

В.Н. Буков
 А.М. Бронников
 И.Ф. Гамаюнов



УПРАВЛЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ГЕНЕРИРОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ

$$\mathfrak{K}(z) = \overline{BC}_{\text{вх}}^L (zI_n - A) \overline{\beta D}^R,$$

$$\underbrace{\{E(z)\}_{\xi, \vartheta, \psi}}_{\text{Общее решение}} = \underbrace{\left(\overline{BC}_{\text{вх}} \right)^{\sim} (zI_n - A) \delta_{\xi}(z) \left(C_{\text{вых}} (D\delta_{\xi}(z) - \alpha) \right)^{\sim}}_{\text{Одно из базовых решений с вариацией на 2-м ярусе}} +$$

Общее решение

Одно из базовых решений с вариацией на 2-м ярусе

$$+ \underbrace{\overline{BC}_{\text{вх}}^R \vartheta}_{\text{Вариация столбцов на 1-м ярусе}} + \underbrace{\overline{\psi C}_{\text{вых}} (D\delta_{\xi}(z) - \alpha)^L}_{\text{Вариация строк на 1-м ярусе}},$$

Вариация столбцов
 на 1-м ярусе

Вариация строк
 на 1-м ярусе

В.Н. Буков, А.М. Бровников, И.Ф. Гамаюнов

**УПРАВЛЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.
ГЕНЕРИРОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
КОНФИГУРАЦИЙ**

Москва, 2021

УДК [519.71+681.5] (629.7.05)

ББК 39.56:22.182

Б90



Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 21-18-00031, не подлежит продаже

Буков В.Н., Бронников А.М., Гамаюнов И.Ф.

Б90

Управление избыточностью технических систем. Генерирование альтернативных конфигураций / В.Н. Буков, А.М. Бронников, И.Ф. Гамаюнов. – М. : ИД Академии имени Н.Е. Жуковского, 2021. – 280 с.

ISBN 978-5-907490-27-7

Монография посвящена вопросу управления избыточностью технических систем в интересах придания этим системам свойства живучести (отказоустойчивости, отказобезопасности), адаптации к изменению условий функционирования и рационального использования располагаемых ресурсов. Основное внимание уделено теоретическому обоснованию и созданию методик применения алгебраического метода генерирования альтернативных конфигураций технических систем с неоднородной и неуниверсальной избыточностью. Содержит анализ проблемы, основные положения предлагаемого метода, формулировки и доказательство теорем, иллюстративные примеры.

Книга рассчитана на студентов и аспирантов технических вузов, а также научных сотрудников и конструкторов, специализирующихся в области разработки, исследования и испытания технических систем с управляемой избыточностью.

УДК [519.71+681.5] (629.7.05)

ББК 39.56:22.182

© Буков В.Н., 2021

© Бронников А.М., 2021

© Гамаюнов И.Ф., 2021

ISBN 978-5-907490-27-7

Подписано в печать 01.12.2021 г. Формат 60×84/16. Усл.печ.л. 16,26.

Заказ № 228. Тираж 300 экз.

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., дом 6А

Интернет-магазин: itsbook.ru; тел. 8 499 755-55-43, e-mail: zakaz@itsbook.ru
Прием заказов на производство книг: тел. 8 495 789-56-79, e-mail: artpress@mail.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Глава 1. Анализ состояния исследований избыточных систем.....	9
1.1. Технические аспекты избыточных систем.....	10
1.2. Методические аспекты избыточных систем.....	16
1.3. Математические аспекты избыточных систем.....	26
1.4. Резюме.....	30
Глава 2. Избранные положения канонизации матриц.....	32
2.1. Общие сведения из теории матриц.....	32
2.2. Псевдообращение матриц.....	35
2.3. Сингулярное разложение матриц.....	38
2.4. Подобные и канонические преобразования матриц.....	40
2.5. Делители нуля.....	41
2.6. Формирование делителей нуля.....	44
2.7. Односторонние делители единицы.....	55
2.8. Канонизация матриц.....	58
2.9. Сравнение способов канонизации матриц.....	68
2.10. Матричные уравнения.....	74
2.11. Делители нуля произведения матриц.....	85
2.12. Обертывающее матричное уравнение.....	88
Глава 3. Модели избыточных систем.....	91
3.1. Общее описание комплекса оборудования.....	91
3.2. Модели компонентов в пространстве состояний.....	93
3.3. Модели БИВС и передаточные матрицы системы.....	97
3.4. Методическая модель.....	103
3.5. Упрощенная модель продольного движения самолета.....	104
3.6. Упрощенная модель объекта с навигационной системой.....	112
Глава 4. Связность избыточных систем.....	118
4.1. Понятие связности систем в данной работе.....	118
4.2. Анализ внутренней связности системы.....	122
4.3. Связность системы на простом примере.....	124
4.4. Методический пример.....	129
4.5. Пример с моделью продольного движения самолета.....	130
Глава 5. Задачи генерирования конфигураций.....	136
5.1. Формулировка проблемы и номинальная конфигурация.....	136
5.2. Формализация и допустимость конфигураций.....	140
5.3. Общая характеристика решаемых задач.....	143
5.4. Постановка и способы решения задач.....	145
5.5. Применимость развиваемого метода.....	149

Глава 6. Избыточные системы с внешним воздействием	152
6.1. Предварительные преобразования матричных конструкций	152
6.2. Тестирование конфигурации на допустимость	162
6.3. Интеграция комплекса оборудования выбранной конфигурации	170
6.4. Альтернативные соединения последовательных подсистем	177
6.5. Двухъярусный способ решения задачи	184
Глава 7. Общая характеристика и примеры одноярусного способа	188
7.1. Общая характеристика одноярусного способа	188
7.2. Пример с методической моделью	191
7.3. Пример с моделью движения самолета	198
7.4. Пример с навигационной системой	209
Глава 8. Избыточные системы с рассогласованием выходов...215	
8.1. Перспективы использования базисной системы	215
8.2. Решение уравнения интеграции	216
8.3. Общая характеристика двухъярусного способа	222
8.4. Объединение задач с воздействием и рассогласованием	227
8.5. Пример с методической моделью	231
8.6. Пример с моделью движения самолета	234
8.7. Пример с двумя ярусами варьирования решения	242
Глава 9. Вопросы практического применения	250
9.1. Использование теорем по генерированию альтернатив	250
9.2. Опыт работы с полиномиальными матрицами	256
9.3. Вопросы, ожидающие дальнейшей проработки	259
Заключение	262
Используемые термины	264
Список литературы	270