

Т.В. Наконечна*, О.В. Нікулін**

**Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

***Дніпровський державний технічний університет*

МОДЕЛЮВАННЯ ГАЛУЗЕВИХ НАУК І НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН ЯК СИНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Стаття присвячена вивченню проблеми моделювання фундаментальних і технічних наук як синергетичних систем з використання моделей наукових і навчальних дисциплін на прикладі курсу «Вища математика», що дає наукове обґрунтування інноваційності запропонованої модернізації науково-методичного забезпечення процесу навчання.

Ключові слова: інновації, синергетична система, самоорганізація, модель науки.

T.V. Nakonechna*, O.V. Nikulin**

**Oles Honchar Dnipro National University*

***Dniprovsky State Technical University*

MODELING OF INDUSTRIAL SCIENCES AND EDUCATIONAL DISCIPLINES AS SYNERGY SYSTEMS

An obvious condition for the innovative development of Ukraine in general and the production sector of its economy, in particular, is a successful scientific and technical activity. Scientific and technical activities should be carried out according to the program-targeted method, which demonstrates the advantages of integrating science, engineering and production, and the influence of science is becoming more and more significant. In order to ensure the advanced development of technical sciences, it is advisable to deepen the consistency of the approaches and methods used, to modernize the content and education system of future specialists.

The point of view of a number of researchers who consider and practice self-organization as the predominant approach to solving information and cybernetic problems with a priori information uncertainty, including identification, research, adaptation and self-organization, turned out to be very fruitful. By their nature, technical sciences are self-organizing systems, since they are characterized by adaptability and predictive properties on the actions of the external environment: the development of technology and technology in the relevant industry; new results and theories in the corresponding fundamental sciences. Preferred are nonlinear thermodynamics of no equilibrium systems, structures and media; improvement of management techniques and technologies by expanding the use of information and communication technologies (ICT) for real-time operation. The development of technical science, as a self-organizing system, allows the creation of a model, which makes it possible to foresee the behavior of the system and control the processes in it in a certain range of conditions.

This article is devoted to the study of the problem of modeling the fundamental and technical sciences as synergistic systems using models of scientific and academic disciplines on the example of the course "Higher Mathematics", which provides a scientific basis for the innovativeness of the proposed modernization of scientific and methodological support

of the learning process.

Keywords: innovation, synergistic system, self-organization, model of science.

Т.В. Наконечная*, О.В. Никулин**

**Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

***Дніпровський державний технічний університет*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАСЛЕВЫХ НАУК И УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН КАК СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Статья посвящена изучению проблемы моделирования фундаментальных и технических наук как синергетических систем по использованию моделей научных и учебных дисциплин на примере курса «Высшая математика», что дает научное обоснование инновационности предложенной модернизации научно-методического обеспечения процесса обучения.

Ключевые слова: инновации, синергетическая система, самоорганизация, модель науки.

Вступ. Однією з важливіших умов інноваційного розвитку України в цілому та виробничого сектора її економіки, зокрема, є успішна науково-технічна діяльність. Необхідно стимулювати функціонування науки, техніки і виробництва як єдиної системи, що розвивається. Науково-технічна діяльність повинна здійснюватися за програмно-цільовим методом, який демонструє переваги інтеграції науки, інженерії та виробництва, причому вплив науки стає все більш вагомим. Для того щоб забезпечити випереджальний розвиток технічних наук, доцільно поглиблювати системність використовуваних підходів і методів, модернізувати зміст і систему освіти майбутніх фахівців.

Дуже плідною виявилася точка зору ряду дослідників, які розглядають і практикують самоорганізацію як переважний підхід до розв'язання інформаційних і кібернетичних задач з апріорною інформаційною невизначеністю, які включають ідентифікацію, дослідження, адаптацію і самоорганізацію [1]. За своєю природою технічні науки відносяться до систем, що самоорганізуються оскільки характеризуються пристосованістю і прогностичними властивостями на дії зовнішнього середовища: розвиток техніки і технологій у відповідній галузі; нових результатів і теорій у відповідних фундаментальних науках. Кращими представляються: нелінійна термодинаміка нерівноважних систем, структур і середовищ; вдосконалення техніки і технологій управління за рахунок розширення застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для роботи в режимі реального часу. Розвиток технічної науки, як системи, що самоорганізується, допускає створення моделі, яка дозволяє передбачити поведінку системи і керувати процесами в ній в певному діапазоні умов.

В даний час виникла ситуація якісних змін в науках, техніці та суспільстві, які проходять в своєму розвитку через точки біфуркації. Наприклад, вища освіта в Україні перебуває в стані трансформації, яка повинна супроводжуватися інноваціями в дидактиці, виховному і управлінському процесах. З ура-

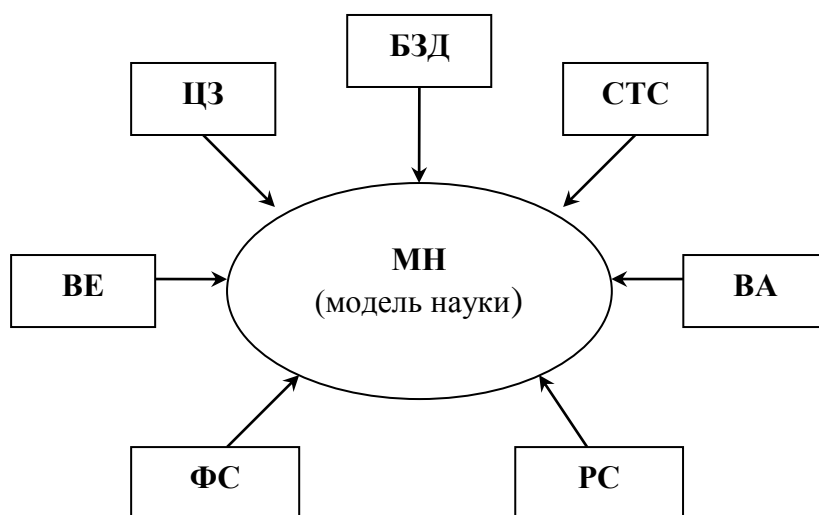
хуванням орієнтації на створення єдиного освітнього простору визначальне значення набувають такі напрямки розвитку вищої освіти:

- неперервне оновлення змісту освіти на основі досягнень науки, техніки, культури в формі стабільного ядра і змінної периферії;
- інноваційні зміни технологій процесу освіти (модульно-рейтингових, «блокових», «кейсових», дистанційних систем), зростання значення самостійної роботи студентів;
- розвиток матеріально-технічної бази системи.

Тому побудова, а в більшості випадків перебудова і ускладнення наявних моделей, є актуальною і орієнтованою на їх використання при організації досліджень і навчання.

Постановка задачі. При побудові математичної моделі точної або технічної науки, а також відповідної навчальної дисципліни, доцільно застосувати функціонально-структурний підхід, розглядаючи об'єкт моделювання як синергетичну систему (рис. 1). Відповідна система МН (модель науки) розглядається як набір (упорядкована сукупність) виду

$$МН = \{ЦЗ, БЗД, СТС, ФС, ВЕ, ВА, РС\}$$



ЦЗ – цілі і задачі, **БЗД** – бази знань і даних, **СТС** – структура системи, **РС** – ресурси системи, **ФС** – функції системи, **ВЕ** – відношення емерджентності, **ВА** – відношення адаптивності

Рис. 1. Склад моделі науки

Дані підмножини, як правило, є мультирешітками і наділені операціями об'єднання, перерізу і композиції. Крім того, в разі потреби, вводяться відношення: « = », « ≠ », « < », « > », відображення підмножин одне в інше.

Далі, при створенні синергетичної системи проводиться синтез структури, яка налаштовується за функціональним призначенням і заданим критерієм. Функціонально структурний підхід передбачає реалізацію результатів аналізу і синтезу багаторівневої системи, розглядаючи її в розвитку. Цей підхід відображає єдність загальнонаукових та спеціальних знань як системи із забезпеченням єдності структури і функцій при визначальному значенні функцій.

Слід пам'ятати, що велику роль в системі, що самоорганізується, відіграють властивості мережі використовуваних елементів, до яких пред'являється ряд різноспрямованих вимог. Мережа елементів повинна задовольняти вимогам за показниками:

- 1) складності;
- 2) функціональної надмірності;
- 3) змінності структури;
- 4) структурної однорідності;
- 5) паралельності;
- 6) багатофункціональності;
- 7) ієрархічності;
- 8) розподільності.

Іншою, не менш важливою проблемою формування системи науки і освіти є вибір базової моделі змісту освіти. Тут, з одного боку, використовується смислова модель, тобто комплекс знань, які послідовно модернізуються, умінь і навичок. З іншого боку, застосовується багатовимірна модель змісту освіти: предметний компонент, діяльнісний, мотиваційно-духовний (коли «в центрі уваги – особистість»).

Особливо важливими тут є питання змісту робочих навчальних планів, зокрема, співвідношення в них базових і варіативних компонентів. Тенденція до розширення значущості самостійної роботи студентів вимагає збільшення частки варіативного компонента для поглиблення і розширення меж освітньої діяльності, успішного формування компетентностей.

Метод рішення і аналіз отриманих результатів. Для ілюстрації реалізації прийнятого підходу до моделювання наукової і навчальної системи, що самоорганізується, була обрана вища математика – дисципліна, найбільш близька за своєю структурою до алгебраїчних систем.

Так, спочатку, система «навчальна дисципліна «Вища математика»+ методичне забезпечення» розглядалася як синергетична.

Далі, відповідно до затверджених робочих програм, розробляється навчальний посібник «Вища математика для підготовки бакалаврів з інженерії» в трьох частинах [2], який отримує гриф МОН України. Далі у комплекті з посібником розробляється збірка тестів з вищої математики «Модульне і підсумкове оцінювання: тести з вищої математики» [3].

Проаналізуємо створення і функціонування зазначеної системи і окремо посібники з позиції моделювання. Складність структури посібника, розподіл на розділи, підрозділи і параграфи відповідає розділам, підрозділам та іншим структурним елементам робочих програм курсів. З огляду на той факт, що зміст математичної підготовки визначається традиційним інваріантним ядром, придбаним багаторічним досвідом викладання математики у вітчизняній і зарубіжній системі освіти [4], ми обрали метою математичної підготовки у вищих навчальних закладах засвоєння студентами, по-перше, вищої математики. А вже потім, по-друге, будуть вивчатися, і освоюватися математичні моделі. При цьому виклад традиційного ядра слід доповнити знаннями, на-

вичками і вміннями, пов'язаними з потребами широкого використання в науці та на виробництві ідей і методів математичного моделювання, комп'ютеризації та інформатизації суспільства.

При проектуванні, створенні та використанні посібника був обраний наступний концептуальний підхід. Матеріали посібника діляться на шість розділів. Розділи посібника сформовані за принципом зручності роботи в межах Європейської кредитно-трансферної системи організації навчального процесу з використанням інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі. Тематична і фактологічна надмірність структурних і змістовних елементів орієнтована на перевищення міри складності в порівнянні з мінімальними вимогами. В результаті цього створюються умови розвитку системи для реалізації більш складних функцій з підготовки до розв'язання математичних завдань при автоматизації проектування і оптимізації технічних систем. Оскільки підготовка бакалаврів з інженерії проводиться за різними напрямками і спеціальностями, то, відповідно, змінюються набори досліджуваних тем і програмних питань (з вищої математики), і передбачається певна змінність складу структурних одиниць. Разом з тим, така змінність складу поєднується з повторюваністю деяких елементів і однотипністю зв'язків між ними як в посібнику, так і в робочих програмах, тобто з однорідністю самоорганізованих мереж.

Відомі три основні форми виникнення інновацій: технологічна, функціональна і комбінована. В даний час у вищій школі функціонують різні інноваційні навчальні технології: інформаційні, проблемні, розвиваючі, проєктні, інтерактивні, індивідуалізовані, модульні, інтегровані, дистанційні тощо. Серед інформаційних технологій, які природно віднести до комбінованих інновацій, все більшого значення набувають комп'ютерні технології, які підтримуються тенденцією комп'ютеризації та інформатизації суспільства, зростання відповідної матеріальної бази. Вони фактично розвиваються синергетично в тісній співпраці розробників з потенційними користувачами, в тому числі і в опрацюванні мети і завдань системи.

Складність навчання математики в даний час визначається необхідністю одночасного освоєння ручних і машинних обчислень. Виникла проблема вирішується паралельністю системи дидактичних елементів, коли розбирається розв'язання типових завдань «вручну» і за допомогою математичного пакета MathCAD. Природно, що при ручних розрахунках складаються вміння і розвиваються навички логічного і математичного мислення, а при реалізації автоматизації обчислень забезпечується підвищення швидкодії і зниження трудомісткості розв'язання завдань користувачем. Паралельно було розроблено фундамент методичної бази автоматизації практичних занять з вищої математики за допомогою ПК. Ці рішення потім послідовно переходять в багатофункціональність системи (і її структури) із залученням інформаційно-комунікаційних технологій для вирішення більш широкого кола проблем.

Запропонований принцип побудови посібника реалізує ієрархічність використовуваної системи елементів. Їх зв'язок за допомогою навчальних планів

підготовки бакалаврів з іншими дисциплінами, які базуються на вищій математиці (фізика, теоретична і прикладна механіка ін.), і, які вивчаються паралельно і після математики, підтверджується результатами кластерного аналізу (таксонометрії) дисциплін [5], які входять до навчальних планів, і забезпечує розподільність системи елементів.

Зауважимо, що нами використовується третій тип процесів самоорганізації, який пов'язаний з вдосконаленням і з саморозвитком таких систем, здатних накопичувати і використовувати минулий досвід [6].

Для демонстрації самоорганізації в результаті запропонованої модернізації процесу навчання вищої математики при розробці і використанні посібника [2], розглянемо докладніше відповідну систему, її підсистеми та елементи. Посібник як система ділиться на розділи, відповідні розділам робочої програми курсу і її реалізації як дидактичної одиниці. Розділи, в свою чергу, діляться на елементи – параграфи, за матеріалами яких формуються елементи навчального курсу – лекційні та практичні заняття.

З синергетичних позицій можна спостерігати, як зміна на рівні елементів і підсистем призводить до ускладнення системи на макрорівні. У кожному параграфі і, відповідно, на заняттях наводяться приклади інтеграції розв'язання завдань з вищої математики «вручну» і за допомогою математичних програм на ПК. В результаті знижується невизначеність (ймовірність помилки $X \neq x_B$) відповідей ($X = x_B$), тобто зменшується інформаційна ентропія [7] процесу навчання

$$H_u = - \sum_{k=1}^n p_k \ln p_k ,$$

де $p_k = P(X = x_k)$, $\sum_{k=1}^n p_k = 1$, що кількісно підтверджує процес самоорганізації.

Розподіл матеріалу на розділи при роботі в рамках системи ЄКТС, спрямований на забезпечення мобільності та конкурентоспроможності студентів знижує невизначеність навчання і направлений на самоорганізацію.

Слід також зазначити, що в процесі впровадження запропонованих результатів і при проведенні відповідних педагогічних досліджень були отримані не тільки формальні, а й змістовні оцінки підвищення рівня самоорганізації навчання за допомогою посібника і відповідних методичних розробок. За аналогічною схемою складається і реалізується модель навчального курсу «Спеціальні розділи вищої математики» (комплексний аналіз і операційне числення) [8].

Подальші напрацювання в цьому напрямку найшли своє відображення в навчальних посібниках «Вища математика: факти і формули, задачі і тести» [9], «Загальні та спеціальні розділи вищої математики для самостійної роботи студентів інженерних та природничо-наукових напрямів» [10].

Висновки. Моделювання фундаментальних і технічних наук як синергетичних систем, а також використання моделей галузевих наук і відповідних навчальних дисциплін дає наукове обґрунтування інноваційності запропонова-

ної модернізації науково-методичного забезпечення навчального процесу. Досвід освоєння розроблених систем показує доцільність синергетичних підходів, їх удосконалення за результатами кластерного аналізу. При використанні зазначених вище посібників в навчальному процесі встановлена їх адекватність завданням модернізації навчального процесу із застосуванням ІКТ, намічені і відпрацьовуються варіанти удосконалення матеріалів посібника і технології його використання згідно з принципами самоорганізації. Проведений аналіз побудованої системи математичної підготовки бакалаврів ряду інженерних напрямків в ДДТУ, деяких нематематичних факультетів ДНУ та її практичного використання, підводить нас до необхідності поширення моделювання і функціонально-структурного підходу на дисципліни математичної підготовки фахівців і магістрів.

Бібліографічні посилання

1. **Кузнецова, В.Л.** Самоорганизация в технических системах [Текст]/ В.Л. Кузнецова, М.А. Раков. – К., 1987. – 200 с.
2. **Огурцов, А.П.** Вища математика для підготовки бакалаврів з інженерії (навч. посіб. у трьох частинах) [Текст] / А.П. Огурцов, Т.В. Наконечна, О.В. Нікулін. – Дніпродзержинськ, 2008. – 1080 с.
3. **Шумейко, О.О.** Модульне і підсумкове оцінювання: тести з вищої математики [Текст] / О.О. Шумейко, Т.В. Наконечна, О.В. Нікулін. – Д., 2009. – 156 с.
4. **Слепкань, З.І.** Методика навчання математики [Текст] / З.І. Слепкань. – К., 2006. – 582 с.
5. **Наконечная, Т.В.** Применение таксонометрического метода при планировании математической подготовки студентов технических направлений [Текст] / Т.В. Наконечная, А.В. Никулин // Дидактика математики: проблеми і дослідження. – Донецьк, 2007. – № 28. – С. 48 – 52.
6. **Малинецкий, Г.Г.** Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент [Текст] / Г.Г. Малинецкий. – М., 2009. – 312 с.
7. **Чернавский, Д.С.** Синергетика и информация [Текст] / Д.С. Чернавский. – М., 2001. – 105 с.
8. **Огурцов, А.П.** Вища математика для підготовки бакалаврів з інженерії. Спеціальні розділи [Текст]/ А.П. Огурцов, Т.В. Наконечна, О.В. Нікулін. – Д., 2010. – 154 с.
9. **Нікулін, О.В.** Вища математика: факти і формули, задачі і тести [Текст] / О.В. Нікулін, Т.В. Наконечна. – Д., 2015. – 188 с.
10. **Наконечна, Т.В.** Загальні та спеціальні розділи вищої математики для самостійної роботи студентів інженерних та природничо-наукових напрямів [Текст] / Т.В. Наконечна, О.В. Нікулін. – Д., 2016. – 220 с.

Надійшла до редколегії 12.10. 2020.