

---

---

**ІННОВАЦІЇ В ОСВІТІ ТА ВИРОБНИЦТВІ,  
ПРОБЛЕМАТИКА ВИЩОЇ ШКОЛИ**

---

---

---

---

**INNOVATION IN EDUCATION AND MANUFACTURING,  
PROBLEMS OF GRADUATE SCHOOL**

---

---

УДК 681.3

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАСВОЄННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТЕХНІЧНИХ ФАХІВЦІВ

**О. П. Чорний, М. В. Загірняк, Ю. В. Лашко**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: apch@kdu.edu.ua

**Т. П. Коваль**

Загальноосвітня школа № 41

вул. Співдружності, 44-а, м. Кривий Ріг, 50042, Україна.

Розвинено підхід до оцінювання ефективності засвоєння інформації, що дозволяє спрямовано формувати не тільки самостійну, а й індивідуальну роботу студента. Застосування кібернетичних моделей дозволяє виконувати кількісне оцінювання якості процесу навчання. Такий підхід може бути покладений в основу оптимізації розкладу занять, проведення самостійної та індивідуальної роботи зі студентами. Розвиток цих підходів забезпечить отримання соціального й економічного ефекту при застосуванні лабораторного устаткування нового покоління – віртуальних електротехнічних лабораторних та дослідних стендів і комплексів.

**Ключові слова:** оцінювання якості навчання, кібернетична модель, віртуальні лабораторні комплекси.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСВОЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

**А. П. Черный, М. В. Загірняк, Ю. В. Лашко**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: apch@kdu.edu.ua

**Т. П. Коваль**

Общеобразовательная школа № 41

ул. Содружества, 44-а, г. Кривой Рог, 50042, Украина.

Развит подход к оценке эффективности усвоения информации, позволяющий направленно формировать не только самостоятельную, но и индивидуальную работу студента. Применение кибернетических моделей позволяет выполнять количественную оценку качества процесса обучения. Такой подход может быть положен в основу оптимизации расписания занятий, проведения самостоятельных и индивидуальных занятий со студентами. Развитие этих подходов обеспечит получение социального и экономического эффекта при применении лабораторного оборудования нового поколения – виртуальных электротехнических лабораторных и испытательных стендов и комплексов.

**Ключевые слова:** оценивание качества обучения, кибернетическая модель, виртуальные лабораторные комплексы.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Для підвищення якості процесу навчання з використанням автоматизованих систем необхідно впроваджувати математичні та інформаційні моделі, що враховують індивідуальні особливості студентів, наприклад, такі, як здатність до сприйняття навчальної інформації та схильність до її забування, що дозволяє, формалізувавши навчальний процес, з одного боку, описати його в загальних термінах, а з іншого – створити індивідуальне управління для кожного студента. Відомі аналізовані моделі мають різну теоретичну чи практичну цінність, характеризуються різноплановим підходом. Задача вибору відповідної моделі для аналізу ефективності системи навчання потребує теоретичних досліджень і практичних рішень.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** "В течение многих лет исследователи вдохновлялись надеждой открытия кривой научения. Существует общее соглашение, что кривая изменяется более быстро после начала упражнения, по мере продолжения упражнения эта скорость постепенно уменьшается, пока не достигается физиологический предел, поставленный природой обучаемого. Конечно, не существует идеальной стандартной кривой научения или кривой забывания. Все зависит от предыдущего опыта отработки компонент действий и уже сформиро-

ванных навыков. Другими словами, не существует общей кривой научения" [1].

З літературних джерел відомі перші роботи стосовно проблеми навчання, оцінювання його якості та розрахунку ефективності [2–5]. На сьогодні відома значна кількість досліджень, що пояснюють з певними припущеннями закономірності навчання для конкретних систем. Слід зазначити, що протягом останніх десятиріч відбувається спад інтенсивності дослідження загальних моделей ітеративного навчання. Більшість робіт припадає на 60–70 роки ХХ сторіччя – період бурхливого розвитку кібернетики (рис. 1).

Забезпечення необхідного рівня параметрів успішності й якості навчання у вищих навчальних закладах є актуальним питанням, яке потребує нагального вирішення. Шляхи розв'язання зазначеного питання тісно пов'язані з проблемою управління процесом навчання.

Наприклад, у педагогіці застосовують «навчання з підказкою», «навчання із заохоченням», «навчання з покаранням» для формування необхідних показників навчального процесу [6, 7] з урахуванням психофізіологічних властивостей студента: забування, інерції, сприйняття та осмислення нової інформації тощо.

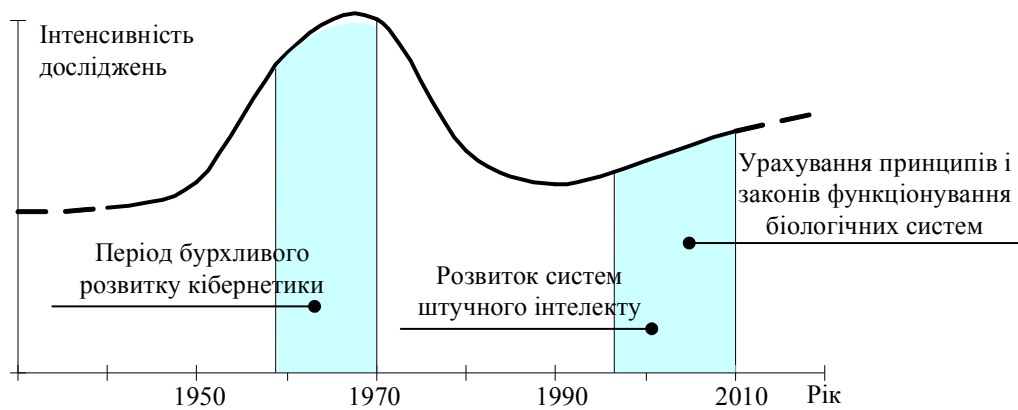


Рисунок 1 – Часовий розподіл досліджень зі створення моделей навчання

При цьому вважається, що підвищення ефективності процесу навчання можна досягти лише вдосконаленням засобів управління на основі інформаційних технологій. Такий підхід не забезпечить необхідного результату без відповідної теорії управління. Урахування особливостей процесу навчання як керованого процесу вимагає його подання у вигляді відповідних математичних моделей об'єкта управління (моделі суб'єкта процесу навчання) і моделей управління, наприклад, на основі методів штучного інтелекту.

З розвитком інформаційних технологій змінюється характер впливів на об'єкт навчання та процес навчання, змінюється кількість факторів впливу [8]. Тому до побудови математичних моделей дослідники аналізують ознаки моделей з точки зору психологічних складових.

У наш час у педагогічній психології виділяють чотири основні психологічні теорії навчання і відповідні їм чотири дидактичні моделі процесу навчання:

– асоціативна теорія навчання; *модель навчання як управління процесом накопичення і переробки досвіду;*

– діяльнісна (умовно-рефлекторна) теорія навчання; *модель процесу навчання як стимуляції пізнавальної та дослідницької активності тих, хто навчається, через спрямування її організацію їх практичної діяльності;*

– знакова теорія навчання; *модель процесу навчання як формування у тих, хто навчається, узагальнених понятійних систем і прийомів розумової діяльності;*

– операційна теорія навчання; *модель процесу навчання як управління психічною діяльністю.*

Окрім названих теорій, різні наукові школи ще в радянський час виділили свої психологічні теорії навчання, у тому числі: теорію поетапного формування нових знань і дій, теорію установки, теорію розвиваючого навчання, теорію формування теоретичного мислення, теорію проблемного навчання та інші. Кожна з них має свою сферу застосування, а за певних умов теоретичні основи різних теорій доповнюють одна одну.

Детальний теоретичний аналіз різноманітних математичних моделей наведений у [9]. Автор за-

значає, що для кожного конкретного дослідження розроблено моделі: на основі теорії нечітких множин, структурно-логічні формули і графи, кореляційний і факторний аналіз тощо. Загальні підходи до побудови моделей полягають в аналізі психічних процесів та поведінки об'єкта навчання, зокрема: індуктивний, або індуктивно-емпіричний; дедуктивний; гіпотетико-дедуктивний; кібернетичний.

*Індуктивний, або індуктивно-емпіричний, підхід* дозволяє оперувати тільки зі змінними, які дослідник об'єктивно спостерігає й вимірює. Побудовані на основі цього підходу моделі можуть бути експериментально перевірені й оцінені [10]. Методика індуктивного підходу полягає в тому, що в процесі проведення експериментальної роботи дослідник варіює змінні на «вході» системи навчання й реєструє їх величини на «виході». Отримані числові дані обробляють і зображують у вигляді функції, яка є математичною моделлю залежностей між змінними, що досліджувалися. Для індуктивного підходу побудови математичної моделі процесу навчання широко використовуються методи математичної статистики (кореляційний, факторний аналіз).

*Дедуктивний підхід*, на відміну від індуктивно-емпіричного, дозволяє моделювати загальну структуру відношень «вхід–вихід». Тобто формулюється гіпотеза про деякий набір загальних правил, які визначають систему відношень, що можливі між емпіричними змінними; вибирається група математичних перетворень, яка й представляє структуру системи; інтерпретація системи у відповідних змістових термінах формує досліджувану модель процесу навчання [10].

*Гіпотетико-дедуктивний підхід* своєю задачею вбачає пояснення деякої вихідної структури відношень. Структура зв'язків між змінними, які не спостерігаються, і відношеннями, що спостерігаються, постулюється, і кінцевим результатом є модель, яка надає відомості про зв'язки «входу» і «виходу», що збігається з дослідом [10].

*Кібернетичний підхід* дозволяє замінити постулювання структур процесів навчання кібернетичним поданням. Прикладом кібернетичного підходу можна вважати розробку математичної моделі закону збереження знань для випадку незамкнутої (неізолюваної) системи «учитель–учень».

Класифікацій багато (рис. 2), і вони досить різноманітні з точки зору психології навчання, аксіоматики та інтуїції, законів формування досвіду, теорії інформації, законів колективної поведінки тощо. Ми зупинилися на кібернетичних моделях, розглядаючи процес навчання як деяку систему з властивими їй характеристиками перетворення інформації, ентропією інформації. Будемо вважати, що такій системі притаманні характеристики результативності. Під цими характеристиками розуміють критерії рівня навчання (або, як ми кажемо зазвичай, – ефективність процесу навчання). Такими критеріями рівня навчання можуть виступати наступні характерис-

тики (рис. 3):

- часові (час виконання дії, операції, час реакції, час, що витрачається на виправлення помилки й т.ін.);
- швидкісні (продуктивність праці, швидкість реакції, руху й т.ін. – величини, обернені часу);
- точнісні (величина помилки у міліметрах, кутах і т.ін.), кількість помилок, імовірність помилки, вірогідність точної реакції, дії й т.ін.);
- інформаційні (обсяг матеріалу, що вивчається, обсяг сприйняття й т.ін.).

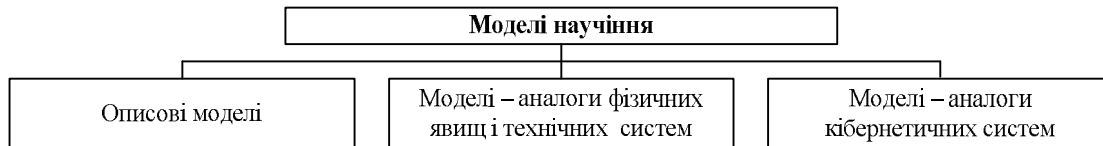


Рисунок 2 – Класифікація моделей навчання

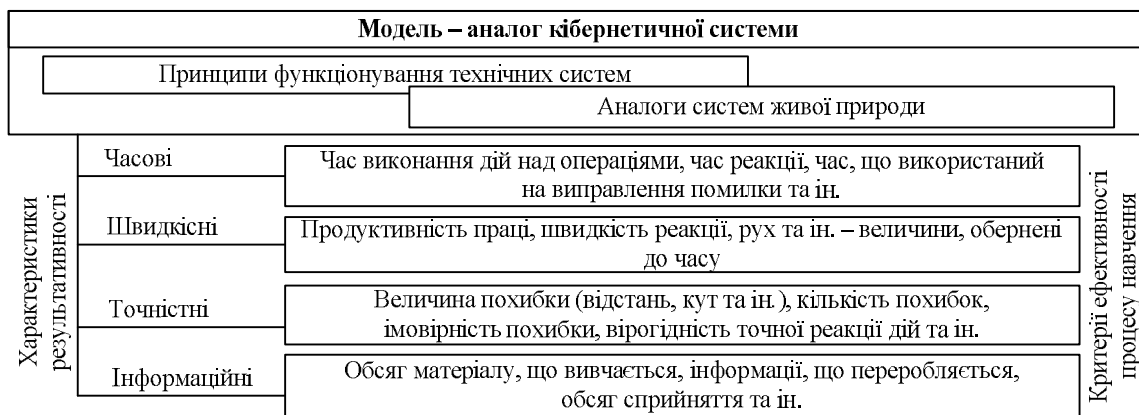


Рисунок 3 – Характеристики кібернетичних моделей

Усі характеристики мають місце. Ми зазвичай зміщуємо їх. І тоді виробити конкретну методику стає практично неможливо.

Прикладом кібернетичного підходу є запропонована динамічна модель швидкості засвоєння потоку інформації у вигляді неоднорідного диференціального рівняння другого порядку [11]:

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} + r \frac{dS}{dt} + (\alpha - c)S = H, \quad (1)$$

де  $S$  – потік інформації, що засвоюється як функція часу  $t$ ;  $r$  – коефіцієнт опору навчальному процесу,  $\alpha$ ;  $c$  – коефіцієнти забування й умовиводу;  $H$  – потік наданої інформації як функція часу  $t$ ;  $m$  – величина інертності.

Модель (1) адаптована з урахуванням обсягів та розподілу самостійної роботи відповідно до поточного розкладу та завантаження студента.

Ураховуючи, що функція  $H$  дискретна у часі, перейдемо до решітчастих функцій і запишемо (1) за різницевою схемою:

$$m \frac{S_{i+2} - 2S_{i+1} + S_i}{h^2} + r \frac{S_{i+1} - S_i}{h} + (\alpha - c)S_i = H_i, \quad (2)$$

де  $h$  – мінімальний часовий інтервал між кванта-

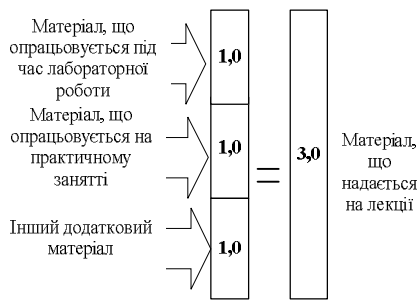
ми інформації, що надається.

Слід зазначити, що вибір кібернетичної моделі як моделі для оцінювання ефективності дозволяє на основі аналогій фізичних явищ і технічних систем, з одного боку, врахувати поточну зміну зовнішніх впливів та збурень, а з іншого – поточні зміни характеристик системи, наприклад, збільшення значення коефіцієнта умовиводу  $c$  за рахунок консультацій та самостійної роботи.

Узявши усереднені значення коефіцієнтів рівняння (1) і застосовуючи кібернетичну модель, розрахуємо засвоєння інформації у групах студентів III курсу з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем». Надання інформації здійснювалося згідно з розкладом занять. При розрахунках узяті вагові коефіцієнти інформації: лекційний матеріал (лк) – «3», практичні заняття (пр) – «1», лабораторні роботи (лб) – «1» та інші додаткові види робіт – «1» (рис. 4).

Розклад занять, що включає лекційні, лабораторні і практичні заняття, наведено на рис. 5.

З урахуванням розкладу й прийнятих вагових коефіцієнтів інформації складемо часові діаграми потоку інформації для усіх груп III курсу (рис. 6).



засвоєної інформації протягом семестру. Коефіцієнти моделі (1) беремо за їх середніми значеннями: коефіцієнт опору навчальному процесу  $r = 0,5$ ; коефіцієнт забування  $\alpha = 0,3$ ; коефіцієнт умовиводу  $c = 0,25$ ; величина інертності  $m = 0,65$ .

Криву засвоєння інформації нанесемо на діаграму потоку інформації (рис. 7), а кількісні показники процесу зведемо в табл. 1.

Рисунок 4 – Прийняті вагові коефіцієнти інформації

Використовуючи модель (1), розрахуємо обсяг

2														
3														
4		Пз 2502	Пз 2502				Пз 1318		Пз 1318		Пз 1318			
5														
Ср	16.02.2011	23.02.2011	02.03.2011	09.03.2011	16.03.2011	23.03.2011	30.03.2011	06.04.2011	13.04.2011	20.04.2011	27.04.2011	04.05.2011	11.05.2011	18.05.2011
2	Лк 2412													
3		Пз 7407	Лк 2412	Пз 7407	Лк 2412									
4			Лб2 2105а	Лб2 7007			Лк 2412		Лк 2412		Лк 2412		Лк 2412	
5														
Чт	17.02.2011	24.02.2011	03.03.2011	10.03.2011	17.03.2011	24.03.2011	31.03.2011	07.04.2011	14.04.2011	21.04.2011	28.04.2011	05.05.2011	12.05.2011	19.05.2011
3														
4														
5														
6														
7														
Пт	18.02.2011	25.02.2011	04.03.2011	11.03.2011	18.03.2011	25.03.2011	01.04.2011	08.04.2011	15.04.2011	22.04.2011	29.04.2011	06.05.2011	13.05.2011	20.05.2011
2												Лб1 7007	Лб2 7007	Лб1 7007
3												Лб2 7007	Лб1 7007	Лб2 7007
4			Лб1 7007		Лб1 7007	Лб2 7007	Лб1 7007	Лб2 7007	Лб1 7007					
5														
6														
Сб	06.02.10	13.02.10	20.02.10	27.02.10	06.03.10	13.03.10	20.03.10	27.03.10	03.04.10	10.04.10	17.04.10	24.04.10	01.05.10	08.05.10

Рисунок 5 – Розклад занять груп студентів III курсу з дисципліни «Модельовання електромеханічних систем»

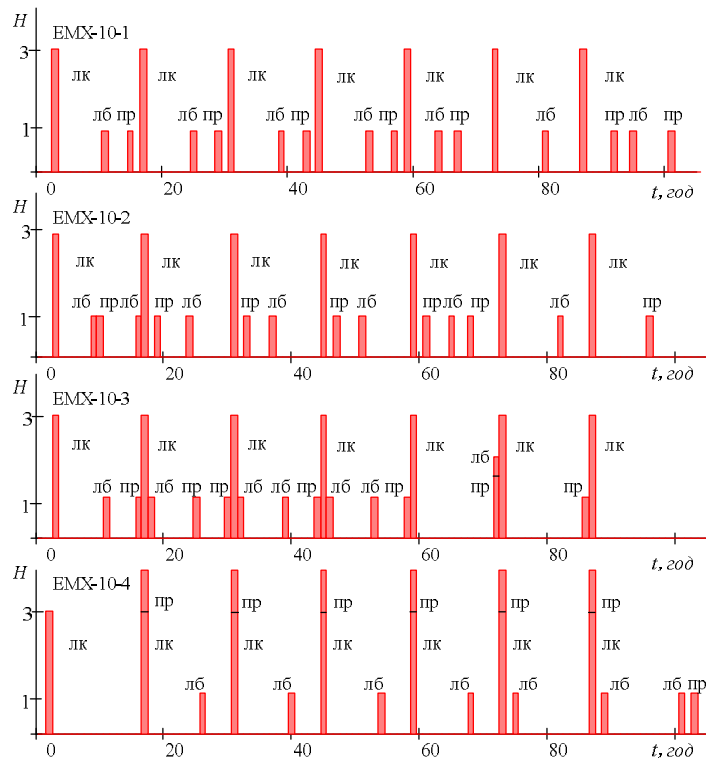


Рисунок 6 – Часові діаграми потоку інформації згідно з розкладом груп EMX з навчальної дисципліни МЕС

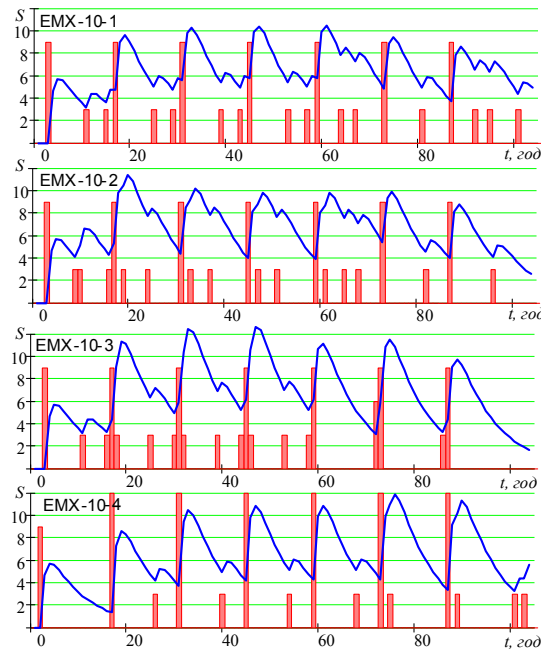


Рисунок 7 – Розрахунковий процес засвоєння інформації

Таблиця 1 – Кількісні показники процесу засвоєння інформації

Група	Обсяг засвоєної інформації	Макс. значення	Мін. значення	Середнє значення
EMX-10-1	662,7	10,4	4,9	6,4
EMX-10-2	681,0	9,76	3,86	6,5
EMX-10-3	687,6	12,45	5,2	6,6
EMX-10-4	650,4	10,87	4,23	6,3

Проаналізуємо вплив на засвоєння інформації консультаційних і додаткових занять. Аналіз будемо проводити для групи EMX-10-1. Причому консультаційні заняття (кц) будемо вводити після лекції (в), перед лабораторною роботою (б), після практичного заняття (г) (рис. 8). Рис. 8,а відповідає розклад без консультаційних занять.

Кількісні показники процесу за рис. 8 зведемо до табл. 2.

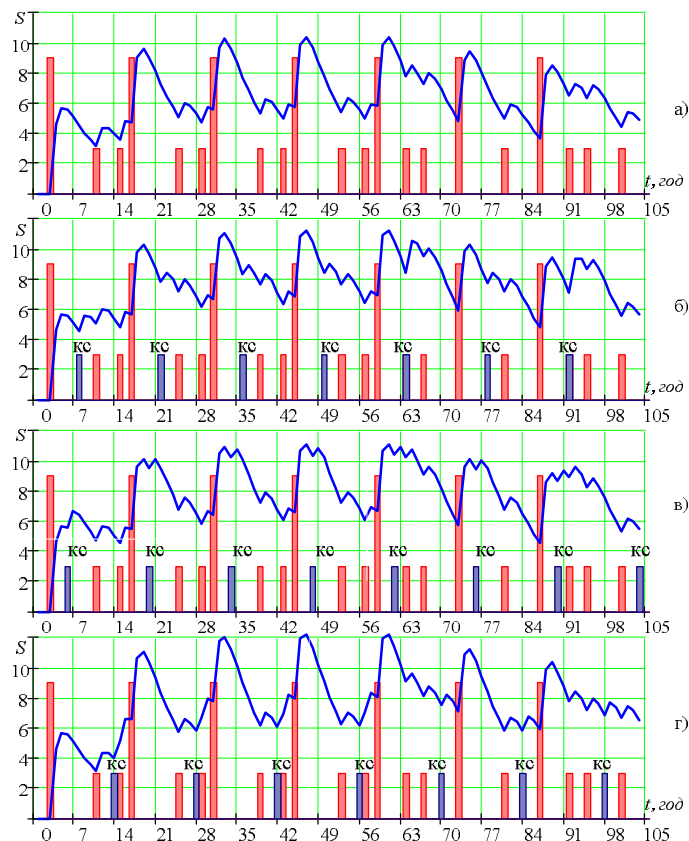


Рисунок 8 – Вплив графіка консультацій на обсяг засвоєння інформації протягом семестру

Таблиця 2 – Кількісні показники процесу засвоєння інформації

Група ЕМХ-10-1	Обсяг засвоєної інформації	Макс. значення	Мін. значення	Середнє значення
Без консультацій	662,7	10,4	4,9	6,4
Перед лаборат. роботою	796,9	11,27	6,4	7,6
Після лекції	798,2	11,07	6,1	7,7
Перед практичн. заняттям	790,5	12,23	6,2	7,6

Включаючи до занять самостійну й індивідуальну роботу (інд) зі студентами із застосуванням віртуальних лабораторних комплексів, можна збільшити значення коефіцієнта умовиводу  $c$ , зменшити

коефіцієнт опору навчальному процесу  $r$ . Тоді розрахункові процеси засвоєння інформації, наприклад, для групи ЕМХ-10-1, матимуть вигляд (рис. 9), де рис. 9,б – з консультаційними заняттями перед лабораторною роботою, рис. 9,в – із самостійною роботою на віртуальних лабораторних комплексах. За розрахунками, відбувається суттєве збільшення середнього (з 6,4 до 8,8) та загального інтегрального значення засвоєної інформації (з 662,7 до 916,8). Проводячи дослідження, зробимо припущення про сталість коефіцієнта умовиводу та його зміну до значення  $c = 0,3$ .

Кількісні показники процесу за рис. 9 зведемо в табл. 3.

Звичайно, розглянута модель більшою мірою лінійна й не враховує взаємозв'язків коефіцієнтів між собою. Наприклад, збільшення коефіцієнта умовиводу призведе до зниження коефіцієнта опору навчальному процесу.

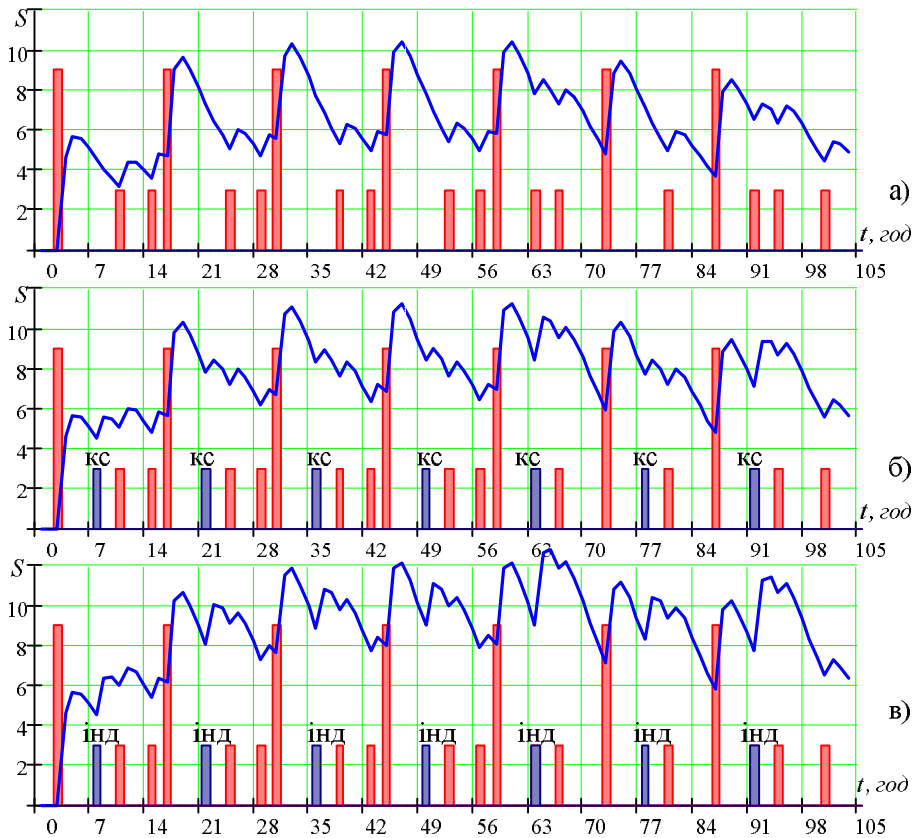


Рисунок 9 – Вплив графіка консультацій на обсяг засвоєння інформації протягом семестру

Таблиця 3 – Кількісні показники процесу засвоєння інформації

Група ЕМХ-10-1	Обсяг засвоєної інформації	Макс. значення	Мін. значення	Середнє значення
Без консультацій	662,7	10,4	4,9	6,4
З консультаціями перед лаборат. роботою	796,9	11,27	6,4	7,6
Із самостійною роботою на віртуальних лабораторних комплексах	916,8	12,11	7,9	8,8

Хоча це й зрозуміло інтуїтивно: якщо студент розуміє те, що йому викладають, він і на лекції ходить, і лабораторні робить вчасно – він хоче вчитися.

У даній роботі ми не пропонуємо реальної методики оцінювання ефективності застосування ВЛК, але показуємо можливість цього оцінювання з використанням, наприклад, коефіцієнта обсягу засвоєної інформації та як організувати роботу зі студентом, щоб коефіцієнт був якомога більшим.

Припустимо, що процес навчіння складається з трьох основних складових: знання, уміння, навички. Знання – лекції, уміння – лабораторні роботи, навички – практичні заняття. Позначимо: знання –  $Z$ , уміння –  $U$ , навички –  $N$ . Тоді засвоєна інформація буде складати відповідний обсяг (рис. 10):

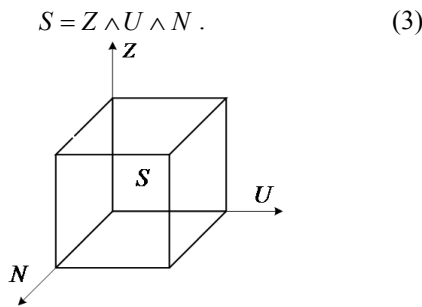


Рисунок 10 – Діаграма засвоєного обсягу інформації

Перейдемо до дискретних послідовностей

$$s_i = z_i \wedge u_i \wedge n_i. \quad (4)$$

Ураховуючи діаграми інформації за розкладом (рис. 6) та застосовуючи на періоді повторюваності (два тижні) перетворення Фур'є до складових (4), отримаємо:

– знання

$$z(t) = z_0 + \sum_{k=1}^K z_{ak} \cos(kt) + \sum_{k=1}^K z_{bk} \sin(kt); \quad (5)$$

– уміння

$$u(t) = u_0 + \sum_{k=1}^K u_{ak} \cos(kt) + \sum_{k=1}^K u_{bk} \sin(kt); \quad (6)$$

– навички

$$n(t) = n_0 + \sum_{k=1}^K n_{ak} \cos(kt) + \sum_{k=1}^K n_{bk} \sin(kt), \quad (7)$$

запишемо (4) у вигляді неперервної часової залежності:

$$s(t) = z(t)u(t)n(t). \quad (8)$$

Задаючись кількістю гармонік  $K$  для (5)–(7), отримаємо:

– для  $K = 1$

$$s(t) = s_0 + \sum_{k=1}^4 s_{ak} \cos(kt) + s_{bk} \sin(kt), \quad k = \overline{1..4}; \quad (9)$$

– для  $K = 2$

$$s(t) = s_0 + \sum_{k=1}^6 s_{ak} \cos(kt) + s_{bk} \sin(kt), \quad k = \overline{1..6}. \quad (10)$$

У загальному вигляді:

$$\{s_0, s_{ak}, s_{bk}\} = f(z_0, z_{ak}, z_{bk}, y_0, y_{ak}, y_{bk}, n_0, n_{ak}, n_{bk}). \quad (11)$$

Тепер, застосовуючи аналітичні підходи до формування заданого гармонічного складу, сформуємо рівняння (8) у вигляді

$$s(t) = s_0 + \sum_{k=0}^K s_{a(2k+1)} \cos((2k+1)t) + s_{b(2k+1)} \sin((2k+1)t), \quad (12)$$

яке має лише непарні гармоніки. Якщо сформувати їх амплітуди відповідним чином, наприклад,  $s_k \propto 1/k$ , то часова функція (12) буде наближатися до прямокутної на періоді два тижні (рис. 6), і це дозволить отримати стабільний процес навчання й засвоєння інформації.

**ВИСНОВКИ.** Аналіз результатів досліджень доводить, що використання моделей дозволяє оцінювати рівень знань студента, наприклад, на момент підсумкового чи модульного контролю, а також використовувати їх для реалізації індивідуалізації процесу навчання студента, маючи можливість прогнозувати, за який відрізок часу студент може досягти бажаного рівня навченості.

Розвинений підхід до оцінювання ефективності засвоєння інформації дозволяє спрямовано формувати не тільки самостійну, а й індивідуальну роботу студента. Застосування кібернетичних моделей дозволяє виконувати кількісне оцінювання якості процесу навчання. Такий підхід може бути покладений в основу оптимізації розкладу занять, проведення самостійної та індивідуальної роботи зі студентами. Розвиток цих підходів забезпечить отримання соціального й економічного ефекту лабораторного устаткування нового покоління – віртуальних електротехнічних лабораторних та дослідних стендів і комплексів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Guthrie E.R. The psychology of learning. – New York and London: Harper and Broth, 1935. – P. 258.
2. Bryan W.L., Harter N. Studies on the telegraphic language. The acquisition of a hierarchy of habits // Psychol. Rev. – 1899. – Iss. 6. – PP. 345–375.
3. Peterson G. Experiments in ball tossing: the significance of learning curves // J. Exp. Psychol. – 1917. – Iss. 2. – PP. 178–224.
4. Thurstone L.L. The learning curve equation // Psychol. Monogr. – 1919. – Iss. 26. – № 3. – PP. 38–42.
5. Tolman E.C. Theories of learning. Comparative Psychology / Ed. Moss F.A. – New York: Prentice Hall, 1934. – PP. 125–129.
6. Потеєв М.И. Практикум по методике обучения во вузах: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1990. – 94 с.
7. Плотнинский Ю.М. Математическое моделирование динамики социальных процессов: учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 133 с.
8. Коляда М.Г. Виды моделей, обучаемых в ав-



томатизированных обучающих системах // Искусственный интеллект. – 2008. – № 3. – С. 142–147.

9. Касярум С.О. Математичні моделі процесу навчання у вищій школі // Вісник Черкаського національного університету. Серія «Педагогічні науки». – Черкаси, 2009. – Вип. 147. – С. 146–150.

10. Ительсон Л.Б. Математическое моделирование в психологии и педагогике // Вопросы философии. – 1965. – № 3. – С. 58–68.

11. Моделирование кинетики усвоения учебного материала / Н.А. Василенко, В.Н. Евтеев, В.В. Петров // Складні системи і процеси. – 2005. – № 2. – С. 75–82.

#### MODELING THE INFORMATION LEARNING PROCESS IN TRAINING TECHNICIANS

**O. Chorny, M. Zagirnyak, Yu. Lashko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine, E-mail: apch@kdu.edu.ua

**T. Koval**

Principal of Comprehensive School 41  
vul. Spivdruzhnosti, 44-a, Kryvyi Rih, 50042, Ukraine

An approach to assessment of the efficiency of information learning has been developed. This approach makes it possible to direct the formation of not only independent work of students, but also their individual work. Application of cybernetic models enables carrying out quantitative assessment of the quality of training process. This approach can serve as a basis for optimization of lesson time-table, conducting independent and individual classes with students. Development of these approaches will result in social and economic efficiency when new generation laboratory equipment – virtual electrotechnical laboratory and testing stands and computers – is used.

**Key words:** assessment of training quality, cybernetic model, virtual laboratory complexes.

#### REFERENCES

1. Guthrie E.R. *The psychology of learning*. – New York and London: Harper and Broth, 1935. – P. 258.

2. Bryan W.L., Harter N. Studies on the telegraphic language. The acquisition of a hierarchy of habits // *Psychol. Rev.* – 1899. – Iss. 6. – PP. 345–375.

3. Peterson G. Experiments in ball tossing: the significance of learning curves // *J. Exp. Psychol.* – 1917. – Iss. 2. – PP. 178–224.

4. Thurstone L.L. The learning curve equation // *Psychol. Monogr.* – 1919. – Iss. 26. – № 3. – PP. 38–42.

5. Tolman E.C. *Theories of learning. Comparative Psychology* / Ed. Moss F.A. – New York: Prentice Hall, 1934. – PP. 125–129.

6. Poteev M.I. Practical work on training methods at higher technical educational institutions: Textbook. – М.: Vysshaya shkola, 1990. – 94 p. [in Russian]

7. Plotnitskii Yu.M. *Mathematical modeling of social processes dynamics*: Textbook. – М.: Publishing House of Moscow State University, 1992. – 133 p. [in Russian]

8. Koliada M.G. Types of trainee models in automated training systems // *Artificial intelligence*. – 2008. – № 3. – PP. 142–147. [in Russian]

9. Kasiarum S.O. Mathematical models of training process at higher school // *Herald of Cherkasy Bohdan Khmelnytskyi National University. Ser. Pedagogic sciences*. – Cherkasy, 2009. – Iss. 147. – PP. 146–150. [in Ukrainian]

10. Itelson L.B. Mathematical modeling in psychology and pedagogy // *Problems of Philosophy*. – 1965. – № 3. – PP. 58–68. [in Russian]

11. Modeling of the kinetics of instruction material learning / N.A. Vasilenko, V.N. Yevteev, V.V. Petrov // *Complex systems and processes*. – 2005. – № 2. – PP. 75–82. [in Russian]

Стаття надійшла 18.06.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Толочко О.І.