

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

Стадніченко Світлана Миколаївна – кандидат педагогічних наук, доцент, старший викладач кафедри медико-біологічної фізики і інформатики ДЗ «Дніпропетровська медична академія».

*Коло наукових інтересів:* теорія і методика навчання медичної біофізики.

УДК 811.521/581(075.8)

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ФІЗИЦІ**  
**Філоненко Наталія<sup>1</sup>, Коченов Артем<sup>1</sup>, Гнатюк Ірина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ДЗ «Дніпропетровська медична академія»

<sup>2</sup>спеціалізована школа № 149 м. Києва

***Анотація.** У статті порушено проблему, яка полягає в тому, що при проведенні практичних занять кількісні розрахунки, пов'язані з властивостями біологічних об'єктів, потребують специфічного понятійного, математичного апарату та використання інформаційних технологій. Виконання практичних завдань спрямовано на краще засвоєння студентами матеріалу, поглиблює розуміння основних принципів та методів розв'язання задач біофізики і вирізняється максимальною наочністю, бо дозволяє змодельовувати та простежити динаміку реальних біофізичних процесів, що сприяє більшому розумінню самої їх сутності, що є досить актуальним та сучасним наразі. В ході виконання практичних завдань студентами істотне значення має набуття навичок, а саме: засвоєння теоретичного матеріалу повинно супроводжуватись виконанням великої кількості різноманітних практичних завдань. В навчальному процесі не може бути розриву знань між лекційним матеріалом та практичними завданнями. Для підготовки кваліфікованих спеціалістів в області медицини в структурі практичних занять повинні бути наявні мотиваційна частина, варіативна складова та використання інтеграційного підходу.*

***Ключові слова:** комп'ютерне моделювання, біофізика, диференційні рівняння та системи, математичні пакети програм.*

**Постановка проблеми.** Дисципліна «Медична та біологічна фізика» є обов'язковою та викладається для спеціальностей «Лікувальна справа», «Стоматологія» та «Фармація» в ДЗ «Дніпропетровська медична академія». Для кращого розуміння студентами матеріалу в процесі навчання використовують фізичні або математичні моделі, суттєвою складовою яких є просторові уявлення, логічне мислення, вміння аналізувати вхідні параметри, досліджувати зв'язки між ними та необхідний базовий рівень знань. Одним із елементів візуалізації моделей або їх результатів є ПЕОМ, що дозволяє студентам не тільки зрозуміти біологічний процес, а й проаналізувати його та дослідити вплив різних факторів на кінцевий результат.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як відомо, на даний час існує чимало математичних та фізичних моделей і, більш того, проведена їх класифікація [2; 9]. Незважаючи на велику кількість повноцінних підручників із біофізики та моделювання в біофізиці, у студентів практично завжди виникають труднощі, пов'язані з опрацюванням матеріалу, який необхідно засвоїти. Для кращого розуміння матеріалу студентами, для кожного тематичного блоку з біофізики необхідно створювати навчально-методичні матеріали, в яких повинно бути компактно відображено найбільш важливі аспекти курсу, що допоможе студентам отримати систематичні знання. Як правило, для студентів медичних спеціальностей отримання розв'язку задачі з біофізики в аналітичному вигляді викликає певні труднощі, тому для одержання розв'язків краще використовувати математичні пакети. Використання комп'ютерних технологій підвищує ефективність викладання фундаментальних дисциплін взагалі й біофізики зокрема [7]. Комп'ютерна графіка робить біофізичні процеси більш наочними, а чисельні методи дозволяють змінювати біофізичні параметри й тим самим досліджувати явище всебічно. Складні математичні моделі, як правило, побудовані на основі систем звичайних диференційних рівнянь або систем рівнянь з початковими умовами [6]. Для студентів медичних спеціальностей методи та методики, які вони розглядають в процесі навчання, є досить актуальними та відповідають вимогам часу.

**Мета статті.** У ході вивчення курсу біофізики істотне значення має набуття знань, навичок, просторового уявлення, вміння виконувати аналіз отриманих результатів та застосовувати отримані знання під потреби галузі, а отже, засвоєння теоретичного матеріалу повинне супроводжуватись виконанням великої кількості різноманітних практичних завдань. Окрім практичних завдань для студентів в цілому, повинні бути варіанти індивідуальних завдань, що виконуються кожним студентом окремо та містять задачі, відмінні від варіантів решти студентів. Для знаходження розв'язків завдань у чисельному вигляді можна застосовувати математичні пакети прикладних програм, таких як Mathematica, Maple, Mathcad тощо. Виконання практичних завдань спрямовано на краще засвоєння студентами матеріалу, а з використанням математичних пакетів вирізняється максимальною наочністю, оскільки для будь-якого отриманого розв'язку можна побудувати графіки відповідних залежностей окремих величин і, змінюючи вхідні параметри під

потреби кожної, окремо розглянутої задачі, пояснити біологічне явище, змоделювати та простежити динаміку реальних біологічних або медичних процесів, що сприяє більшому розумінню самої їх сутності.

В даній роботі це демонструється на прикладі розгляду практичних завдань з методами моделювання та отримання розв'язків окремих задач біофізики. Перед студентами ставиться завдання провести декомпозицію, а саме, проаналізувати біофізичні властивості об'єктів, знайти фактори, які на них впливають, знайти розв'язок завдання в числовому виді. У випадку неможливості або складності отримання та розв'язання диференційного рівняння застосовується імітаційна модель біофізичного явища, більш наочна та сприятлива для розуміння студентів [1, с. 85]. Слід зазначити, що для медичних спеціальностей винесення на самостійне опрацювання методів та методик побудови моделей викликає у студентів не просто труднощі, а є неможливим. Застосування математичного моделювання в біофізиці дає змогу студентам отримати можливість відстежувати динаміку захворювань, змоделювати можливі наслідки та отримати первинні результати щодо проведення лікування хворої людини.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дисципліну «Медична та біологічна фізика», яка містить 10 лекцій та 20 практичних й лабораторних занять, для студентів першого курсу викладає кафедра медико-біологічної фізики і інформатики ДЗ «Дніпропетровська медична академія».

Як відомо, моделювання – це метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтується на заміні реального об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю).

Зрозуміло, що не для всіх біологічних процесів можливо створити адекватні математичні моделі та надати математичний опис, оскільки біологічні об'єкти, як правило, є дуже складні, а на процеси, що протікають в них, впливає багато факторів, які тим чи іншим чином пов'язані між собою. При застосуванні законів термодинаміки, електродинаміки, квантової та класичної механіки для опису рівноважних процесів або близьких до них процесів в біологічних об'єктах можна створити спрощені моделі, які дозволять отримати результати, що корелюють з експериментальними. Для створення більш наближених до реалії моделей потрібно врахувати, що біологічні процеси та системи є відкриті та стаціонарні, тому для їх опису слід використовувати моделі для нерівноважних процесів. При моделюванні процесів, що проходять у живих тканинах, в більшості випадків використовують диференційні рівняння або навіть системи. Для спрощення процесу знаходження розв'язку задачі можна використовувати математичні пакети програм, а саме, Mathematica, Maple, Mathcad тощо.

Використання математичних пакетів програм дозволяє спростити етапи розрахунку та отримати візуалізацію результату, й, тим самим, дослідити, як впливає зміна початкових умов на результат. Використання інформаційних технологій під час проведення практичних занять з біофізики, що супроводжують демонстрацію практичного застосування знань у медицині, істотно підвищує мотивацію студентів до навчання. В структурі лекцій та практичних занять повинна бути наявність мотиваційної частини, наявність у змісті матеріалу, що вивчається, інваріантної складової, спрямованої на формування знань студентів, наявність варіативної складової, яка сприяє формуванню загальнонаукових знань.

Процес моделювання має кілька етапів, результатом яких є можливість отримати адекватний результат. Слід зазначити, що для студентів (особливо першого курсу) процес моделювання є зовсім новий процес.

Перш ніж приступити до процесу моделювання, необхідно сформулювати вихідні моменти для побудови моделі. За своїми теоретичними положеннями модельний підхід в принципі не відрізняється від звичайних наукових підходів до вирішення тих чи інших завдань аналізу, що використовуються при побудові моделі в біофізиці [3]. Так само, як при звичайних методах наукового аналізу, в моделюванні, проблему, що розглядається, спочатку вивчають та аналізують. Виділяють основні показники, які характеризують функціонування системи, формуються гіпотези про істотні взаємозв'язки між цими змінними. Потім розробляється механізм, модель поведінки системи, формулюється набір впливів на неї і, нарешті, здійснюється експериментальна перевірка моделі в реальних умовах. Таким чином, для створення моделі потрібно виконати підготовку, аналіз, розробку і вибір рішення – це складний творчий процес.

Для процесу моделювання однією з важливих умов є застосування математичного апарату та прикладних математичних програм, які б дозволяли не тільки отримати результат, але й дослідити різноманітні процеси за змінних умов. На першому етапі виникає низка проблем, а саме: вітчизняні та іноземні студенти, як правило, не мають необхідної математичної підготовки, не володіють в достатній мірі навичками користування комп'ютером та прикладними програмами.

При математичному моделюванні біофізичних процесів найчастіше потрібно вміти знаходити розв'язки диференціальних рівнянь або систем з певними початковими умовами. Вітчизняні та іноземні студенти першого року навчання взагалі не володіють в достатній мірі математичним апаратом та вмінням використовувати прикладні математичні програми, що зумовлено слабкою шкільною підготовкою. Вузівська програма потребує знання базового рівня, який студенти повинні були отримати під час навчання в загальноосвітній школі. Не слід покладати цю провину на вчителів загальноосвітніх шкіл, тому що програма середньої школи, навіть після реформи, не спрямована на отримання учнями більш фундаментальних знань, необхідних для процесу моделювання, що відповідає потребам часу. Вихід з цієї ситуації, можливо, полягає в тому, що в шкільному курсі математики слід розглядати не тільки, наприклад,

похідні, а повернути в шкільну програму з математики найпростіші типи диференціальних рівнянь та їх розв'язки, а в курсі інформатики надати базові знання та вміння використовувати математичні пакети прикладних програм, наприклад, таких як Mathematica, Maple, Mathcad.

Таким чином, при розробці методичних посібників для студентів потрібно більш детально або навіть поетапно сформулювати опис роботи та на прикладі виконати демонстрацію практичної роботи. При наданні опису не повинно бути хибних тлумачень – так, наприклад, як в посібнику «Біофізика мембранних процесів» [4]. Слід зазначити, що для виконання практичних робіт «Біофізика мембранних процесів» запропоновано використовувати спеціалізоване програмне середовище НЕЙРОН, яке було розроблено для наукових досліджень.

Математична модель штучного нейрона була запропонована У. Маккалоком і У. Піттсом. Математично, штучний нейрон зазвичай представляють як деяку нелінійну функцію від єдиного аргументу - лінійної комбінації всіх вхідних сигналів. Цю функцію називають функцією активації або функцією спрацьовування, передавальною функцією. Отриманий результат посилається на єдиний вихід. Такі штучні нейрони об'єднують в мережі - з'єднують виходи одних нейронів з входами інших [5]. Автори показали, що мережа на таких елементах може виконувати числові та логічні операції. Практично мережа була реалізована Френком Розенблатом в 1958 році як комп'ютерна програма. Біологічний нейрон складається з тіла діаметром від 3 до 100 мкм, що містить ядро (з великою кількістю ядерних пор) та інші відростки. Виділяють два види відростків. Аксон – зазвичай довгий відросток, пристосований для проведення збудження від тіла нейрона. Дендрити – як правило, короткі і сильно розгалужені відростки, які є головним місцем утворення збуджуючих і гальмівних синапсів (різні нейрони мають різне співвідношення довжини аксона і дендритів). Нейрон може мати кілька дендритів і зазвичай тільки один аксон. Один нейрон може мати зв'язок з 20 тисячами інших нейронів. Кора головного мозку людини містить 10-20 мільярдів нейронів.

Зазвичай у навчанні використовують не повномасштабні моделі цілих нейронів з урахуванням просторового розгалуження усіх його елементів, а лише моделі окремих його частин (аксону, дендритів, тіла нейрона з декількома дендритами або аксоном). Математичні моделі аксона, дендритів, які можуть бути представлені поодиноці або об'єднані у системи з декількома компонентами спрощено представляють у вигляді однорідного циліндричного провідника, для якого відомі: довжина, діаметр, ємність мембрани, опір мембрани та аксоплазми. Зв'язки у штучних нейронах, завдяки яким вихідні сигнали одних нейронів надходять на входи інших, часто називають синапсами за аналогією зі зв'язками між біологічними нейронами.

На виконання практичних робіт в середовищі НЕЙРОН в програмі виділено тільки 6 годин (4 практичні роботи). Середовище НЕЙРОН було розроблено для моделювання поодиноких нейронів та нейронних мереж [10-11]. Зазвичай його використовують у наукових роботах в області нейронаук [11-12], тому у студентів першого курсу, яким на другому тижні навчання запропоновано виконати практичні роботи в цьому середовищі, викликає не просто труднощі, а призводить до емоційного стресу. Безумовно, система освіти спрямована на формування системи знань студентів, складовою якої є самостійна пізнавальна діяльність, формування вмінь та навичок самостійної праці з літературою, зв'язок дисциплін природничо-математичного та професійного циклів. Але у даному випадку практичні роботи викликають певні труднощі у зв'язку з тим, що потребують додаткових знань з фізіології, яку за навчальним планом будуть викладати лише на другому курсі навчання. В списку літератури в посібнику, що розглядається, запропоновані тільки книги з фізіології [8-9].

Дуже важливо в посібнику не використовувати задалегідь неправильні тлумачення, як, наприклад: «При прикладанні до волокна прямокутного поштовху струму» [4, с. 4]. Відомо, що до об'єкта можна прикласти різницю потенціалів, результатом якої буде струм, а не навпаки. Тому, використання без попереднього пояснення та детального обговорення специфіки проведення натурних експериментів, на основі яких побудовано математичні моделі, специфічних, для даної галузі знань, термінів лише ускладнює розуміння матеріалу. Крім того, поняття, терміни та об'єкти, такі як нейрон, аксон, мієлінізований аксон, гіперполяризація, постсинаптичний потенціал, мотонейрон та інші, які досліджували в практичній роботі як об'єкти, не були опрацьовані в лекційному курсі.

**Висновки.** Встановлено, що під час проведення практичних занять з біофізики необхідно використання інформаційних технологій, останні сприяють кращому засвоєнню студентами матеріалу, розумінню основних принципів та методів розв'язання задач і вирізняються максимальною наочністю.

В структурі практичних занять повинна бути наявність мотиваційної частини, яка містить демонстрацію практичного застосування знань у медицині, варіативної складової, яка сприяє формуванню загальнонаукових знань, інтеграційного підходу, що розвиває ідею формування цілісних знань студентів, які подаються не тільки в контексті предметно орієнтованих схем, а спираються на знання міждисциплінарного характеру.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Беллман Р. Математические методы в медицине / Р. Беллман. – М.: Мир, 1987. – 250 с.
2. Горбань А.Н. Демон Дарвина: Идея оптимальности и естественный отбор / А.Н. Горбань, Р. Хлебопрос. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
3. Рубин А.Б. Биофизика: [в 2-х т.] / А.Б. Рубин. – М.: Высшая школа, 1999. – Т. 1. – 156 с.

4. Кулагіна І.Б., Піддубна О.П., Каспиржний А.В. Практикум за курсом «Медична і біологічна фізика» «Біофізика мембранних процесів», 2015. – 34 с. – Режим доступу: <http://dsma.dp.ua/kafedri-dma/mediko-biologichnoji-fiziki-ta-informatiki/materiali-kafedri> [7 вересня 2016].
5. Миркес Е.М. Нейрокомпьютер. Проект стандарта / Е.М. Миркес. – Новосибирск: Наука, 1999. – 337 с.
6. Смолянинов В.В. Математические модели биологических тканей / В.В. Смолянинов. – М.: Наука, 1980. – 359 с.
7. Філоненко Н.Ю. Особливості викладання курсу «Комп'ютерне моделювання в фармації» «Актуальні питання природничо-математичної освіти» / Н.Ю. Філоненко – 2015. – № 5-6. – С. 126-132.
8. Ходоров Б.И. Общая физиология возбудимых мембран / Ходоров Б.И. – М.: Наука, 1975. – 406 с.
9. Физиология человека: в 3-х т. / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса; перевод с англ. под ред. акад. П.Г. Костюка – [2-е изд., доп. и перераб.] – М.: Мир, 1996 – 359 с.
10. Peierls R. Model-Making in Physics./ R. Peierls // Contemp. Phys., January. – 1980. – v. 21. – P. 3-17.
11. Hines M.L. The NEURON simulation environment / M.L. Hines, N.T. Carnevale // Neural Comput. – 1997. – V. 9, № 6. – P. 1179-1209.
12. What is NEURON? // 2014 – Proceedings. – Mode of access: WWW.URL: [http://www.neuron.yale.edu/neuron/what\\_is\\_neuron](http://www.neuron.yale.edu/neuron/what_is_neuron) – Last access: 2016. – Title from the screen.

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ФИЗИКЕ

**Філоненко Наталя, Коченов Артем, Гнатюк Ірина**

В статье затронута проблема, состоящая в том, что при проведении практических занятий количественные расчеты, связанные со свойствами биологических объектов, требуют специфического понятийного, математического аппарата и использования информационных технологий. Выполнение практических заданий направлено на лучшее усвоение студентами материала, углубленное понимание основных принципов и методов решения задач биофизики и отличается максимальной наглядностью, так как позволяет смоделировать и отследить динамику реальных биофизических процессов, способствует большему пониманию самой их сущности, что является весьма актуальным и современным на данный момент. В ходе выполнения практических заданий для студентов особое значение имеет приобретение навыков, а именно: усвоение теоретического материала должно сопровождаться выполнением большого количества разнообразных практических задач. В учебном процессе не может быть разрыва знаний между лекционным материалом и практическими задачами. Для подготовки квалифицированных специалистов в области медицины в структуре практических занятий должно быть наличие мотивационной части, вариативной составляющей и использован интегративный подход.

*Ключевые слова:* компьютерное моделирование, биофизика, дифференциальные уравнения и системы, математические пакеты программ.

#### A MATHEMATICAL DESIGN IS IN PHYSICS

**Filonenko Natalia, Kochenov Artem, Gnatyuk Irina**

The article raised issue, that conducting practical classes with quantitative calculations associated with the properties of biological objects, require specific, conceptual, mathematical tools and application of informational technologies. Implementation of practical tasks directed to a better mastering material by students, enhances understanding of the main principles and methods of solving problems in biophysics and provides maximum clarity, because allows to simulate and trace dynamics of real biophysical processes, this contributes to a greater understanding of their essence, what is relevant and modern in current time. During the execution of practical problems, it is essential to acquire skills, namely: understanding of theoretical material should be accompanied by the implementation of a large number of various practical problems. In the learning process cannot be gap in knowledge between lecture material and practical tasks. For the preparation of qualified specialists in medicine, in the structure of practical classes also should be available a motivational part and use of integrational approach.

*Keywords:* computer modeling, biophysics, differential equations and systems, mathematical packages of programs.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Філоненко Наталя Юріївна** – кандидат фізико-математичних наук, викладач кафедри медико-біологічної фізики і інформатики Державного закладу «Дніпропетровська медична академія».

*Коло наукових інтересів:* математичне моделювання.

**Коченов Артем Веніамінович** – викладач Державного закладу «Дніпропетровська медична академія».

*Коло наукових інтересів:* математичне моделювання при вивченні фізичних процесів.

**Гнатюк Ірина Юріївна** – старший вчитель спеціалізована школа № 149 м. Київ.

*Коло наукових інтересів:* методика навчання фізики.