

Министерство образования, науки и молодежной политики  
Нижегородской области  
Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»

Кафедра «Технический сервис»

Инженерный институт

УТВЕРЖДАЮ:  
Начальник УНИиПНПК:  
Н.В. Проваленова  
«30» августа 2019 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины «Теория и практика планирования эксперимента»

по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и  
энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве  
профиль (направленность) «Системный анализ, управление и обработка информации  
(по отраслям)»

Квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Курс 2

Семестр 3

Форма обучения: очная, заочная

г.Княгинино  
2019 г.

## **Пояснительная записка**

Дисциплина «Теория и практика планирования эксперимента» обеспечивает научные исследования аспирантов и подтверждение результатов их научно-исследовательской деятельности.

После изучения дисциплины выпускник научится планировать эксперимент, т.е. выбирать план эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям, обрабатывать полученные данные. Применение методов планирования эксперимента позволит аспиранту определить погрешность математической модели и судить о ее адекватности. Если точность модели оказывается недостаточной, то применение методов планирования эксперимента позволяет модернизировать математическую модель с проведением дополнительных опытов без потери предыдущей информации и с минимальными затратами.

### **1. Требования к дисциплине**

#### **1.1. Внешние и внутренние требования**

Дисциплина «Теория и практика планирования эксперимента» относится к вариативной части основной образовательной программы.

Реализация в дисциплине «Теория и практика планирования эксперимента» требований ФГОС ВО, ООП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве должна формировать следующие компетенции:

*общефессиональные компетенции:*

– способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-1).

*профессиональные компетенции:*

– способностью обосновывать режимы и параметры технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, а также разрабатывать методы их оптимизации (ПК-4).

#### **1.2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Теория и практика планирования эксперимента» является основополагающей для изучения дисциплины: «Методы обработки экспериментальных данных» и написания научной квалификационной работы.

Формами текущего контроля являются:

- отчет по заданию;

- тестирование.

Промежуточный контроль проводится в форме зачета, который осуществляется в устной форме в виде ответов на теоретические вопросы, разработанные преподавателем.

## **2. Цели и задачи дисциплины. Требования к результатам освоения дисциплины**

Целью дисциплины «Теория и практика планирования эксперимента» является получение навыков нахождения таких условий и правил проведения опытов, при которых удастся получить надежную и достоверную информацию об объекте с наименьшей затратой труда, а также представить эту информацию в компактной и удобной форме с количественной оценкой точности.

Задачи дисциплины – построение математической модели изучаемого явления, процесса, объекта и нахождения такой комбинации влияющих независимых переменных, при которой выбранный показатель оптимальности принимает экстремальное значение.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

**знать:**

– методы математического моделирования и проектирования технологических процессов

– методы проектирования и оптимизации параметров и режимов технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве;

**уметь:**

– применять математические методы моделирования для решения практических задач

– обосновывать параметры и режимы работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, с помощью методов планирования эксперимента.

**владеть:**

– навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов, практическими навыками использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях

– методами оптимизации параметров и режимов работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве.

## **3. Организационно-методические данные дисциплины**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 108 часов. Распределение по видам работ и по семестрам представлено в табл. 1, 2.



Таблица 1

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для аспирантов очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	зач. ед.	час.	по семестрам
			3
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	3	108	72
<b>Аудиторные занятия</b>	1	36	36
Иные виды занятий (Коллоквиумы, консультации)	0,5	18	18
Практические занятия (ПЗ)	0,5	18	18
<b>Самостоятельная работа (СРС)</b>	2	72	72
<b>Вид контроля: зачет</b>			*

Таблица 2

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для аспирантов заочной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	зач. ед.	час.	по семестрам
			3
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	3	108	108
<b>Аудиторные занятия</b>	0,34	12	12
Практические занятия (ПЗ)	0,34	12	12
<b>Самостоятельная работа (СРС)</b>	2,66	96	96
<b>Вид контроля: зачет</b>			*



## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Структура дисциплины

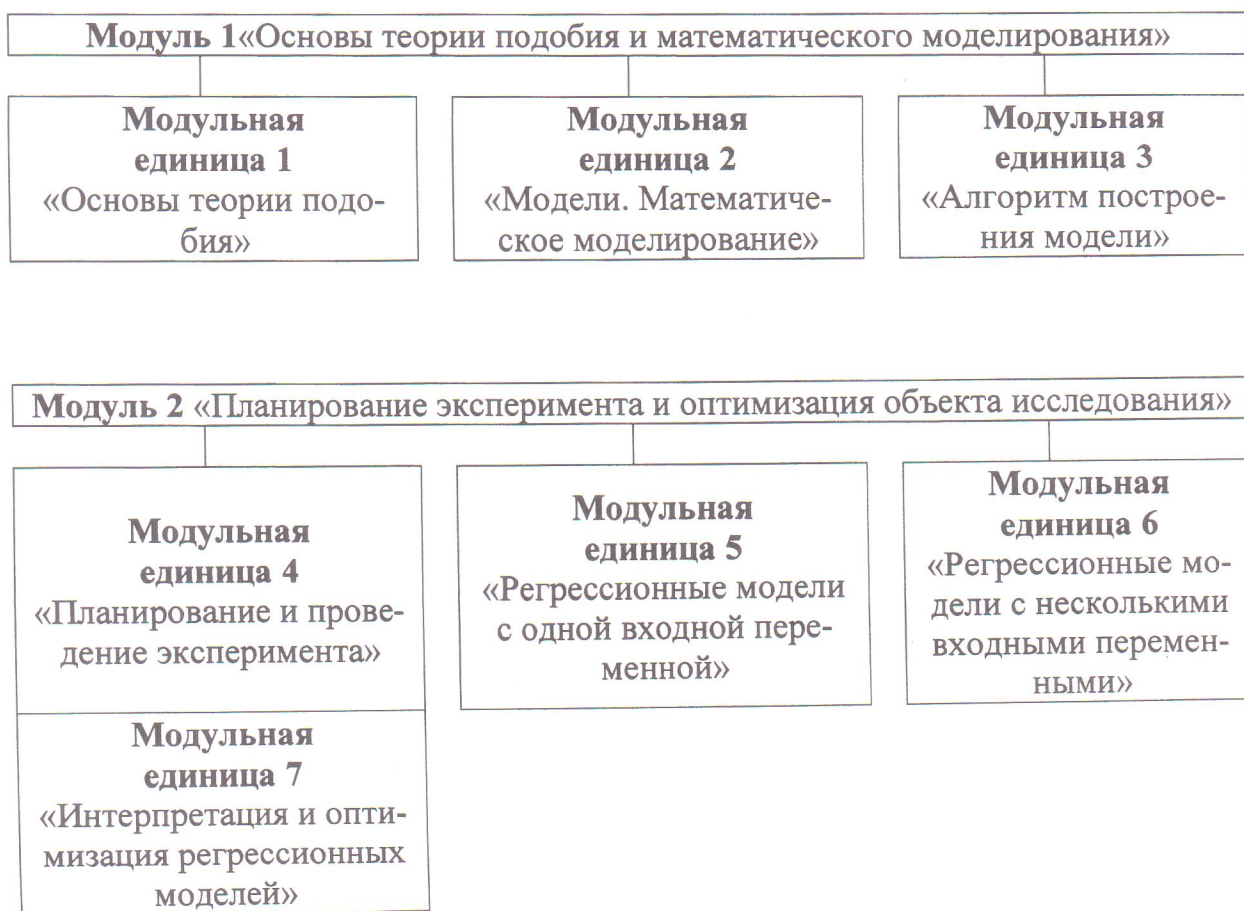
Таблица 3

Структура дисциплины «Теория и практика планирования эксперимента»

<b>Дисциплина</b> «Теория и практика планирования эксперимента»
<b>Модуль 1</b> «Основы теории подобия и математического моделирования»
<b>Модуль 2</b> «Планирование эксперимента и оптимизация объекта исследования»

Таблица 4

#### Содержание модульной дисциплины «Теория и практика планирования эксперимента»



#### 4.2. Трудоёмкость модулей и модульных единиц дисциплины

Таблица 5

Наименование модулей и модульных единиц дисциплины	Форма обучения	Всего часов на модуль	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа (СРС)
			Иные виды занятий (Коллоквиумы, консультации)	ПЗ	
<b>Модуль 1</b> Основы теории подобия и математического моделирования	очная	24	6	2	16
	заочная	24	-	2	22
Модульная единица 1 Основы теории подобия	очная	6	2	-	4
	заочная	7	-	-	7
Модульная единица 2 Модели. Математическое моделирование	очная	6	2	-	4
	заочная	7	-	-	7
Модульная единица 3 Алгоритм построения модели	очная	12	2	2	8
	заочная	10	-	2	8
<b>Модуль 2</b>					
Планирование эксперимента и оптимизация объекта исследования	очная	84	12	16	56
	заочная	84	-	10	74
Модульная единица 4 Планирование и проведение эксперимента	очная	18	2	4	12
	заочная	22	-	4	18
Модульная единица 5 Регрессионные модели с одной входной переменной	очная	14	2	-	12
	заочная	18	-	-	18
Модульная единица 6 Регрессионные модели с несколькими входными переменными	очная	28	4	8	16
	заочная	23	-	4	19
Модульная единица 7 Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей	очная	24	4	4	16
	заочная	21	-	2	19
<b>ИТОГО</b>	очная	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>
	заочная	<b>108</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>96</b>

### 4.3. Содержание модулей дисциплины

#### Модуль 1 «Основы теории подобия и математического моделирования»

##### Модульная единица 1

«Основы теории подобия»:

- точное подобие,
- приближенное подобие,
- полное подобие,
- неполное подобие,
- физическое подобие.

*Аспирант должен знать:*

- основные понятия и определения теории подобия.

*Аспирант должен уметь:*

- различать виды подобий и применять их в решении практических задач.

*Аспирант должен владеть:*

- методами теории подобия.

##### Модульная единица 2

«Модели. Математическое моделирование»:

- основные понятия и определения, цели и принципы моделирования;
- аксиомы теории моделирования, виды моделей и моделирования,
- функции моделей,
- факторы, влияющие на модель объекта,
- основные понятия и определения;
- требования к математической модели и ее структура;
- классификация математических моделей;
- цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов.

*Аспирант должен знать:*

- основные понятия и определения, цели и принципы моделирования;
- аксиомы теории моделирования, виды моделей и моделирования.
- требования к математической модели.

*Аспирант должен уметь:*

- выявлять факторы, влияющие на модель объекта
- определять структуру математической модели;
- определять место разрабатываемой модели в общей классификации;
- определять цели математического моделирования.

##### Модульная единица 3

«Алгоритм построения модели»:

- технологии моделирования;
- алгоритм построения аналитической и эмпирической модели;



- краткая характеристика основных этапов алгоритмов построения аналитических и эмпирических моделей.

*Аспирант должен знать:*

- технологии моделирования;
- алгоритмы построения аналитических и эмпирических моделей;
- характеристики основных этапов алгоритмов построения аналитических и эмпирических моделей.

*Аспирант должен уметь:*

- формулировать проблемы и ставить задачи исследования;
- формулировать и определять стратегию и тактику решения поставленных задач;
- анализировать априорную информацию и формулировать гипотезы исследования.

*Аспирант должен владеть:*

- навыком создания алгоритмов построения аналитических и эмпирических моделей.

## **Модуль 2**

### **«Планирование эксперимента и оптимизация объекта исследования»**

#### **Модульная единица 4**

**«Планирование и проведение эксперимента»:**

- основные понятия и определения;
- планирование эксперимента;
- выбор уровней факторов;
- полный факторный эксперимент;
- проведение эксперимента.

*Аспирант должен знать:*

- основные понятия и определения планирования эксперимента;
- метод планирования эксперимента;
- правила выбора уровней факторов варьирования.

*Аспирант должен уметь:*

- выбирать уровни варьирования факторов эксперимента;
- составлять матрицы планирования эксперимента.

*Аспирант должен владеть:*

- навыками планирования и проведения эксперимента.

#### **Модульная единица 5**

**«Регрессионные модели с одной входной переменной»:**

- основные понятия и определения;
- адекватность регрессионных моделей;
- точность регрессионных моделей;
- виды регрессионных моделей с одной переменной.

*Аспирант должен знать:*

- основные понятия и определения;
- виды регрессионных моделей с одной переменной.

*Аспирант должен уметь:*

- определять адекватность регрессионных моделей;
- определять точность регрессионных моделей.

*Аспирант должен владеть:*

- математическим аппаратом регрессионного анализа математических моделей с одной входной переменной.

### **Модульная единица 6**

«Регрессионные модели с несколькими входными переменными»:

- многофакторная линейная регрессия;
- матричный подход к определению коэффициентов регрессии;
- оценка адекватности и точности многофакторной линейной модели;
- линейные регрессионные модели с несколькими входными переменными;
- нелинейные регрессионные модели с несколькими входными переменными;
- шаговые методы построения регрессионных моделей.

*Аспирант должен знать:*

- подход к определению коэффициентов регрессии;
- методы исключения и включения переменных.

*Аспирант должен уметь:*

- составлять многофакторную линейную регрессию;
- определять коэффициенты регрессии;
- проводить оценку адекватности и точности многофакторной линейной модели;
- составлять линейные и нелинейные регрессионные модели с несколькими входными переменными.

*Аспирант должен владеть:*

- математическим аппаратом регрессионного анализа математических моделей с множественными входными переменными.
- шаговыми методами построения регрессионных моделей.

**Модульная единица 7**

«Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей»:

- интерпретация модели;
- оптимизация модели.

*Аспирант должен знать:*

- основные шаги интерпретации полученной модели.

*Аспирант должен уметь:*

- интерпретировать модель;
- проводить оптимизацию модели.

*Аспирант должен владеть:*

- методами интерпретации и оптимизации регрессионных моделей.

**4.4. Содержание практических занятий**

Таблица 6

## Содержание практических занятий

№ п/п	№ модуля и модульной единицы	№ и название практических занятий	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов	Форма обучения
1	<b>Модуль 1</b> Основы теории подобия и математического моделирования			<b>2</b> <b>2</b>	очная заочная
	<b>Модульная единица 3</b> Алгоритм построения модели	Практическое занятие № 1 «Алгоритм построения модели технологических процессов»	отчет по заданию	2 2	очная заочная
2	<b>Модуль 2</b> Построение эмпирических регрессионных моделей			<b>16</b> <b>10</b>	очная заочная
	<b>Модульная единица 4</b> Планирование и проведение эксперимента	Практическое занятие № 2 «Выбор уровней факторов эксперимента»	отчет по заданию	2 2	очная заочная
		Практическое занятие № 3 «Оценка ошибок измерений»	отчет по заданию	2 2	очная заочная
	<b>Модульная единица 6</b> Регрессионные модели с несколькими входными переменными	Практическое занятие № 4 «Планирование экстремальных экспериментов»	отчет по заданию	4 2	очная заочная
		Практическое занятие № 5 «Планирование второго порядка»	отчет по заданию	4 2	очная заочная
	<b>Модульная единица 7</b>	Практическое занятие № 6 «Анализ математических моде-	отчет по заданию	4 2	очная заочная



№ п/п	№ модуля и модульной единицы	№ и название практических занятий	Вид кон- трольного мероп- риятия	Кол-во часов	Форма обучения
	Интерпретация и оп- тимизация регресси- онных моделей	лей методом двумерных сече- ний»			
<b>Итого</b>				<b>18</b> <b>12</b>	очная заочная

**4.5. Самостоятельная работа аспирантов**  
**4.5.1. Перечень вопросов для самостоятельного изучения**

Таблица 7

Трудоемкость и вид контроля самостоятельной работы

№ п\п	№ модуля и модульной единицы	Наименование модульной единицы	Вид контрольного мероприятия	Количество часов ОФ/ЗФ
1.	МЕ 1	Основы теории подобия	отчет по заданию	24/28
2.	МЕ 3	Алгоритм построения модели	отчет по заданию	8/12
3.	МЕ 4	Планирование и проведение эксперимента	отчет по заданию	8/12
4.	МЕ 6	Регрессионные модели с несколькими входными переменными	отчет по заданию	8/12
5.	МЕ 7	Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей	отчет по заданию	24/32
<b>Итого</b>				<b>72/96</b>

**5. Взаимосвязь компетенций с учебным материалом и вопросами итогового контроля знаний аспирантов**

Таблица 9

Взаимосвязь компетенций с учебным материалом и вопросами итогового контроля знаний аспирантов

Компетенции	Иные виды занятий (Коллоквиумы, консультации)	Практические занятия
способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-1)	МЕ 1–МЕ 3	МЕ 3, МЕ 4, МЕ 6, МЕ 7
способностью обосновывать режимы и параметры технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, а также разрабатывать методы их оптимизации (ПК-4)	МЕ 4–МЕ 7	МЕ 3, МЕ 4, МЕ 6, МЕ 7

**6. Оценочные средства для текущего и промежуточного контроля обучающихся**

Оценочные средства для текущего и промежуточного контроля обучающихся по дисциплине разработаны в соответствии с требованиями Положения о фонде оценочных средств по программам подготовки кадров выс-

шей квалификации в аспирантуре ГБОУ ВПО НГИЭИ. Примерные оценочные средства представлены в приложении 1

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1. Основная литература**

1. Реброва, И.А. Планирование эксперимента: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с. // ЭБ НГИЭУ [Электронный ресурс].

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Бойко, А.Ф. Теория планирования многофакторных экспериментов: учебное пособие / А.Ф. Бойко, М.Н. Воронкова. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013.- 73 с. // ЭБС «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28403>.

2. Любченко, Е.А. Планирование и организация эксперимента: учебное пособие. Часть 1 / Е.А. Любченко, О.А. Чуднова. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. – 156 с. // ЭБ НГИЭУ [Электронный ресурс].

3. Тихонов, А.И. Основы теории подобия и моделирования (электрические машины): Учеб. пособие / А.И. Тихонов.- ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»; Иваново, 2011. – 132 с. // ЭБ НГИЭУ [Электронный ресурс].

4. Статистические методы обработки, планирования инженерного эксперимента: учебное пособие.- Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015.- 93 с. // ЭБС «IPRbooks» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55912>.

5. Штерензон, В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций. / В. А. Штерензон/ - Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. – 66 с. // ЭБ НГИЭУ [Электронный ресурс].

### **7.3. Информационно-справочные системы**

1. Национальная электронная библиотека (нэб) - <http://нэб.рф>
2. Электронная научная библиотека e-library.ru <http://elibrary.ru/>
3. ЭБС «Книгофонд» - <http://www.knigafund.ru/>
4. ЭБС IPRbooks – [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)

### **7.4. Лицензионное обеспечение**

- 1.OS Windows 7, 8.

## **8.Критерии оценки результатов обучения**

Критерии оценки результатов обучения по дисциплине представлены в приложении 2.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Реализация дисциплины требует наличия учебного кабинета. Оборудование учебного кабинета: учебно-методические пособия, справочные таблицы, тесты, карточки индивидуальных заданий.

Технические средства обучения: мультимедийное оборудование.



№ п/п	Контролируемые модульные единицы	Код контролируемой и наименование компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Наименование оценочного средства
1	<p>МЕ 1 Основы теории подобия</p> <p>МЕ 2 Модели. Математическое моделирование</p> <p>МЕ 3 Алгоритм построения модели</p> <p>МЕ 4 Модели. Планирование и проведение эксперимента</p> <p>МЕ 6 Регрессионные модели с несколькими входными переменными</p> <p>МЕ 7 Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей</p>	<p>способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-1)</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> методы математического моделирования и проектирования технологических процессов</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> применять математические методы моделирования для решения практических задач</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов, практическими навыками использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях</p>	<p>Творческое задание</p> <p>Расчетно-графические работы</p> <p>зачет</p>
	<p>МЕ 3 Алгоритм построения модели</p> <p>МЕ 4 Модели. Планирование и проведение эксперимента</p> <p>МЕ 5 Регрессионные модели с одной входной переменной</p> <p>МЕ 6 Регрессионные модели с несколькими входными переменными</p> <p>МЕ 7 Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей</p>	<p>способностью обосновывать режимы и параметры технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, а также разрабатывать методы их оптимизации (ПК-4)</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> методы проектирования и оптимизации параметров и режимов технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> обосновывать параметры и режимы работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, с помощью методов планирования эксперимента</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами оптимизации параметров и режимов работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, навыками проектирования моделей технологических процессов в сельском хозяйстве</p>	<p>Творческое задание</p> <p>Расчетно-графические работы</p> <p>зачет</p>

## Расчетно-графические работы

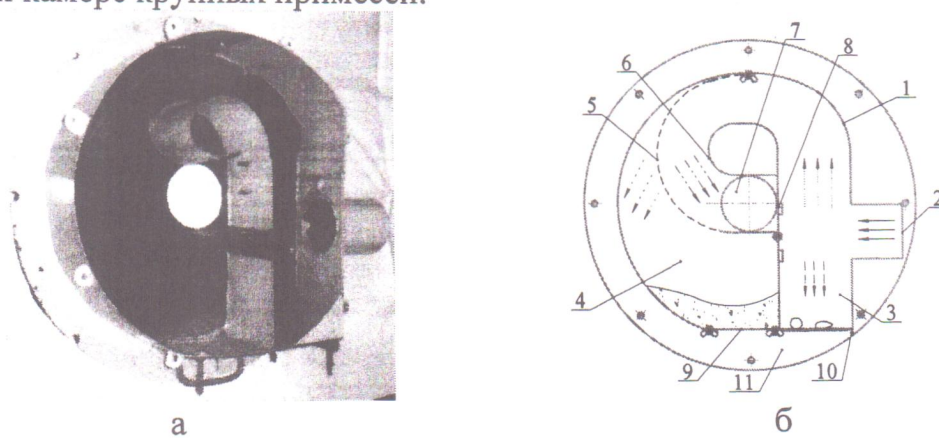
### Примерные задания:

#### МЕ 3 Алгоритм построения модели

1. Разработать алгоритм построения модели процесса очистки зерна от примесей пневматическим сепаратором (рисунок 1).

Для очистки фуражного зерна от крупных, мелких и металломагнитных примесей создан пневматический сепаратор (рисунок 1), который устанавливается перед молотковой дробилкой зерна с вентилятором.

Подлежащий очистке материал потоком воздуха подается через входной патрубок 2 в камеру 3 сепаратора, где под действием гравитационных сил происходит выделение крупных примесей. Часть дна 9 осадительной камеры 3 выполнена перфорированной. Через неё поступает воздух, обеспечивающий аэрацию выделяемых крупных примесей. С целью регулирования площади живого сечения, значения скорости восходящего воздушного потока заслонка 10 также выполнена перфорированной. Перемещением заслонки достигается необходимая скорость восходящего воздушного потока в осадительной камере крупных примесей.



а — исходный материал; — — — очищенный материал;  
- - - крупные примеси; - - - мелкие примеси;  
- - - материал, очищенный от крупных примесей

Рисунок 1 – Экспериментальный пневмосепаратор: а – общий вид; б – конструктивно - технологическая схема; 1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3, 4 – осадительные камеры для крупных и мелких примесей; 5 – сепарирующая решетка; 6 – глухая стенка; 7 – выходное окно; 8 – магнит; 9 – дно осадительных камер; 10 – регулирующая заслонка; 11 – крышка дробилки

Сепаратор работает следующим образом: материал, поступающий через патрубок 2, достигает вертикальной стенки камеры 3, на которой установлен магнит 8, благодаря которому происходит выделение металлических примесей. В камере 3 происходит выделение из зернового вороха крупных тяжелых примесей. Далее материал, очищенный от крупных и металлических примесей, движется по сепарирующей решетке 5. Выполнение сепарирующей решетки 5 перфорированной обеспечивает выделение мелких примесей под

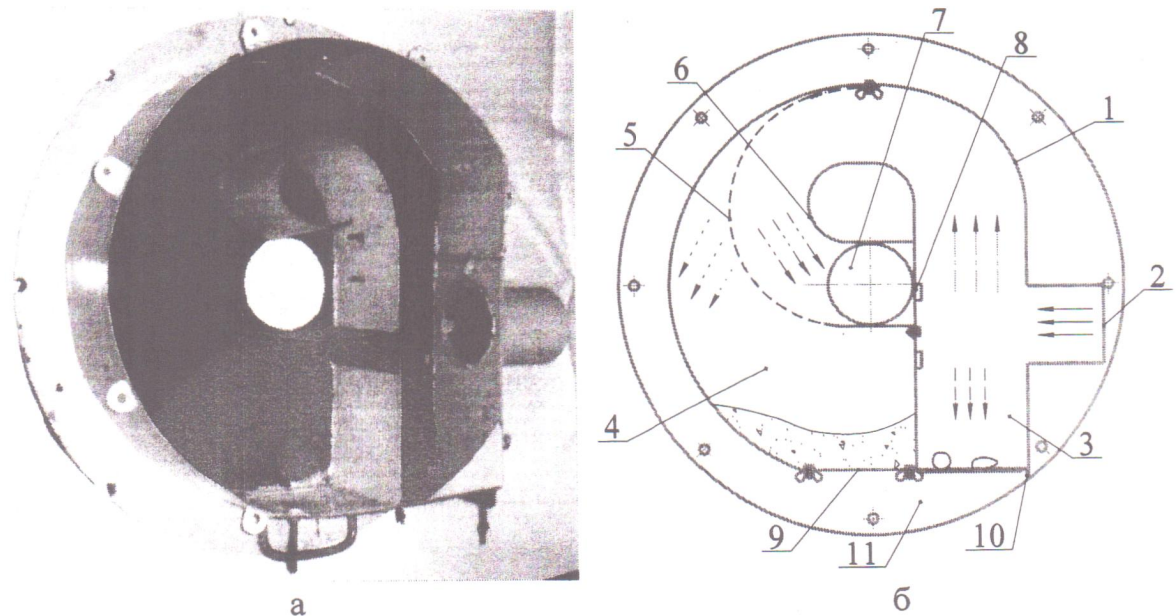


действием центробежных сил и осаждение их в камере 4. Очищенный материал выводится через выходное окно 7 в камеру дробилки.

#### МЕ 4 Планирование и проведение эксперимента

1. Исходя из условий протекания рабочего процесса и конструктивных особенностей, определить факторы и уровни их варьирования пневмосепаратора фуражного зерна (рисунок 1) при следующих исходных данных:

- производительность дробилки зерна 2 т/ч;
- максимальный расход воздуха 0,3 м<sup>3</sup>/с;
- диаметр входного патрубка 100 мм;
- диаметр выходного окна 120 мм;
- диаметр крышки дробилки 500 мм.



← исходный материал; ←--- очищенный материал;  
 --- крупные примеси; -...- мелкие примеси;  
 - - - материал, очищенный от крупных примесей

Рисунок 1 – Экспериментальный пневмосепаратор: а – общий вид; б – конструктивно - технологическая схема; 1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3, 4 - осадительные камеры для крупных и мелких примесей; 5 – сепарирующая решетка; 6 - глухая стенка; 7 – выходное окно; 8 – магнит; 9 – дно осадительных камер; 10 – регулирующая заслонка; 11 – крышка дробилки

#### МЕ 4 Планирование и проведение эксперимента

1. Провести оценку ошибок измерений результатов эксперимента.



№ вы- борки	Результаты опытов									
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№10
1	3,5	4,8	3,1	4,1	4,2	3,3	3,7	4,2	3,6	4,0
2	4,7	4,6	3,9	4,1	3,2	3,3	3,5	3,6	4,5	4,8
2	51	51	52	51	53	52	51	52	53	51

## МЕ 6 Регрессионные модели с несколькими входными переменными

1. По результатам эксперимента построить линейную модель регрессии и выполнить процедуру крутого восхождения (спуска) по направлению градиента поверхности отклика с помощью мысленных опытов.

№ п.п.	$x_1 = 25;$ $\Delta x_1 = 12$	$x_2 = 100;$ $\Delta x_2 = 50$	$y_i$
1	-1	-1	100
2	+1	-1	150
3	-1	+1	180
4	+1	+1	200

## МЕ 6 Регрессионные модели с несколькими входными переменными

1. По результатам эксперимента построить модель регрессии второго порядка

Номера точек	$x_1 = 25;$ $\Delta x_1 = 12$	$x_2 = 100;$ $\Delta x_2 = 50$	Критерий оптимизации
			$\bar{y}_u$
1	-1	0	15
2	+1	0	13
3	0,5	0,866	10
4	0,5	-0,866	11
5	-0,5	0,866	16
6	-0,5	-0,866	17
7	0	0	12

## МЕ 7 Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей

1. Используя модель регрессии второго порядка из отчета предыдущей практической работы для двух факторов, выполнить ее анализ с помощью построения двумерного сечения.

### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если сформированы навыки построения и анализа регрессионных моделей;

«не зачтено» выставляется аспиранту, если отсутствуют навыки построения и анализа регрессионных моделей.

Составитель \_\_\_\_\_ С. Ю. Булатов  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

## Примерные вопросы к зачету

### Модуль 1 «Основы теории подобия и математического моделирования»

#### МЕ 1 «Основы теории подобия»:

1. Охарактеризуйте физическое и математическое моделирование.
2. Особенности точного, приближенного, полного и неполного подобий.

#### МЕ 2 «Модели. Математическое моделирование»:

1. Основные понятия моделирования процессов: модель, процесс, объект, система, элемент системы, внешняя среда, гипотеза, аналогия, моделирование.
2. Основные цели моделирования, краткая характеристика каждой из них.
3. Главные основополагающие принципы, на которых базируется моделирование. Дайте краткую характеристику каждому из них.
4. Охарактеризуйте пять аксиом теории моделирования.
5. Идеальные модели и моделирование.
6. Материальное моделирование.
7. Охарактеризуйте следующие виды моделирования: статическое, динамическое, детерминированное, стохастическое, дискретное, непрерывное, полное, неполное, приближенное.
8. Основные функции модели.
9. Объект исследования, как фактор, влияющий на модель объекта.
10. Проблемы и задачи исследования.
11. Требования, предъявляемые к математической модели?
12. Структура математической модели.
13. Цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов.

#### МЕ 3 «Алгоритм построения модели»:

1. Технология комплексного моделирования.
2. Алгоритм построения аналитической модели.
3. Алгоритм построения эмпирической модели.

### Модуль 2 «Планирование эксперимента и оптимизация объекта исследования»

#### МЕ 4 «Планирование и проведение эксперимента»:

1. Цели планирования эксперимента, виды экспериментов.
2. Полный факторный эксперимент? Как он составляется?
3. Матрица планирования эксперимента, свойства матрицы полного факторного эксперимента.
4. Выбор уровней факторов при планировании эксперимента.



**МЕ 5 «Регрессионные модели с одной входной переменной»:**

1. Опишите метод определения коэффициентов регрессии, последовательность определения коэффициентов регрессии однофакторной модели.
2. Критерий оценки адекватности модели с одним входным фактором, неадекватность модели.
3. Оценка точности однофакторной модели.

**МЕ 6 «Регрессионные модели с несколькими входными переменными»:**

1. Основы построения регрессионных моделей для объекта с несколькими входными переменными
2. Оценка точности и адекватности многофакторной линейной регрессионной модели.

**МЕ 7 «Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей»:**

1. Интерпретация модели, этапы интерпретации модели.
2. Оптимизация модели, метод крутого восхождения.

**Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется, если аспирант исчерпывающе, логически и аргументировано излагает материал вопроса; обосновывает собственную точку зрения при анализе конкретной проблемы исследования, проявляет навыки в области планирования эксперимента и анализа эмпирических данных, свободно отвечает на поставленные дополнительные вопросы, делает обоснованные;

- оценка «хорошо» выставляется, если аспирант демонстрирует знание базовых положений в области планирования эксперимента без использования дополнительного материала; проявляет логичность и доказательность изложения материала, но допускает отдельные неточности при планировании эксперимента, анализе опытных данных, построении и оптимизации моделей технологических процессов; в ответах на дополнительные вопросы имеются незначительные ошибки;

- оценка «удовлетворительно» выставляется, если аспирант поверхностно раскрывает основные теоретические положения теории планирования, у него отсутствуют навыки составления моделей регрессии; в усвоении программного материала имеются существенные пробелы, излагаемый материал не систематизирован; выводы недостаточно аргументированы, имеются смысловые и речевые ошибки;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если аспирант допускает фактические ошибки и неточности, у него отсутствует знание специальной терминологии, нарушена логика и последовательность изложения материала; не отвечает на дополнительные вопросы по рассматриваемым темам, не может сформулировать собственную точку зрения по обсуждаемому вопросу.

Составитель \_\_\_\_\_ С. Ю. Булатов  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г.

### **Примерные творческие задания:**

#### **МЕ 1 Основы теории подобия**

1. На основе априорной информации по теме научного исследования, используя  $\pi$ -теорему подобия, представить модель функционирования конструкторской разработки (технологического процесса) в критериальной форме.

#### **МЕ 3 Алгоритм построения модели**

1. На примере своих научных исследований составить алгоритм построения аналитической и эмпирической модели.

#### **МЕ 4 Планирование и проведение эксперимента**

1. Основываясь на результатах своего научного исследования составить план полного факторного эксперимента первого порядка.

#### **МЕ 6 Регрессионные модели с несколькими входными переменными**

1. Используя результаты своих научных исследований и результаты реализации плана первого порядка, составить план полного факторного эксперимента второго порядка.

#### **МЕ 7 Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей**

1. Используя результаты своих научных исследований и результаты реализации плана первого и второго порядка построить модели регрессий.

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если соблюдены все требования, предъявленные к творческому заданию, автор проявил самостоятельность и творческий подход при решении задач, использовал необходимую литературу.

«не зачтено»: творческое задание не выполнено или выполнено формально, без учета научных положений и рекомендаций.

Составитель \_\_\_\_\_ С. Ю. Булатов  
(подпись)

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



Критерии оценки результатов обучения

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций), шифр	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>ОПК-1: способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты</b>					
ЗНАТЬ: методы математического моделирования и проектирования технологических процессов 3 (ОПК-1) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о методах математического моделирования технологических процессов	В целом успешные, но не систематические представления о методах математического моделирования технологических процессов	В целом успешные, но содержащие отдельные проблемы, представления о методах математического моделирования технологических процессов	Сформированные представления о методах математического моделирования технологических процессов
УМЕТЬ: применять математические методы моделирования для решения практических задач Шифр:У (ОПК-1) -1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения применять математические методы для решения практических задач	В целом успешное, но не систематическое использование применять математические методы для решения практических задач	В целом успешное, но содержащее отдельные проблемы использование умения применять математические методы для решения практических задач	Сформированное умение применять математические методы для решения практических задач
ВЛАДЕТЬ: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов Шифр:В (ОПК-1) -1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	В целом успешное, но содержащее отдельные проблемы применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Успешное и систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов
ВЛАДЕТЬ: практическими навыками использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях Шифр:В (ОПК-1) -2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях	В целом успешное, но не систематическое применение навыков использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях	В целом успешное, но содержащее отдельные проблемы применение навыков использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях	Успешное и систематическое применение навыков использования современных компьютерных технологий в научных исследованиях
<b>ПК-4: способностью обосновывать режимы и параметры технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, а также разрабатывать методы их оптимизации</b>					



<p><b>ЗНАТЬ:</b> методы проектирования и оптимизации параметров и режимов технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве Шифр:З (ПК-4) -1</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о методах проектирования и оптимизации параметров и режимов технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве	Неполные представления о методах проектирования и оптимизации параметров и режимов технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о методах проектирования и оптимизации параметров и режимов технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве	Сформированные систематические представления о методах проектирования и оптимизации параметров и режимов технологических процессов, технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве
<p><b>УМЕТЬ:</b> обосновывать параметры и режимы работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, с помощью методов планирования эксперимента Шифр:У (ПК-4) -1</p>	Отсутствие умений	Слабо выраженное умение обосновывать параметры и режимы работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, с помощью методов планирования эксперимента	В целом успешное, но не систематическое умение обосновывать параметры и режимы работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, с помощью методов планирования эксперимента	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение обосновывать параметры и режимы работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, с помощью методов планирования эксперимента	Сформированное умение обосновывать параметры и режимы работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, с помощью методов планирования эксперимента
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами оптимизации параметров и режимов работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве Шифр:В (ПК-4) -1</p>	Не владеет методами	Владеет методами оптимизации параметров и режимов работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве, допуская существенные ошибки при применении данных знаний.	Владеет некоторыми методами оптимизации параметров и режимов работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве	В целом успешное, но содержащее некоторые пробелы умение применять методы оптимизации параметров и режимов работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве	Успешное и системное владение методами оптимизации параметров и режимов работы технических средств, установок и оборудования, используемых в сельском хозяйстве
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками проектирования моделей технологических процессов в сельском хозяйстве Шифр:В (ПК-4) -2</p>	Отсутствие навыка	Фрагментарное использование навыков проектирования моделей технологических процессов в сельском хозяйстве	В целом успешное, но не систематическое использование навыков проектирования моделей технологических процессов в сельском хозяйстве	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование навыков проектирования моделей технологических процессов в сельском хозяйстве	Успешное и систематическое использование навыков проектирования моделей технологических процессов в сельском хозяйстве