	2,02	72,75
Подготовка к зачету с оценкой	<b>0,25</b>	<b>9</b>
Вид контроля:		Зачет с оценкой

## 7.2. Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин	Всего, час.	Контактная работа, час.		Самостоятельная работа, час.
		Лекция	Практические занятия	
Введение	5	0,5	-	4,5
<b>Раздел I. Раздел 1 Эксперимент как метод исследования</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20</b>
Тема 1.1 Инженерный эксперимент	10,4	0,4	-	10
Тема 1.2 Природа экспериментальных ошибок.	11,6	0,6	1	10
<b>Раздел 2 Организация эксперимента</b>	<b>32</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>30</b>
Тема 2.1 Основы системного подхода	15,5	0,5	-	15
Тема 2.2 Размерность системы.	7,5	0,5	-	7
Тема 2.3 Измерительная система	9	-	1	8
<b>Раздел 3 Планирование эксперимента</b>	<b>48,75</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>45,25</b>
Тема 3.1. Экспериментальное исследование одномерных зависимостей.	11	0,5	0,5	10
Тема 3.2 Описание многофакторного пространства линейными моделями.	16	0,5	0,5	15
Тема 3.3. Описание оптимальной области процесса моделями второго порядка.	11	0,5	0,5	10
Тема 3.4. Случайные функции и их характеристики	10,75	-	0,5	10,25
Контактная работа в период аттестации	<b>0,25</b>		<b>0,25</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>4,25</b>	<b>99,75</b>

### Содержание дисциплины

**Введение.**

**Раздел 1 Эксперимент как метод исследования**

**Тема 1.1 Инженерный эксперимент**

Общие понятия эксперимента. Классификация инженерного эксперимента. Лабораторный и промышленный (производственный) эксперимент. Термины и определения. Программа и методика эксперимента. План эксперимента.

**Тема 1.2 Природа экспериментальных ошибок.**

Виды ошибок. Случайная и систематическая ошибка. Природа случайных ошибок и неопределенностей. Случайная величина, ее представление и характеристики. Законы распределения. Проверка

статистических гипотез. Статистические законы распределения. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом.

## **Раздел 2 Организация эксперимента**

### **Тема 2.1 Основы системного подхода**

Объект и предмет исследования. Системный анализ объекта исследования. Показатель (отклик) системы. Действующие факторы. Системные представления объекта исследования.

### **Тема 2.2 Размерность системы.**

Понятие связи в системе. Методы уменьшения размерности системы: априорного ранжирования; отсеивающего эксперимента; подобия и размерности. Основы размерного анализа физических величин. Размерная формула. Базисные переменные. Теорема Букингема ( $\pi$  – теорема) и ее применение для формирования безразмерных комплексов. Практические примеры.

### **Тема 2.3 Измерительная система**

Датчики-преобразователи. Системы регистрации. Виртуальный прибор. Среда объектного программирования LabView. Основы программирования в LabView.

## **Раздел 3 Планирование эксперимента**

### **Тема 3.1. Экспериментальное исследование одномерных зависимостей.**

Система случайных величин. Оценка статистической взаимосвязи между двумя случайными величинами: корреляционный момент, коэффициент парной корреляции. Оценка значимости коэффициента парной корреляции. Корреляционное уравнение.

Аппроксимация опытных данных математическими зависимостями методом наименьших квадратов. Определение параметров прямой, параболы. Метод линеаризации факторного пространства. Оценка точности и адекватности статистических моделей. Дисперсия адекватности и оценка ее значимость.

### **Тема 3.2 Описание многофакторного пространства линейными моделями.**

Уровни варьирования действующих факторов. Допустимая область факторного пространства. Описание функции отклика степенным полиномом. Оценочные значения коэффициентов степенного полинома. Активный и пассивный эксперимент. План-матрица полного факторного эксперимента  $2^n$ . Организация эксперимента. Определение коэффициентов уравнения регрессии для ортогонального плана. Оценка значимости коэффициентов уравнения и адекватности модели.

### **Тема 3.3. Описание оптимальной области процесса моделями второго порядка.**

Планирование эксперимента при поиске области экстремума функции отклика. Планирование эксперимента для метода крутого восхождения (спуска). Симплексное планирование. Планы второго порядка. Критерии

ОПТИМАЛЬНОСТИ экспериментальных планов. Центральное композиционное планирование (ЦКП).

**Тема 3.4. Случайные функции и их характеристики.** Стационарные случайные функций и их характеристики. Методы анализа случайных процессов. Спектральное разложение случайного процесса.

Таблица 4

**Содержание практических занятий по дисциплине и контрольных мероприятий**

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (укрупнено)	№ и название практических/семинарских занятий	Вид контрольного мероприятия	Количество академических часов
1	<b>Раздел 1 Эксперимент как метод исследования</b>			
3	Тема 1.2 Природа экспериментальных ошибок.	ПЗ 1 Статистическая оценка случайной величины и выбор закона распределения.	Опрос	1
4	<b>Раздел 2 Организация эксперимента</b>			
7	Тема 2.3 Измерительная система	ПЗ 2 Построение виртуальной измерительной системы среде LabView.	Программа для эксперимента	1
8	<b>Раздел 3 Планирование эксперимента</b>			
9	Тема 3.1. Экспериментальное исследование одномерных зависимостей.	ПЗ 3 Анализ взаимосвязи двух случайных величин и аппроксимация опытных данных методом наименьших квадратов.	Расчетное задание по индивидуальному варианту	0,5
10	Тема 3.2 Описание многофакторного пространства линейными моделями.	ПЗ 4 Планирование полного факторного эксперимента $2^k$	Расчетное задание по индивидуальному варианту	0,5
11	Тема 3.3. Описание оптимальной области процесса моделями второго порядка.	ПЗ 5. Описание области экстремума моделями второго порядка.	Расчетное задание по индивидуальному варианту	0,5
12	Тема 3.4. Случайные функции и их характеристики	ПЗ 6 Определение характеристик стационарной случайной функции	Расчетное задание по индивидуальному варианту	0,5
	Контактная работа в период аттестации			0,25
	<b>Итого по дисциплине</b>			<b>4,25</b>



### 7.3. Образовательные технологии

В образовательном процессе используются активные формы проблемного обучения: разбор конкретных ситуаций, имитационное моделирование, инициирование самостоятельной работы, метод проектов, контекстное и исследовательское обучение.

Таблица 5

#### Активные и интерактивные формы проведения занятий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Кол-во часов
<b>Раздел 1 Эксперимент как метод исследования</b>				
	Тема 1.2 Природа экспериментальных ошибок.	П	Исследовательское обучение	1
<b>Раздел 2 Организация эксперимента</b>				
	Тема 2.3 Измерительная система	П	Имитационное моделирование; Исследовательское обучение	1
<b>Раздел 3 Планирование эксперимента</b>				
	Тема 3.1. Экспериментальное исследование одномерных зависимостей.	П	Исследовательское обучение; Имитационное моделирование	0,5
	Тема 3.2 Описание многофакторного пространства линейными моделями.	П	Исследовательское обучение; Имитационное моделирование	0,5
	Тема 3.3. Описание оптимальной области процесса моделями второго порядка.	П	Исследовательское обучение; Имитационное моделирование	0,5
	Тема 3.4. Случайные функции и их характеристики	П	Исследовательское обучение; Имитационное моделирование	0,5
<b>Всего</b>				<b>4</b>

Общее количество часов аудиторных занятий, проведённых с применением активных и интерактивных образовательных технологий составляет 4 час(50% от общей аудиторной трудоемкости дисциплины).

#### 8. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов по дисциплине

Объем самостоятельной работы аспирантов составляет 99,75 часов, в том числе 36 – расчетная работа, 54,75 – самостоятельная проработка материала и подготовка к сдаче зачета – 9 час.



## 8.1. Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины «Теория инженерного эксперимента»

Таблица 6

### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (укрупнено)	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения	Количе ство академи ческих часов
1	Введение	1. Теоретические и экспериментальные методы исследования. 2. Этапы научных исследований.	4,5
2	<b>Раздел 1 Эксперимент как метод исследования</b>		20
3	Тема 1.1 Инженерный эксперимент	1. Общие понятия эксперимента. 2. Классификация инженерного эксперимента. 3. Лабораторный и промышленный (производственный) эксперимент. 4. Опыт, эксперимент, план эксперимента. 5. Программа и методика эксперимента. 6. План эксперимента.	10
4	Тема 1.2 Природа экспериментальных ошибок.	1. Виды ошибок. 2. Случайная и систематическая ошибка. 3. Природа случайных ошибок и неопределенностей. 4. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом.	10
5	<b>Раздел 2 Организация эксперимента</b>		30
6	Тема 2.1 Основы системного подхода	1. Объект и предмет исследования. 2. Системные представления объекта исследования.	15
7	Тема 2.2 Размерность системы.	1. Понятие связи в системе. 2. Методы уменьшения размерности системы: априорного ранжирования; отсеивающего эксперимента; подобия и размерности. .	7
8	Тема 2.3 Измерительная система	1. Датчики-преобразователи. 2. Системы регистрации. 3. Виртуальный прибор в среде объектного программирования LabView. 4. Основы программирования в LabView.	8
9	<b>Раздел 3 Планирование эксперимента</b>		45,25
10	Тема 3.1. Экспериментальное исследование одномерных зависимостей	1. Система случайных величин. 2. Метод линеаризации факторного пространства. 3. Оценка точности и адекватности статистических моделей	10

		4. Дисперсия адекватности и оценка ее значимость.	
11	Тема 3.2 Описание многофакторного пространства линейными моделями.	1. Описание функции отклика степенным полиномом. Оценочные значения коэффициентов степенного полинома. 2. Организация эксперимента. 3. Оценка значимости коэффициентов уравнения и адекватности модели.	15
12	Тема 3.3. Описание оптимальной области процесса моделями второго порядка.	1. Планирование эксперимента при поиске области экстремума функции отклика. 2. Симплексное планирование. 3. Планы второго порядка. 4. Критерии оптимальности экспериментальных планов. 5. Центральное композиционное планирование (ЦКП).	10
13	Тема 3.4. Случайные функции и их характеристики	1. Стационарные случайные функций и их характеристики. 2. Спектральное разложение случайного процесса.	10,25
<b>Итого по дисциплине</b>			<b>99,75</b>

## 8.2. Индивидуальные задания для практических занятий

Расчетная работа выполняется по индивидуальным вариантам для формирования знаний, навыков и умений в статистической обработке экспериментальной информации на практических занятиях (табл. 6).

Таблица 7

### Темы заданий для практических занятий

№ п/п	Темы заданий	Трудоемкость, ч	Индивидуальное задание
1.	ПЗ 1 Статистическая оценка случайной величины и выбор закона распределения	8	Условная выборка моделируется с помощью генератора случайных чисел в MathCad
2.	ПЗ 3 Анализ взаимосвязи двух случайных величин и аппроксимация опытных данных методом наименьших квадратов	6	Справочные данные по теме исследования по 5-6 техническим средствам с аналогичным технологическим процессом (АСС «Сельхозтехника», <a href="http://www.agrobase.ru">www.agrobase.ru</a> )
3.	ПЗ-4 Планирование полного факторного эксперимента 2 <sup>к</sup> .	10	Расчет функции отклика в процессе имитационного моделирования на компьютере с корректирующей случайной поправкой
4.	ПЗ 5 Описание области	6	Расчет функции отклика в процессе

	экстремума моделями второго порядка. План В <sub>2</sub>		имитационного моделирования на компьютере с корректирующей случайной поправкой
5.	ПЗ 6 Определение характеристик стационарной случайной функции	6	Фрагмент осциллограммы случайного процесса
	Всего:	36	

### 8.3 Темы рефератов

Для закрепления знаний по темам самостоятельного изучения разделов обучающиеся пишут реферат по заданной теме.

1. Системный анализ объекта исследования.
2. Системные представления объектов исследования.
3. Анализ размерностей и подобные состояния системы.
4. Применение теории подобия при исследовании в агроинженерии.
5. Проверка статистических гипотез.
6. Аппроксимация нелинейных зависимостей.
7. Априорное ранжирование действующих факторов.
8. Метод отсеивающего эксперимента.
9. Экспериментальные методы оптимизации.

### 9. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий.

Дисциплина «Теория инженерного эксперимента» должна формировать следующие компетенции: ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, УК-1, УК-2, УК-3 и УК-6.

#### Вопросы к зачету по дисциплине «Теория инженерного эксперимента»

1. Теоретические и экспериментальные методы исследования.
2. Особенности инженерной деятельности.
3. Классификация инженерного эксперимента.
4. Лабораторный и промышленный (производственный) эксперимент.
5. Опыт, эксперимент, план эксперимента.
6. Программа и методика эксперимента.
7. План эксперимента.
8. Виды ошибок.
9. Случайная и систематическая ошибка.
10. Природа случайных ошибок и неопределенностей.
11. Случайная величина, ее представление и характеристики.
12. Законы распределения.
13. Проверка статистических гипотез.
14. Статистические законы распределения.

15. Системный анализ объекта исследования.
16. Показатель (отклик) системы.
17. Действующие факторы.
18. Системные представления объекта исследования
19. Методы уменьшения размерности системы: априорного ранжирования; отсеивающего эксперимента; подобия и размерности.
20. Основы размерного анализа физических величин.
21. Размерная формула. Базисные переменные.
22. Теорема Букингема ( $\pi$  – теорема) и ее применение для формирования безразмерных комплексов.
23. Виртуальный прибор в среде объектного программирования LabView.
24. Основы программирования в LabView.
25. Система случайных величин.
26. Оценка статистической взаимосвязи между двумя случайными величинами: корреляционный момент, коэффициент парной корреляции.
27. Оценка значимости коэффициента парной корреляции. Корреляционное уравнение.
28. Аппроксимация опытных данных математическими зависимостями методом наименьших квадратов.
29. Метод линеаризации факторного пространства.
30. Оценка точности и адекватности статистических моделей.
31. Дисперсия адекватности и оценка ее значимости.
32. Уровни варьирования действующих факторов.
33. Допустимая область факторного пространства.
34. Описание функции отклика степенным полиномом. Оценочные значения коэффициентов степенного полинома.
35. План-матрица полного факторного эксперимента  $2^n$ .
36. Определение коэффициентов уравнения регрессии для ортогонального плана.
37. Оценка значимости коэффициентов уравнения и адекватности модели.
38. Планирование эксперимента для метода крутого восхождения (спуска).
39. Центральное композиционное планирование (ЦКП).
40. Стационарные случайные функции и их характеристики.
41. Методы анализа случайных процессов.
42. Спектральное разложение случайного процесса.

Таблица 8

**Методические материалы, определяющие процедуру оценивания результатов обучения.**

Зачет/незачет	Требования
Зачет	Аспирант способен применять знания, умения в широкой области профессиональной научной деятельности, успешно взаимодействовать



	на основе приобретенного практического опыта при решении общих и конкретных задач научного поиска
	Аспирант способен применять знания, умения в широкой области профессиональной научной деятельности, успешно действовать на основе приобретенного практического опыта при решении общих задач научного поиска
Незачет	Аспирант способен применять знания, умения в ограниченной области профессиональной научной деятельности
	Аспирант не способен применять знания, умения в широкой области профессиональной научной деятельности, успешно действовать на основе приобретенного практического опыта при решении общих задач научного поиска

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет.

## 10. Ресурсное обеспечение:

### 10.1 Перечень основной литературы

1. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: учебник.- М.: Роинформагротех, 2015.- 548 с.
2. Левшин А.Г. Планирование и организация эксперимента: Учебное пособие/ А.Г. Левшин, А.А. Левшин, А.Е. Бутузов, Н.А. Майстренко- М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. - 65 с.
3. Иванов, И.Е. Методы подобия физических процессов: учеб. пособие / И.Е. Иванов, В.Е. Ерещенко. – М.: МАДИ, 2015. – 144 с. ISBN 978-5-7962-0198-5 (электронный ресурс) [lib.madi.ru/fel/fel1/fel15E328.pdf](http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel15E328.pdf) (свободный доступ)
4. Смиряев, А. В. Моделирование в биологии и сельском хозяйстве: учебное пособие / А. В. Смиряев, А. В. Исачкин, Л. К. Панкина. — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015 — 153 с. Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/2273.pdf>.
5. Скороходов А.Н., Левшин А.Г. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка.- М.: БИБИКОМ:ТРАНСЛОГ, 2017.-478 с.

### 10.2 Перечень дополнительной литературы

1. Митков А.Л., Кардашевский С.В. Статистические методы в сельхозмашиностроении. М.: Машиностроение, 1978 г.
2. Архипов В.С., Левшин А.Г. Испытания сельскохозяйственной техники.- ч.3 Оценка надежности.-м.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014.- 216с.
3. Левшин А.Г., Зубков В.В., Хлепитько М.Н. Организация и технология ИСПЫТАНИЙ сельскохозяйственной техники. Ч. 2 Оценка условий испытаний.- М.: МГАУ, 2004.- 92 с.

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу по дисциплине «Теория инженерного эксперимента»  
ОПОП ВО по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и  
энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве  
по программе аспирантуры 05.20.03 Технологии и средства технического  
обслуживания в сельском хозяйстве  
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Девяниным С.Н. (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы по дисциплине «Теория инженерного эксперимента» ОПОП ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, по программе аспирантуры 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (уровень подготовки кадров высшей квалификации), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка и высокие технологии в растениеводстве» (разработчик – Левшин А.Г., д.т.н. профессор, Скороходов А.Н., д.т.н. проф., Гаспарян И.Н. д.с.-х.н., доцент).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа учебной дисциплины «Теория инженерного эксперимента» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 августа 2014 № 1018 и зарегистрированного в Минюсте России 1 сентября 2014 года № 33916.

2. Рабочая программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам, предъявляемых к рабочей программе дисциплины/практики в соответствии с Письмом Рособнадзора от 17.04.2006 № 02-55-77ин/ак.

3. Представленная в Рабочей программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) не подлежит сомнению – дисциплина является обязательной и относится к вариативной части учебного цикла Блок 1 «Дисциплины (модули)»

4. Представленные в Рабочей программе цели учебной дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве с учётом профессиональных стандартов: «Преподаватель», «Научный работник», рекомендуемых для всех направлений подготовки.

5. В соответствии с Рабочей программой за дисциплиной «Теория инженерного эксперимента» закреплена 4 универсальных, 3 - общепрофессиональных и одна профессиональная компетенция, которые реализуются в объявленных требованиях.

6. Результаты обучения, представленные в Рабочей программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

7. Содержание учебной дисциплины, представленной Рабочей программы, соответствует рекомендациям примерной рабочей программы дисциплины, рекомендуемой при реализации ФГОС ВО по направлениям подготовки в аспирантуре.

8. Общая трудоёмкость дисциплины «Теория инженерного эксперимента» составляет 3 зачётных единицы ( 108 часа), что соответствует ФГОС ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) для направления подготовки 35.06.04



Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

9. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Учебная дисциплина «Теория инженерного эксперимента» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) и Учебного плана по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве и возможность дублирования в содержании отсутствует.

10. Представленная Рабочая программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

11. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы аспирантов, представленные в Рабочей программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

12. Представленные и описанные в Рабочей программе формы текущей оценки знаний соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний аспирантов, предусмотренная Рабочей программой, осуществляется в форме зачета, что соответствует примерной рабочей программе дисциплины, рекомендуемой для всех направлений подготовки, а также статусу дисциплины, как дисциплины вариативной части учебного цикла Блока 1 «Дисциплины (модули)» ФГОС ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

13. Формы оценки знаний, представленные в Рабочей программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

14. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 5 источников, дополнительной литературой – 4 наименований, Интернет-ресурсы – 3 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

15. Материально-техническое обеспечение соответствует специфике дисциплины «Теория инженерного эксперимента» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.


16. Методические рекомендации аспирантам и методические рекомендации преподавателям дают представление о специфике обучения по дисциплине «Теория инженерного эксперимента» и соответствуют требованиям Письма Рособнадзора от 17.04.2006 N 02-55-77ин/ак.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Теория инженерного эксперимента» ОПОП ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации) по направлению 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, по программе аспирантуры 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (уровень подготовки кадров высшей квалификации), разработанная на кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка и высокие технологии в растениеводстве» (разработчик – Левшин А.Г., д.т.н. профессор и Скороходов А.Н., д.т.н. проф., Гаспарян И.Н. д.с.-х.н., доцент) соответствует требованиям ФГОС ВО (уровень подготовка кадров высшей квалификации), современным

требованиям экономики, рынка труда, профессиональных стандартов «Преподаватель» и «Научный работник», позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Зав. кафедрой тракторов и автомобилей РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Сергей Николаевич Девянин д.т.н., профессор

 (подпись)

«\_28\_»\_августа\_2018\_г.