Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по научной работе
Дата подписания: 03.11.2023 15:30:14
Уникальный программный ключ:
1a3df673e07fcd54440aceed8bb7e29f4817bf0a

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета
химической технологии
и биотехнологии
_____ / Ю.В. Данильчук /
«25» августа 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Планирование и организация эксперимента»

Научная специальность
2.4.8. Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники

Уровень образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения
очная

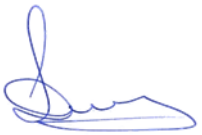
Год начала подготовки – 2022

Москва 2022

Разработчик(и):
доцент, к.т.н. / А.Е. Ермолаев /



Согласовано:
Заведующий кафедрой «Техника низких температур»,
к.т.н. / Д.А. Некрасов /



Содержание

1 Цели и задачи освоения дисциплины 4
2 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры 4
3 Структура и содержание дисциплины 4
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 4
3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
3.3 Содержание дисциплины 5
3.4 Тематика практических занятий 6
4 Планируемые результаты освоения дисциплины 6
5 Учебно-методическое и информационное обеспечение 6
5.1 Нормативные документы и ГОСТы 6
5.2 Основная литература 7
5.3 Дополнительная литература 7
5.4 Электронные образовательные ресурсы 7
5.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 7
5.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 7
5.7 Интернет-ресурсы 7
6 Материально-техническое обеспечение 7
7 Методические рекомендации 7
7.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 7
7.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 9
8 Фонд оценочных средств 9
8.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 9
8.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 9
8.3 Оценочные средства 10

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью освоения дисциплины «планирование и организация эксперимента» является получение представления о теоретических основах планирования и организации научных экспериментов и современных методах математической обработки результатов опытов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «планирование и организация эксперимента» следует отнести:

– получение представления об основных структурах экспериментальных моделей;

– приобретение навыков параметрической идентификации экспериментальных и экспериментально-аналитических моделей;

– формирование знаний методах и приёмах анализа структурной идентификации по экспериментальным данным;

– получение навыков разработки планов активных экспериментов.

2 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «планирование и организация эксперимента» относится к числу факультативных дисциплин по выбору ООП аспирантуры. Освоение этой дисциплины дает знания, позволяющие строить экспериментальные модели и обрабатывать результаты научных экспериментов.

Дисциплина «планирование и организация эксперимента» взаимосвязана логически и содержательно-методически с дисциплинами, изучаемыми в ходе обучения в бакалавриате и магистратуре – «Физика»; «Математика»; «Численные методы оптимизации».

В процессе изучения данных дисциплин формируются профессиональные компетенции, направленные на формирование компетенций по моделированию и оптимизации химико-технологических систем. Это создает основу для критического анализа существующих технологических схем и систем автоматического управления, умения анализировать эффективность их работы и использования. Знания, которыми должен обладать аспирант после изучения дисциплины «планирование и организация эксперимента» призваны способствовать формированию профессиональных знаний и умений, используемых в научно-исследовательской деятельности и «Защита научно-квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты», а также профессиональной деятельности.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 академических часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			3	
1	**Аудиторные занятия**	**72**	24	

	в том числе:			
1.1	Лекции		12	
1.2	Практические занятия		12	
2	**Самостоятельная работа**	**48**	48	
	в том числе:			
2.1	Консультации			
2.2	Реферат			
2.3	Самостоятельное изучение разделов дисциплины		48	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен		зачет	
	Итого		72	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	**Разделы/темы дисциплины**	**Трудоемкость, час**				
		Всего	**Аудиторная работа**			**Самостоятельная работа**
			Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1. Планирование и организация эксперимента		12	12		48
1.1	Тема 1. Основы построения экспериментальных моделей		2	3		9
1.2	Тема 2. Метод наименьших квадратов. Параметрическая идентификация		2	2		9
1.3	Тема 3. Структурная идентификация математических моделей		2	2		9

1.4	Тема 4. Проверка адекватности математических моделей и значимости параметров модели		3	3		10
1.5	Тема 5. Построение экспериментальных моделей с использованием программных средств		3	2		11
	Итого		**12**	**12**		**48**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Основы построения экспериментальных моделей

Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения моделей. Экспериментальные, экспериментально-аналитические модели, их особенности, преимущества и недостатки. Метрики качества модели.

Тема 2. Метод наименьших квадратов. Параметрическая идентификация.

Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ, основные допущения. Определение параметров линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов. Определение параметров линейного уравнения регрессии с использованием статистических характеристик. Определение параметров линейного уравнения регрессии в матричной форме. Таблица дисперсионного анализа. Определение наличия регрессионной зависимости с использованием F -отношения. ПФЭ. Дробный факторный эксперимент.

Тема 3. Структурная идентификация математических моделей

Методы последовательного уточнения структуры регрессионного уравнения: метод включений, метод исключений, метод пошаговой регрессии. Проверка значимости параметров. Множественный коэффициент корреляции. Понятие о частном коэффициенте корреляции. Определение его значимости.

Тема 4. Проверка адекватности математических моделей и значимости параметров модели

Схема проверки статистических гипотез. Понятие о законах распределения случайных величин. Критерий Фишера. Критерий Стьюдента. F-отношение. Проверка значимости параметров математической модели, проверка адекватности математической модели.

Тема 5. Построение экспериментальных моделей с использованием программных средств

Построение математических моделей в среде MS Excel, Matcad. Представление результатов экспериментов.

3.4 Тематика практических занятий

Учебным планом практические занятия не предусмотрены.

4 Планируемые результаты освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины «планирование и организация эксперимента» аспирант должен:

Знать:

– основные принципы планирования научного эксперимента;

– основные структуры экспериментальных моделей;

– основные законы распределения случайных величин;

– математические основы метода наименьших квадратов, границы его применимости, понятие об альтернативах МНК;

– математические основы регрессионного и дисперсионного анализа данных.

Уметь:

– осуществлять выделение значимых и незначимых параметров, проводить структурную и параметрическую идентификацию моделей;

– выдвигать и проверять статистические гипотезы;

– проводить проверку значимости найденных параметров и адекватности полученных моделей.

Владеть:

– методикой составления планов полного и дробного факторного эксперимента;

– навыками применения программных пакетов для обработки и представления экспериментальных данных.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение

5.1 Нормативные документы и ГОСТы

1.
2.
…

5.2 Основная литература

1. Ахметов, Н.С. Методы планирования и обработки результатов научных экспериментов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2014. – 752 с. – URL: http://e.lanbook.com/book/50684.

2. Реброва, И.А. Планирование эксперимента. - Учебное пособие – Омск 2010 https://portal.tpu.ru/SHARED/i/INNA/Stady/planir%20izm%20exp/Курсовая%20работа/Реброва%20И.А.%20Планирование%20эксп.pdf

5.3 Дополнительная литература

1. Косарев, Е.Л. Методы обработки экспериментальных данных [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2008. —208 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59398.

2. Ананьев, В.А. Анализ экспериментальных данных: учебное пособие. Ч. 1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Кемерово: КемГУ, 2009. — 106 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/30104.

5.4 Электронные образовательные ресурсы

нет

5.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

нет

5.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

нет

5.7 Интернет-ресурсы

– http://v.michm.ru/index.php/Моделирование_химико-технологических_процессов - учебный материал по моделированию химико-технологических процессов.

6 Материально-техническое обеспечение

Для проведения практических работ на современном уровне в аудитории Ав4403 предусмотрено использование следующего оборудования:

1. Персональные компьютеры с установленным ПО (MS Excel, Mathcad).

7 Методические рекомендации

7.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый интерактивный подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение семинарских занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «планирование и организация эксперимента» необходимо продумать план их проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время

консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

При этом во всех частях лекции необходимо вести диалог со студентами и давать студентам возможность дискутировать между собой.

Цель практических занятий обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

В лекционных или практических необходимо вести диалог со студентами и давать студентам возможность дискутировать между собой.

Преподаватель, принимающий зачёт, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

7.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на семинарских занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой. Во время лекции студент должен вести краткий конспект. Дома самостоятельно работая с конспектом, студенту необходимо пометить материалы, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен найти ответы на вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самому не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут.

При самостоятельной проработке домашних заданий и написания индивидуальных работ студентам рекомендуется пользоваться библиотечным фондом литературы (учебниками и периодическими изданиями), а также методическими указаниями по выполнению самостоятельных работ.

8 Фонд оценочных средств

8.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости проводятся по следующим критериям:

– активное участие в обсуждении заданий для практической работы, работа у доски;

– защита результатов выполнения заданий домашних контрольных работ.

Образцы домашних контрольных работ, контрольных работ для текущего контроля, вопросов для подготовки к зачёту

8.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Незачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

8.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

Образцы контрольных работ для текущего контроля

Вариант 1 ……..……

Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2,64	0,48	4,67	-1,00	4,67	-1,00	20,98
2,13	0,85	1,99	0,91	2,49	0,61	14,98
4,27	-0,90	0,57	0,54	2,82	0,32	12,45
0,03	0,03	2,50	0,60	2,40	0,68	11,87

4,94	-0,97	1,27	0,96	2,80	0,33	17,84
4,02	-0,77	0,67	0,62	3,37	-0,23	12,60
3,57	-0,42	1,64	1,00	3,77	-0,59	16,70
3,41	-0,27	0,45	0,43	5,56	-0,66	9,94
1,03	0,86	0,13	0,13	2,97	0,17	2,98
0,67	0,62	5,53	-0,68	0,13	0,13	21,41
1,66	1,00	4,32	-0,92	4,85	-0,99	17,84
0,52	0,50	0,22	0,22	5,64	-0,60	2,59
2,67	0,45	2,25	0,78	1,30	0,96	16,68
5,36	-0,80	5,99	-0,29	4,49	-0,98	33,82
0,18	0,18	0,75	0,68	2,36	0,70	5,42
4,72	-1,00	1,28	0,96	5,02	-0,95	17,44
3,95	-0,72	3,60	-0,44	4,04	-0,78	20,99
2,51	0,59	4,31	-0,92	2,12	0,85	19,52
2,30	0,75	0,89	0,78	4,36	-0,94	10,50
5,47	-0,73	1,45	0,99	1,90	0,95	19,72

Вариант 2 ……

Построить по экспериментальным данным модели вида $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$, сделать вывод об её адекватности

	x1	x2	y
1	10	6	33,96

2	2,5	8	11,46
3	6,5	2	32,04
4	3	6,5	15,11
5	7	3,5	30,81
6	1,5	6,5	11,81
7	4,5	4	23,79
8	3,5	6	17,36
9	1	8,5	6,62
10	7,5	0,5	36,89
11	7,5	1	36,84
12	9,5	10	25,18
13	5,5	7,5	19,90
14	4	8	15,54
15	2,5	3	20,25
16	9,5	9,5	26,03
17	9,5	2,5	38,76
18	7	4,5	29,21
19	9,5	3	38,17
20	3	4,5	19,03
21	3	4,5	18,80
22	3	4,5	19,19
23	3	4,5	19,31
24	3	4,5	18,51

Вариант 3 …….
Определить структуру и параметры модели, сделать вывод об её адекватности

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
5,08	-0,93	3,19	-0,05	0,75	0,68	64,83
1,38	0,98	2,20	0,81	2,27	0,77	38,62
0,27	0,27	1,40	0,99	5,26	-0,85	39,41
2,64	0,48	5,16	-0,90	3,47	-0,32	77,12
4,29	-0,91	0,50	0,48	2,60	0,52	47,04
4,57	-0,99	2,19	0,81	0,61	0,57	52,58
2,30	0,75	3,36	-0,22	2,64	0,48	56,18
2,36	0,70	0,90	0,78	0,10	0,10	24,23
1,02	0,85	2,47	0,62	2,53	0,57	39,55
0,95	0,81	5,21	-0,88	0,93	0,80	52,98
4,57	-0,99	0,77	0,70	3,68	-0,51	56,55
4,48	-0,97	2,87	0,27	1,10	0,89	59,82
2,81	0,33	1,04	0,86	5,23	-0,87	54,15
5,50	-0,71	4,55	-0,99	1,57	1,00	82,75
1,57	1,00	1,76	0,98	0,45	0,43	27,33
0,94	0,81	3,85	-0,65	0,76	0,69	41,19
4,71	-1,00	1,54	1,00	3,56	-0,41	63,10
5,06	-0,94	3,95	-0,72	3,72	-0,55	85,62
0,42	0,41	5,68	-0,57	2,61	0,51	61,43
1,52	1,00	4,22	-0,88	0,10	0,10	44,91

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется аспиранту, если правильно введены все необходимые обозначения, определена структура модели, правильно построены выражения для расчёта коэффициентов модели, найдены верные значения коэффициентов, правильно рассчитаны значения дисперсий и F-отношения, выбрано правильно значение Fкр сделан верный вывод об адекватности модели.

- оценка «хорошо» имеются отдельные недочёты, не существенно повлиявшие на точность модели или на вывод об адекватности модели.
- оценка «удовлетворительно» если есть недочёты, снизившие точность модели, но не повлиявшие на её структуру.
- оценка «неудовлетворительно» если полученная модель не соответствует экспериментальным данным или сделан неверный вывод об адекватности модели.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Вопросы для подготовки к зачёту по дисциплине «Планирование и организация эксперимента»

1. Требования, предъявляемые к математическим моделям. Этапы построения моделей. Особенности построения моделей при проведении активного и пассивного эксперимента.
2. Сравнительная характеристика основных методов построения моделей при проведении активного и пассивного эксперимента.
3. Определение параметров линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов.
4. Определение параметров линейного уравнения регрессии (простой и множественной) с использованием статистических характеристик (с выводом).
5. Понятие о законах распределения "Хи-квадрат", Стьюдента и Фишера. Примеры их использования.
6. Понятие о статистических гипотезах и методах их проверки. Р- значение.
7. Определение параметров линейного уравнения регрессии в матричной форме.
8. Регрессионный анализ, основные допущения. Проверка значимости параметров и адекватности уравнения.
9. Таблица дисперсионного анализа. Определение наличия регрессионной зависимости с использованием F - отношения. Множественный коэффициент корреляции.
10. Понятие о частном коэффициенте корреляции. Определение его значимости. Пример использования.
11. Методы последовательного уточнения структуры регрессионного уравнения: метод включений, метод исключений, метод пошаговой регрессии.
12. Полный факторный эксперимент
13. Планы дробных факторных экспериментов
14. Звёздные планы.
15. Метод группового учёта параметров.