

**Комп'ютерне моделювання у
фармації: навчальний
посібник (ВНЗ IV р. а.)**

У навчальному посібнику викладено комплексний дидактичний матеріал для набуття теоретичних знань і відпрацювання відповідних практичних навичок щодо застосування методів математичного моделювання у фармації та статистичної обробки даних за допомогою комп'ютерних технологій. Посібник відповідає чинній програмі з дисципліни «Комп'ютерне моделювання у фармації». Навчальний матеріал посібника структуровано за вимогами кредитно-трансферної системи організації навчального процесу на два змістових модулі: «Математичне моделювання у фармації засобами комп'ютерних технологій» та «Комп'ютерні технології у плануванні експерименту для контролю якості та аналізу даних». Комплексний дидактичний матеріал навчального посібника включає теоретичні відомості з теми, комплекс дидактичних завдань для відпрацювання відповідних практичних навичок, демонстраційні приклади розв'язання типових завдань теми, завдання для самостійної роботи студентів, матеріали для самоконтролю та тестові завдання. Для студентів фармацевтичних факультетів вищих навчальних закладів МОЗ України.

І.Є. БУЛАХ
Л.П. ВОЙТЕНКО
І.П. КРИВЕНКО

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ФАРМАЦІЇ

Навчальний посібник

Друге видання, виправлене

РЕКОМЕНДОВАНО

Міністерством охорони здоров'я України
як навчальний посібник для студентів
фармацевтичних факультетів вищих
навчальних закладів МОЗ України

Київ
ВСВ «МЕДИЦИНА»
2017

УДК 00494;615.1
ББК 32973202;48;5282я73
Б90

*Рекомендовано Міністерством охорони здоров'я України
як навчальний посібник для студентів фармацевтичних факультетів
вищих навчальних закладів МОЗ України
(протокол № 2 від 02.06.2016)*

Автори: *І.Є. Булах, Л.П. Войтенко, І.П. Кривенко*

Рецензенти:

Ю.В. Козаченко — доктор фізико-математичних наук, професор кафедри теорії ймовірностей, статистики та актуарної математики Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

В.Л. Макаров — доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу обчислювальної математики Інституту математики НАН України, академік НАН України;

В.В. Краснов — доктор медичних наук, кандидат педагогічних наук, професор, завідувач кафедри педагогіки, психології, медичного та фармацевтичного права Національної медичної академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика

Булах І.Є.

Б90 Комп'ютерне моделювання у фармації : навч. посіб. / І.Є. Булах, Л.П. Войтенко, І.П. Кривенко. — 2-е вид., випр. — К. : ВСВ «Медицина», 2017. — 208 с.

ISBN 978-617-505-555-7

У навчальному посібнику викладено комплексний дидактичний матеріал для набуття теоретичних знань і відпрацювання відповідних практичних навичок щодо застосування методів математичного моделювання у фармації та статистичної обробки даних за допомогою комп'ютерних технологій. Посібник відповідає чинній програмі з дисципліни «Комп'ютерне моделювання у фармації». Навчальний матеріал посібника структуровано за вимогами кредитно-трансферної системи організації навчального процесу на два змістових модулі: «Математичне моделювання у фармації засобами комп'ютерних технологій» та «Комп'ютерні технології у плануванні експерименту для контролю якості та аналізу даних».

Комплексний дидактичний матеріал навчального посібника включає теоретичні відомості з теми, комплекс дидактичних завдань для відпрацювання відповідних практичних навичок, демонстраційні приклади розв'язання типових завдань теми, завдання для самостійної роботи студентів, матеріали для самоконтролю та тестові завдання.

Для студентів фармацевтичних факультетів вищих медичних навчальних закладів МОЗ України.

УДК 00494;615.1

ББК 32973202;48;5282я73

ISBN 978-617-505-555-7

© І.Є. Булах, Л.П. Войтенко, І.П. Кривенко, 2017

© ВСВ «Медицина», оформлення, 2017

ЗМІСТ

Передмова	5
-----------------	---

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Математичне моделювання у фармації засобами комп'ютерних технологій.....	7
---	----------

Моделювання як метод дослідження у фармації. Основні етапи розв'язування задач фармації засобами комп'ютерних технологій	7
<i>Теоретичні відомості</i>	7
<i>Демонстраційні приклади</i>	22
<i>Практичні завдання</i>	26
<i>Завдання для самоконтролю</i>	27

Основи роботи зі спеціальним програмним забезпеченням. Математичне моделювання хімічних, фармацевтичних і медико-біологічних задач	29
<i>Теоретичні відомості</i>	29
<i>Демонстраційні приклади</i>	45
<i>Практичні завдання</i>	49
<i>Завдання для самоконтролю</i>	52

Дослідження моделей багатокomпонентних хімічних, фармацевтичних і харчових сумішей на основі розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь	55
<i>Теоретичні відомості</i>	55
<i>Демонстраційні приклади</i>	62
<i>Практичні завдання</i>	68
<i>Завдання для самоконтролю</i>	69

Моделювання фармацевтичних, медико-біологічних та хімічних процесів на основі чисельного розв'язання звичайних диференціальних рівнянь першого порядку та систем лінійних диференціальних рівнянь першого порядку	72
<i>Теоретичні відомості</i>	72

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ФАРМАЦІЇ

<i>Демонстраційні приклади</i>	86
<i>Практичні завдання</i>	93
<i>Завдання для самоконтролю</i>	96
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Комп'ютерні технології у плануванні експерименту, контролі якості та аналізі даних	99
Планування та проведення експерименту. Способи представлення результатів експерименту	99
<i>Теоретичні відомості</i>	99
<i>Демонстраційні приклади</i>	116
<i>Практичні завдання</i>	123
<i>Завдання для самоконтролю</i>	125
Вибірковий метод оцінювання параметрів. Вибіркові розподіли. Довірчі інтервали	127
<i>Теоретичні відомості</i>	127
<i>Демонстраційні приклади</i>	144
<i>Практичні завдання</i>	150
<i>Завдання для самоконтролю</i>	152
Задачі статистичної перевірки гіпотез. Критерії для перевірки статистичних гіпотез. Оцінювання параметрів розподілу за малими вибірками.....	155
<i>Теоретичні відомості</i>	155
<i>Демонстраційні приклади</i>	174
<i>Практичні завдання</i>	180
<i>Завдання для самоконтролю</i>	183
Застосування кореляційного та регресійного аналізу у фармації	186
<i>Теоретичні відомості</i>	186
<i>Демонстраційні приклади</i>	198
<i>Практичні завдання</i>	202
<i>Завдання для самоконтролю</i>	204
Література	206

ПЕРЕДМОВА

Сучасні комп'ютерні технології знайшли широке застосування у фармації. Комп'ютерне моделювання є важливим засобом дослідження складних процесів і систем, на якому базуються сучасні підходи до оптимізації та управління у фармації. Використання методів математичного моделювання за допомогою комп'ютерних технологій дає змогу значно підвищити ефективність опрацювання результатів фармацевтичних досліджень.

У сучасних умовах активного використання комп'ютерних технологій у галузі охорони здоров'я, особливої актуальності набувають уміння майбутніх фахівців фармацевтичної галузі ефективно опрацювати та аналізувати статистичні дані, застосовувати методи математичного моделювання під час дослідження фармацевтичних процесів. Цей навчальний посібник створено з метою забезпечення належної підготовки майбутніх фахівців фармацевтичної галузі у сфері застосування комп'ютерного моделювання у професійній діяльності.

Навчальний посібник «Комп'ютерне моделювання у фармації» підготовлено відповідно до чинної програми з дисципліни «Комп'ютерне моделювання у фармації» згідно з вимогами кредитно-трансферної системи організації навчального процесу. За змістом він охоплює теми двох змістових модулів: «Математичне моделювання у фармації засобами комп'ютерних технологій» та «Комп'ютерні технології у плануванні експерименту для контролю якості та аналізу даних».

У посібнику представлено навчальний матеріал для ознайомлення студентів з основними математичними моделями хімічних, фармацевтичних і медико-біологічних задач, зокрема знаходження розв'язків алгебраїчних рівнянь, систем рівнянь, звичайних диференціальних рівнянь першого порядку та систем лінійних диференціальних рівнянь за допомогою комп'ютерних технологій, статистичних методів опрацювання результатів фармацевтичних досліджень.

Кожна із тем посібника містить цілі заняття, основні поняття, теоретичні відомості, що допоможуть студентам у теоретичній підготовці з відповідної теми, набір практичних завдань, які є професійно-орієнтованими та сприяють оволодінню студентами поставленими цілями

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ФАРМАЦІЇ

заняття. Для кращого засвоєння матеріалу, а також набуття практичних навичок застосування статистичних методів і математичного моделювання після кожної теми детально розглядаються типові приклади виконання завдань.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Математичне моделювання у фармації засобами комп'ютерних технологій

**МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ У ФАРМАЦІЇ.
ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ФАРМАЦІЇ ЗАСОБАМИ
КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Конкретні цілі заняття: інтерпретувати застосування математичного моделювання у фармації, ідентифікувати етапи розв'язування задач фармації засобами комп'ютерних технологій, аналізувати зразки моделей у фармації та медицині, проводити фрагменти фармакологічних експериментів на віртуальних лабораторних тваринах.

Основні поняття теми

Модель, типи моделей, моделювання, математичне моделювання, комп'ютерне моделювання, ступені складності математичних моделей.

Теоретичні відомості

«...Весь попередній досвід доводить нам, що природа являє собою реалізацію найпростіших математичних елементів. Я впевнений, що, застосовуючи суто математичні конструкції, ми зможемо знайти ті поняття та закономірні зв'язки між ними, які дадуть нам ключ до розуміння явищ природи...»

А. Ейнштейн

На початку ХХ ст. численні дослідження в медицині та фармації виконували переважно емпіричним шляхом, що призводило до економічних та екологічних проблем. Експериментальні методи в медичних і фармацевтичних дослідженнях з часом зазнали низки обмежень, що було зумовлено такими факторами:

- втручання в біологічні системи може призводити до неможливості встановлення причин змін, що виникають при цьому;
- деякі теоретично обґрунтовані експерименти неможливо здійснити через недостатній рівень розвитку експериментальної техніки;

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ФАРМАЦІЇ

— низку експериментів неможливо проводити з морально-етичних і правових питань.

Одним із методів, який дає змогу мінімізувати вищеперераховані проблеми, є комп'ютерне моделювання. Завдяки використанню методу моделювання скорочується термін виконання експериментальних досліджень, підвищується точність, достовірність, рівень інтерпретації результатів наукових досліджень. Метод моделювання допомагає якісно проводити медичні й фармацевтичні дослідження, отримувати цінну інформацію, яку складно або неможливо було б здобувати емпіричним шляхом.

Широке застосування математичних і статистичних методів у фармації, стрімкий розвиток комп'ютерних технологій зумовили появу у фаховій підготовці нової дисципліни — «Комп'ютерне моделювання у фармації». Метою вивчення цієї дисципліни є оволодіння студентами теоретичними та практичними знаннями, вміннями у сфері моделювання фармацевтичних процесів і явищ, опрацювання результатів наукових досліджень, здійснення аналізу й оцінювання отриманих даних з використанням засобів сучасних комп'ютерних технологій.

Сучасні технології комп'ютерного моделювання у фармації необхідні для розуміння причинно-наслідкових зв'язків, планування, прогнозування, прийняття обґрунтованих рішень тощо. Математичне комп'ютерне моделювання стало головним засобом дослідження складних процесів і систем, на якому базуються сучасні підходи до проектування, оптимізації та управління у фармації.

Дисципліна «Комп'ютерне моделювання у фармації» є спільною областю, в межах якої відомі математичні методи (зокрема, методи розв'язання систем лінійних і нелінійних рівнянь, диференціальне й інтегральне числення, диференціальні рівняння, математична статистика, теорія ймовірностей) застосовуються для розв'язання хімічних, фармацевтичних і медичних задач за допомогою комп'ютерних технологій.

Поняття «модель», типи моделей.

Моделювання як метод дослідження явищ та процесів

Природні процеси і системи різноманітні і складні, а тому під час їх вивчення ми розглядаємо моделі, які певною мірою відтворюють властивості і поведінку реальних систем, що дає змогу прогнозувати функціонування таких об'єктів.

Змістовий модуль 1

Модель — це штучно створений людиною об'єкт будь-якої природи, за допомогою якого відтворюють й імітують поведження та основні властивості досліджуваного об'єкта для їх вивчення і дослідження. Метод дослідження об'єктів, заснований на побудові та вивченні моделей, теорій їх використання, отримав назву *моделювання*.

Модель завжди простіша порівняно з реальним об'єктом, тому що відтворює тільки ті його властивості, які є предметом вивчення. Походження поняття «модель» пов'язують з такими поняттями, як «міра», «норма», «образ», які за певних умов пізнання сукупності об'єктів означають «еталон», «зразок», «копія».

Існує багато різних моделей, що відрізняються одна від одної складністю, розмаїттям завдань і цілей моделювання, галузями застосування. На моделях зовнішньої подоби проводять попередні дослідження. Тренажери, електрифіковані навчальні таблиці і схеми, а також моделі, за допомогою яких імітують поведження реальних об'єктів у складних ситуаціях, використовують для навчання. Моделями-ерзацами заміняють об'єкти під час виконання певних функцій, їх називають також функціональними: протези, пристрої за типом штучної нирки, система «серце—легені», мікропроцесорні маніпулятори та ін. Дослідницькими моделями — математичними й імітаційними — заміняють реальні об'єкти в ході наукових досліджень.

Виділяють чотири типи *моделей*, які застосовують у медицині та фармації:

— *біологічні* — використовують під час вивчення загальних біологічних закономірностей, методів лікування, впливу фармакологічних препаратів тощо (лабораторні тварини, культури клітин та ін.). Такий вид моделювання дотепер зберігає своє значення в сучасній медицині і фармації;

— *фізичні* — це фізичні пристрої, що мають подібну до досліджуваного об'єкта фізичну природу. Фізична модель може реалізуватися у вигляді механічного або електронного пристрою. До фізичних моделей відносять технічні пристрої, що заміняють органи і системи живого організму (штучне серце, легені та ін.), електронні схеми, що імітують процеси в біологічній тканині. Фізичне моделювання є традиційним у медицині і лікувальній практиці;

— *кібернетичні* — це різні системи, за допомогою яких моделюють інформаційні процеси. До них належать «чорна скринька», інформаційні моделі та ін. Модель «чорної скриньки» широко застосовують

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ФАРМАЦІЇ

при медико-біологічному моделюванні. Ця модель є також основною при статистичному (ймовірнісному) моделюванні захворювань. Статистичний підхід не передбачає врахування взаємного впливу органів і причин розвитку тих або інших явищ у процесі лікування. Організм розглядається як «чорна скринька»: на «вході» діють різні патологічні подразники, генетичні фактори й умови зовнішнього середовища, а на «виході» спостерігаються численні прояви захворювань, які можна дослідити певним способом;

— *математичні* — це моделі, отримані за допомогою математичного апарату (наприклад, сукупність формул і рівнянь, які описують властивості досліджуваного об'єкта). Зазвичай, у моделях використовують системи диференціальних рівнянь, за якими описують динамічні процеси, характерні для живої матерії. В основу методу покладено ідентичність (ізоморфність) математичних рівнянь та однозначність співвідношень між змінними у рівняннях, за допомогою яких описують оригінал і модель. Математичне моделювання будь-якого об'єкта можливе лише за умови досконалого знання його структури і функціональних закономірностей. Насамперед це стосується складних систем, якими і є медико-біологічні об'єкти. Першу математичну модель у біології було розроблено у XII ст. італійським математиком Фібоначчі при розв'язуванні задачі «Скільки кроликів на рік народжується від однієї пари». Прикладом однієї з моделей, що обговорюються як мінімум протягом більш ніж двох століть, є модель демографічного вибуху Мальтуса.

Основні властивості будь-якої моделі:

— *спроценість* — модель відображає тільки істотні сторони об'єкта для забезпечення мети моделювання і, крім того, має бути проста для дослідження або відтворення;

— *наближеність* — дійсність відображається з певним ступенем похибки;

— *адекватність* — модель повинна вдало описувати систему, яку моделює;

— *інформативність* — модель повинна містити достатню інформацію про систему і давати змогу отримати нову інформацію;

— *повнота* — у моделі мають бути враховані всі основні зв'язки, що потрібні для забезпечення мети моделювання;

— *замкнутість* — модель відображає замкнуту систему.

Змістовий модуль 1

Необхідність дослідження моделей обґрунтовується такими причинами:

— *складність реальних об'єктів* (число факторів, що належать до досліджуваної проблеми, виходить за межі людських можливостей, тому виникає потреба спростити ситуацію і проводити дослідження на моделі);

— *проведення експериментів* (трапляються ситуації, коли експериментальне дослідження об'єктів є неетичним, небезпечним або обмежене певними факторами, наприклад високою вартістю, тому раціональним у такому разі буде проведення експериментів на моделі);

— *здійснення прогнозування* (на основі дослідження моделей можна всебічно проаналізувати ситуацію, явище та зробити прогноз, визначити тенденцію розвитку ситуації).

Моделювання означає імітування існуючої системи на основі побудови, вивчення і перетворення моделей (уявних або матеріальних), у яких відтворено принципи організації та функціонування цієї системи. Поняття «моделювання» трактують досить широко — як метод пізнання, що застосовують не тільки для дослідження живої системи як моделі, а й для її зміни (перетворення) з метою застосувати в наступних дослідженнях. Метод моделювання ґрунтується на *принципі аналогії*, тобто можливості вивчення реального об'єкта не безпосередньо, а за допомогою відповідного йому аналога — моделі й перенесення здобутих у ході дослідження знань на об'єкт-оригінал.

Метод моделювання є природним етапом процесу мислення людиною. Так, згідно з визначенням академіка М.М. Амосова, відомого кардіохірурга, ученого в галузі медицини та біокібернетики, щодо математичного моделювання фізіологічних органів і систем людини з використанням обчислювальної техніки, могутньою моделюючою системою є сам мозок, що створює свої моделі за допомогою клітинних структур, які формуються в процесі навчання і самоорганізації.

Одним з найважливіших і найефективніших аспектів системного аналізу вважається *метод математичного моделювання*. Математичне моделювання дає змогу без значних матеріальних витрат досліджувати функціонування біологічних систем у таких умовах, які складно відтворити під час експерименту з дотриманням етичних аспектів або в клініці, прогнозувати деякі нові явища, скоротити час дослідження і забезпечити ефективну методику для фармацевтичних досліджень.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ФАРМАЦІЇ

Математичне моделювання — метод дослідження процесів або явищ шляхом створення їхніх математичних моделей і дослідження цих моделей. Математичні моделі застосовують, як правило, за допомогою відповідного комп'ютерного забезпечення.

Етапи математичного моделювання

I етап — створення математичної моделі у вигляді системи формул і рівнянь на основі результатів експериментальних досліджень щодо процесів, які відбуваються в системі;

II етап — перевірка і коригування моделі, що передбачає визначення числових значень коефіцієнтів і початкових умов, розв'язання системи рівнянь і порівняння отриманих результатів із даними експерименту, виявлення відповідності або невідповідності досліджуваного об'єкта і моделі, визначення умов застосування моделі;

III етап — дослідження математичної моделі та її використання з метою одержати нові відомості про досліджуваний об'єкт.

Нехай необхідно дослідити деякий об'єкт A . На I етапі конструємо (матеріально або уявно) чи знаходимо в реальному світі інший об'єкт B , що є моделлю об'єкта A . Етап побудови моделі передбачає наявність деяких знань про об'єкт-оригінал. Пізнавальна корисність моделі зумовлена відтворенням у ній певних істотних характеристик об'єкта-оригіналу. Очевидно, що модель втрачає свій зміст як у разі тотожності з оригіналом (ізоморфізм), так і за умови надмірної — у всіх істотних відношеннях — відмінності від оригіналу. Таким чином, одні сторони об'єкта, що моделюється, вивчають без урахування інших (другорядних) його сторін. Для будь-яких реальних систем відношення ізоморфізму завжди є ідеалізацією. У зв'язку з цим ізоморфізм доцільно розглядати тільки відносно деяких фіксованих наборів властивостей і відношень порівнюваних систем. Тому будь-яка модель заміщує оригінал надзвичайно обмежено (гомоморфізм). У гомоморфних моделях усі доступні відомості щодо досліджуваних процесів, об'єктів і явищ, які містять безліч другорядних, несуттєвих даних, подані у компактнішій, зручнішій і доступнішій для аналізу формі.

На II етапі модель виступає як самостійний об'єкт дослідження. Однією з форм такого дослідження є проведення «модельних» експериментів, у ході яких свідомо змінюють умови функціонування моделі і систематизують дані про її функціонування. Кінцевим результатом цього етапу є множина відомостей про модель.

Змістовий модуль 1

Етап III характеризується перенесенням знань з моделі на оригінал — формуванням множини знань про об'єкт. Процес перенесення знань реалізується за певними правилами. Знання про модель мають бути відкориговані з урахуванням тих властивостей об'єкта-оригіналу, що не знайшли свого втілення в моделі або були змінені під час її побудови. Можна впевнено переносити результат із моделі на оригінал за умови, якщо цей результат дійсно пов'язаний з ознаками подібності оригіналу й моделі. Якщо певний результат модельного дослідження пов'язаний з відмінністю моделі від оригіналу, то перенесення цього результату неправомірне.

Після цього слід перевірити отримані за допомогою моделі знання шляхом використання їх для побудови узагальнювальної теорії об'єкта, його перетворення або управління ним. Для розуміння сутності моделювання важливо пам'ятати, що моделювання — не єдине джерело знань про об'єкт. Процес моделювання є складником більш загального процесу пізнання. Цю обставину враховують не тільки на етапі побудови моделі, а й на кінцевій стадії, коли відбувається об'єднання й узагальнення результатів дослідження, одержаних за допомогою різноманітних засобів пізнання.

За ступенем складності математичні моделі біологічних об'єктів і явищ умовно поділяють на кілька типів.

До моделей *першого* типу відносять функціональні моделі, що виражають, як правило, прямі залежності між відомими й невідомими величинами. Необхідні для побудови моделі параметри визначають переважно статистичними методами.

Моделі *другого* типу — це моделі, представлені системою. З математичної точки зору проблема вирішення відповідної задачі не становить принципівих труднощів, однак в разі великої кількості рівнянь і невідомих вимагає використання досить потужного комп'ютера.

Моделі *третьої* групи — це моделі оптимізаційного типу. Основну частину такої моделі складає також система рівнянь або нерівностей щодо невідомих величин. При цьому потрібно знайти таке рішення цієї системи, що давало б оптимальне значення деякого показника. З математичної точки зору побудова оптимізаційних моделей є достатньо складною проблемою.

До моделей *четвертої* групи належать так звані імітаційні моделі, що використовують для аналізу складних систем. Імітаційні моделі характеризуються насамперед точним відображенням біологічного про-

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ФАРМАЦІЇ

цесу або явища. У зв'язку з цим вони виявляються складними — у них наявні нелінійні і стохастичні залежності та змінні. Основний спосіб вирішення подібних задач потребує спеціальних розрахунків на комп'ютері.

Моделі *п'ятої* групи становлять складніші системи й комплекси взаємозалежних моделей перерахованих вище типів. Розвиток таких систем моделей дає змогу точніше відобразити всебічні аспекти функціонування біологічних об'єктів, зокрема знаходити оптимальні рішення, що забезпечують раціональну взаємодію елементів у системі управління. Вирішення цієї проблеми потребує застосування спеціальних біоматематичних методів і потужного програмного забезпечення.

Моделі першої, другої і третьої групи описують простими формулами, регресійними та диференціальними рівняннями тощо. З технічної точки зору реально досліджувати моделі четвертої групи, до яких належать імітаційні моделі. Моделі *п'ятої* групи є надзвичайно складними і нині практично не створюються та не досліджуються.

Нижче наведено приклад застосування математичної моделі в медицині та фармації.

Модель зміни концентрації лікарського препарату в крові пацієнта описує зміну з часом розподілення введених в організм препаратів. Терапевтичний ефект залежить від концентрації C препарату в організмі (у хворому органі) і часу t , протягом якого він перебуває в потрібній концентрації. Завдання лікаря — обрати:

- дозування;
- шлях уведення;
- періодичність уведення з метою забезпечити потрібну для досягнення терапевтичного ефекту концентрацію при мінімальній побічній дії.

Із фізіології відомо, що концентрація препарату в органі-мішені може залежати від низки процесів:

- усмоктування препарату в кровоносне русло;
- транспортування препарату з крові в орган;
- транспортування препарату з органа в кров;
- виділення препарату з крові нирками або печінкою.

Ці процеси можна подати у вигляді схеми (рис. 1):

Нижче наведено найпростіший випадок зміни концентрації препарату в організмі (органі-мішені). Нехай виведення лікарської речовини

ridmi
ТВІЙ УЛЮБЛЕНИЙ КНИЖКОВИЙ

КУПИТИ