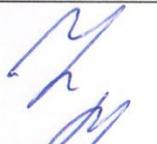


ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Математическое моделирование и оптимизация эксперимента

Направление подготовки/ специальность	18.04.01 Химическая технология		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Анализ и контроль в химических и фармацевтических производствах		
Специализация	Анализ и контроль в химических и фармацевтических производствах		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		

Заведующий кафедрой – руководитель Отделения химической инженерии на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		Е.И. Короткова
		Е.И. Короткова
		Е.И. Короткова

2020 г.

1. Роль дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» в формировании компетенций выпускника:

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ОПК(У)-4	Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	ОПК(У)-4. В1	Владеет методами математического моделирования к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез
		ОПК(У)-4. У1	Умеет проводить многофакторные эксперименты при анализе веществ, планирование эксперимента при поиске оптимальных условий аналитического контроля веществ
		ОПК(У)-4. З1	Знает терминологию и математический аппарат планирования и организации эксперимента; разбиение факторных планов; дробные реплики, неполные планы; регрессионный анализ; поиска экстремума функции отклика
ДПК(У)-2	Способность строить и использовать математические модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ	ДПК(У)-2.В1	Владеет навыками выбора факторов и функции отклика в математическом моделировании, построения математических моделей процессов, проведения регрессионного анализа
		ДПК(У)-2.У1	Умеет строить математические модели процессов в регрессионном анализе и факторном эксперименте, находить оптимум функции при минимальном количестве опытов, строить модели 1-ого и 2-ого порядков
		ДПК(У)-2.З1	Знает основы построения матриц планирования полного и дробного факторных экспериментов, методы движения к оптимуму, основы центрального ортогонального композиционного планирования

2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			
РД-1	Знает основные понятия математического моделирования и построения плана эксперимента.	ОПК(У)-4	Раздел 1. Раздел 2.	Тест, опрос, ИДЗ, доклад, реферат, презентация
РД-2	Умеет построить план эксперимента при поиске оптимальных условий, разбивать факторные планы на блоки, дробные реплики, неполные планы, планы робастные к дрейфам.	ДПК(У)-2	Раздел 3. Раздел 4.	Защита отчета по лабораторной работе, ИДЗ, тест, собеседование
РД-3	Владеет опытом построения научных и промышленных экспериментов, простых сравнивающих экспериментов, многофакторных экспериментов.	ДПК(У)-2	Раздел 5 Раздел 6.	Защита отчета по лабораторной работе, ИДЗ, тест, собеседование

3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

% выполнения задания	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

Шкала для оценочных мероприятий зачета

Степень сформированности результатов обучения	Балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90% ÷ 100%	90 ÷ 100	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% ÷ 89%	70 ÷ 89	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% ÷ 69%	55 ÷ 69	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
55% ÷ 100%	55 ÷ 100	«Зачтено»	Результаты обучения соответствуют минимально достаточным требованиям
0% ÷ 54%	0 ÷ 54	«Неудовл.»/ «Не зачтено»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

4. Перечень типовых заданий

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
1.	Опрос	1 Чем отличается пассивный эксперимент от активного? 2 Что лежит в основе метода наименьших квадратов? 3 Какие типы поверхности отклика Вы знаете? 4 Каков алгоритм проведения регрессионного анализа? 5 Укажите свойства матрицы планирования?
2.	Собеседование	Вопросы: 1. Оценка уравнения регрессии от одного параметра методом наименьших квадратов. 2. Принципы построения матриц планирования полного и дробного факторного эксперимента 3. Понятие ортогональности и ротатабельности планов 4. Основные типы регрессионных зависимостей. Возможность перехода к линейному виду. 5. Основные эффекты и эффекты взаимодействия регрессионной модели в полном факторном эксперименте.
6.	Тестирование	Вопросы: 1. Сущность, задачи и преимущества дробного факторного эксперимента. Число опытов в дробном факторном эксперименте? 2. Оценка адекватности регрессионной модели центрального ортогонального композиционного планирования. 3. Алгоритм поиска оптимума функции отклика методом крутого восхождения. 4. Основы симплексного планирования. Графический и расчетный способы. 5. Проверка однородности дисперсий полного факторного эксперимента по критерию Кохрена и по критерию Фишера. Чем данные критерии отличаются друг от друга? 6. Построение матриц планирования в Центральном ортогональном композиционном планировании 7. Построение математических моделей процессов методом центрального ортогонального композиционного планирования.
7.	Презентация	Поиск оптимума функции отклика, используя метод крутого восхождения Темы рефератов
8.	Семинар	Дискуссия по теме выбора метода оптимизации для конкретного химического процесса.
9.	Реферат	Тематика рефератов: 1.Регрессионный анализ в аналитической химии 2.Матрицы планирования полного и дробного факторных экспериментов 3.Использование центрального ортогонального композиционного планирования для построения математических моделей второго порядка

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		4. Методы оптимизации эксперимента
10.	Контрольная работа	<p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие коэффициента корреляции. Его свойства. План корреляционного анализа. 2. Построение матрицы планирования дробного факторного эксперимента 2^{4-1} 3. Порядок расчета симплекс-планов. Возможность введения нового фактора в симплексное планирование. 4. Классификация методов планирования эксперимента. 5. Генерирующие соотношения. Определение, правила выбора. Разрешающая способность дробных реплик в дробном факторном эксперименте. 6. Оценка адекватности регрессионной модели второго порядка в ротатабельном планировании.
11.	Кейс-задание	Задание в аудитории, выбор метода оптимизации эксперимента по определению железа в природных водах методом спектрофотометрии.
12.	Доклад	Зачем нужны математические модели процессов в аналитической химии?
13.	Защита лабораторной работы	<p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Алгоритм проведения анализа? 2 Какая матрица планирования является более подходящей для анализа? 3 Построение матрицы планирования дробного факторного эксперимента для анализа.
14.	ИДЗ	<p>ИДЗ 1. Регрессионный анализ. Пример. Выполнить регрессионный анализ для зависимости тока электроокисления метиламина от его концентрации в растворе. Предварительные данные показали, что данная зависимость имеет вид $Y = a + b/x$. Привести данную модель к линейному виду, найти коэффициенты уравнения регрессии. Оценить адекватность модели и значимость полученных коэффициентов регрессии.</p> <p>ИДЗ 2. Полный факторный эксперимент. Пример. В химическом процессе выход продукта $Y(\%)$ зависит от трёх факторов: $t(^{\circ}C)$ смеси (X_1), концентрации реагента (X_2) и pH раствора (X_3). С помощью полного факторного эксперимента найти математическое описание процесса в окрестности точки факторного пространства с координатами: X_{01}, X_{02}, X_{03} и шагами варьирования: $\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3$. Построит расширенную матрицу планирования ПФЭ, используя третий приём построения. Оценить однородность дисперсий, значимость коэффициентов, адекватность модели.</p> <p>ИДЗ 3. Дробный факторный эксперимент. Пример. Исследовалось влияние четырех факторов: x_1 (температура, $^{\circ}C$), x_2 (концентрация, %), x_3 (pH раствора), x_4 (концентрация катализатора, М) на выход продукта полимеризации y (%). Основные характеристики плана: $x_{10} = 20^{\circ}C$, $x_{20} = 2\%$, $x_{30} = 6$, $x_{40} = 0.5M$. $\Delta x_1 = 10^{\circ}C$, $\Delta x_2 = 1\%$, $\Delta x_3 = 2$, $\Delta x_4 = 0.2M$. Реализовать дробный факторный эксперимент 2^{4-1} с учетом того, что основной план задается записью: $ac, c, abc, bc, a, (1), ab, b$. Генерирующее соотношение: $x_4 = x_1 x_2 x_3$, определить коэффициенты уравнения регрессии первого порядка. Методом определяющих контрастов оценить смешивание коэффициентов. Оценить адекватность модели и значимость коэффициентов.</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>ИДЗ 4. Методы оптимизации эксперимента. Пример. С помощью симплексного метода найти оптимальные условия проведения реакции осаждения $BaSO_4$ в присутствии хлоридов, бромидов, иодидов при определенной температуре. В качестве факторов выбраны: X_1 – концентрация хлоридов, %, X_2 – концентрация бромидов, %, X_3 – концентрация иодидов, %, X_4 – температура, °С. Критерий оптимизации У: количество осадка в граммах. Построить матрицу симплексного планирования в натуральном масштабе. Провести оптимизацию. В опыте 7 ввести новый фактор – pH раствора.</p> <p>ИДЗ 5. Центральное ортогональное композиционное планирование. Пример. Построить матрицу ортогонального центрального композиционного планирования в кодированном и натуральном масштабе. Найти математическое описание процесса в виде полинома второго порядка. Оценить адекватность модели, значимость коэффициентов. Результаты эксперимента представлены в таблице.</p>
15.	Зачет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тест 2. Свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента 3. Графическое изображение сущности симплексного планирования для поиска оптимума функции отклика 4. Построение ортогональных планов второго порядка, используя центральное ортогональное композиционное планирование.

5. Методические указания по процедуре оценивания

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
1.	Опрос	<p>Проводится в начале каждой очной лекции. За активную работу в опросе студенты получают дополнительные баллы в рейтинг (до 10 б за семестр).</p> <p>Критерии оценивания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Даны верные ответы на все вопросы – 1 балл. 2. Даны верные ответы не на все вопросы – 0,5 балла. 3. Даны неверные ответы на все вопросы – 0 баллов.
2.	Собеседование	Проводится при защите лабораторной работы в аудитории.
3.	Тестирование	10 тестов к лекциям, оцениваются в 1 балл каждый.
4.	Презентация	1. Студентами формируется презентация по одной из предложенных тем, обсуждается всей группой студентов на практическом занятии. Оценивается командная работа и вклад каждого члена команды в 3 балла.
5.	Семинар	Дебаты по теме модуля проводятся по традиционному сценарию: команда утверждения и отрицания. Подготовка и участие в дебатах оценивается в 3,5 балла.
6.	Реферат	Дается задание для самостоятельной работы – подготовка реферата на одну из предложенных преподавателем тем. Подготовленный реферат по методическим указаниям к реферату, должен

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
		быть прорецензирован и оценен 1 одноклассником на основе критериев оценки реферата (собственное мнение о работе, рекомендации по улучшению работы). Максимально 9 баллов за реферат.
7.	Контрольная работа	2 контрольные работы, состоящие из тестов по пройденному материалу. Оценивается в 8 б каждая.
8.	Кейс-задание	В аудитории необходимо решить кейс в командах на время. Оценивается работа в 1 балл.
9.	Доклад	Заранее готовится сообщение по теме доклада, в аудитории презентуется. Оценивается в 1.5 балла.
10.	Защита лабораторной работы	После выполнения лабораторной работы, сдается отчет (возможно онлайн). Оценивается в 3 балла. Критерии оценивания: 1. Максимальная оценка за работу ставится при условии, что работа выполнена верно. Работа отправлена в соответствии со сроками в календарном рейтинг плане. Соблюдены все требования к оформлению. 2. При нарушении сроков отправки работы, наличии незначительных недочетов оценка может быть снижена до 25 процентов от максимальной. Максимальное количество попыток - 3. При использовании каждой следующей попытки оценка снижается.
11.	ИДЗ	Студенты выполняют индивидуальные домашние задания по вариантам, сдают на проверку преподавателю. Оценивается в 5 баллов каждое ИДЗ. Критерии оценивания: 1. Максимальная оценка за задание ставится при условии, что задание выполнено верно. Задание отправлено в соответствии со сроками в календарном рейтинг плане. Соблюдены все требования к оформлению. 2. При нарушении сроков отправки заданий, наличии незначительных недочетов оценка может быть снижена до 25 процентов от максимальной. Максимальное количество попыток - 3. При использовании каждой следующей попытки оценка снижается.
12.	Зачет	Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам оценочных мероприятий. Оценочные мероприятия текущего контроля по разделам и видам учебной деятельности приведены в «Календарном рейтинг-плане изучения дисциплины». При выполнении всех задний и минимальном рейтинге в 55 баллов студент получает «зачет». Результаты обучения при этом соответствуют минимально достаточным требованиям.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ
2020/2021_учебный год

ОЦЕНКИ			Дисциплина <i>«Математическое моделирование и оптимизация эксперимента»</i>	Лекции	8	час.
«Отлично»	A	90 - 100 баллов		по направлению 18.04.01 «Химическая технология»	Практ. занятия	16
«Хорошо»	B	80 – 89 баллов	Лаб. занятия		24	час.
	C	70 – 79 баллов	Всего ауд. работа		48	час.
«Удовл.»	D	65 – 69 баллов	СРС		60	час.
	E	55 – 64 баллов	ИТОГО		108	час.
Зачтено	P	55 - 100 баллов			3	з.е.
Неудовлетворительно / незачтено	F	0 - 54 баллов				

Результаты обучения по дисциплине:

РД1	Знает основные понятия математического моделирования и построения плана эксперимента.
РД2	Умеет построить план эксперимента при поиске оптимальных условий, разбивать факторные планы на блоки, дробные реплики, неполные планы, планы робастные к дрейфам.
РД3	Владеет опытом построения научных и промышленных экспериментов, простых сравнивающих экспериментов, многофакторных экспериментов.

Оценочные мероприятия:

Для дисциплин с формой контроля – зачет

Оценочные мероприятия		Кол-во	Баллы
Текущий контроль:			
П	Посещение занятий	10	10
ТК1	Защита отчета по лабораторной работе	6	18
ТК2	Доклад	1	4.5
ТК3	ИДЗ	5	25
ТК4	Защита презентации	1	3
ТК5	Семинар (дебаты)	1	3.5
ТК6	Кейс-задание	1	1
ТК7	Контрольная работа	2	16
ТК8	Реферат	1	9
	ИТОГО		90

Дополнительные баллы

Учебная деятельность / оценочные мероприятия		Кол- во	Баллы
ДПП	Выступление на конференции	1	10
ИТОГО			10

Неделя	Дата начала недели	Результат обучения по	Учебная деятельность	Кол-во часов		Оценочное мероприятие	Кол-во баллов	Информационное обеспечение		
				Ауд.	Сам.			Учебная литература	Интернет-ресурсы	Видео-ресурсы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		РД1	Лекция 1. <i>Общие вопросы планирования эксперимента</i>	1		П	1	ОСН 1-3 ДОП 1-5		
			<i>Семинар. Дебаты</i>	2	2	ТК5	3.5		ПО Statistica	
			<i>Работа 1. Построение 4-ех типов поверхности отклика в двухфакторном эксперименте</i>	4	3	ТК1	3		ПО Statistica	
2		РД2	Лекция 2. <i>Корреляционный и регрессионный анализы.</i>	1	1	П	1	ОСН 1-3		
			<i>Кейс -задание</i>	2	2	ТК6	1	ОСН 1-3 ДОП 1-5		
			<i>Работа 2. Выполнение корреляционного и регрессионного анализа зависимости растворимости хлорида бария в присутствии хлорида кальция</i>	4	2	ТК1	3		ПО Statistica	
			<i>ИДЗ 1. Регрессионный анализ</i>		5	ТК3	5	ОСН 1-3	ПО Statistica	
3		РД2	Лекция 3. <i>Полный факторный эксперимент. Тест.</i>	1	2	П	2	ОСН 1-3 ДОП 1-5		
			<i>Доклад –презентация. Дебаты.</i>	4	2	ТК2	4.5	ОСН 1-3 ДОП		

Неделя	Дата начала недели	Результат обучения по	Учебная деятельность	Кол-во часов		Оценочное мероприятие	Кол-во баллов	Информационное обеспечение		
				Ауд.	Сам.			Учебная литература	Интернет-ресурсы	Видео-ресурсы
								1-5		
			<i>ИДЗ 2. Полный факторный эксперимент</i>		4	ТК3	5	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica	
			<i>Работа 3. Построение матриц планирования и математической модели двухфакторного эксперимента, проведение эксперимента определения железа методом спектрофотометрии в зависимости от разных значений рН и длины волны.</i>	4	2	ТК1	3	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica	
5		РДЗ	<i>Лекция 4. Дробный факторный эксперимент. Тест</i>	1	1	П	2	ОСН 1-3 ДОП 1-5		
			<i>Контрольная работа</i>	2	4	ТК7	8	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica	
			<i>ИДЗ 3. Дробный факторный эксперимент</i>		4	ТК3	5	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica	
			<i>Работа 4. Построение матриц планирования и математической модели для насыщенных ортогональных планов, используя дробный факторный эксперимент.</i>	4	1	ТК1	3	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica, MathCAD	
			Конференц-неделя 1							
			Всего по контрольной точке (аттестации) 1	30	35		50			
7		РДЗ	<i>Лекция 5. Методы оптимизации эксперимента. Тест</i>	2	1	П	2	ОСН 1-3 ДОП 1-5		
			<i>Защита презентации.</i>	4	3	ТК4	3	ОСН 1-3		
			<i>ИДЗ 4. Методы оптимизации эксперимента</i>		4	ТК3	5	ОСН	ПО	

Неделя	Дата начала недели	Результат обучения по	Учебная деятельность	Кол-во часов		Оценочное мероприятие	Кол-во баллов	Информационное обеспечение		
				Ауд.	Сам.			Учебная литература	Интернет-ресурсы	Видео-ресурсы
								1-3 ДОП 1-5	Statistica, MathCAD	
			Работа 5. Оптимизация эксперимента с использованием метода крутого восхождения. Нахождение оптимальных условий эксперимента на основе математической модели процесса.	4	2	TK1	3	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica, MathCAD	
10		РД2	Лекция 6. Математическое моделирование в экстремальной области факторного пространства. Тест.	2	2	П	2	ОСН 1-3 ДОП 1-5		
			Контрольная работа	2	4	TK7	8	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica, MathCAD	
			ИДЗ 5. Центральное ортогональное композиционное планирование		5		5	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica, MathCAD	
			Работа 6. Построение матриц планирования центрального ортогонального композиционного планирования для многофакторного эксперимента	4	2	TK1	3	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica, MathCAD	
18		РД1 РД2	Конференц-неделя 2 Реферат		2	TK8	9	ОСН 1-3 ДОП 1-5	ПО Statistica, MathCAD	
		РД3	Выступление на конференции			ДП1	10	ОСН 1-3 ДОП 1-5		
			Всего по контрольной точке (аттестации) 2	18	25		50			
			Общий объем работы по дисциплине	40	68		100			

Информационное обеспечение:

№ (код)	Основная учебная литература (ОСН)
ОСН 1	Короткова Е.И. Планирование и организация эксперимента: учебное пособие [Электронный ресурс] / Е. И. Короткова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 585 KB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Схема доступа: http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m242.pdf
ОСН 2	Смагунова А. Н. Математическое планирование эксперимента в методических исследованиях аналитической химии: учебное пособие [Электронный ресурс] / Смагунова А. Н., Пашкова Г. В., Белых Л. И.. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 120 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/98248
ОСН 3	Вершинин, В. И. Планирование и математическая обработка результатов химического эксперимента: учебное пособие [Электронный ресурс] / Вершинин В. И., Перцев Н. В. — 4-е изд., стер.. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 236 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/115525
№ (код)	Дополнительная учебная литература (ДОП)
ДОП 1	Короткова Е.И. Практикум по планированию и организации эксперимента: индивидуальные контрольные задания: учебное пособие / Е. И. Короткова; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2003. — 96 с.
ДОП 2	Степанов П. Е. Планирование эксперимента: учебно-методическое пособие по анализу и обработке экспериментальных данных [Электронный ресурс] / Степанов П. Е. — Москва: МИСИС, 2017. — 22 с. — Текст: электронный // МИСИС: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/108113 (дата обращения: 04.02.2020)
ДОП 3	Адлер Ю. П. Методология и практика планирования эксперимента в России: монография [Электронный ресурс] / Адлер Ю. П., Грановский Ю. В.. — Москва: МИСИС, 2016. — 182 с. — Текст: электронный // МИСИС: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/93686 (дата обращения: 04.02.2020)
ДОП 4	Григорьев Ю. Д. Методы оптимального планирования эксперимента: линейные модели [Электронный ресурс] / Григорьев Ю. Д.. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 320 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=65949 (дата обращения: 04.02.2020)
ДОП 5	Лопатин В. Ю. Организация эксперимента: Симплексное планирование:

учебное пособие [Электронный ресурс] / Лопатин В. Ю., Шуменко В. Н. — Москва: МИСИС, 2010. — 46 с. — Текст: электронный // МИСИС: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/117006 (дата обращения: 04.02.2020)
