

УДК 532.5:681.3.06
ББК Л11-1с116я73-5
Ч67

Авторы: Г. В. Алексеев, Б. А. Вороненко,
М. В. Гончаров, И. И. Холявин

Рецензенты: директор ООО «ПРОТЕИН ПЛЮС»,
д. т. н., профессор *В. Н. Красильников*;
заведующий кафедрой техники мясных
и молочных производств ИХБТ НИУ ИТМО,
д. т. н., профессор *В. А. Арет*;
профессор кафедры информационных
технологий и высшей математики ГИЭФПТ,
д. т. н., профессор *Л. И. Фридман*

Ч67 **Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования** : учеб. пособие / Г. В. Алексеев, Б. А. Вороненко, М. В. Гончаров [и др]. —
СПб. : ГИОРД, 2014. — 200 с. : ил.

ISBN 978-5-98879-177-5

В кратком, но достаточном объеме изложены основные теоретические сведения важнейших разделов курса и приведены методические рекомендации по численному исследованию теоретических и эмпирических моделей технологических машин и оборудования с помощью пакетов программ Mathcad и Excel.

Для организации самостоятельной работы и вычислительного практикума студентов издание комплектуется компакт-диск с MathCAD-программами для решения задач численного моделирования.

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам бакалавров и магистров «Машины и агрегаты пищевой промышленности» и «Процессы и аппараты пищевых производств». Компоновка учебного пособия позволяет использовать его как студентам заочной формы обучения, так и студентам дневного отделения для индивидуальной работы, а также при дистанционной форме обучения. Оно может быть полезно для студентов, аспирантов и преподавателей других пищевых направлений, а также специалистов, занимающихся проблемами создания бытовой техники.

УДК 532.5:681.3.06
ББК Л11-1с116я73-5

ISBN 978-5-98879-177-5

© ООО «Издательство „ГИОРД“, 2014

Оглавление

Предисловие	8
1. Общие сведения о содержании работ по созданию технологических машин и оборудования	10
1.1. Общая методология работ	10
Характерные особенности современной науки	10
Наука как система знаний	11
Методы исследования	13
Последовательность выполнения НИР	14
Методы обоснования тем научных исследований	18
Выбор темы научно-исследовательской работы	20
Технико-экономическое обоснование на проведение НИР	21
1.2. Общие подходы к моделированию объекта разработок	23
2. Численные методы исследования теоретических моделей разрабатываемых объектов	25
2.1. Требования теории приближенных вычислений	25
Абсолютная и относительная погрешности	25
Погрешность округленного числа	27
Погрешности арифметических действий	30
Погрешности элементарных функций	31
Способ границ	34
Обратная задача теории погрешностей	39
Контрольные вопросы по п. 2.1	41
Задания по п. 2.1	41
2.2. Методы численного решения скалярных уравнений	46
Метод хорд	47
Метод касательных	49
Метод простой итерации	51
Контрольные вопросы по п. 2.2	55
Задания по п. 2.2	57
2.3. Численные методы решения систем нелинейных уравнений	60
Метод Ньютона	60

Контрольные вопросы по п. 2.3	64
Задания по п. 2.3	65
2.4. Возможности численного интегрирования	67
Метод прямоугольников	67
Метод Симпсона	69
Метод трапеций	70
Метод Монте-Карло	70
Контрольные вопросы по п. 2.4	71
Задания по п. 2.4	72
2.5. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.	75
Метод Пикара.	75
Метод Эйлера и его модификации	78
Метод Рунге-Кутты	80
Метод Адамса	81
Контрольные вопросы по п. 2.5	83
Задания по п. 2.5	85
3. Численные методы исследования эмпирических моделей технологических машин и оборудования.	89
3.1. Численные методы исследования однофакторных эмпирических моделей	89
3.1.1. Оценка неизвестных параметров закона распределения ...	89
Задания по п. 3.1.1	95
3.1.2. Составление выборочного уравнения прямой линии регрессии	96
Выборочное уравнение регрессии	96
Отыскание параметров линейных уравнений регрессии.	97
Задания по п. 3.1.2	104
3.1.3. Использование критерия согласия Пирсона	105
Задания по п. 3.1.3	109
3.2. Численные методы исследования многофакторных эмпирических моделей	111
3.2.1. Основные понятия о планировании эксперимента	111
Полный факторный эксперимент	112
Матрица планирования полного факторного эксперимента. .	113
Дробный факторный эксперимент	115
Проведение эксперимента на объекте	117
Проверка воспроизводимости эксперимента	119
Получение оценок коэффициентов модели.	119

Проверка значимости коэффициентов модели.	120
Проверка адекватности математической модели	121
Интерпретация модели	122
Продолжение аппроксимирующего эксперимента	122
3.2.2. Особенности обработки данных при наблюдении (пассивном эксперименте)	129
Понятие о методе наименьших квадратов	131
Построение системы показателей (факторов). Анализ матрицы коэффициентов парной корреляции в пакете прикладных программ Excel	138
Выбор вида модели и оценка ее параметров	139
3.3. Возможности поиска оптимальных решений моделей разрабатываемых объектов	141
3.3.1. Общие сведения	141
3.3.2. Решение задачи линейной оптимизации средствами Excel и Mathcad	142
Задания по п. 3.3	146
4. Общие возможности численной оптимизации решений математических моделей.	149
4.1. Краткие сведения из теории	149
4.2. Порядок выполнения анализа с помощью ЭВМ.	170
Контрольные задания по гл. 4	172
Приложения	183
Приложение 1. Варианты выборок	183
Таблица П1. Варианты выборок	183
Таблица П2. Варианты выборок X	187
Таблица П3. Варианты выборок Y	192
Приложение 2. Транспортные задачи	197
Приложение 2А. Транспортная задача по критерию времени	197
Приложение 2Б. Транспортная задача с осложнениями.	198
Приложение 2В. Транспортная задача по критерию стоимости.	198
Литература	199