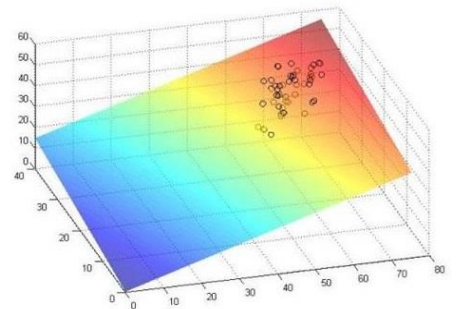
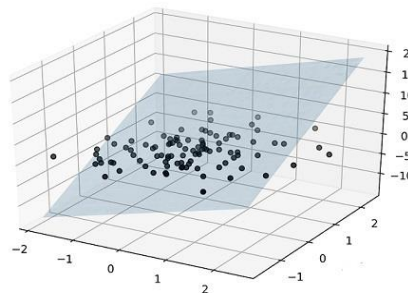
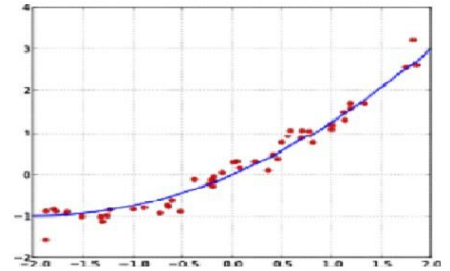
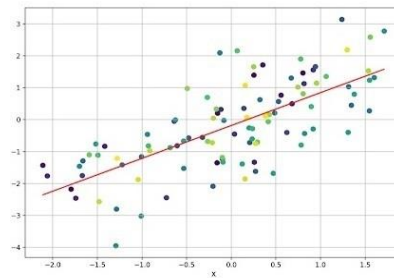
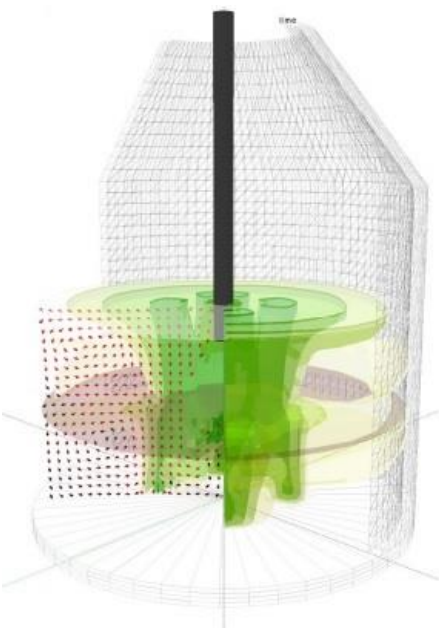
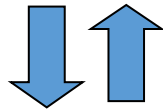
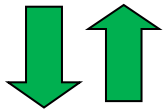
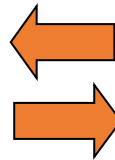


С. П. Пантейков

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В МЕТАЛУРГІЇ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний технічний університет
(ДДТУ)

С. П. Пантейков

Моделювання технологічних та фізичних процесів в металургії

Навчальний посібник

Кам'янське
«ДДТУ»
2021

УДК 001.891.57 + 669.01 (075.8)

П16

Рецензенти:

- Л. В. Камкіна** – декан металургійного факультету Національної металургійної академії України, професор кафедри теорії металургійних процесів та хімії, академік АН ВШ України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, доктор технічних наук, професор;
- В. В. Луньов** – директор фізико–технічного інституту, завідувач кафедри машин і технології ливарного виробництва Національного університету «Запорізька політехніка», академік АН України і АН ВШ України, заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор;
- О. І. Пономаренко** – професор кафедри «Ливарне виробництво» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», академік АН ВШ України, віце–президент Асоціації ливарників України, доктор технічних наук, професор.

Рекомендовано до друку вченою радою

Дніпровського державного технічного університету (протокол № 6 від 27.05.2021 р.)

Пантейков С. П.

- П16** Моделювання технологічних та фізичних процесів в металургії : навчальний посібник / С. П. Пантейков. – Кам’янське : ДДТУ, 2021. – 235 с.

ISBN 978-966-175-216-9

У навчальному посібнику «Моделювання технологічних та фізичних процесів в металургії» розглянуті основи теорії (основні поняття, визначення і положення фізичного і математичного моделювання, вимоги до моделей) і технології (алгоритм і побудова моделей) моделювання, розглянуті основні поняття і визначення планування експерименту, регресійні моделі з однією і декількома вхідними змінними, інтерпретація результатів регресійного аналізу і рішення задач оптимізації, вирішені практичні задачі знаходження критеріїв подібності процесів та побудови лінійної регресійної моделі з однією вхідною змінною, наведені умови подібності для «гарячого» моделювання продувки конвертерної ванни, «холодного» моделювання її гідродинаміки та ошлаковування футерівки конвертера при різних способах подачі дуття до агрегату.

Мета посібника: надати здобувачам вищої освіти теоретичну, практичну і методичну допомогу щодо отримання і поглиблення знань в області фізичного і математичного моделювання, регресійного аналізу та побудови різних моделей з метою вирішення складних дослідницьких і інших завдань, їх прогнозування і оптимізації, формування у здобувачів навичок і вміння, що необхідні для самостійного вивчення літератури.

Для здобувачів вищої освіти спеціальності 136 «Металургія» та інших.

УДК 001.891.57 + 669.01 (075.8)

ISBN 978-966-175-216-9

© С. П. Пантейков, 2021

© ДДТУ, 2021

	стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ І. ОСНОВИ ТЕОРІЇ МОДЕЛЮВАННЯ	7
Тема 1. МОДЕЛІ. МОДЕЛЮВАННЯ	7
1.1. Основні поняття і визначення.....	7
1.2. Мета і принципи моделювання.....	10
1.3. Аксиоми теорії моделювання.....	11
1.4. Види моделей і моделювання.....	13
1.5. Функції моделей.....	21
1.6. Фактори, що впливають на модель об'єкта.....	22
<i>Питання для самоконтролю</i>	29
Тема 2. ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ	30
2.1. Основні положення.....	30
2.2. Стислі відомості з теорії подібності.....	34
2.3. Критерії подібності гідрогазодинамічних, теплових і масообмінних процесів.....	39
2.4. Поняття про автотодельність.....	46
2.5. Метод аналізу розмірностей.....	49
2.6. Основні етапи фізичного моделювання.....	52
2.7. Переваги і недоліки фізичного моделювання.....	54
<i>Питання для самоконтролю</i>	56
Тема 3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ	57
3.1. Основні поняття і визначення.....	57
3.2. Вимоги до математичної моделі.....	59
3.3. Структура математичної моделі.....	60
3.4. Класифікація математичних моделей.....	61
3.5. Цілі математичного моделювання для технічних об'єктів і технологічних процесів.....	64
<i>Питання для самоконтролю</i>	65

Тема 4. АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ.....	66
4.1. Технології моделювання.....	66
4.2. Алгоритм побудови аналітичної моделі.....	67
4.3. Алгоритм побудови емпіричної моделі.....	68
4.4. Стисла характеристика основних етапів алгоритмів побудови аналітичних і емпіричних моделей.....	68
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>76</i>
РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА ЕМПІРИЧНИХ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ.....	77
Тема 5. ПЛАНУВАННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	77
5.1. Основні поняття і визначення.....	77
5.2. Планування експерименту.....	82
5.2.1. Вибір рівнів факторів.....	82
5.2.2. Повний і дробовий факторні експерименти.....	84
5.3. Проведення експерименту.....	87
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>90</i>
Тема 6. РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ З ОДНІЄЮ ВХІДНОЮ ЗМІННОЮ.....	92
6.1. Основні поняття.....	92
6.2. Адекватність регресійних моделей.....	100
6.3. Точність регресійних моделей.....	103
6.4. Залежність коефіцієнта кореляції.....	105
6.5. Види регресійних моделей з однією вхідною змінною....	106
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>107</i>
Тема 7. РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ З ДЕКІЛЬКОМА ВХІДНИМИ ЗМІННИМИ.....	108
7.1. Множинна (багатофакторна) лінійна регресія.....	108
7.2. Матричний підхід до визначення коефіцієнтів регресії...	110

7.3. Оцінка адекватності і точності багатofакторної лінійної моделі.....	111
7.4. Види лінійних регресійних моделей з декількома вхідними змінними.....	113
7.5. Види нелінійних регресійних моделей з декількома вхідними змінними.....	113
7.6. Крокові методи побудови регресійних моделей.....	115
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>119</i>
Тема 8. ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ І РІШЕННЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ.....	121
8.1. Інтерпретація результатів регресійного аналізу.....	121
8.2. Рішення задач оптимізації.....	122
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>130</i>
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ.....	132
Тема 9. Знаходження критеріїв подібності процесів із застосуванням теорії подібності і розмірностей...	132
Тема 10. Умови подібності для «гарячого» моделювання процесів продувки конвертерної ванни при різних способах підведення дуття до розплаву.....	140
Тема 11. Умови подібності для «холодного» моделювання гідродинаміки конвертерної ванни при різних способах її продувки.....	162
Тема 12. Умови подібності для «холодного» моделювання процесів ошлаковування футерівки конвертера.	189
Тема 13. Побудова лінійної регресійної моделі з однією вхідною змінною.....	196
ВИСНОВКИ.....	211
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	213
<i>Додаток А. Табличні значення критеріїв Фішера (F–критерію) і Стьюдента (t–критерію).....</i>	<i>232</i>

Навчальне видання

Пантейков Сергій Петрович

Моделювання технологічних та фізичних процесів в металургії

Навчальний посібник

Підписано до друку 14.07.2021. Формат 60×84 1/16
Папір друк. Друк — різнограф. Ум.-друк. арк. 13,66
Тираж — 300. Зам. № 27/21

Видавець і виготовлювач
Дніпровський державний технічний університет
51918, м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців серія ДК № 5399
від 26.07.2017 р.