Министерство образования и науки Российской Федерации

Южно-Уральский государственный университет

Кафедра «Материаловедение и физико-химия материалов»

С.И. Ильин

Математическое моделирование систем материаловедения

Методические указания к освоению дисциплины

для студентов очного обучения по направлению 22.03.01.

Челябинск

2017

**Цель и задачи курса**

Цель преподавания дисциплины - получение студентами знаний, умений и навыков построения математических моделей систем в материаловедении.

Задачи: - приобретение навыков формализации систем в материаловедении;

- умение строить математические модели процессов в материаловедении;

- использование математических моделей для планирования экспериментов и предсказания свойств материалов.

- обработка, анализ и представление их результатов.

**2. Краткое содержание дисциплины**

Организация экспериментального исследования сложных систем. Активный и пассивный эксперимент. Цель эксперимента, понятие опыта. Факторы и отклики. Математическая модель. Требования к объекту исследования, виды помех. Параметр оптимизации. Типы наблюдаемых данных. Выбор показателей качества процесса. Построение интегрального показателя качества. Определение частных показателей интегрального показателя качества. Виды моделей. Представление об истинной модели. Регрессионная модель. Полиномиальная модель. Факторная модель. Главные требования к плану эксперимента. Способы перехода от плана к модели. Нормирование факторов. Вырожденные и невырожденные планы. Оптимальные планы. Принцип Лагранжа. Обобщённая дисперсия. Корреляционная матрица. Критерий оптимальности плана. Построение оптимальных планов. Полный факторный план вида 2К. Дробный факторный эксперимент (дробный факторный план). Минимальная регулярная реплика. Смешивание эффектов, генерирующие соотношения. Составление таблицы приоритетов. Определение основных уровней факторов. Рандомизация. Регрессионный анализ. Принятие решений после построения модели. Планы второго порядка.

**3. Объём и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
| Номер семестра |
| 8 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 144 | 144 |
| *Аудиторные занятия* | 72 | 72 |
| Лекции (Л) | 36 | 36 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 24 | 24 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 12 | 12 |
| *Самостоятельная работа (СРС)* | 72 | 72 |
| Выполнение отчетов по лабораторным работам | 12 | 12 |
| Выполнение курсовой работы | 32 | 32 |
| подготовка к экзамену | 28 | 28 |
| Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | экзамен,КР |

**4. Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
| Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Планирование эксперимента для решения экстремальных задач. Интегральный показатель качества. | 8 | 4 | 2 | 2 |
| 2 | Виды моделей. План эксперимента. | 10 | 4 | 4 | 2 |
| 3 | Факторное планирование эксперимента. Оптимальный факторный план. | 12 | 6 | 4 | 2 |
| 4 | Матричный подход к построению факторного плана | 8 | 4 | 2 | 2 |
| 5 | Регрессионный анализ. | 10 | 4 | 4 | 2 |
| 6 | Принятие решений после построения модели. | 8 | 4 | 2 | 2 |
| 7 | Планы второго порядка. | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 8 | Крутое восхождение по поверхности отклика | 10 | 6 | 4 | 0 |

**4.1. Лекции**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
| 1 | 1 | Организация экспериментального исследования сложных систем. Активный и пассивный эксперимент. Цель эксперимента, понятие опыта. | 2 |
| 2 | 1 | Факторы и отклики. Математическая модель. Требования к объекту исследования, виды помех. | 2 |
| 3 | 2 | Параметр оптимизации. Типы наблюдаемых данных. Выбор показателей качества процесса. | 2 |
| 4 | 2 | Виды моделей. Представление об истинной модели. Регрессионная модель. Полиномиальная модель. Факторная модель. Главные требования к плану эксперимента. Способы перехода от плана к модели. Нормирование факторов. | 2 |
| 5 | 3 | Вырожденные и невырожденные планы. Оптимальные планы. Принцип Лежандра. | 2 |
| 6 | 3 | Обобщённая дисперсия. Корреляционная матрица. Критерий оптимальности плана. Построение оптимальных планов. | 2 |
| 7 | 3 | Полный факторный план | 2 |
| 8 | 4 | Дробный факторный эксперимент (дробный факторный план). | 2 |
| 9 | 4 | Минимальная регулярная реплика. Смешивание эффектов, генерирующие соотношения. | 2 |
| 10 | 5 | Составление таблицы приоритетов. Определение основных уровней факторов. Рандомизация. | 2 |
| 11 | 5 | Проведение эксперимента. Обработка результатов эксперимента. | 2 |
| 12 | 6 | Регрессионный анализ. | 2 |
| 13 | 6 | Матричный подход к регрессионному анализу. | 2 |
| 14 | 7 | Принятие решений при построении модели. | 2 |
| 15 | 7 | Анализ полученной модели. | 2 |
| 16 | 8 | Крутое восхождение. Метод Бокса-Уилсона. | 2 |
| 17 | 8 | Принятие решения после восхождения. Обсуждение результатов. | 2 |
| 18 | 8 | Планы второго порядка. | 2 |

**4.2. Практические занятия, семинары**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
| 1 | 1 | Организация экспериментального исследования сложных систем. Активный и пассивный эксперимент. Цель эксперимента, понятие опыта. Факторы и отклики. Математическая модель. Требования к объекту исследования, виды помех. | 2 |
| 2 | 2 | Параметр оптимизации. Типы наблюдаемых данных. Выбор показателей качества процесса. Построение интегрального показателя качества. Определение частных показателей интегрального показателя качества. | 2 |
| 3 | 2 | Виды моделей. Представление об истинной модели. Регрессионная модель. Полиномиальная модель. Факторная модель. Главные требования к плану экс-перимента. Способы перехода от плана к модели. Нормирование факторов. | 2 |
| 4 | 3 | Вырожденные и невырожденные планы. Оптимальные планы. Принцип Лежандра. Обобщённая дисперсия. Корреляционная матрица. Критерий оптимальности плана. Построение оптимальных планов. | 2 |
| 5 | 3 | Полный факторный план вида 2К. | 2 |
| 6 | 4 | Дробный факторный эксперимент (дробный факторный план). Минимальная регулярная реплика. Смешивание эффектов, генерирующие соотношения. | 2 |
| 7 | 5 | Составление таблицы приоритетов. Определение основных уровней факторов. Рандомизация. | 2 |
| 8 | 5 | Проведение эксперимента. Обработка результатов эксперимента. | 2 |
| 9 | 6 | Регрессионный анализ. Матричный подход к регрессионному анализу. | 2 |
| 10 | 7 | Принятие решений при построении модели. | 2 |
| 11 | 8 | Крутое восхождение. Метод Бокса-Уилсона. Принятие решения после восхождения. Обсуждение результатов. | 2 |
| 12 | 8 | Планы второго порядка. | 2 |

**4.3. Лабораторные работы**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лаборатоной работы | Кол-во часов |
| 1 | 1 | Факторы и отклики. Математическая модель. Требования к объекту исследования, | 2 |
| 2 | 2 | Виды моделей. Представление об истинной модели. Регрессионная модель. Полиномиальная модель. Факторная модель. | 2 |
| 3 | 3 | Вырожденные и невырожденные планы. Оптимальные планы. Принцип Лежандра. Полный факторный план. | 2 |
| 4 | 4 | Дробный факторный эксперимент. Минимальная регулярная реплика. | 2 |
| 5 | 5 | Проведение эксперимента. Обработка результатов эксперимента. | 2 |
| 6 | 6 | Регрессионный анализ. Принятие решений при построении модели. | 2 |

**4.4. Самостоятельная работа студента**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Выполнение СРС | | |
| Вид работы и содержание задания | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) | Кол-во часов |
| Выполнение отчетов по лабораторным работам | Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. М.:Наука, 1976.-279 с. | 12 |
| Выполнение курсовой работы | Литература, рекомендованная в п. 8 РПД и другая, имеющаяся в библиотеке. Конкретные страницы зависят от темы курсовой работы | 32 |
| Подготовка к экзамену | Литература, рекомендованная в п. 8 РПД | 28 |

**5. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид контроля | Процедуры проведения и оценивания | Критерии оценивания |
| проверка выполнения курсовой работы | после выполнения курсовой работы студент сдает ее на проверку преподавателю; если работа выполнена правильно, студент защищает работу, сопровождая доклад презентацией | Отлично: Задание выполнено полностью; доклад и презентация отражают содержание работы; на заданные вопросы даны исчерпывающие ответы. Хорошо: Задание выполнено полностью, но имеются недочеты; доклад и презентация отражают содержание работы; на заданные вопросы даны недостаточно полные ответы. Удовлетворительно: Задание выполнено не полностью; доклад и презентация недостаточно полно отражают содержание работы; ответы на заданные при защите работы вопросы неполны. Неудовлетворительно: Задание не выполнено или выполнено с существенными недочетами; во время защиты студент продемонстрировал незнание и непонимание защищаемого материала |
| экзамен | устный ответ | Отлично: более чем 95% правильных ответов Хорошо: от 85 до 95 % правильных ответов  Удовлетворительно: от 75 до 85 % правильных ответов Неудовлетворительно: менее 75% правильных ответов |

**5.1. Типовые контрольные задания**

|  |  |
| --- | --- |
| Вид контроля | Типовые контрольные задания |
| проверка выполнения курсовой работы | Задание 1. Выполнение курсовой работы по составлению планы эксперимента по заданной тематике. |
| экзамен | Задание 2. Примерные вопросы к экзамену. 1. Организация экспериментального исследования сложных систем.  2.Активный и пассивный эксперимент.  3.Цель эксперимента, понятие опыта. Факторы и отклики. 4. Математическая модель.  5.Требования к объекту исследования, виды помех. Параметр оптимизации.  6.Типы наблюдаемых данных. Выбор показателей качества процесса.  7. Построение интегрального показателя качества. 8. Определение частных показателей интегрального показателя качества. 9.Виды моделей. Представление об истинной модели.  10. Регрессионная модель. 11. Полиномиальная модель. 12. Факторная модель. 13. Главные требования к плану эксперимента.  14. Способы перехода от плана к модели. Нормирование факторов. 15. Вырожденные и невырожденные планы. 16. Оптимальные планы.  17. Принцип Лежандра.  18. Обобщённая дисперсия. Корреляционная матрица.  19. Критерий оптимальности плана. Построение оптимальных планов. 20. Полный факторный план вида 2К.  21. Дробный факторный эксперимент.  22. Минимальная регулярная реплика. 23. Смешивание эффектов, генерирующие соотношения.  23. Составление таблицы приоритетов. Определение основных уровней факторов. Рандомизация. 24. Регрессионный анализ.  25. Принятие решений после построения модели. 26. Планы второго порядка. |

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**6.1 Печатная учебно-методическая документация**  
*а) основная литература:*

1. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы обработки данных Н. Джонсон, Ф. Лион; Пер. с англ. под ред. Э. К. Лецкого. - М.: Мир, 1980. - 610 с. ил.
2. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента Пер. с англ. Под ред.: Э. К. Лецкого, Е. В. Марковой. - М.: Мир, 1981. - 520 с. ил.
3. Красовский, Г. И. Планирование эксперимента. - Минск: Издательство БГУ, 1982. - 302 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский; Акад. наук СССР, Науч совет по комплекс. проблеме "Кибернетика", Секция "Мат. теория эксперимента". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1976. - 279 с. граф.
2. Горский, В. Г. Планирование промышленных экспериментов: Модели динамики В. Г. Горский, Ю. П. Адлер, А. М. Талалай. - М.: Металлургия, 1978. - 112 с. ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. Заводская лаборатория

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента М.:Металлургия, 1969. - 157 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента М.:Металлургия, 1969. - 157 с.

**6.2 Электронная учебно-методическая документация**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Вид  литературы | Наименование разработки | Ссылка на инфор- мационный ресурс | Наименование ресурса в электронной форме | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный до- ступ) |
| 1 | Дополнительная литература | Нагибин, Ю.Т. Методы статистической обработки экспериментальных данных в оптоэлектронике. Регрессионный и корреляционный анализ. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2011. — 54 с. |  | Электронно-библиотечная система Издательства Лань | Интернет / Авторизованный |
| 2 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Полякова, Н.С. Математическое моделирование и планирование эксперимента. [Электронный ресурс] / Н.С. Полякова, Г.С. Дерябина, Х.Р. Федорчук. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 33 с. |  | Электронно-библиотечная система Издательства Лань | Интернет / Авторизованный |
| 3 | Методические пособия для преподавателя | Мельниченко, А.С. Статистичеcкий анализ в металлургии и материаловедении. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : МИСИС, 2009. — 268 с. |  | Электронно-библиотечная система Издательства Лань | Интернет / Авторизованный |
| 4 | Основная литература | Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2013. — 584 с. |  | Электронно-библиотечная система Издательства Лань | Интернет / Авторизованный |