

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.03

(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Методика постановки и проведения эксперимента**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

**22.06.01 Технологии материалов**

направленность (профиль)

**Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов**

Форма обучения: очная

Год набора: 2020

Общая трудоемкость: 6 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	1	Итого
Форма контроля	Зачет	
<b>Вид занятий</b>		
Лекции	18	18
Лабораторные		
Практические	18	18
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация		
Контактная работа	36	36
Самостоятельная работа	180	180
Контроль		
<b>Итого</b>	216	216

Рабочую программу составил(и):

Профессор департамента магистратуры (бизнес-программ), доктор экономических наук,  
профессор, Савенков Д.Л.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Руководитель департамента магистратуры (бизнес-программ), кандидат экономических наук,  
доцент, Шерстобитова А.А.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана  
направления подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «30» августа 2024 г.**

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой / руководитель департамента / директор (руководитель) центра

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*(подпись)*

*(И.О. Фамилия)*

УТВЕРЖДЕНО

На заседании департамента магистратуры (бизнес-программ)

(протокол заседания № 1 от «30» августа 2019 г.).

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – теоретически и практически изучить, и сформировать у обучающихся навыки использования методов планирования эксперимента, сбора и систематизации данных, численной обработки полученных результатов и корректной интерпретации результата экспериментального исследования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: дисциплины предыдущего уровня образования.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: подготовка и написание диссертации, подготовка к сдаче государственного экзамена, подготовка к сдаче кандидатских экзаменов.

## 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1 (способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий)	-	Знать: современные методы исследования и информационно-коммуникационных технологий
		Уметь: самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области
		Владеть: навыками применения современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-2 (умением экспериментально устанавливать состояния конденсированных веществ, изменение их физических свойств в результате различных внешних воздействий)	-	Знать: изменение физических свойств конденсированных веществ в результате различных внешних воздействий
		Уметь: - экспериментально устанавливать состояния конденсированных веществ
		Владеть: навыками установления состояния конденсированных веществ, изменения их физических свойств в результате различных внешних воздействий

<b>Формируемые и контролируемые компетенции</b> (код и наименование)	<b>Индикаторы достижения компетенций</b> (код и наименование)	<b>Планируемые результаты обучения</b>
ПК-4 (способность разрабатывать экспериментальные методы изучения физических свойств материалов и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами)	-	Знать: методы изучения физических свойств материалов
		Уметь: разрабатывать экспериментальные методы изучения физических свойств материалов
		Владеть: навыками создания физических основ промышленной технологии получения материалов
УК-5 (способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития)	-	Знать: современные методы планирования и решения задач собственного профессионального и личностного развития
		Уметь: планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития
		Владеть: навыками планирования и решения задачи собственного профессионального и личностного развития

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Методика постановки и проведения эксперимента	Лек	Роль эксперимента в проведении научного исследования	1	2			
	СР			10			
	ПР	Построение электронных таблиц для исходных данных эксперимента		6			Комплект отчетов по практическим работам
	СР			10			
	Лек	Этапы проведения экспериментального исследования  Измерение результатов и получение экспериментальных данных		2			
	СР			10			
	ПР	Компьютерная модель для критерия Хи-квадрат		2			Комплект отчетов по практическим работам
	СР			10			
	Лек	Статистические методы оценки достоверности экспериментальных данных		2			
	СР			10			
	ПР	Компьютерная модель для критерия Крамера-Уэлша		4			Комплект отчетов по практическим работам
	СР			10			
	Лек	Компьютерные системы обработки статистических данных		2			
	СР			10			

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	ПР	Компьютерная модель для критерия «угловое преобразование Фишера»		6			Комплект отчетов по практическим работам
	СР			10			
	Лек	Классификация статистических методов и область их применения		2			
	СР			10			
	ПР	Планирование эксперимента и обработка данных с помощью греко-латинских квадратов		2			Комплект отчетов по практическим работам
	СР			10			
	Лек	Построение электронных таблиц для обработки результатов эксперимента		2			
	СР			10			
	ПР	Сравнительный анализ критерия Хи- квадрат и критерия Крамера-Уэлша		4			Комплект отчетов по практическим работам
	СР			10			
	Лек	Проведение эксперимента с помощью имитационной модели		2			
	СР			10			
	ПР	Построение имитационной модели для получения статистических данных		4			Комплект отчетов по практическим работам
	СР			10			
	Лек	Отображение и интерпретация результатов экспериментального исследования		2			
	СР			10			
	ПР	Построение модели электорального процесса – уточненная компьютерная модель Даунса		2			Комплект отчетов по практическим работам
	СР			10			

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	СР	Подготовка к зачету		10			Вопросы к промежуточной аттестации
<b>Итого:</b>				<b>216</b>			

#### Схема расчета итогового балла

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки
Защита отчета по практической работе	Выполнение практической работы на компьютере и представление работающего программного продукта преподавателю	Оценка «зачтено» ставится студенту, проявившему знания программного материала, обнаружившему понимание и практическое использование учебного материала, или допустившему неточности в ответе, но обладающему необходимыми знаниями и умениями для их устранения при корректировке.
		Оценка «не зачтено» ставится студенту, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему принципиальные ошибки при изложении материала.

## **5. Образовательные технологии**

В рамках изучения дисциплины «Методика постановки и проведения эксперимента» предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

- технология традиционного обучения: лекции и практические работы, самостоятельная работа;
- технология проектного обучения: реализация и защита отчетов по практическим работам.

## **6. Методические указания по освоению дисциплины**

### **Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям**

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет.

В ходе лекционных занятий рекомендуется конспектировать учебный материал, обращая внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к лекциям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, публикациями в Интернет-источниках, периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и выпускных квалификационных работ.

### **Рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Студентам следует:

- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;
- при подготовке к практическим занятиям следует обязательно использовать не только лекции, учебную литературу, но и другие источники;
- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;
- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по рассмотренному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться студентом на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих



условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	ОПК-1; ПК-2; ПК-4; УК-5	Комплект отчетов по практическим работам 1-8 Вопросы к зачету 1-44

### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

#### 7.2.1 Комплект отчетов по практическим работам.

#### Практическое занятие №1. Построение электронных таблиц для исходных данных эксперимента

**Задание:** построить электронные таблицы для исходных данных эксперимента.

**Описательная информационная модель.** На первом этапе исследования объекта или процесса обычно строится описательная информационная модель. Такая модель выделяет существенные, с точки зрения целей проводимого исследования, параметры объекта, а несущественными параметрами пренебрегает.

**Формализованная модель.** На втором этапе создается формализованная модель, т. е. описательная информационная модель записывается с помощью какого-либо формального языка. В такой модели с помощью формул, уравнений или неравенств фиксируются формальные соотношения между начальными и конечными значениями свойств объектов, а также накладываются ограничения на допустимые значения этих свойств.

Однако далеко не всегда удастся найти формулы, явно выражающие искомые величины через исходные данные. В таких случаях используются приближенные математические методы, позволяющие получать результаты с заданной точностью.

**Компьютерная модель.** На третьем этапе необходимо формализованную информационную модель преобразовать в компьютерную модель, т. е. выразить ее на понятном для компьютера языке. Существуют различные пути построения компьютерных моделей,

в

том

числе:

- создание компьютерной модели в форме проекта на одном из языков программирования;
- построение компьютерной модели с использованием электронных таблиц или других приложений: систем компьютерного черчения, систем управления базами данных, геоинформационных систем и т. д.

В процессе создания компьютерной модели полезно разработать удобный графический интерфейс, который позволит визуализировать формальную модель, а также реализовать интерактивный диалог человека с компьютером на этапе исследования модели.

**Компьютерный эксперимент.** Четвертый этап исследования информационной модели состоит в проведении компьютерного эксперимента. Если компьютерная модель существует в виде проекта на одном из языков программирования, ее нужно запустить на выполнение, ввести исходные данные и получить результаты.

Если компьютерная модель исследуется в приложении, например, в электронных таблицах, то можно построить диаграмму или график, провести сортировку и поиск данных или использовать другие специализированные методы обработки данных.

При использовании готовой компьютерной визуальной интерактивной модели необходимо ввести исходные данные, запустить модель на выполнение и наблюдать изменение объекта и характеризующих его величин.

В виртуальных компьютерных лабораториях можно проводить эксперименты с реальными объектами. Для этого к компьютеру присоединяются датчики измерения физических параметров (температуры, давления, силы и др.), данные измерений передаются в компьютер и обрабатываются специальной программой. Результаты эксперимента в виде таблиц, графиков и диаграмм отображаются на экране монитора и могут быть распечатаны.

**Анализ полученных результатов и корректировка исследуемой модели.** Пятый этап состоит в анализе полученных результатов и корректировке исследуемой модели. В случае несоответствия результатов, полученных при исследовании информационной модели, измеряемым параметрам реальных объектов можно сделать вывод, что на предыдущих этапах построения модели были допущены ошибки или неточности.

Например, при построении описательной качественной модели могут быть неправильно отобраны существенные свойства объектов в процессе формализации могут быть допущены ошибки в формулах и т. д. В этих случаях необходимо провести корректировку модели, причем уточнение модели может проводиться многократно, пока анализ результатов не покажет их соответствие изучаемому объекту.

**Построение электронной таблицы для статистической обработки результатов эксперимента (проверка статистической однородности Экспериментальной и Контрольной групп наблюдений)**

А	В	С	Д	Е
Номер	Количество баллов i-го студента контр. гр. до эксперимента	Количество баллов i-го студента eksper. гр. до эксперимента	Количество баллов i-го студента контр. гр. после эксперимента	Количество баллов i-го студента eksper. гр. после эксперимента
1	12	9	13	15
2	19	19	21	31
3	23	8	24	17
4	17	22	19	34
5	38	25	40	35
6	25	12	25	23
7	39	20	42	34
8	9	10	10	23
9	27	37	29	50
10	42	39	45	51
11	44	13	44	21
12	31	37	32	51
13	47	26	46	49
14	11	12	10	22
15	43	39	44	50
16	34	27	35	49
17	40	14	41	22
18	13	39	17	52
19	22	9	20	16
20	37	19	41	29
21	29	43	30	52
22	41	30	45	50
23	14	16	15	23
24	31	41	32	51

A	B	C	D	E
Номер	Количество баллов i-го студента контр. гр. до эксперимента	Количество баллов i-го студента eksper. гр. до эксперимента	Количество баллов i-го студента контр. гр. после эксперимента	Количество баллов i-го студента eksper. гр. после эксперимента
25	42	27	42	49
26	10	44	12	52
27	36	31	38	50
28	40	15	43	26
29	29	45	33	52
30	8	42	11	52
31	33	9	34	17
32	16	33	19	51
33	50	46	52	52
34	35	10	35	15
35	49	49	50	52
36	37	28	39	51
37	18	47	18	52
38	38	20	38	31
39	11	17	13	31
40	39	44	41	50
41		49		52
42		37		47
43		11		20
44		29		42
45		41		51
46		32		52
47		47		52
48		13		26
49		50		52
50		35		50
51		43		52
52		15		22
53		39		51
54		36		51
55		48		52
56		13		25
57		46		52
58		24		32
59		10		16
60		14		23
<i>Среднее</i>	29,5	28,4	31,0	39,2
<i>Дисперсия</i>	158,56	184,81	160,10	191,30

*Среднее* вычисляется по формуле =СРЗНАЧ (B2:B61) с последующим тиражированием по столбцам C,D,E

*Дисперсия* вычисляется по формуле =ДИСП (B2:B61) с последующим тиражированием по столбцам C,D,E

Те же данные с преобразовать в таблицу порядковых данных с порядковой шкалой, имеющей заданное число градаций (3, 5, 7). К полученной таблице на следующем занятии будет применен критерий хи-квадрат.

## **Практическое занятие №2. Компьютерная модель для критерия Хи-квадрат**

Цель работы: *построить электронную таблицу, определяющую однородность/неоднородность двух статистических выборок на заданном уровне значимости  $p$ .*

Задание на решение задачи

В качестве примера рассматриваются две выборки по результатам обследования групп учащихся.

Средствами MS Excel вычисляются значение критерия хи-квадрат и определяется степень уверенности в однородности/неоднородности выборок на заданном уровне значимости  $p=0,05$  ( $p=0,01$ ).

### **План выполнения работы**

1. Выберите исходные выборки.
2. Постройте вычислительную таблицу в MS Excel.
3. Задайте уровень значимости  $p=0,05$ .
4. Сформулируйте вывод о статистической *однородности/неоднородности* выборок. Объясните их различие.

### **Содержание отчета**

- I. Титульный лист.
- II. Название и цель работы.
- III. Результаты выполнения работы
- IV. Заключение
- V. Приложения

## **Практическое занятие №3.**

### **Компьютерная модель для критерия Крамера-Уэлча**

**Задание:** Необходимо применить критерий Крамера-Уэлча, основанный на статистике, для проверки гипотезы равенства математических ожиданий использовать.

Критерий Крамера-Уэлча имеет прозрачный смысл – разность выборочных средних арифметических для двух выборок делится на естественную оценку среднего квадратического отклонения этой разности. Естественность указанной оценки состоит в том, что неизвестные статистику дисперсии заменены их выборочными оценками. Из многомерной центральной предельной теоремы и из теорем о наследовании сходимости вытекает, что при росте объемов выборок распределение статистики Т Крамера-Уэлча сходится к стандартному нормальному распределению с математическим ожиданием 0 и дисперсией 1. Итак, при справедливости  $H_0$  и больших объемах выборок распределение статистики Т приближается с помощью стандартного нормального распределения  $\Phi(x)$ , из таблиц которого следует брать критические значения.

Из сказанного выше следует, что применение критерия Крамера-Уэлча не менее обосновано, чем применение критерия Стьюдента. Дополнительное преимущество - не требуется равенства дисперсий  $D(X)=D(Y)$ .

Распределение статистики Т не является распределением Стьюдента, однако и распределение статистики  $t$ , как показано выше, не является таковым в реальных ситуациях.

(цитата из учебника Орлова В.И. <http://orlovs.pp.ru/stat.php> Показано, что предпосылки двухвыборочного критерия Стьюдента, как правило, не выполняются. Для проверки однородности математических ожиданий вместо критерия Стьюдента предлагается

использовать критерий Крамера-Уэлча. Обсуждаются непараметрические критерии для проверки гипотезы однородности функций распределения.)

#### **Практическое занятие №4.**

##### **Компьютерная модель для критерия «угловое преобразование Фишера»**

**Задание:** Построить компьютерную модель для критерия «Угловое преобразование Фишера».

Для оценки статистической однородности характеристик экспериментальной и контрольной групп использовать критерий Фишера. Выбор критерия произведен на основании рекомендаций предложенных Д.А. Новиковым в «Статистические методы в педагогических исследованиях»,<sup>2</sup> и связан с тем, что данный критерий позволяет сделать заключение о статистической однородности/неоднородности ожидаемых средних значений (математического ожидания) исследуемого показателя при том, что дисперсии выборок различаются. Различие дисперсий было выявлено на первом этапе обработки данных, и стало препятствием для применения традиционного t-критерия Стьюдента.

В книге Д.А.Новикова использованы критические значения как раз для t-критерия, что конечно не вполне обоснованно и дает приблизительные результаты. Использование значения  $T_{кр}=1,96$  уровня уверенности 95% говорит о том, что объем выборки предполагается очень большим (обозначается просто как бесконечный, то есть речь идет о предельном значении при возрастании объема).

**Алгоритм** определения достоверности совпадений и различий характеристик сравниваемых выборок для экспериментальных данных, измеренных в шкале отношений, с помощью критерия Фишера включает следующие шаги:

1. Вычислить для сравниваемых выборок  $T_{эмп}$  — эмпирическое значение критерия.
2. Сравнить это значение с критическим значением.

#### **Практическое занятие №5.**

**Планирование эксперимента и обработка данных с помощью латинских и греко-латинских квадратов**

**Задание:** Спланировать эксперимент и обработать данные с помощью латинских и греко-латинских квадратов

Предположим, например, что экспериментатор исследует влияние пяти различных формул взрывчатой смеси, используемых при производстве динамита, на наблюдаемую силу взрыва. Смесь по каждой из формул готовится из партии сырья, объем которой позволяет проверить не более пяти формул. Далее смеси готовятся несколькими операторами, которые могут существенно различаться по квалификации и опыту. Таким образом, оказывается, что план эксперимента должен предусмотреть «усреднение» влияния двух внешних факторов — партий сырья и операторов. План, позволяющий решить эту задачу, состоит в том, чтобы проверить каждую формулу смеси в точности один раз в каждой партии сырья в точности по одному разу каждым из пяти операторов (табл. 1). Такой план называется латинским квадратом. Отметим, что наблюдения расположены квадратом, а пять формул (обработок) обозначены латинскими буквами А, В, С, D и Е — этим и объясняется название «латинский квадрат». Видно, что как партии сырья (строки), так и операторы (столбцы) ортогональны обработкам.

Таблица 1 - Латинский квадрат для задачи о формулах взрывчатой смеси

Партии сырья	Операторы				
	1	2	3	4	5
1	$A = 24$	$B = 20$	$C = 19$	$D = 24$	$E = 24$
2	$B = 17$	$C = 24$	$D = 30$	$E = 27$	$A = 36$
3	$C = 18$	$D = 38$	$E = 26$	$A = 27$	$B = 21$
4	$D = 26$	$E = 31$	$A = 26$	$B = 23$	$C = 22$
5	$E = 22$	$A = 30$	$B = 20$	$C = 29$	$D = 31$

Латинские квадраты применяются для того, чтобы исключить два внешних источника неоднородности, т. е. чтобы обеспечить систематическое группирование в блоки по двум направлениям. Таким образом, строки и столбцы, в сущности, представляют собой два ограничения на рандомизацию.

В общем случае латинский квадрат для  $p$  факторов или латинский квадрат  $p \times p$  — это квадрат, состоящий из  $p$  строк и  $p$  столбцов. Каждая из  $p^2$  получающихся ячеек содержит одну из  $p$  букв, соответствующих обработкам, причем каждая буква встречается в каждой строке и каждом столбце один и только один раз. Ниже даны примеры латинских квадратов:

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z			
1		Операторы							p =	5	Операторы							γ ( j..)											
2		Формулы	1	2	3	4	5			Формулы	1	2	3	4	5	Сумма		A	Формулы	1	2	3	4	5					
3		1	24	20	19	24	24	111		1	24	20	19	24	24	111			1	24	0	0	0	0	0				
4		2	17	28	27	24	29	128		2	17	28	27	27	29	128			2	0	28	0	0	0	0				
5	Партии сыръя	3	18	38	26	27	21	130	Партии сыр	3	18	38	26	27	21	130			3	0	0	26	0	0	0				
6		4	26	31	21	27	22	127		4	26	31	21	27	22	127			4	0	0	0	27	0					
7		5	22	26	29	22	30	129		5	22	26	29	22	30	129			5	0	0	0	0	30					
8		107	143	122	127	126		γ( ..k )		Сумма	107	143	122	127	126	625													
9		1 A	B	C	D	E		γ( .1. )		A		135				γ ( ...)		B	Формулы	1	2	3	4	5					
10		2 B	A	E	C	D		γ( .2. )		B		101							1	0	20	0	0	0	0				
11		3 C	D	A	E	B		γ( .3. )		C		112							2	17	0	0	0	0	0				
12		4 D	E	B	A	C		γ( .4. )		D		146							3	0	0	0	0	0	21				
13		5 E	C	D	B	A		γ( .5. )		E		131							4	0	0	21	0	0	0				
14																			5	0	0	0	22	0					
15		Сдвиг	0																										
16										γ(...)^2/p^2	15625							C	Формулы	1	2	3	4	5					
17		A	B	C	D	E		SS общ	526	M(Y^2)-[M(Y)]^2				Общая дисперсия * p^2	526			1	0	0	19	0	0	0					
18		B	A	E	C	D		SS сырьё	50					Дисперсия по сырью	50			2	0	0	0	27	0						
19		C	D	A	E	B		SS оператор	132,4					Дисперсия по операторам	132,4			3	18	0	0	0	0	0					
20		D	E	B	A	C		SS формул	264,4					Дисперсия по формулам	264,4			4	0	0	0	0	22						
21		E	C	D	B	A		SS ошибки	79,2					Дисперсия ошибки				5	0	26	0	0	0	0					
22			24	20	19	24	24											D	Формулы	1	2	3	4	5					
23			17	33	27	26	31												1	0	0	0	24	0					
24			18	38	26	27	21												2	0	0	0	0	29					
25			26	31	21	27	22												3	0	38	0	0	0	0				
26			22	26	31	22	32												4	26	0	0	0	0	0				
27			Источник влияния			Сумм Кв	Степ своб	Ср Кв	F										5	0	0	29	0	0	0				
28			Формула			264,4	4	66,1	10,0151515									E	Формулы	1	2	3	4	5					
29			Парт. Сырья			50	4	12,5	1,89393939										1	0	0	0	0	24					
30			Оператор			132,4	4	33,1	5,01515152										2	0	0	27	0	0	0				
31			Ошибка			79,2	12	6,6											3	0	0	0	27	0	0				
32			Сумма			526	24												4	0	31	0	0	0	0				
33																			5	22	0	0	0	0	0				
34																													
35																													
36																													



### Практическое занятие №6.

#### Сравнительный анализ критерия Хи-квадрат и критерия Крамера-Уэлша

Сравнить результаты проверки статистической однородности заданных выборок с помощью моделей построенных ранее для критериев Крамера-Уэлча и хи-квадрат.

(Практические занятия 1 – 4).

### Практическое занятие №7. Построение имитационной модели для получения статистических данных

#### Математическая модель процесса

Математическое моделирование процесса начинается с задания переменных. Переменными задаются количественные факторы, описывающие состояние производственной системы. Обобщим представление системы, чтобы охватить класс произвольных последовательных производственных системы. Этапы производства будем представлять как станции. Состояние системы идентифицируем параметром  $t$  (дискретное время). В процессе производства итерация могла бы быть эквивалентна интервалу в один день (или одна производственная смена), и тогда  $t$  будет показывать количество дней (смен). Будем оперировать с единицами продукции и запасами сырья, «незавершенной продукции» и готовой продукции, измеряемыми в этих единицах<sup>1</sup>. Введем следующие обозначения для общих показателей системы производства:

$n$  – количество станций в процессе производства;

$i$  – номер станции,  $i=1 \dots n$ ;

$t$  – временной параметр,  $t = 0, 1, 2, \dots$ ;

$C_i(t)$  – производительность  $i$  станции в момент  $t$ ;

$P_i(t)$  – производство  $i$  станции в момент  $t$ ;

$W_i(t)$  – незавершенная продукция, доступная для  $i$  станции в момент  $t$ ;

Модель производственной системы задается системой рекуррентных формул (7.1 – 7.5):

Станция 1

$$P_1(t) = C_1(t) \quad (7.1)$$

$$W_1(t) = W_1(t-1) + P_1(t-1) - P_2(t-1) \quad (7.2)$$

Станции  $i = 2, 3, \dots, n-1$

$$P_i(t) = \text{Min} [C_i(t), P_{i-1}(t) + W_{i-1}(t)] \quad (7.3)$$

$$W_i(t) = W_i(t-1) + P_i(t-1) - P_{i+1}(t-1) \quad (7.4)$$

Станции  $n$

$$P_n(t) = \text{Min} [C_n(t), P_{n-1}(t) + W_{n-1}(t)] \quad (7.5)$$

Из уравнивания (7.1) видно, что выпуск продукции станции 1 равен ее производительности. Уравнивание (7.2) определяет WIP, доступную в момент  $t$ , как функцию переменных, полученных в предыдущий момент времени. А именно, количество доступной незавершенной продукции станции 1 в момент  $t$ , то есть  $W_1(t)$ , равно этому количеству в предыдущий момент  $W_1(t-1)$  плюс количество новой продукции станции 1 в предыдущий момент  $P_1(t-1)$  минус количество продукции взятой для переработки станцией 2 в предыдущий момент  $P_2(t-1)$ .

В уравнении (7.3), задается объем производства для станций со 2-й по  $n$ -ю. Объем производства ограничивается производительностью станций или количеством доступной незавершенной продукции (WIP). Отметим, что значение WIP всегда неотрицательно. Уравнение (7.4) аналогично уравнению (7.2), но вычисляет WIP для всех станций кроме  $n$ -й.

---

<sup>1</sup>Отметим, что единица продукции изменяется, поскольку она проходит через систему, являясь вначале сырьём, а в конце - завершенным изделием.

Уравнение (7.5) вычисляет объем производства на последней станции. Уравнения для WIP последней станции не составляется, потому что после неё получается готовая продукция.

В рекуррентных уравнениях для вычисления значений переменных в момент  $t = 1$ , должны быть определены значения всех переменных для момента  $t = 0$ . Верхний предел для  $t$  не установлен, но при моделировании этот предел задается исследуемым интервалом времени  $T$ , называемым временным горизонтом.

Если производительности станций известны в пределах временного горизонта, и заданы начальные значения переменных в момент времени  $t=0$ , то составленная система уравнений позволяет вычислить состояния системы для любого конечного периода времени. Каждая переменная в момент времени  $t$  зависит только от переменных в момент времени  $t-1$  и выбранных дополнительных переменных в момент времени  $t$ , мы можем вычислить все переменные для момента  $t=1$ , затем вычислить переменные в момент  $t=2$ , и так далее до  $t=T$ . Для того, чтобы переменные решения легко получались в любой заданный момент  $t$ , переменные следует упорядочить так, чтобы значение каждой следующей переменной зависело только от ранее вычисленных переменных. Для рассматриваемой системы уравнений этот порядок таков:

$$P_1(t), W_1(t), P_2(t), W_2(t), P_3(t), \dots$$

#### Случайные переменные

В производственном примере, как в большинстве имитационных моделей, точные значения некоторых переменных неизвестны. Например, производительности станций неизвестны и являются случайными величинами, имеющими заданное распределение. В случае Игроков, «перерабатывающих» спички, производительности определялись бросанием кубика. Поэтому производительность каждого Игрока на каждой итерации определялась случайной величиной с дискретным равномерным распределением, в интервале целых значений от 1 до 6.

В более общем случае предполагается, что каждая производительность имеет некоторое заданное распределение. Тогда производительность  $i$ -й станции в момент  $t$  является реализацией случайной величины, которая имеет данное распределение. Распределение может быть своим для каждой станции, то есть  $C_i(t) \approx D_i(t)$  для  $i = 1, 2, \dots, n$

#### Управление моделированием

Теперь можно описать представленную выше игру в терминах введенных переменных. Моделирование начинается с задания начального состояния системы, которое определяется значениями переменных в момент  $t=0$ . В нашем примере:

$$P_1(0) = 0, W_1(0) = 0, P_2(0) = 0, W_2(0) = 0, P_3(0) = 0.$$

Производительности первого периода выбираются как значения равномерно распределенных случайных величин (бросок кубика):

$$C_1(1) = 4, C_2(1) = 2, C_3(1) = 5.$$

По уравнениям модели рассчитываются значения переменных в 1-й период:

$$P_1(1) = 4, W_1(1) = 0, P_2(1) = 2, W_2(1) = 0, P_3(1) = 2.$$

Моделирование 2-й итерации, с новыми значениями производительностей как случайных величин для  $t = 2$ :

$$C_1(2) = 3, C_2(2) = 4, C_3(2) = 1;$$

$$P_1(2) = 3, W_1(2) = 2, P_2(2) = 4, W_2(2) = 0, P_3(2) = 1.$$

Аналогично моделируется 3-я итерация:

$$C_1(3) = 1, C_2(3) = 3, C_3(3) = 1;$$

$$P_1(3) = 1, W_1(3) = 1, P_2(3) = 2, W_2(3) = 3, P_3(3) = 1.$$

Процесс продолжается последовательно, пока не будет достигнут временной горизонт  $T=10$ .

### Моделирование динамической системы в MS Excel

Вначале моделируется переход системы из состояния в момент  $t=0$  в состояние в момент  $t=1$ . Производительности 1-й, 2-й и 3-й станций моделируются в ячейках B4, E4 и H4, соответственно. В каждой из этих ячеек записана формула, задающая равномерно распределенную целочисленную случайную величину в интервале от 1 до 6:

$=\text{ЦЕЛОЕ}(\text{СЛЧИС}()*6)+1$ .

В ячейках 4-й строки моделируются соответствующие уравнения

Ячейка и формула	Уравнение
C4 =B4	(7.1)
D4 =D3+C3-F3	(7.2)
F4=МИН(E4;C4+D4)	(7.3)
G4 =G3+F3-I3	(7.4)
I4=МИН(H4;F4+G4)	(7.5)
J4 =I4	

### Варианты заданий

Используя математическую модель, задаваемую формулами (7.1)-(7.5), построить компьютерную модель, произвести моделирование работы в течение 100 смен для различных производственных линий. Оценить средний выход готовой продукции за смену, и его среднеквадратическое отклонение. Определить средние показатели количества незавершенной продукции.

1) производственной линии состоящей из 4 станков, случайная величина задающая производительность каждого станка имеет равномерное распределение со средним значением равным 5 и дисперсией 4.

2) производственной линии, состоящей из 5 станков, случайная величина задающая производительность каждого станка имеет треугольное со средним значением равным 6 и дисперсией 4.

3) производственной линии состоящей из 5 станков, случайная величина задающая производительность каждого станка имеет нормальное распределение со средним значением равным 7 и дисперсией 4.

### Практическое занятие №8. Построение диаграмм отображающих результаты эксперимента

УП Фишера предназначено для сопоставления двух выборок по частоте встречаемости интересующего исследователя эффекта.

(сравнение двух выборок, представленных измерением по дихотомической шкале)

**Критерий оценивает достоверность различий между процентными долями двух выборок, в которых зарегистрирован интересующий нас эффект.**

Суть углового преобразования Фишера состоит в переводе процентных долей в величины центрального угла, который измеряется в радианах. Большей процентной доле будет соответствовать больший угол  $\phi$ , а меньшей доле - меньший угол, но соотношения здесь не линейные:

$$\phi = 2 * \arcsin(\sqrt{P}),$$

где  $P$  - процентная доля, выраженная в долях единицы.

При увеличении расхождения между углами  $\phi_1$  и  $\phi_2$  и увеличения численности выборок значение критерия возрастает. Чем больше величина  $\phi^*$ , тем более вероятно, что различия достоверны.

### Гипотезы УП Фишера

**H<sub>0</sub>:** Доля лиц, у которых проявляется исследуемый эффект, в выборке 1 не больше, чем в выборке 2.

**H<sub>1</sub>:** Доля лиц, у которых проявляется исследуемый эффект, в выборке 1 больше, чем в выборке 2.

#### Ограничения УП Фишера

1. Ни одна из сопоставляемых долей не должна быть равной нулю.
2. Верхний предел в критерии  $\phi$  отсутствует - выборки могут быть сколь угодно большими.

Нижний предел - 2 наблюдения в одной из выборок. Однако должны соблюдаться следующие соотношения в численности двух выборок:

а) если в одной выборке всего 2 наблюдения, то во второй должно быть не менее 30:

$$n_1=2 \rightarrow n_2 \geq 30;$$

б) если в одной из выборок всего 3 наблюдения, то во второй должно быть не менее 7:

$$n_1=3 \rightarrow n_2 \geq 7;$$

в) если в одной из выборок всего 4 наблюдения, то во второй должно быть не менее 5:

$$n_1=4 \rightarrow n_2 \geq 5;$$

г) при  $n_1, n_2 \geq 5$  возможны любые сопоставления.

В принципе возможно и сопоставление выборок, не отвечающих этому условию, например, с соотношением  $n_1=2, n_2=15$ , но в этих случаях не удастся выявить достоверных различий.

**Угловое преобразование Фишера** применяется для сравнения двух процентных долей, при условии, что их сумма составляет 100%.

Удобство данного критерия очевидно: он может применяться к **качественным данным**, объём выборок может быть небольшим, он применяется к процентным долям (которые очень распространены в экономике, психологии и педагогике).

#### Ограничения для применения углового преобразования Фишера:

1. Процентные доли должны отражать вероятность появления события в одной выборке, т.е. в сумме составлять 100%.

2. Ни одна из сопоставляемых долей не должна быть равной нулю.

3. Нижний предел – 2 наблюдения в одной из выборок. При этом необходимо, чтобы выборки удовлетворяли следующим условиям:

- если в одной выборке ровно 2 наблюдения, то в другой должно быть не менее 30;
- если в одной выборке ровно 3 наблюдения, во второй должно быть не менее 7;
- если в одной выборке ровно 4 наблюдения, во второй должно быть не менее 5.

#### **Практическое занятие №9. Построение греко-латинских квадратов и проведение дисперсионного анализа результатов эксперимента**

**Задание:** построить греко-латинские квадраты и провести дисперсионный анализ результатов эксперимента.

#### **Процедура оценивания**

Оценка выполненной практической работы проводится по следующим критериям:

1. Наличие всей существенной информации по работе
2. Точность и полнота предоставляемых сведений
3. Непротиворечивость приводимой информации
4. Правильность интерпретаций и выводов, которые сделаны по результатам работы
5. Степень достижения студентом поставленной цели
6. Обоснованность применяемого решения
7. Грамотность (содержательная) используемых формулировок

#### **Критерии оценки за отчеты по практическим работам:**

— оценка «зачтено» ставится студенту, который продемонстрировал результаты выполнения практической работы, соответствующие поставленным задачам, и предоставил

отчет, оформленный должным образом и содержащий краткое описание полученных результатов;

– оценка «не зачтено» ставится студенту, который не продемонстрировал результаты выполнения практической работы или не представил по ней отчет или представленный отчет не соответствует требованиям по оформлению.

### **7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

#### **7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации**

Семестр 1

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы к зачету</b>
1	Роль эксперимента в проведении научного исследования
2	Системные программные средства, их назначения и характеристики.
3	Построение электронных таблиц для исходных данных эксперимента
4	Особенности построения греко-латинских квадратов и проведение дисперсионного анализа результатов эксперимента
5	Управление, обратная связь, объект управления.
6	Греко-латинские квадраты в планировании эксперимента
7	Моделирование производственных процессов в MS Excel
8	Построение диаграмм отображающих результаты эксперимента
9	«Поиск решения» в MS Excel
10	Построение динамических моделей производства в MS Excel
11	Отображение и интерпретация результатов экспериментального исследования
12	Построение имитационной модели для получения статистических данных
13	Построение электронных таблиц для исходных данных эксперимента
14	Измерение результатов и получение экспериментальных данных
15	Компьютерная модель для критерия Хи-квадрат
16	Статистические методы оценки достоверности экспериментальных данных
17	Компьютерная модель для критерия Крамера-Уэлша
18	Компьютерные системы обработки статистических данных экспериментального исследования
19	Компьютерная модель для критерия «угловое преобразование Фишера»
20	Классификация статистических методов и область их применения
21	Планирование эксперимента и обработка данных с помощью латинских квадратов
22	Построение электронных таблиц для обработки результатов эксперимента
23	Сравнительный анализ критерия Хи-квадрат и критерия Крамера-Уэлша
24	Проведение эксперимента с помощью имитационной модели
25	Построение имитационной модели для получения статистических данных
26	Отображение и интерпретация результатов экспериментального исследования
27	Этапы проведения экспериментального исследования
28	Моделирование недетерминированности производственных систем с помощью электронных таблиц
29	Основные элементы и понятия системной динамики
30	Дискретно-событийное моделирование как инструмент поддержки принятия решений в логистике
31	Концептуальные модели в системной динамике
32	Понятие обратной связи в динамических системах
33	Классификация реальных систем и их моделей

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы к зачету</b>
34	Системы управления материальными потоками
35	Ввод и редактирование текста: изменение шрифта, интервалов между строками, выравнивание текста, изменение границ абзаца, подчёркивание, печать текста в колонках.
36	Сохранение текста, загрузка файла на экран, перезапись на другой диск. форматирование диска.
37	Копирование текста различными способами, перемещение текста различными способами, удаление текста.
38	Экспериментальные модели
39	Параметры страницы, предварительный просмотр, создание колонтитулов, печать текста
40	Вставка в текст и редактирование рисунков из графических редакторов.
41	Организационная и правовая основа управления исследовательским коллективом
42	Организационная и правовая основа управления исследовательским международным коллективом
43	Этические нормы при проведении эксперимента
44	Этические нормы в управлении исследовательским коллективом

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

<b>Семестр</b>	<b>Форма проведения промежуточной аттестации</b>	<b>Критерии и нормы оценки</b>	
1	Зачет	«зачтено»	Оценка «зачтено» выставляется в случае если студент, отвечая на вопрос свободно оперирует терминологией, грамотно строит свою речь, ответ основан на изучении не только учебной, но и научной литературы и носит осмысленный характер, а не характер «зазубривания», при этом студент должен высказывать собственную позицию по наиболее спорным вопросам. Студент полностью раскрывает поставленный вопрос и отвечает на дополнительные вопросы
		«не зачтено»	Оценка «не зачтено» выставляется в том случае, если студент не отвечает на вопрос, либо ответ носит характер «обрывочных» знаний. Студент фактически не ориентируется в вопросе.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Герасимов Б. И.	Основы научных исследований	Учебное пособие	2018	ЭБС «ZNANIUM.COM»
2	Овчаров А. О.	Методология научного исследования	Учебник	2019	ЭБС «ZNANIUM.COM»
3	Минько Э. В.	Методы прогнозирования и исследования операций	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Скворцова Л. М	Методология научных исследований	Учебное пособие	2014	ЭБС «IPRbooks»
2	Течиева В. З.	Организация исследовательской деятельности с использованием современных научных методов	Учебно-методическое пособие	2016	ЭБС «IPRbooks»
3	Лапаева М. Г.	Методология научных исследований	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016–. – Режим доступа: apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus [Электронный ресурс]: реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004–. – Режим доступа: scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва: НЭБ, 2000–. – Режим доступа: elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- SpringerLink[Электронный ресурс] : [база данных]. – Switzerland: SpringerNature, 1842–. – Режим доступа: link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
- ScienceDirect[Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018–. – Режим доступа: sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
- Cambridgeuniversitypress[Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridgeuniversitypress, 2018–. – Режим доступа: cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
- NEICON [Электронный ресурс]: электронная информация: архив научных журналов. – Москва: НЭИКОН, 2002–. – Режим доступа: neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmс	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: OfficeStd 2019 RUS OLP NL Acdmс	контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации (С-801)	Столы ученические двухместные (моноблок), стол ученический двухместный, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), кафедра, проектор, экран.; компьютер.



№ п/п	<b>Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
2	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Кабинет информатики (компьютерные классы). (Э-814)	Переносной проектор , экран., Столы ученические, стол преподавательский, стулья, ПК с выходом в сеть Интернет .
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (С-916)	Компьютеры, столы, стулья
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (С-916а)	Шкафы, столы, стулья, компьютеры, диван