



Бігун Я. Наукова складова у підготовці спеціалістів із прикладної математики // Освіта. Інноватика. Практика : науковий журнал. 2017. № 1(2). С. 6-10.

Bihun Ya. The scientific component of the training of specialists in applied mathematics // Education. Innovation. Practice: scientific journal. 2017. Issue 1(2). P. 6-10.

Ярослав Бігун

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці

НАУКОВА СКЛАДОВА У ПІДГОТОВЦІ СПЕЦІАЛІСТІВ ІЗ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

Сучасні технології внесли значні зміни в освітній процес у вищій школі. Різко зросли можливості доступу до освітніх ресурсів: книг, відеолекцій, демонстраційних матеріалів тощо. Університети мають адаптуватись до такого стану справ. Існує реальна конкуренція з боку онлайн-курсів. І не тільки зарубіжних, як Coursera, але й вітчизняних аналогів, наприклад Promethrurs. Але при цьому залишаються класичні освітні методи: потрібно прослухати курс лекцій, виконати завдання, скласти іспити або пройти тестування. Освітній процес стає все динамічнішим. Особливо це стосується ІТ-галузі. Тут оновлення інформації дуже швидке, про що можна судити, спостерігаючи за зміною версій програмних продуктів, наприклад ОС Windows або мови програмування C++. Тому актуальною є проблема розробки нових технологій навчання, які б мали інтерактивний характер, давали як знання, так і напрямки їх пошуку, технологій, структура яких була б подібна до деревовидної.

Якісна освіта має поєднуватися з науковою діяльністю. Без наукової роботи дуже важко підтримувати високу якість освітніх послуг. Не тільки засвоювати знання, а вчитись їх творити, застосовувати, вдосконалювати й узагальнювати відомі теорії, технології, методи, алгоритми.

Надійним фундаментом і стимулом наукових досліджень студентів є наявність в університеті наукових шкіл, їх спадковість та розвиток. Склалась не одна математична школа у Чернівецькому університеті за 140 років з часу заснування. Це й не дивно, оскільки в університеті працювали відомі австрійські математики Леопольд Гегенбауер (1849-1903), Густав фон Емерліг (1849-1935), Ганс Ган (1849-1934), румунські математики Сіміон Стоїлов (1887-1961) і Мирон Нікулеску (1903-1975), словенський Йосип Племель (1877-1967) та інші.

У 1940 р. кафедрою математичного аналізу завідував вчений зі світовим ім'ям – академік Микола Миколайович Боголюбов (1909-1992). І хоча його прямих учнів в університеті не залишилось, але з 60-х років минулого століття, особливо після заснування у 1962 році кафедри прикладної математики і механіки (ПММ) проф. В.П. Рубаником, теорія і застосування асимптотичних методів Крилова-Боголюбова отримали значний розвиток для складних коливних систем із запізненням. Більше десяти випускників кафедри у 60-70 рр. захистили дисертації з цієї тематики. Один із них, професор Рівенського НУВГП В.Ю. Слюсарчук обраний член-кореспондентом НАН України.

З не меншим ентузіазмом заохочував студентів до заняття науковими дослідженнями у 1972-1992 рр. наступний завідувач кафедри ПММ професор В.І. Фодчук. Студенту або молодому досліднику важливо мати чітко визначений напрямок наукових досліджень, відчувати підтримку й розуміння наукового керівника. Цими якостями володів В.І. Фодчук, який щедро ділився знаннями і знаходив перспективні теми досліджень для восьми своїх учнів, найперше це стосувалось дослідження диференціально-функціональних рівнянь [1].

Ще одним стимулом інтенсифікації наукової роботи студентів є запрошення на викладацьку роботу провідних фахівців з академічних установ. Один час професором кафедри ПММ працював академік А.М. Самойленко. Щоб студент чи науковець був зацікавлений у розв'язуванні задачі, більше того, був захоплений науковими дослідженнями, необхідно запропонувати задачу, яка є актуальною для певної галузі, перспективною і під силу науковцю. А.М. Самойленко своїм талантом, інтуїцією в баченні математичного результату залучив немало студентів і науковців кафедри до занять математикою. Від взаємодії «вчитель-учень» залежить успіх наукових пошуків. Взірцем такої успішної взаємодії є співпраця А.М. Самойленка з учнями. Під його керівництвом захистили кандидатські дисертації випускники кафедри Я.Р. Петришин [2] і Л.М. Сергеева [3].

Основним об'єктом досліджень були системи рівнянь вигляду

$$\frac{da}{d\tau} = A(\tau, a, \varphi),$$

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{\omega(\tau, a)}{\varepsilon} + B(\tau, a, \varphi),$$

де a – вектор повільних а φ – швидких змінних, ε – малий параметр, A і B – періодичні чи майже періодичні функції змінної φ , ω – вектор частот. Особливістю таких систем при ε резонанси частот

$$k_1 \omega_1(\tau, a) + \dots + k_m \omega_m(\tau, a) \approx 0,$$

якщо $\exists k_\nu \neq 0$. Для $m = 2$ метод усереднення за швидкими змінними вперше обґрунтував В.І. Арнольд у 1964 р. Методом усереднення система рівнянь зводиться до суттєво простішого вигляду

$$\frac{d\bar{a}}{d\tau} = A_0(\tau, \bar{a}), \quad \frac{d\bar{\varphi}}{d\tau} = \frac{\omega(\tau, \bar{a})}{\omega\varepsilon} + B_0(\tau, \bar{a}).$$

Проривом у дослідженні багаточастотних систем методом усереднення стали результати академіка А.М. Самойленка і професора Чернівецького національного університету Р.І. Петришина [4, 5]. Дослідження таких систем з імпульсною дією і з запізненням успадкували викладач кафедри ПММ Т.М. Сопронюк [6] і випускники цієї ж кафедри П.М. Дудницький [7] та І.М. Данилюк [8], які захистили кандидатські дисертації під керівництвом Р.І. Петришина.

Різноманітні явища і процеси характеризуються інформаційним або технологічним запізненням у техніці, фізиці, запізненням розвитку в біології і медицині тощо. Диференціальні рівняння із запізненням володіють рядом особливостей порівняно із звичайними диференціальними рівняннями. Студентів вдається зацікавити їх застосуваннями в математичному моделюванні, зокрема, створенням програмних засобів числового розв'язання, візуалізації та Web-реалізації. Наприклад, для рівнянь і систем диференціальних рівнянь вигляду

$$\frac{du(t)}{dt} = f(t, u(t), u(\tau(t, u(t))))),$$

де $\tau(t, u) \leq t$ при $t \geq t_0$, студентами розроблено ефективні програми числового інтегрування та знайдено їх застосування в задачах екології [9].

Для багаточастотних систем рівнянь із запізненням вигляду

$$\frac{da}{d\tau} = A(\tau, a, a_\Delta, \varphi, \varphi_\Delta),$$

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{\omega(\tau, a, a_\Delta)}{\varepsilon} + B(\tau, a, a_\Delta, \varphi, \varphi_\Delta),$$

де $a_\Delta(\tau) = \Delta(\Delta(\tau))$, $\Delta(\tau) < \tau$, метод усереднення розвинуто в працях і в докторській дисертації професора Я.Й. Бігуна [10]. Випускницею кафедри І.В. Краснокутською під керівництвом Я.Й. Бігуна одержані результати з обґрунтування методу усереднення для деяких класів таких систем з нетеровими крайовими умовами [11].

Ще одним прикладом успішної співпраці є участь у навчальному процесі з 2013 року кафедри прикладної математики та інформаційних технологій член-кореспондента НАН України, завідувача відділу оптимізації керованих процесів А.О. Чикрія. Під його керівництвом виконано чотири студентські наукові роботи, тематика яких полягає в розв'язанні задач в теорії диференціальних ігор та їх комп'ютерного моделювання. Спільно із студентом О. Ткачиком опубліковано працю [12] з диференціальних ігор для квазілінійних імпульсних систем

$$\dot{z} = A(t) + \varphi(t, u, v), \quad z \in R^n,$$

$$t \geq t_0 \geq 0, \quad z(t_0) = z_0, \quad u \in U(t), \quad v \in V(t),$$

де $u(t)$ і $v(t)$ – керування гравців (переслідувача і втікача відповідно), $U(t)$ і $V(t)$ – вимірні компактнозначні відображення. Процес є імпульсним, оскільки траєкторія має розриви першого роду в заданих точках $\tau_1 < \tau_1 < \dots < \tau_i < \dots < \infty$, послідовність яких не має скінченних точок згущення. Одержано достатні умови зближення з циліндричною множиною за деякий гарантований час. Також з цієї тематики розв'язано задачу про втечу хоча б одного з утікачів при взаємодії чотирьох переслідувачів та двох втікачів з простим рухом та областями керування – одиничними кулями.

Зацікавленість в наукових дослідженнях викликають прикладні задачі в різних галузях. Зокрема, моделі з урахуванням запізнення розвитку в екології, моделі в імунології та епідеміології

інфекційних захворювань, математичне моделювання і оптимальний розподіл владних повноважень та інші. У спільних зі студентами дослідженнях розроблено програмне забезпечення та проведено якісне дослідження моделі імунної відповіді Г.І. Марчука [13] для деяких інфекційних захворюваннях, зокрема, гепатиту А і С.

Проведено дослідження динаміки імунної відповіді з врахуванням дії екологічних факторів. В останньому випадку береться до розгляду узагальнений показник $E(t) = \alpha_1 E_1(t) + \dots + \alpha_n E_n(t)$, де $0 \leq t$ – час, α_i – вагові коефіцієнти, які задають вплив на перебіг інфекційного захворювання, $\alpha_i \geq 0$, $\alpha_1 + \dots + \alpha_n = 1$. Математична модель перебігу захворювання набуває вигляду

$$\begin{aligned}\frac{dE(t)}{dt} &= r\left(1 - \frac{E(t-\Delta)}{E^*}\right)E(t), \quad t > 0, \\ \frac{dV}{dt} &= \beta\left(1 - \delta\left(\frac{V}{K}\right)^n\right)V - \gamma FV, \\ \frac{dC}{dt} &= \xi(m)\alpha F_\tau C_\tau - \mu_c(C - C^*) - \mu_1(E - E^*), \\ \frac{dF}{dt} &= \rho C - \eta\gamma FV - \mu_f F, \\ \frac{dm}{dt} &= \sigma V - \mu_m m + \mu_2(E - E^*),\end{aligned}$$

де $V(t)$ – концентрація антигенів, які здатні розмножуватись, $F(t)$ – концентрація антитіл, здатних нейтралізувати антигени (імуноглобуліни, рецептори імунокомпетентні клітини та ін.), $C(t)$ – концентрація лазмоклітин, які є носіями і продуцентами антитіл; $m(t)$ – відносна характеристика ураження органу-мішені, $0 < \tau$ – час формування каскаду плазмоклітин, $V_\tau(t) = V(t - \tau)$, $F_\tau(t) = F(t - \tau)$, $n \in \mathbb{N}$, коефіцієнти моделі – невід'ємні числа. Проведено числове моделювання системи рівнянь, знайдено стаціонарні розв'язки та досліджено їх стійкість. Зокрема, знайдено умови асимптотичної стійкості стану здорового організму при нормальних умовах довкілля

$$V_1 = m_1 = 0, \quad C_1 = C^*, \quad F_1 = \rho C^* / \mu_f, \quad E = E^*.$$

Виявлено нові, порівняно з класичною моделлю Г.І. Марчука, стаціонарні розв'язки, які відповідають хронічній формі захворювання. Здійснено інтерпретацію одержаних результатів разом із спеціалістами медиками.

Ще одним важливий і цікавий напрямком досліджень є розв'язання задач математичної епідеміології. Такі задачі зацікавлюють студентів, актуальні і мають застосування, їх нескладно опублікувати. На кафедрі досліджуються спільно зі студентами такі задачі, про що свідчить робота [14].

Розвиток ІТ – індустрії сприяє як випускникам, так і студентам старших курсів спеціальності «Прикладна математика» виконувати проекти в комп'ютерних фірмах, зокрема в компаніях SoftServe, SvitlaSystems, MobiDev, SharpMinds, YukonSoftware. У зв'язку з цим відбулася певна переорієнтація в наукових дослідженнях студентів. Перспективними стали дослідження в області інформаційних технологій, розробки Web-додатків та прикладних програм. Можна відзначити роботи студентів під керівництвом: доцента Т.М. Сопронюк – «Створення компонента для пошуку дублікатів за допомогою метасимволів та «Створення програмного додатку для роботи із інтерактивними текстами»; кандидата економічних наук Г.В. Мельник – «Розробка зовнішніх компонент для обміну даними», І.Д. Скутаря – «Розробка сервісу інформування про події». Проект «Використання генетичних алгоритмів для оптимального навчання симбота, який функціонує в середовищі, що змінюється з часом» виконаний під керівництвом П.М. Дудницького. Результати цих робіт впроваджені, що служить додатковим стимулом наукової роботи.

Важливо навчити студентів, як майбутніх науковців і розробників в ІТ-галузі, правильно оформляти й зрозуміло доповідати одержані результати. Цьому сприяють щорічні студентські наукові конференції в Чернівецькому національному університеті. У 2011-2015 роках студенти четвертого і п'ятого курсів кафедри, яких у групі 15-20, на цих конференціях зробили 76 доповідей, на всеукраїнських – 4 і на міжнародних – 5. Студенти регулярно беруть участь щорічних Всеукраїнських (міжнародних) студентських наукових конференціях з прикладної математики та інформатики у Львівському національному університеті імені Івана Франка.

Підведемо деякі підсумки:

1. Наукова робота студентів є важливою складовою їх професійної підготовки. Від математичного мислення суттєво залежить розв'язуванні прикладних задач, вибір архітектури проекту та розробка алгоритмів реалізації.
2. Важливо пропонувати студентам для наукової роботи задачі, які актуальні, «модні» на даний час. Для прикладних математичних методів – задачі, розв'язання яких вирішує ті чи інші питання в екології, медицині, бізнесі тощо.
3. Актуальним є залучення для керівництва науковими роботами студентів і молодих науковців авторитетних спеціалістів із наукових установ та комп'ютерних компаній. У свою чергу комп'ютерні фірми зацікавлені у такому співробітництві і готові стимулювати своїх працівників до співпраці з ВУЗами. Така практика налагоджена на кафедрі ПМтаІТ з фірмами SvitlaSystems та SoftServe.
4. Розвиток наукових досліджень у університетах сприяє створенню наукових центрів на зразок тих, які діють у Західних або Американських університетах, Розширення пропозицій державних і регіональних проектів ВУЗам, які можна зробити на конкурентних засадах.

Список використаних джерел

1. Регулярно і сингулярно збурені диференціально-функціональні рівняння. / В.І. Фодчук, Я.Й. Бігун, І.І. Клевчук, І.М. Черевко, І.В.Якімов. – Київ: Ін-т математики НАН України, 1996. – 210 с.
2. Петришин Я.Р. Усереднення багатоточкових задач для нелінійних коливних систем з повільно змінними частотами: дис. кандидата фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Петришин Ярослав Романович. – Чернівці, 2001. – 131 с.
3. Сергєєва Л.М. Глобальна апроксимація розв'язків диференціально-функціональних рівнянь: дис. кандидата фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Сергєєва Лідія Миколаївна. – Чернівці, 2014. – 142 с.
4. A. Samoilenko and R. Petryshyn. Multifrequency. Oscillations of Nonlinear Systems. – DODRECH BOSTON/LONDON: Kluwer Academic Publishers. – 2004. – 317 p.
5. Петришин Р.І. Дослідження коливних систем з повільно змінними частотами за допомогою усереднення: дис. доктора фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Петришин Роман Іванович. – Київ, 1995. – 305 с.
6. Сопронюк Т.М. Коливання імпульсних багаточастотних систем: дис. кандидата фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Сопронюк Тетяна Миколаївна. – Чернівці, 2003. – 158 с.
7. Дудницький П.М. Асимптотичні методи дослідження багаточастотних систем з імпульсною дією: дис. кандидата фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Дудницький Павло Миколайович. – Чернівці, 2009. – 144с.
8. Данилюк І.М. Обґрунтування асимптотичних методів для багаточастотних систем з відхиленням аргументом: дис. кандидата фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Данилюк Іван Михайлович. – Чернівці, 2010. – 143 с.
9. Bihun Ya.I. Mathematical model of isolated population with delay / Ya.I. Bihun, P.I. Markovskiy, I.O. Rozhko // Крайові задачі, теорія функцій та їх застосування. Міжнародна математична конф.: матер. конф., 12-14 червня 2013 р. – Слов'янськ: ДДПУ, 2013. – с. 52.
10. Бігун Я.Й. Усереднення в багаточастотних системах диференціально-функціональних рівнянь: дис. доктора фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Бігун Ярослав Йосипович. – Чернівці, 2009. – 298 с.
11. Краснокутська І.В. Усереднення багаточастотних систем з нетеровими крайовими умовами: дис. кандидата фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Краснокутська Інесса Володимирівна. – Чернівці, 2014. – 133 с.
12. Об игровых задачах для квазилинейных импульсных систем / Я.И. Бигун, И.Ю. Кривонос, К.А. Чикрий, А.М. Ткачик // Теорія оптимальних рішень. – 2011. – №10. – С. 47–52.
13. Марчук Г.И. Математические модели в иммунологии. Вычислительные методы и эксперименты / Г.И. Марчук Г. И. – М.: Наука, 1991. – 304 с.
14. Бігун Я.Й. Побудова просторової структури для моделі поширення епідемії зі змінним коефіцієнтом ліквідації / Я.Й. Бігун, О.І. Левицька, Л.М. Сергєєва // Волинський науковий вісник. Серія: Прикладна математика. – Рівне: Рівненський держ. гуманітарний ун-т, 2010. – Вип. 7(16). – С. 8–19.

Анотація. Бігун Я. Наукова складова у підготовці спеціалістів з прикладної математики. Розглядаються підходи до організації наукової роботи студентів. Зокрема, роль наукових шкіл та участь студентів в розв'язанні прикладних задач.

Ключові слова: наукова робота, студент, прикладна математика, диференціальне рівняння, метод усереднення, імпульсна відповідь, імпульсні багаточастотні системи, математична модель.

Аннотация. Бигун Я. Научная составляющая в подготовке специалистов по прикладной математике. Рассматриваются подходы к организации научной работы студентов. В частности, роль научных школ и участие студентов в решении прикладных задач.

Ключевые слова: научная работа, студент, прикладная математика, дифференциальное уравнение, метод усреднения, иммунный ответ, импульсные многочастотные системы, математическая модель.

Abstract. Bihun Ya. The scientific component of the training of specialists in applied mathematics.

Consider approaches to scientific work of students. In particular, the role of schools and students involved in solving applications.

Keywords: research, student, applied mathematics, differential equations, averaging method, immune response, switching multifrequency system, mathematical model.