

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

Т. М. Мустецов
А. С. Нечипоренко

ТЕОРІЯ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Навчальний посібник

Харків–2015

УДК 577:621.38(0758)
ББК 28.071я73+32.85я73
М 42

Рецензенти:

А. В. Кипенський – д. техн. наук, професор (Національний технічний університет «ХП»);

О. Г. Аврунін – д. техн. наук, професор (Харківський національний університет радіоелектроніки).

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 5 від 27 квітня 2015 року)*

М 42 **Мустецов Т. М.** Теорія біотехнічних систем : навчальний посібник / Т. М. Мустецов, А. С. Нечипоренко. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. – 188 с.

ISBN 978-966-285-254-7

У посібнику розглядаються теоретичні питання побудови сучасних медико-інженерних (біотехнічних) систем. Проаналізовано можливості їх практичного застосування. Приведені приклади математичного моделювання біологічних ланок біотехнічних систем різного призначення. Головну увагу приділено теорії структурної та функціональної ідентифікації до аналізу біотехнічних систем. Проведено комплексний аналіз побудови біотехнічних систем терапії.

Матеріали посібника будуть корисними широкому колу читачів: студентам і аспірантам, які навчаються за напрямками біомедицинської електроніки та біоінженерії; спеціалістам, які працюють у галузі побудови складних медико-інженерних систем діагностичного та терапевтичного призначення, а також усім науково-технічним працівникам, які займаються дослідженнями в області аналізу складних систем, прикладної біології та математичного моделювання живих та біонічних систем.

М 42 **Мустецов Т. М.** Теория биотехнических систем : учебное пособие / Т. М. Мустецов, А. С. Нечипоренко. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2015. – 188 с.

ISBN 978-966-285-254-7

В пособии рассматриваются теоретические вопросы построения современных медико-инженерных (биотехнологических) систем. Проанализированы возможности их практического применения. Приведенные примеры математического моделирования биологических звеньев биотехнических систем различного назначения. Главное внимание уделено теории структурной и функциональной идентификации к анализу биотехнических систем различного назначения. Проведен комплексный анализ построения биотехнических систем терапии. В частности, систем электронной стимуляции электроанальгезии. С целью иллюстрации возможностей системного подхода в пособии приведено много примеров его

Материалы пособия будут полезны широкому кругу читателей: студентам и аспирантам, обучающимся по направлениям биомедицинской электроники и биоинженерии; специалистам, работающим в области построения сложных медико-инженерных систем диагностического и терапевтического назначения, а также научно-техническим работникам, занимающимся исследованиями в области анализа сложных систем, прикладной биологии и математического моделирования живых и бионических систем.

УДК 577:621.38(0758)

ББК 28.071я73+32.85я73

ISBN 978-966-285-254-7

©Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2015

©Мустецов Т. М., Нечипоренко А. С., 2015

©Дончик І. М., макет обкладинки, 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
Розділ 1. СИСТЕМНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ МЕДИКО-ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ.....	7
1.1. Основні визначення.....	7
1.2. Функціональні характеристики біотехнічних систем.....	21
1.3. Узагальнена побудова структури біотехнічних систем.....	27
1.4. Особливості проектування біотехнічних систем різного призначення.....	30
1.4.1. Медичні біотехнічні системи.....	30
1.4.2. Біотехнічні системи ергатичного типу.....	35
Розділ 2. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЛАНОК БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ.....	45
2.1. Основні положення теорії ідентифікації.....	45
2.2. Методи оцінки параметрів моделі.....	47
2.3. Загальний підхід до функціональної ідентифікації систем.....	54
2.3.1. Лінійні системи.....	54
2.3.2. Нелінійні системи.....	59
2.4. Методи функціональної ідентифікації на основі перетворення імпульсної характеристики системи.....	61
2.5. Методика визначення функції передачі системи.....	68
2.6. Методика ідентифікації системи на основі аналізу перехідної функції.....	76
2.7. Метод простору станів.....	80
2.7.1. Ідентифікація моделі в просторі станів на основі перетворення диференціального рівняння системи.....	84
2.7.2. Ідентифікація моделі в просторі станів на основі перетворення функції передачі системи.....	86
2.8. Компартментальне моделювання біологічної ланки біотехнічної системи.....	92
2.8.1. Однокомпартментна модель інфузії лікарського препарату у кров'яне русло.....	94
2.8.2. Двохкомпартментна модель зміни концентрації лікарського препарату в організмі.....	95
2.8.3. Компартментальне моделювання системи на основі опису в просторі станів.....	99
2.9. Ідентифікація системи методом навчання.....	103
2.9.1. Задача визначення імпульсної функції системи.....	104
2.9.2. Задача визначення функції передачі системи.....	106

Розділ 3. БІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ТЕРАПЕВТИЧНОГО ТИПУ.....	108
3.1. Синтез біотехнічних систем терапевтичного типу.....	108
3.2. Біотехнічні системи електростимуляції.....	112
3.3. Узагальнена модель біотехнічної системи електронеїростимуляції.....	124
3.4. Збудження нервових структур та канал впливу в біотехнічних системах ЕНС.....	129
3.5. Формування впливу стимуляції у біотехнічних системах електронеїростимуляції.....	139
3.6. Біотехнічні системи протибольової електронеїростимуляції.....	148
Розділ 4. МЕДИЧНІ ДІАГНОСТИЧНІ БІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ.....	158
4.1. Синтез структури моніторних систем.....	158
4.2. Проблеми діагностики стану організму.....	160
4.3. Логічні схеми розмежування станів.....	165
4.4. Біотехнічні системи клінічного моніторингу.....	170
4.5. Особливості реєстрації біомедичних сигналів.....	175
ВИСНОВКИ.....	184
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	185