

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:  
директор института  
естествознания и стандартизации

И. Ю. Мезин

« 25 » сентября 2017 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ** *ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА*

Направление подготовки  
*27.03.01 Стандартизация и метрология*

Направленность (профиль) программы  
*Стандартизация и сертификация в химической промышленности*

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Очная

Институт	<i>Естествознания и стандартизации</i>
Кафедра	<i>Физической химии и химической технологии</i>
Курс	<i>4</i>
Семестр	<i>7</i>

Магнитогорск  
2017 г

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.01 *Стандартизация и метрология*, утвержденного приказом МОиН РФ от 06.03.2015 № 168.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физической химии и химической технологии 01 сентября 2017 г. (протокол № 1)

Зав. кафедрой



/А.Н.Смирнов/

Рабочая программа одобрена методической комиссией института естествознания и стандартизации 25 сентября 2017г. (протокол №1)

Председатель



/И.Ю.Мезин/

Рабочая программа составлена:



д.ф.-м.н.,

/А.Н. Смирнов/

Рецензент:

к.т.н., заведующий кафедрой промышленной

экологии и безопасности жизнедеятельности



/А.Ю.Перятинский/



## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Планирование и организация эксперимента» является: овладение теорией и практическими навыками планирования и анализа результатов инженерных и научных экспериментов.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Планирование и организация эксперимента» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения

Б1.Б.09 «Математика»

Б1.Б.12 «Информатика»

Б1.В.10 «Основы технологии химического производства»

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы

Б1.В.01 «Проектная деятельность»

Б1.В.04 «УИРС»

Б1.В.ДВ.02.01 «Статистические методы контроля и управления качеством»

Б1.В.ДВ.02.02 «Статистическая обработка результатов анализа»

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Планирование и организация эксперимента» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ОПК-2</b> способностью и готовностью участвовать в организации работы по повышению научно-технических знаний, в развитии творческой инициативы, рационализаторской и изобретательской деятельности, во внедрении достижений отечественной и зарубежной науки, техники, в использовании передового опыта, обеспечивающих эффективную работу учреждения, предприятия	
Знать	– <i>понятие оптимизации, необходимость оптимизации в производственном процессе;</i> – <i>основные методы оптимизации.</i>
Уметь	– <i>применять прикладные программы для ЭВМ для проведения оптимизации.</i>
Владеть	– <i>практическими навыками применения методов оптимизации</i>
<b>ПК-20</b> способностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, составлять описания проводимых исследований и подготавливать данные для составления научных обзоров и публикаций	
Знать	– <i>методы планирования и порядок проведения эксперимента;</i> – <i>статистические методы обработки и анализа результатов эксперимента.</i>
Уметь	– <i>обрабатывать и анализировать результаты проведённых экспериментов.</i> – <i>планировать экспериментальные исследования;</i> – <i>организовывать проведение экспериментов, подбирать существующие методики испытаний;</i>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Владеть	– <i>методом выбора конкретного типа плана для постановки эксперимента, исходя из особенностей изучаемого объекта исследования.</i>
<b>ПК-21</b> способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области метрологии, технического регулирования и управления качеством	
Знать	– <i>основные правила оформления расчётов, представления данных в информативном виде.</i>
Уметь	– <i>применять прикладные программы для ЭВМ для оформления расчётов.</i>
Владеть	– <i>практическими навыками представления информации о планировании эксперимента, ведение записей расчётов и обработки данных в электронном виде с помощью ЭВМ.</i>

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 73 акад. часов:
  - аудиторная – 72 акад. часов;
  - внеаудиторная – 1 акад. часов
- самостоятельная работа – 35 акад. часов;

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Раздел Статистические методы анализа экспериментальных данных	7							
1.1. Тема: Определение грубых ошибок среди результатов повторности опытов	7	1	–	1/ИИ	1	АР№1, задача №1	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
1.2. Тема: Средневзвешенные оценки дисперсии. Анализ однородности исходных оценок дисперсии.	7	1	–	1/ИИ	1	АР№1, задача №2,3	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
1.3. Тема: Определение доверительной ошибки экспериментальной оценки измеряемого параметра	7	–		2	1	АР№1, задача №2,3	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
1.4. Тема: Анализ однородности средних, Проверка нормальности закона распределения	7	–		4	2	АР№1, задача №2,3	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
								зуб
Итого по разделу		2		8/2И	5			
2. Раздел Планирование и обработка результатов однофакторных экспериментов	<b>7</b>							
2.1. Тема: Формализация экспериментальных данных методом наименьших квадратов	7	1		1/1И	1	АР№2, задача 5	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зуб ПК-21 – зуб
2.2. Тема: Симметричный и равномерный план однофакторного эксперимента	7	–		1	1	АР№2, задача 5	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зуб ПК-21 – зуб
2.3. Тема: Проверка адекватности полученного уравнения и его использование для оптимизации процесса	7	–		2	1	АР№2, задача 5	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зуб ПК-21 – зуб
2.4. Тема: Получение экспоненциальной зависимости по результатам однофакторных экспериментов	7	1		2	1	АР№2, задача 5	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зуб ПК-21 – зуб
Итого по разделу		2		6/1И	4			
3. Раздел Двухуровневые планы много-	7							

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
факторных экспериментов								
3.1. Тема: Двухуровневый план полного факторного эксперимента ПФЭ <sup>п</sup> . Уравнения, получаемые по результатам реализации планов ПФЭ <sup>п</sup> . Статистический анализ значимости оценок коэффициентов уравнения, его адекватности и работоспособности.	7	1		1/И	1	АР№3, задача 6	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
3.2. Тема Расчёт программы оптимизации по линейному уравнению. Расчёт программы оптимизации с учётом эффектов межфакторных взаимодействий.	7	–		2	1	АР№3, задача 6	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
3.3. Тема: Дробный факторный эксперимент ДФЭ <sup>п-п'</sup> .	7	1		1/И	1	АР№3, задача 6	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
3.4. Планирование эксперимента при изменяющемся во времени влиянии на процесс неучтённых факторов.	7	–		2	1	АР№3, задача 6	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
3.5. Использование планов ПФЭ <sup>п</sup> и ДФЭ <sup>п-п'</sup> для получения уравнения процесса в виде экспоненциальной зависимости	7	–		2/И	1	АР№3, задача 6	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув



Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Итого по разделу		2		8/3И	5			
4. Раздел Симплексное планирование	<b>7</b>							
4.1. Тема: Оптимизация с получением и без получения уравнения.	7	2		6/2И	2	АР№4, задача 7	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
Итого по разделу		2		6/2И	2		Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
5. Раздел Планирование второго порядка	7							
5.1. Композиционные ортогональные планы второго порядка. Композиционные равномер-ротабельные планы второго порядка. Преобразование квадратного уравнения в каноническую форму.	7	2		6/2И	2	АР№5, задача 8	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
Итого по разделу		2		6/2И	2			
6. Раздел. Многоуровневые многофакторные планы, использующие свойства латинских квадратов.	7	–		–				ПК-20 – зув ПК-21 – зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
6.1. Метод построения планов. Получение и использование уравнений различной структуры.	7	2		6/4И	4	АР№6, задача 9	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
Итого по разделу		2		6/4И	4			
7. Раздел Планирование эксперимента при изучении свойств смесей.	7							
7.1. Исследование двухкомпонентных смесей.	7	1		3	1	АР№7, задача 10	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
7.2. Исследование смеси, состоящей из трёх и более компонент	7	1		3/2И	2	АР№7, задача 10	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув
Итого по разделу		2		6/2И	3			
8. Раздел Оптимизация процесса по нескольким критериям	7							
8.1. Тема: «Весовой» метод. Использование функции желательности. Метод неопределённых множителей Лагранжа.	7	2		6/4И	8	АР№8, задача 11–14	Текущий контроль успеваемости	ПК-20 – зув ПК-21 – зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Итого по разделу		2		6/4И	8			
9. Раздел Подготовка отчёта о проведённом эксперименте.	7							
9.1. Тема: Методика написания и опубликования результатов экспериментов в форме научной статьи, отчёта по научно-исследовательской работе.	7	2		2/2И	2	АР№9, задача 15–18	Текущий контроль успеваемости	ОПК-2 – зув, ПК-21 – зув
Итого по разделу		2		2/2И	2	–	–	–
<b>Итого за семестр</b>	<b>7</b>	<b>18</b>		<b>54/22И</b>	<b>35</b>	–	<b>Промежуточная аттестация (зачёт)</b>	–
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>7</b>	<b>18</b>		<b>54/22И</b>	<b>35</b>	–	–	–

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

## 5 Образовательные и информационные технологии

Проектирование обучения строится на основе следующих принципов:

- Обучение на основе интеграции с наукой и производством.
- Профессионально-творческая направленность обучения.
- Ориентированность обучения на личность.
- Ориентированность обучения на развитие опыта самообразовательной деятельности будущего специалиста.

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Планирование и организация эксперимента» используются различные образовательные технологии:

1. *Традиционные образовательные технологии*: информационная лекция, практические занятия.

2. *Информационно-коммуникационные образовательные технологии*: лекция-визуализация. Практическое занятие в форме презентации – представление результатов с использованием специализированных программных сред.

3. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими. При самостоятельном изучении литературы применение современных информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

4. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при разборе конкретных ситуаций, основанных на практических примерах, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

5. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

6. *Интерактивные технологии*: коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе. Изложение проблем и их совместное решение.

7. *Личностно-ориентированные технологии обучения*, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента.

В ходе диалогового обучения студенты учатся критически мыслить, решать сложные проблемы на основе анализа обстоятельств и соответствующей информации, взвешивать альтернативные мнения, принимать продуманные решения, участвовать в дискуссиях, общаться. Для этого на занятиях организуются групповая работа, работа с документами и различными источниками информации.

Реализация такого подхода осуществляется следующим образом на основе обсуждения коллективного решения творческих задач в режиме дискуссии.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Планирование и организация эксперимента» предусмотрена аудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

### Примерные аудиторные контрольные работы (АР):

#### АР №1 «Статистические методы анализа экспериментальных данных»

№1. С надёжностью  $P = 0,95$  обеспечить однородность представленных в таблице данных, исключив грубые ошибки.

к	1	2	3	4	5	6	7	8
$y_k, \%$	54	53	54	30	46	52	55	54
$\Delta y_k, \%$	4,2	3,2	4,2	-19,8	-3,8	2,2	5,2	4,2
$\Delta y_k^2, \%$	18	10	18	392	14	4,8	27	18

Решение данной задачи осуществить на основе двух методов: правила  $2\sigma$  и критерия максимального отклонения  $g$ . Расчёты выполнить с использованием табличного процессора.

№2. С помощью анализа однородности средних. Дать заключение о возможности преимущества ( $P = 0,95$ ) одного аппарата перед другим по производительности.

$y_k \backslash k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
$y_{k1}$	188	192	189	193	190	191	190	188	190	-	1711
$y_{k2}$	193	192	189	194	195	192	194	198	196	195	1933

Расчёты выполнить с использованием табличного процессора.

№3. Для проверки правильности вольтамперометрической (ВА) методики определения кадмия Cd использовали атомно-абсорбционную (АА) методику, не содержащую систематической погрешности. При анализе одного и того же объекта получены следующие результаты (нг / мл Cd):

ВА : 20,5; 22,4; 23,4; 20,8

АА: 23,5; 20,1; 19,9; 19,2; 19,0; 22,8

Содержит ли вольтамперометрическая методика систематическую погрешность?

Расчёты выполнить с использованием табличного процессора без использования специальной надстройки.

№4. Решить задачу №17 используя надстройку табличного процессора.

**АР №2 «Планирование и обработка результатов однофакторных экспериментов»**

№5. По представленным в таблице экспериментальным данным получить МНК уравнение второй степени. Построить по уравнению кривую, убедиться, что она проходит между экспериментальными точками.

u	1	2	3	4	5	6	7
$y_{1u} \text{ кг/м}^3$	96	136	164	170	176	157	122
$y_{2u} \text{ кг/м}^3$	99	141	162	172	169	158	121
$y_{3u} \text{ кг/м}^3$	105	143	154	168	165	165	117
$C_u, \%$	18	22	26	30	34	38	42
$U_{ср}, \text{ кг/м}^3$	100,0	140,0	160,0	170,0	170,0	160,0	120,0
$x_u$	-3	-2	-1	0	1	2	3
$U_{по модели}, \text{ кг/м}^3$	99,96	137,84	162,14	172,86	170,00	153,56	123,64
$\Delta_u, \text{ кг/м}^3$	-0,04	-2,16	+2,14	+2,86	0,0	-6,44	+3,64

**АР №3 «Двухуровневые планы многофакторных экспериментов»**

№6. Построить план ПФЭ<sup>24</sup> в безразмерном выражении и в натуральной размерности факторов по следующим параметрам плана:

$C_{10}=38^0$ ,  $C_{20}=24\%$ ,  $C_{30}=0,6\text{м}$ ,  $C_{40}=500 \text{ об/мин}$ ;

$\lambda_1=6^0$ ,  $\lambda_2=4 \%$ ,  $\lambda_3=0,15 \text{ м}$ ,  $\lambda_4=50 \text{ об/мин}$ .

**АР №4 «Симплексное планирование»**

№7. Составить симплексный план для исследования влияния на процесс 4-х факторов и по результатам их реализации определить условия 2-х последовательных опытов (шагов) процедуры определения оптимальных условий без получения уравнений.

$C_{10}=32^0$ ,  $C_{20}=9,3\%$ ,  $C_{30}=12,0\%$ ,  $C_{40}=28 \%$ ;

$\lambda_1=5^0$ ,  $\lambda_2=1,5 \%$ ,  $\lambda_3=4,0\% \text{ м}$ ,  $\lambda_4=7,0\%$ .

**АР №5 «Планирование второго порядка»**

№8. Получить квадратичное уравнение по результатам опытов двухфакторного ортогонального плана второго порядка.

u	$X_{0u}$	$X_{1u}$	$X_{2u}$	$X_{1u} * X_{2u}$	$X'_{1u}$	$X'_{2u}$	$y_u$
1	1	-1	-1	1	1/3	1/3	100

u	X <sub>0u</sub>	X <sub>1u</sub>	X <sub>2u</sub>	X <sub>1u</sub> *X <sub>2u</sub>	X' <sub>1u</sub>	X' <sub>2u</sub>	y <sub>u</sub>
2	1	-1	1	-1	1/3	1/3	110
3	1	1	-1	-1	1/3	1/3	90
4	1	1	1	1	1/3	-2/3	95
5	1	-1	0	0	1/3	-2/3	90
6	1	1	0	0	1/3	1/3	80
7	1	0	-1	0	-2/3	1/3	100
8	1	0	1	0	-2/3	1/3	120
9	1	0	0	0	-2/3	-2/3	110

**АКР №6 «Многоуровневые многофакторные планы, использующие свойства латинских квадратов»**

№9. На основе латинских квадратов составить пятиуровневый план пятифакторного эксперимента для исследования процесса инфракрасной сушки гранулированных материалов в вакууме при импульсном энергоподводе. Получить математическую в виде суммы нелинейных функций и найти оптимальные значения режимных параметров процесса: плотности теплового потока на поверхности слоя материала  $C_I$  (Вт/см<sup>2</sup>), толщина слоя продукта  $C_{II}$  (мм), диаметра гранул  $C_{III}$  (мм), величины разряжения  $C_{IV}$  (мм. рт.ст.) и скважности импульса  $C_V$  (%), отношение времени работы инфракрасной сушилки к общему времени пребывания в сушильной камере). Выходом процесса  $y$  (руб/т) или критерием оптимальности принята величина приведённых доходов с учётом производительности установки и потребляемой мощности.

Уровни	1	2	3	4	5
$C_I$ (Вт/см <sup>2</sup> )	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
$C_{II}$ (мм)	5	10	15	20	25
$C_{III}$ (мм)	2	3	4	5	6
$C_{IV}$ (мм. рт.ст.)	0	150	300	450	600
$C_V$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
x(безразм.)	-2	-1	0	1	2

u	План	$\bar{y}$ руб/т	u	План	$\bar{y}$ руб/т	u	План	$\bar{y}$ руб/т	u	План	$\bar{y}$ руб/т
1	11111	130	8	41352	270	15	21543	320	22	12345	200
2	23451	140	9	53142	320	16	44444	320	23	24135	170
3	35241	230	10	15432	200	17	51234	390	24	31425	240
4	42531	290	11	33333	400	18	13524	240	25	432151	250

5	54321	260	12	45123	260	19	25314	220			
6	22222	350	13	52413	340	20	32154	220			
7	34512	260	14	14253	180	21	55555	40			

**АР №7** «Планирование эксперимента при изучении свойств смесей»

№10. Принято решение исследовать свойства 3-компонентной смеси в локальной области изменения долей компонент:

$$\Delta x_1 = 0,25 - 0,75;$$

$$\Delta x_2 = 0,25 - 0,75;$$

$$\Delta x_3 = 0,0 - 0,50.$$

Получить формулы связи истинных координат  $x_i$ , отражающих доли компонент в смеси, с псевдокоординатами  $X_i$ , введёнными в решение в связи с необходимостью наделять уменьшенный симплекс свойствами полного концентрационного треугольника.

**АКР №8** «Планирование эксперимента при изучении свойств смесей»

№11. Определить размеры закрытого прямоугольного бака объёмом  $V=1500 \text{ м}^3$  при условии минимизации расхода листовой стали на его изготовление. Высота бака должна быть равной  $h_0=5 \text{ м}$ . Определить длину  $l$  и ширину  $h$ .

№12. Решить задачу № лишь при одном ограничении  $y_2=l*b*h=V=1500 \text{ м}^3$  (число факторов  $n=3$ , число критериев оптимальности  $G=2$ ).

№13. Решить задачу № при ограничении  $y_2=h=h_0=5\text{м}$ ,  $y_3=b=b_0=20\text{м}$  и  $y_4=b*h*l=V=1500 \text{ м}^3$ , т.е. ( $n=3$ ,  $G=4$ ).

№14. Используя метод Лагранжа определить экстремум функции  $y_1=28+3*x_1-5*x_2+2*x_3+4*x_1*x_2-6*x_1^3$  при ограничениях:

$$y_2=100-20*x_1+15*x_2-10*x_3+10*x_2^2=125$$

$y_2=5-1,5*x_1-2,0*x_2+3,0*x_3 - x_1*x_2+1,5*x_3^2=7$  (число факторов  $n=3$ , число ограничений  $G=2$ , т.е. следует применить метод неопределённых множителей Лагранжа).

**АКР №9** «Подготовка отчёта о проведённом эксперименте»

№15. По данным статьи [Кокс и химия. 1978. №8. С. 12–14] на основе поставленного эксперимента ПФЭ<sup>5</sup>, получить уравнение математической модели. Расчёты представить в информативном виде в табличном процессоре. Какие факторы влияют на показатели качества кокса  $M_{25}$ ,  $M_{10}$ ? Дать заключение, какие технологические мероприятия, исходя из математической модели, можно провести для улучшения качества кокса?

№16. По данным задачи №15 составить план оптимизации по линейному уравнению для проведения дальнейших исследований по нахождению независимых факторов, соответствующих производству кокса максимального качества. Расчёты оформить в табличном процессоре.

№17. По данным статьи [Кокс и химия. 1975. №2. С. 9–12] на основе поставленного эксперимента второго порядка, получить уравнение математической модели. Расчёты пред-



ставить в информативном виде в табличном процессоре. Какие факторы влияют на показатели качества кокса  $M_{25}$ ,  $M_{10}$ ? Дать заключение, какие технологические параметры, исходя из математической модели, можно изменить для улучшения качества кокса?

№18. По данным задачи №17 составить план оптимизации по нелинейному уравнению для проведения дальнейших исследований по уточнению независимых факторов, соответствующих производству кокса максимального качества. Расчёты оформить в табличном процессоре.

### Примерные вопросы к зачёту

1. В чем отличие эвристических математических моделей от моделей стохастических?
2. Какие математические модели получают по результатам экспериментального исследования? Каковы преимущества и недостатки этих моделей?
3. Какие этапы экспериментального исследования следует осуществлять, применяя активный эксперимент и соответствующие математические методы планирования и обработки результатов этого эксперимента?
4. Каковы отличия «пассивного» эксперимента от эксперимента «активного»?
5. Каким требованиям должен отвечать критерий оптимальности? В чем суть термина «оптимизация процесса»?
6. Каким требованиям должен удовлетворять фактор, влияние которого на исследуемый процесс предполагается выяснить в результате активного эксперимента?
7. Факторы активные и второстепенные. Как влияет на аппаратурное оснащение эксперимента деление активных факторов на принятые к исследованию и оставленные за пределами данного исследования?
8. Каковы причины появления в экспериментальных данных грубых ошибок? Какими методами можно выявить эти ошибки и с какой целью это делают? Чем определяется достоверность (надежность) такого анализа? Что характеризует уровень значимости  $\alpha$ .
9. Доверительные ошибки единичных и среднего результатов опыта. В чем отличие ситуаций, когда применяется критерий Стьюдента  $t(P)$ ?
10. Оценка дисперсии функций результатов прямых измерений. Всегда ли можно считать функцию нормально распределенной случайной величиной?
11. Что следует предпринять, чтобы уменьшить доверительную ошибку среднего результата опыта?
12. Какие критерии используются для доказательства однородности оценок дисперсии? Как рассчитать число степеней свободы средневзвешенной оценки дисперсии?
13. Может ли использоваться средневзвешенная дисперсия для определения грубых ошибок по критерию максимального отклонения?
14. Анализ однородности средних результатов. В каких ситуациях этот анализ применяют, и каковы этапы этого анализа?
15. Критерий  $\chi^2$  (хи-квадрат) и его использование для проверки нормальности закона распределения вероятности исследуемой оценки критерия оптимальности.
16. Если число опытов эксперимента  $N$  равно числу коэффициентов уравнения  $N'$  оценки которых следует получить по результатам опытов, то можно ли для этого не применять МНК?
17. Функция максимального правдоподобия. Сущность МНК (метода наименьших квадратов). Всегда ли можно применять МНК?
18. Составление систем нормальных уравнений для получения оценок коэффициентов уравнений первой и второй степени.
19. Можно ли составить равномерный и симметричный план однофакторного эксперимента, оставив факторы в натуральной размерности  $C_u$  ?
20. Составление систем нормальных уравнений для равномерного и симметричного плана после перехода к безразмерному выражению факторов и их использование для по-

лучения оценок коэффициентов.

21. Проверка адекватности полученного однофакторного уравнения.

22. Каким образом процедура проверки адекватности однофакторного уравнения может помочь уточнить степень искомого уравнения?

23. В чем недостатки неадекватного (слишком грубого или слишком точного) уравнения?

24. Как используются для определения оптимальных условий однофакторные уравнения линейные и более высоких степеней?

25. Как использовать результаты опытов равномерного и симметричного плана однофакторного эксперимента для получения экспоненциальной зависимости? Корректно ли при статистическом анализе экспериментальных данных после их логарифмирования и получения уравнения применять критерии нормального распределения?

26. Получение системы нормальных уравнений для определения оценок коэффициентов линейного уравнения при  $n = 2$ .

27. Можно ли построить симметричный и ортогональный двухуровневый план ПФЭ не прибегая к безразмерному выражению факторов?

28. При оптимизации многофакторного процесса могут использоваться соответствующие однофакторные зависимости или многофакторное уравнение. В каком случае можно ожидать больший эффект оптимизации?

29. Какими свойствами должны обладать планы, чтобы оценки коэффициентов полученного по ним линейного уравнения не зависели друг от друга?

30. Дайте определение двухуровневого плана полного факторного эксперимента и постройте, например, план ПФЭ<sup>4</sup> в безразмерном выражении и в натуральной размерности факторов.

31. Какова процедура назначения для плана конкретного исследования координат центра эксперимента и интервалов варьирования факторов?

32. Сколько коэффициентов может иметь уравнение, полученное по результатам реализации плана ПФЭ<sup>2</sup>? Что можно сказать о предсказываемых по такому уравнению результатах опытов плана?

33. Если среди повторностей какого-либо опыта эксперимента будут иметь место доказанные грубые ошибки, то как должен поступить исследователь?

34. Какова процедура использования критерия Стьюдента при анализе значимости полученных оценок коэффициентов уравнения?

35. Что может означать появление в многофакторном линейном уравнении незначимого линейного коэффициента какого-либо фактора?

36. Какова процедура проверки адекватности полученного уравнения?

37. При каких результатах соответствующего анализа полученное уравнение считается неадекватным, слишком грубым, неадекватным слишком точным или адекватным?

38. Как должен действовать исследователь, если результаты анализа указывают на получение неадекватного слишком грубого уравнения?

39. В чем заключается анализ работоспособности уравнения? Если уравнение неработоспособно, то какие выводы должен сделать исследователь?

40. Почему аналитические методы определения экстремума функции, как правило, не применяются при оптимизации исследуемого процесса по уравнениям, полученным по планам ПФЭ<sup>2</sup>?

41. Какие свойства градиента функции используются при расчете условий опытов программы оптимизации по линейной модели процесса?

42. Как рассчитываются условия опытов программы оптимизации по уравнению, в котором представлены значимые оценки эффектов межфакторных взаимодействий?

43. Заменяет ли процедура Бокса-Уилсона градиентный метод расчета условий опытов программы оптимизации по линейному (или линеаризованному) уравнению? Каковы основные этапы процедуры Бокса-Уилсона и градиентного метода?

44. Какие расчетные столбцы эффектов межфакторных взаимодействий рекоменду-

ется в первую очередь использовать для планирования и расчета линейного эффекта дополнительных факторов при составлении плана дробного факторного эксперимента?

45. Какие планы полного факторного эксперимента являются основой и определяют число опытов плана ДФЭ $2^{n-n'}$  при различном числе дополнительных факторов ( $n'$ )?

46. Почему планы ДФЭ $2^{n-n'}$  реализуют на начальных этапах исследования? Что является причиной перехода к более сложным планам?

47. При каком числе дополнительных факторов трудоемкость исследования по плану ДФЭ $2^{n-n'}$  будет в 8 раз меньше трудоемкости реализации плана ПФЭ $2^n$ ?

48. Генерирующие соотношения, частные и обобщенные определяющие контрасты и их использование для определения условий смешивания оценок любого коэффициента уравнения.

49. В чем заключается метод устранения смешивания оценок линейных эффектов с оценками парных межфакторных взаимодействий?

50. Почему при большой продолжительности эксперимента наиболее вероятен дрейф результатов?

51. Разбиение плана эксперимента на ортогональные блоки, число которых равно числу повторностей каждого опыта.

52. Применение теоремы Фишера для разбиения двухуровневых планов на практически ортогональные к дрейфу результатов блоки.

53. Какие преобразования 2-уровневых планов ПФЭ и ДФЭ осуществляют с целью получения уравнения в виде показательной или логарифмической функций?

54. Какова процедура использования натуральных логарифмов оценок результатов опытов, полученных по планам ПФЭ $2^n$  или ДФЭ $2^{n-n'}$  для получения математической модели процесса в виде показательной или логарифмической функций? Если использовать десятичные логарифмы, то как изменяется написание полученного уравнения?

55. В чем трудности и особенности статистического анализа логарифмов результатов опытов и соответствующих уравнений?

56. Можно ли и как изобразить симплексный план при  $n = 2, 3, 4$ ?

57. Почему симплексный план дает возможность определить коэффициенты лишь линейного уравнения?

58. Методика составления симплексных планов при  $n = 2, 3, 4$  и т. д.?

59. Определение оценок коэффициентов уравнения по результатам опытов симплексного плана.

60. Как проверить:

а) значимость оценок коэффициентов уравнения?

б) адекватность уравнения?

в) работоспособность?

61. Расчет программы оптимизации по линейному уравнению. При каких условиях, если необходимо, уточняют оптимальные условия, реализуя план П-го порядка?

62. Какова методика оптимизации исследуемого процесса, если применять симплексные планы, но уравнение по ним не получать?

63. В какой ситуации переход от планов первого порядка к планам второго порядка является целесообразным?

64. Структура композиционных планов второго порядка.

65. Как следует изменить элементы расчетных столбцов квадратичных эффектов с тем, чтобы обеспечить полную ортогональность всех оценок коэффициентов уравнения второй степени?

66. Если при анализе значимости оценок коэффициентов уравнения, полученного по равномер-ротатабельному плану П-го порядка, появятся незначимые коэффициенты, то какова судьба этих коэффициентов? А если план ортогональный?

67. Если равномер-ротатабельный план осуществляется в одной по повторности, то каким образом можно проанализировать адекватность уравнения?

68. Если полученное квадратное уравнение неадекватно, слишком грубо описывает

экспериментальные данные, то какие решения может принять исследователь?

69. Если при определении оптимальных условий аналитическим методом по квадратному уравнению определена точка, далекая от исследованной области, то какие выводы должен сделать исследователь и какие принять решения?

70. Каким образом можно привести к канонической форме полученное уравнение, если оно описывает

а) центральную поверхность?

б) нецентральную поверхность?

71. Может ли быть такая ситуация при оптимизации процесса по квадратному уравнению, которая потребует линеаризации уравнения и расчета программы оптимизации от опыта к опыту?

72. В какой ситуации планы стремятся осуществлять как последовательные?

73. Почему латинские квадраты позволяют составлять планы наиболее рандомизированные?

74. Как доказать, что греко-латинский квадрат составлен из двух ортогональных латинских квадратов?

75. Если условия какого-либо опыта пятиуровневого плана, составленного из ортогональных латинских квадратов, закодированы набором цифр 3152, то как эти условия можно представить в натуральной размерности?

76. Каков алгоритм получения зависимостей, характеризующих влияние изменения данного конкретного фактора на эффективность исследуемого процесса?

77. Как получить общую математическую модель в виде: а) суммы нелинейных функций; б) произведения нелинейных функций?

78. Метод Протодьяконова-старшего.

79. Метод Брандона.

80. Можно ли определить оптимальные условия многофакторного процесса по результатам осуществления плана эксперимента, в основе которого приняты ортогональные латинские квадраты, без получения общей математической модели по частным зависимостям?

81. В какой размерности можно представить содержание данной компоненты в смеси?

82. Можно ли при исследовании свойств двухкомпонентной смеси применить план ПФЭ<sup>2</sup>?

83. Чем отличаются так называемые приведенные полиномы от классических?

84. Каким образом можно изобразить план исследования смеси (двухкомпонентной, трехкомпонентной, четырехкомпонентной)?

85. Концентрационный треугольник. Как найти точку внутри треугольника, соответствующую заданной концентрации каждой из трех компонент смеси? Как по заданной точке в треугольнике определить состав смеси?

86. Изобразить и записать в таблицу план, позволяющий получить приведенный полином второй степени? неполной третьей степени?

87. Каков метод получения формул для определения оценок коэффициентов приведенных полиномов по результатам реализации опытов симплекс-решетчатых планов Шеффе?

88. Чем отличается план Ломбракиса от планов Шеффе для описания свойств трехкомпонентной смеси приведенным полиномом неполной третьей степени?

89. Симплекс-центроидные планы, их отличие от симплекс-решетчатых планов Шеффе.

91. D-оптимальные планы для исследования свойств смесей; какими свойствами обладают D-оптимальные планы?

92. Зачем помимо плана, по которому получают уравнения для описания свойств смеси, ставят дополнительные (контрольные) опыты и как используются результаты этих опытов?

93. Как используются изображения изолиний  $f = f(x_i)$  в концентрационном треугольнике? Можно ли на этих изолиниях записать соответствующие доверительные ошибки (интервалы) предсказанных результатов?

94. Когда полученное уравнение можно считать адекватно описывающим исследованный участок поверхности отклика?

95. Практикуется ли преобразование приведенных полиномов в каноническую форму с целью построения диаграмм состав-свойство? Какова методика построения таких диаграмм?

96. Какова методика исследования ограниченного какими-либо условиями участка поверхности отклика? Возможно ли для такого участка применять классические планы математических методов планирования экспериментов (ММПЭ)?

97. Почему оптимизация по нескольким критериям сводится к поиску компромиссного решения?

98. Всегда ли при оптимизации по нескольким критериям можно применить «весовой» метод?

99. Можно ли применить функцию желательности при оптимизации по нескольким критериям процесса, исследуемого, например, с помощью ортогонального плана второго порядка?

100. Как можно построить кривые зависимости величины функции желательности по данному критерию от величины самого критерия? Какова роль экспертов в получении такой зависимости?

101. В чем сущность метода неопределенных множителей Лагранжа?

102. Каково число уравнений, составляющих систему для определения оптимальных величин исследуемых факторов по методу неопределенных множителей Лагранжа?

104. Каким образом используются полученные для всех критериев уравнения при формулировании вспомогательной функции Лагранжа?

105. Обязательно ли кривые зависимостей величины функции желательности от критериев оптимальности, полученных с помощью экспертов, описывать уравнениями?

106. Описать основные составляющие информативного представления данных на ЭВМ.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-2</b> способностью и готовностью участвовать в организации работы по повышению научно-технических знаний, в развитии творческой инициативы, рационализаторской и изобретательской деятельности, во внедрении достижений отечественной и зарубежной науки, техники, в использовании передового опыта, обеспечивающих эффективную работу учреждения, предприятия		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>понятие оптимизации, необходимость оптимизации в производственном процессе;</i></li> <li>– <i>основные методы оптимизации.</i></li> </ul>	<p>41. Какие свойства градиента функции используются при расчете условий опытов программы оптимизации по линейной модели процесса?</p> <p>42. Как рассчитываются условия опытов программы оптимизации по уравнению, в котором представлены значимые оценки эффектов межфакторных взаимодействий?</p> <p>43. Заменяет ли процедура Бокса-Уилсона градиентный метод расчета условий опытов программы оптимизации по линейному (или линеаризованному) уравнению? Каковы основные этапы процедуры Бокса-Уилсона и градиентного метода?</p> <p>44. Какие расчетные столбцы эффектов межфакторных взаимодействий рекомендуется в первую очередь использовать для планирования и расчета линейного эффекта дополнительных факторов при составлении плана дробного факторного эксперимента?</p> <p>61. Расчет программы оптимизации по линейному уравнению. При каких условиях, если необходимо, уточняют оптимальные условия, реализуя план <math>\Pi</math>-го порядка?</p> <p>62. Какова методика оптимизации исследуемого процесса, если применять симплексные планы, но уравнение по ним не получать?</p> <p>69. Если при определении оптимальных условий аналитическим методом по квадратному уравнению определена точка, далекая от исследованной области, то какие выводы должен сделать исследователь и какие принять решения?</p> <p>97. Почему оптимизация по нескольким критериям сводится к поиску компромиссного решения?</p> <p>98. Всегда ли при оптимизации по нескольким критериям можно применить «весовой» метод?</p> <p>99. Можно ли применить функцию желательности при оптимизации по нескольким критериям процесса, исследуемого, например, с помощью ортогонального плана второго</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>порядка?</p> <p>100. Как можно построить кривые зависимости величины функции желательности по данному критерию от величины самого критерия? Какова роль экспертов в получении такой зависимости?</p> <p>101. В чем сущность метода неопределенных множителей Лагранжа?</p> <p>102. Каково число уравнений, составляющих систему для определения оптимальных величин исследуемых факторов по методу неопределенных множителей Лагранжа?</p> <p>104. Каким образом используются полученные для всех критериев уравнения при формулировании вспомогательной функции Лагранжа?</p> <p>105. Обязательно ли кривые зависимостей величины функции желательности от критериев оптимальности, полученных с помощью экспертов, описывать уравнениями?</p>
Уметь	– применять прикладные программы для ЭВМ для проведения оптимизации.	<p><b>АКР №8 «Планирование эксперимента при изучении свойств смесей»</b></p> <p>№11. Определить размеры закрытого прямоугольного бака объёмом <math>V=1500 \text{ м}^3</math> при условии минимизации расхода листовой стали на его изготовление. Высота бака должна быть равной <math>h_0=5 \text{ м}</math>. Определить длину <math>l</math> и ширину <math>h</math>.</p> <p>№12. Решить задачу № лишь при одном ограничении <math>y_2=l*b*h=V=1500 \text{ м}^3</math> (число факторов <math>n=3</math>, число критериев оптимальности <math>G=2</math>).</p> <p>№13. Решить задачу № при ограничении <math>y_2=h=h_0=5\text{м}</math>, <math>y_3=b=b_0=20\text{м}</math> и <math>y_4=b*h*l=V=1500 \text{ м}^3</math>, т.е. (<math>n=3</math>, <math>G=4</math>).</p> <p>№14. Используя метод Лагранжа определить экстремум функции <math>y_1=28+3*x_1-5*x_2+2*x_3+4*x_1*x_2-6*x_1^3</math> при ограничениях:  <math>y_2=100-20*x_1+15*x_2-10*x_3+10*x_2^2=125</math></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$y_2 = 5 - 1,5 \cdot x_1 - 2,0 \cdot x_2 + 3,0 \cdot x_3 - x_1 \cdot x_2 + 1,5 \cdot x_3^2 = 7$ (число факторов $n=3$ , число ограничений $G=2$ , т.е. следует применить метод неопределённых множителей Лагранжа).
Владеть	– <i>практическими навыками применения методов оптимизации</i>	<p>№15. По данным статьи [Кокс и химия. 1978. №8. С. 12–14] на основе поставленного эксперимента ПФЭ<sup>5</sup>, получить уравнение математической модели. Расчёты представить в информативном виде в табличном процессоре. Какие факторы влияют на показатели качества кокса М25, М10? Дать заключение, какие технологические мероприятия, исходя из математической модели, можно провести для улучшения качества кокса?</p> <p>№16. По данным задачи №15 составить план оптимизации по линейному уравнению для проведения дальнейших исследований по нахождению независимых факторов, соответствующих производству кокса максимального качества. Расчёты оформить в табличном процессоре.</p> <p>№17. По данным статьи [Кокс и химия. 1975. №2. С. 9–12] на основе поставленного эксперимента второго порядка, получить уравнение математической модели. Расчёты представить в информативном виде в табличном процессоре. Какие факторы влияют на показатели качества кокса М25, М10? Дать заключение, какие технологические параметры, исходя из математической модели, можно изменить для улучшения качества кокса?</p> <p>№18. По данным задачи №17 составить план оптимизации по нелинейному уравнению для проведения дальнейших исследований по уточнению независимых факторов, соответствующих производству кокса максимального качества. Расчёты оформить в табличном процессоре.</p>
<b>ПК-20</b> способностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, составлять описания проводимых исследований и подготавливать данные для составления научных обзоров и публикаций		
Знать	– <i>методы планирования и порядок проведения эксперимента;</i> – <i>статистические методы обработки и анализа результатов эксперимента.</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем отличие эвристических математических моделей от моделей стохастических?</li> <li>2. Какие математические модели получают по результатам экспериментального исследования? Каковы преимущества и недостатки этих моделей?</li> <li>3. Какие этапы экспериментального исследования следует осуществлять, применяя активный эксперимент и соответствующие математические методы планирования и обработки результатов этого эксперимента?</li> </ol>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4. Каковы отличия «пассивного» эксперимента от эксперимента «активного»?</p> <p>5. Каким требованиям должен отвечать критерий оптимальности? В чем суть термина «оптимизация процесса»?</p> <p>6. Каким требованиям должен удовлетворять фактор, влияние которого на исследуемый процесс предполагается выяснить в результате активного эксперимента?</p> <p>7. Факторы активные и второстепенные. Как влияет на аппаратное оснащение эксперимента деление активных факторов на принятые к исследованию и оставленные за пределами данного исследования?</p> <p>8. Каковы причины появления в экспериментальных данных грубых ошибок? Какими методами можно выявить эти ошибки и с какой целью это делают? Чем определяется достоверность (надежность) такого анализа? Что характеризует уровень значимости <math>q</math>.</p> <p>9. Доверительные ошибки единичных и среднего результатов опыта. В чем отличие ситуаций, когда применяется критерий Стьюдента <math>t(P)</math>?</p> <p>10. Оценка дисперсии функций результатов прямых измерений. Всегда ли можно считать функцию нормально распределенной случайной величиной?</p> <p>11. Что следует предпринять, чтобы уменьшить доверительную ошибку среднего результата опыта?</p> <p>12. Какие критерии используются для доказательства однородности оценок дисперсии? Как рассчитать число степеней свободы средневзвешенной оценки дисперсии?</p> <p>13. Может ли использоваться средневзвешенная дисперсия для определения грубых ошибок по критерию максимального отклонения?</p> <p>14. Анализ однородности средних результатов. В каких ситуациях этот анализ применяют, и каковы этапы этого анализа?</p> <p>15. Критерий <math>\chi^2</math> (хи-квадрат) и его использование для проверки нормальности закона распределения вероятности исследуемой оценки критерия оптимальности.</p> <p>16. Если число опытов эксперимента <math>N</math> равно числу коэффициентов уравнения <math>N'</math> оценки которых следует получить по результатам опытов, то можно ли для этого не применять МНК?</p> <p>17. Функция максимального правдоподобия. Сущность МНК (метода наименьших</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>квадратов). Всегда ли можно применять МНК?</p> <p>18. Составление систем нормальных уравнений для получения оценок коэффициентов уравнений первой и второй степени.</p> <p>19. Можно ли составить равномерный и симметричный план однофакторного эксперимента, оставив факторы в натуральной размерности <math>C_u</math> ?</p> <p>20. Составление систем нормальных уравнений для равномерного и симметричного плана после перехода к безразмерному выражению факторов и их использование для получения оценок коэффициентов.</p> <p>21. Проверка адекватности полученного однофакторного уравнения.</p> <p>22. Каким образом процедура проверки адекватности однофакторного уравнения может помочь уточнить степень искомого уравнения?</p> <p>23. В чем недостатки неадекватного (слишком грубого или слишком точного) уравнения?</p> <p>24. Как используются для определения оптимальных условий одно-факторные уравнения линейные и более высоких степеней?</p> <p>25. Как использовать результаты опытов равномерного и симметричного плана однофакторного эксперимента для получения экспоненциальной зависимости? Корректно ли при статистическом анализе экспериментальных данных после их логарифмирования и получения уравнения применять критерии нормального распределения?</p> <p>26. Получение системы нормальных уравнений для определения оценок коэффициентов линейного уравнения при <math>n = 2</math>.</p> <p>27. Можно ли построить симметричный и ортогональный двухуровневый план ПФЭ не прибегая к безразмерному выражению факторов?</p> <p>28. При оптимизации многофакторного процесса могут использоваться соответствующие однофакторные зависимости или многофакторное уравнение. В каком случае можно ожидать больший эффект оптимизации?</p> <p>29. Какими свойствами должны обладать планы, чтобы оценки коэффициентов полученного по ним линейного уравнения не зависели друг от друга?</p> <p>30. Дайте определение двухуровневого плана полного факторного эксперимента и постройте, например, план ПФЭ<sup>24</sup> в безразмерном выражении и в натуральной размер-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ности факторов.</p> <p>31. Какова процедура назначения для плана конкретного исследования координат центра эксперимента и интервалов варьирования факторов?</p> <p>32. Сколько коэффициентов может иметь уравнение, полученное по результатам реализации плана ПФЭ2"? Что можно сказать о предсказываемых по такому уравнению результатах опытов плана?</p> <p>33. Если среди повторностей какого-либо опыта эксперимента будут иметь место доказанные грубые ошибки, то как должен поступить исследователь?</p> <p>34. Какова процедура использования критерия Стьюдента при анализе значимости полученных оценок коэффициентов уравнения?</p> <p>35. Что может означать появление в многофакторном линейном уравнении незначимого линейного коэффициента какого-либо фактора?</p> <p>36. Какова процедура проверки адекватности полученного уравнения?</p> <p>37. При каких результатах соответствующего анализа полученное уравнение считается неадекватным, слишком грубым, неадекватным слишком точным или адекватным?</p> <p>38. Как должен действовать исследователь, если результаты анализа указывают на получение неадекватного слишком грубого уравнения?</p> <p>45. Какие планы полного факторного эксперимента являются основой и определяют число опытов плана ДФЭ2<sup>n-n'</sup> при различном числе дополнительных факторов (n')?</p> <p>46. Почему планы ДФЭ2<sup>n-n'</sup> реализуют на начальных этапах исследования? Что является причиной перехода к более сложным планам?</p> <p>47. При каком числе дополнительных факторов трудоемкость исследования по плану ДФЭ2<sup>n-n'</sup> будут в 8 раз меньше трудоемкости реализации плана ПФЭ2"?</p> <p>48. Генерирующие соотношения, частные и обобщенные определяющие контрасты и их использование для определения условий смешивания оценок любого коэффициента уравнения.</p> <p>49. В чем заключается метод устранения смешивания оценок линейных эффектов с оценками парных межфакторных взаимодействий?</p> <p>50. Почему при большой продолжительности эксперимента наиболее вероятен дрейф результатов?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>51. Разбиение плана эксперимента на ортогональные блоки, число которых равно числу повторностей каждого опыта.</p> <p>52. Применение теоремы Фишера для разбиения двухуровневых планов на практически ортогональные к дрейфу результатов блоки.</p> <p>53. Какие преобразования 2-уровневых планов ПФЭ и ДФЭ осуществляют с целью получения уравнения в виде показательной или логарифмической функций?</p> <p>54. Какова процедура использования натуральных логарифмов оценок результатов опытов, полученных по планам ПФЭ<sup>2<sup>n</sup></sup> или ДФЭ<sup>2<sup>n-n'</sup></sup> для получения математической модели процесса в виде показательной или логарифмической функций? Если использовать десятичные логарифмы, то как изменяется написание полученного уравнения?</p> <p>55. В чем трудности и особенности статистического анализа логарифмов результатов опытов и соответствующих уравнений?</p> <p>56. Можно ли и как изобразить симплексный план при <math>p = 2, 3, 4</math>?</p> <p>57. Почему симплексный план дает возможность определить коэффициенты лишь линейного уравнения?</p> <p>58. Методика составления симплексных планов при <math>p = 2, 3, 4</math> и т. д.?</p> <p>59. Определение оценок коэффициентов уравнения по результатам опытов симплексного плана.</p> <p>60. Как проверить:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) значимость оценок коэффициентов уравнения?</li> <li>б) адекватность уравнения?</li> <li>в) работоспособность?</li> </ul> <p>65. Как следует изменить элементы расчетных столбцов квадратичных эффектов с тем, чтобы обеспечить полную ортогональность всех оценок коэффициентов уравнения второй степени?</p> <p>66. Если при анализе значимости оценок коэффициентов уравнения, полученного по равномер-ротатабельному плану <math>P</math>-го порядка, появятся незначимые коэффициенты, то какова судьба этих коэффициентов? А если план ортогональный?</p> <p>67. Если равномер-ротатабельный план осуществляется в одной по повторности, то каким образом можно проанализировать адекватность уравнения?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>68. Если полученное квадратное уравнение неадекватно, слишком грубо описывает экспериментальные данные, то какие решения может принять исследователь?</p> <p>69. Если при определении оптимальных условий аналитическим методом по квадратному уравнению определена точка, далекая от исследованной области, то какие выводы должен сделать исследователь и какие принять решения?</p> <p>70. Каким образом можно привести к канонической форме полученное уравнение, если оно описывает</p> <p>а) центральную поверхность?</p> <p>б) нецентральную поверхность?</p> <p>71. Может ли быть такая ситуация при оптимизации процесса по квадратному уравнению, которая потребует линеаризации уравнения и расчета программы оптимизации от опыта к опыту?</p> <p>72. В какой ситуации планы стремятся осуществлять как последовательные?</p> <p>73. Почему латинские квадраты позволяют составлять планы наиболее рандомизированные?</p> <p>74. Как доказать, что греко-латинский квадрат составлен из двух ортогональных латинских квадратов?</p> <p>75. Если условия какого-либо опыта пятиуровневого плана, составленного из ортогональных латинских квадратов, закодированы набором цифр 3152, то как эти условия можно представить в натуральной размерности?</p> <p>76. Каков алгоритм получения зависимостей, характеризующих влияние изменения данного конкретного фактора на эффективность исследуемого процесса?</p> <p>77. Как получить общую математическую модель в виде: а) суммы нелинейных функций; б) произведения нелинейных функций?</p> <p>78. Метод Протодьяконова-старшего.</p> <p>79. Метод Брандона.</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>обрабатывать и анализировать результаты проведённых экспериментов.</i></li> <li>– <i>планировать экспериментальные исслед-</i></li> </ul>	<p><b>АР №1</b> «Статистические методы анализа экспериментальных данных»</p> <p>№1. С надёжностью <math>P = 0,95</math> обеспечить однородность представленных в таблице данных, исключив грубые ошибки.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства											
	<p>дования; – организовывать проведение экспериментов, подбирать существующие методики испытаний;</p>	к	1	2	3	4	5	6	7	8			
		$y_k, \%$	54	53	54	30	46	52	55	54			
		$\Delta y_k, \%$	4,2	3,2	4,2	-19,8	-3,8	2,2	5,2	4,2			
		$\Delta y_k^2, \%$	18	10	18	392	14	4,8	27	18			
		Решение данной задачи осуществить на основе двух методов: правила $2\sigma$ и критерия максимального отклонения $r$ . Расчёты выполнить с использованием табличного процессора.											
		№2. С помощью анализа однородности средних. Дать заключение о возможности преимущества ( $P = 0,95$ ) одного аппарата перед другим по производительности.											
		$y_k \backslash k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
		$y_{k1}$	188	192	189	193	190	191	190	188	190	-	1711
		$y_{k2}$	193	192	189	194	195	192	194	198	196	195	1933
		Расчёты выполнить с использованием табличного процессора.											
		№3. Для проверки правильности вольтамперметрической (ВА) методики определения кадмия Cd использовали атомно-абсорбционную (АА) методику, не содержащую систематической погрешности. При анализе одного и того же объекта получены следующие результаты (нг / мл Cd):											
		ВА : 20,5; 22,4; 23,4; 20,8											
		АА: 23,5; 20,1; 19,9; 19,2; 19,0; 22,8											
		Содержит ли вольтамперметрическая методика систематическую погрешность? Расчёты выполнить с использованием табличного процессора без использования специ-											

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																								
		альной надстройки. №4. Решить задачу №17 используя надстройку табличного процессора.																																																																								
Владеть	– <i>методом выбора конкретного типа плана для постановки эксперимента, исходя из особенностей изучаемого объекта исследования.</i>	<p>№5. По представленным в таблице экспериментальным данным получить МНК уравнение второй степени. Построить по уравнению кривую, убедиться, что она проходит между экспериментальными точками.</p> <table border="1" data-bbox="936 539 2157 1337"> <thead> <tr> <th data-bbox="936 539 1205 627">u</th> <th data-bbox="1205 539 1328 627">1</th> <th data-bbox="1328 539 1462 627">2</th> <th data-bbox="1462 539 1597 627">3</th> <th data-bbox="1597 539 1731 627">4</th> <th data-bbox="1731 539 1865 627">5</th> <th data-bbox="1865 539 2000 627">6</th> <th data-bbox="2000 539 2157 627">7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="936 627 1205 715"><math>y_{1u}</math> кг/м<sup>3</sup></td> <td data-bbox="1205 627 1328 715">96</td> <td data-bbox="1328 627 1462 715">136</td> <td data-bbox="1462 627 1597 715">164</td> <td data-bbox="1597 627 1731 715">170</td> <td data-bbox="1731 627 1865 715">176</td> <td data-bbox="1865 627 2000 715">157</td> <td data-bbox="2000 627 2157 715">122</td> </tr> <tr> <td data-bbox="936 715 1205 802"><math>y_{2u}</math> кг/м<sup>3</sup></td> <td data-bbox="1205 715 1328 802">99</td> <td data-bbox="1328 715 1462 802">141</td> <td data-bbox="1462 715 1597 802">162</td> <td data-bbox="1597 715 1731 802">172</td> <td data-bbox="1731 715 1865 802">169</td> <td data-bbox="1865 715 2000 802">158</td> <td data-bbox="2000 715 2157 802">121</td> </tr> <tr> <td data-bbox="936 802 1205 890"><math>y_{3u}</math> кг/м<sup>3</sup></td> <td data-bbox="1205 802 1328 890">105</td> <td data-bbox="1328 802 1462 890">143</td> <td data-bbox="1462 802 1597 890">154</td> <td data-bbox="1597 802 1731 890">168</td> <td data-bbox="1731 802 1865 890">165</td> <td data-bbox="1865 802 2000 890">165</td> <td data-bbox="2000 802 2157 890">117</td> </tr> <tr> <td data-bbox="936 890 1205 978"><math>C_u</math>, %</td> <td data-bbox="1205 890 1328 978">18</td> <td data-bbox="1328 890 1462 978">22</td> <td data-bbox="1462 890 1597 978">26</td> <td data-bbox="1597 890 1731 978">30</td> <td data-bbox="1731 890 1865 978">34</td> <td data-bbox="1865 890 2000 978">38</td> <td data-bbox="2000 890 2157 978">42</td> </tr> <tr> <td data-bbox="936 978 1205 1066"><math>y_{ср}</math>, кг/м<sup>3</sup></td> <td data-bbox="1205 978 1328 1066">100,0</td> <td data-bbox="1328 978 1462 1066">140,0</td> <td data-bbox="1462 978 1597 1066">160,0</td> <td data-bbox="1597 978 1731 1066">170,0</td> <td data-bbox="1731 978 1865 1066">170,0</td> <td data-bbox="1865 978 2000 1066">160,0</td> <td data-bbox="2000 978 2157 1066">120,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="936 1066 1205 1153"><math>x_u</math></td> <td data-bbox="1205 1066 1328 1153">-3</td> <td data-bbox="1328 1066 1462 1153">-2</td> <td data-bbox="1462 1066 1597 1153">-1</td> <td data-bbox="1597 1066 1731 1153">0</td> <td data-bbox="1731 1066 1865 1153">1</td> <td data-bbox="1865 1066 2000 1153">2</td> <td data-bbox="2000 1066 2157 1153">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="936 1153 1205 1241"><math>y_{по модели}</math>, кг/м<sup>3</sup></td> <td data-bbox="1205 1153 1328 1241">99,96</td> <td data-bbox="1328 1153 1462 1241">137,84</td> <td data-bbox="1462 1153 1597 1241">162,14</td> <td data-bbox="1597 1153 1731 1241">172,86</td> <td data-bbox="1731 1153 1865 1241">170,00</td> <td data-bbox="1865 1153 2000 1241">153,56</td> <td data-bbox="2000 1153 2157 1241">123,64</td> </tr> <tr> <td data-bbox="936 1241 1205 1329"><math>\Delta_u</math>, кг/м<sup>3</sup></td> <td data-bbox="1205 1241 1328 1329">-0,04</td> <td data-bbox="1328 1241 1462 1329">-2,16</td> <td data-bbox="1462 1241 1597 1329">+2,14</td> <td data-bbox="1597 1241 1731 1329">+2,86</td> <td data-bbox="1731 1241 1865 1329">0,0</td> <td data-bbox="1865 1241 2000 1329">-6,44</td> <td data-bbox="2000 1241 2157 1329">+3,64</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="936 1337 2157 1457" style="text-align: center;"><i>АР №3 «Двухуровневые планы многофакторных экспериментов»</i></p>	u	1	2	3	4	5	6	7	$y_{1u}$ кг/м <sup>3</sup>	96	136	164	170	176	157	122	$y_{2u}$ кг/м <sup>3</sup>	99	141	162	172	169	158	121	$y_{3u}$ кг/м <sup>3</sup>	105	143	154	168	165	165	117	$C_u$ , %	18	22	26	30	34	38	42	$y_{ср}$ , кг/м <sup>3</sup>	100,0	140,0	160,0	170,0	170,0	160,0	120,0	$x_u$	-3	-2	-1	0	1	2	3	$y_{по модели}$ , кг/м <sup>3</sup>	99,96	137,84	162,14	172,86	170,00	153,56	123,64	$\Delta_u$ , кг/м <sup>3</sup>	-0,04	-2,16	+2,14	+2,86	0,0	-6,44	+3,64
u	1	2	3	4	5	6	7																																																																			
$y_{1u}$ кг/м <sup>3</sup>	96	136	164	170	176	157	122																																																																			
$y_{2u}$ кг/м <sup>3</sup>	99	141	162	172	169	158	121																																																																			
$y_{3u}$ кг/м <sup>3</sup>	105	143	154	168	165	165	117																																																																			
$C_u$ , %	18	22	26	30	34	38	42																																																																			
$y_{ср}$ , кг/м <sup>3</sup>	100,0	140,0	160,0	170,0	170,0	160,0	120,0																																																																			
$x_u$	-3	-2	-1	0	1	2	3																																																																			
$y_{по модели}$ , кг/м <sup>3</sup>	99,96	137,84	162,14	172,86	170,00	153,56	123,64																																																																			
$\Delta_u$ , кг/м <sup>3</sup>	-0,04	-2,16	+2,14	+2,86	0,0	-6,44	+3,64																																																																			

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																								
		<p>№6. Построить план ПФЭ<sup>4</sup> в безразмерном выражении и в натуральной размерности факторов по следующим параметрам плана:  <math>C_{10}=38^0</math>, <math>C_{20}=24\%</math>, <math>C_{30}=0,6\text{м}</math>, <math>C_{40}=500</math> об/мин;  <math>\lambda_1=6^0</math>, <math>\lambda_2=4\%</math>, <math>\lambda_3=0,15</math> м, <math>\lambda_4=50</math> об/мин.  <b>АР №4</b> «Симплексное планирование»</p> <p>№7. Составить симплексный план для исследования влияния на процесс 4-х факторов и по результатам их реализации определить условия 2-х последовательных опытов (шагов) процедуры определения оптимальных условий без получения уравнений.  <math>C_{10}=32^0</math>, <math>C_{20}=9,3\%</math>, <math>C_{30}=12,0\%</math>, <math>C_{40}=28\%</math>;  <math>\lambda_1=5^0</math>, <math>\lambda_2=1,5\%</math>, <math>\lambda_3=4,0\%</math> м, <math>\lambda_4=7,0\%</math>.  <b>АР №5</b> «Планирование второго порядка»</p> <p>№8. Получить квадратичное уравнение по результатам опытов двухфакторного ортогонального плана второго порядка.</p> <table border="1" data-bbox="936 970 2157 1410"> <thead> <tr> <th>u</th> <th><math>x_{0u}</math></th> <th><math>x_{1u}</math></th> <th><math>x_{2u}</math></th> <th><math>x_{1u} * x_{2u}</math></th> <th><math>x'_{1u}</math></th> <th><math>x'_{2u}</math></th> <th><math>y_u</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>-1</td> <td>1</td> <td>1/3</td> <td>1/3</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>1/3</td> <td>1/3</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>-1</td> <td>-1</td> <td>1/3</td> <td>1/3</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1/3</td> <td>-2/3</td> <td>95</td> </tr> </tbody> </table>	u	$x_{0u}$	$x_{1u}$	$x_{2u}$	$x_{1u} * x_{2u}$	$x'_{1u}$	$x'_{2u}$	$y_u$	1	1	-1	-1	1	1/3	1/3	100	2	1	-1	1	-1	1/3	1/3	110	3	1	1	-1	-1	1/3	1/3	90	4	1	1	1	1	1/3	-2/3	95
u	$x_{0u}$	$x_{1u}$	$x_{2u}$	$x_{1u} * x_{2u}$	$x'_{1u}$	$x'_{2u}$	$y_u$																																			
1	1	-1	-1	1	1/3	1/3	100																																			
2	1	-1	1	-1	1/3	1/3	110																																			
3	1	1	-1	-1	1/3	1/3	90																																			
4	1	1	1	1	1/3	-2/3	95																																			



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																									
		5	1	-1	0	0	1/3	-2/3	90																		
		6	1	1	0	0	1/3	1/3	80																		
		7	1	0	-1	0	-2/3	1/3	100																		
		8	1	0	1	0	-2/3	1/3	120																		
		9	1	0	0	0	-2/3	-2/3	110																		
		<p align="center"><b>АКР №6 «Многоуровневые многофакторные планы, использующие свойства латинских квадратов»</b></p> <p>№9. На основе латинских квадратов составить пятиуровневый план пятифакторного эксперимента для исследования процесса инфракрасной сушки гранулированных материалов в вакууме при импульсном энергоподводе. Получить математическую в виде суммы нелинейных функций и найти оптимальные значения режимных параметров процесса: плотности теплового потока на поверхности слоя материала <math>C_I</math> (Вт/см<sup>2</sup>), толщина слоя продукта <math>C_{II}</math> (мм), диаметра гранул <math>C_{III}</math> (мм), величины разряжения <math>C_{IV}</math> (мм. рт.ст.) и скважности импульса <math>C_V</math> (%отношение времени работы инфракрасной сушилки к общему времени пребывания в сушильной камере). Выходом процесса <math>y</math> (руб/т) или критерием оптимальности принята величина приведённых доходов с учётом производительности установки и потребляемой мощности.</p> <table border="1" data-bbox="925 1342 2163 1455"> <thead> <tr> <th>Уровни</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>C_I</math> (Вт/см<sup>2</sup>)</td> <td>0,50</td> <td>0,75</td> <td>1,00</td> <td>1,25</td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td><math>C_{II}</math> (мм)</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>								Уровни	1	2	3	4	5	$C_I$ (Вт/см <sup>2</sup> )	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	$C_{II}$ (мм)	5	10	15	20	25
Уровни	1	2	3	4	5																						
$C_I$ (Вт/см <sup>2</sup> )	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50																						
$C_{II}$ (мм)	5	10	15	20	25																						

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства											
		С <sub>III</sub> (мм)	2	3	4	5	6						
		С <sub>IV</sub> (мм. рт.ст.)	0	150	300	450	600						
		С <sub>V</sub>	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0						
		x(безразм.)	-2	-1	0	1	2						
		u	План	$\bar{y}$ руб/т	u	План	$\bar{y}$ руб/т	u	План	$\bar{y}$ руб/т	u	План	$\bar{y}$ руб/т
		1	11111	130	8	41352	270	15	21543	320	22	12345	200
		2	23451	140	9	53142	320	16	44444	320	23	24135	170
		3	35241	230	10	15432	200	17	51234	390	24	31425	240
		4	42531	290	11	33333	400	18	13524	240	25	432151	250
		5	54321	260	12	45123	260	19	25314	220			
		6	22222	350	13	52413	340	20	32154	220			
		7	34512	260	14	14253	180	21	55555	40			
		<p><b>АР №7 «Планирование эксперимента при изучении свойств смесей»</b></p> <p>№10. Принято решение исследовать свойства 3-компонентной смеси в локальной области изменения долей компонент:</p> <p><math>\Delta x_1=0,25-0,75</math>;</p> <p><math>\Delta x_2=0,25-0,75</math>;</p> <p><math>\Delta x_3=0,0-0,50</math>.</p> <p>Получить формулы связи истинных координат <math>x_i</math>, отражающих доли компонент в смеси, с псевдокоординатами <math>X_i</math>, введёнными в решение в связи с необходимостью наделять уменьшенный симплекс свойствами полного концентрационного треугольника.</p>											

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-21</b> способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области метрологии, технического регулирования и управления качеством		
Знать	– <i>основные правила оформления расчётов, представления данных в информативном виде.</i>	106. Описать основные составляющие информативного представления данных на ЭВМ.
Уметь	– <i>применять прикладные программы для ЭВМ для оформления расчётов.</i>	<p><b>№15.</b> По данным статьи [Кокс и химия. 1978. №8. С. 12–14] на основе поставленного эксперимента ПФЭ<sup>25</sup>, получить уравнение математической модели. Расчёты представить в информативном виде в табличном процессоре. Какие факторы влияют на показатели качества кокса <math>M_{25}</math>, <math>M_{10}</math>? Дать заключение, какие технологические мероприятия, исходя из математической модели, можно провести для улучшения качества кокса?</p> <p><b>№17.</b> По данным статьи [Кокс и химия. 1975. №2. С. 9–12] на основе поставленного эксперимента второго порядка, получить уравнение математической модели. Расчёты представить в информативном виде в табличном процессоре. Какие факторы влияют на показатели качества кокса <math>M_{25}</math>, <math>M_{10}</math>? Дать заключение, какие технологические параметры, исходя из математической модели, можно изменить для улучшения качества кокса?</p>
Владеть	– <i>практическими навыками представления информации о планировании эксперимента, ведение записей расчётов и обработки данных в электронном виде с помощью ЭВМ.</i>	<p><b>№16.</b> По данным задачи №15 составить план оптимизации по линейному уравнению для проведения дальнейших исследований по нахождению независимых факторов, соответствующих производству кокса максимального качества. Расчёты оформить в табличном процессоре.</p> <p><b>№18.</b> По данным задачи №17 составить план оптимизации по нелинейному уравнению для проведения дальнейших исследований по уточнению независимых факторов, соответствующих производству кокса максимального качества. Расчёты оформить в табличном процессоре.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Планирование и организация эксперимента» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по вопросам из списка, доведенного до сведения студентов, вопрос может содержать небольшое практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

– оценку **«зачтено»** студент получает, если может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач, может дать оценку предложенной ситуации.

– оценку **«незачтено»** студент получает, если не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, дать оценку предложенной ситуации.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ: учебник / О.С. Логунова, П.Ю. Романов, Е.А. Ильина [и др.]. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 326 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — <http://znanium.com/bookread2.php?book=937239>

2. Статистический анализ данных в MS Excel: Учебное пособие / Козлов А.Ю., Мхитарян В.С., Шишов В.Ф. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 320 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-004579-5 – Режим доступа <http://znanium.com/bookread2.php?book=558444>

### б) Дополнительная литература:

3. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad: Учебное пособие/Ф.И.Карманов, В.А.Острейковский - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 208 с.: 60x90 1/16 (Обложка) ISBN 978-5-905554-96-4 – Режим доступа <http://znanium.com/bookread2.php?book=508241>

4. Шклярова, Е. И. Обработка результатов многократных измерений. Проверка соответствия экспериментального распределения нормальному (гауссову) распределению по статистическому критерию Пирсона (хи-квадрат) [Электронный ресурс]: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Е. И. Шклярова. - М. : МГАВТ, 2010. - 12 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=403714>

5. Компьютерные технологии анализа данных в эконометрике: Монография / Д.М. Дайитбегов. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ Инфра-М, 2013. - XIV, 587 с.: 70x100 1/16. - (Научная книга). (переплет) ISBN 978-5-9558-0275-6 – Режим доступа <http://znanium.com/bookread2.php?book=365692>

### в) Методические указания:

1. Понурко И. В. Стандартизация и подтверждение соответствия [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. В. Понурко, С. А. Крылова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2380.pdf&show=dcatalogues/1/1130056/2380.pdf&view=true>. - Макрообъект.

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

### Интернет-ресурсы

– Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp).

– Поисковая система Академия Google (Google Scholar) – URL: <https://scholar.google.ru/>.

– Информационная система – Единое окно доступа к информационным системам – URL: <http://window.edu.ru/>.

– Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – Режим доступа: <https://www1.fips.ru/>

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
<p><b>Аудитория № 365.</b> Лекционная аудитория <b>Аудитория № 157.</b> Лекционная аудитория</p>	<p>Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации</p>
<p><b>При наличии обучающихся с ограниченными возможностями здоровья предполагается использование следующих аудиторий:</b> <b>Аудитория № М112. Учебная аудитория</b></p>	<p>Специализированная мебель (увеличен размер зоны на одно место с учетом подъезда и разворота кресла-коляски, увеличена ширина прохода между рядами столов, столы одноместные). Персональные компьютеры MAC Intel Core 2, 1,8, ОЗУ 2 Гб, HDD 80 Гб, монитор Acer AL1916 [19" LCD], в количестве 12 штук. ПК автоматизированное рабочее место преподавателя – 1 шт. Коммутатор D-link 1024 и точка доступа wi-fi D-link DIR-300. Специализированная мебель. Мультимедиа-проектор Epson EMP-S52 Экран Stm-1103 Ноутбук ASUS Mobile Intel Celeron 550, 2,0, ОЗУ 1 Гб, HDD 120 Гб Специализированная мебель. Наличие приспособленной входной группы здания для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья: пандусы в кол-ве 1 шт поручни – 2шт. Наличие возможностей перемещения обучающихся с ограниченными возможностями здоровья внутри здания (приспособление коридоров, санузлов): поручни – 4шт.</p>
<p><b>Аудитория № 142.</b> Компьютерный класс.</p>	<p>Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета</p>
<p>Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки <b>Аудитория № 16,17.</b> Лаборатория комплексной переработки природных и техногенных ресурсов и металлургических технологий ФГБОУ ВО «МГТУ».</p>	<p>Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета</p>
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>	<p>Стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.</p>