

УДК 378.096

## ФОРМУВАННЯ ГРАФІКА ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

**О. П. Чорний, Ю. В. Лашко**

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

**Т. П. Коваль**

Криворізька загальноосвітня школа І–ІІІ ступенів № 41  
вул. Співдружності, 44,а, м. Кривий Ріг, Україна. E-mail: [TetianaKoval@i.ua](mailto:TetianaKoval@i.ua)

Розглянуто питання формування навчального процесу за допомогою поєднання традиційних методів організації навчального процесу та інформаційно-комунікаційних технологій, що дозволяє оцінювати ефективність засвоєння інформації студентами та цілеспрямовано формувати аудиторну, самостійну й індивідуальну роботу та оптимізувати розклад занять. Застосування кібернетичних моделей дозволяє виконувати кількісне оцінювання якості процесу навчання для підвищення ефективності засвоєння навчального матеріалу і, як наслідок, якості навчання. Це досягається шляхом розрахунку неоднорідного диференціального рівняння динамічної моделі швидкості засвоєння потоку інформації протягом семестру й виділення на ній інтервалу повторюваності. Оптимізаційними методами визначають дату проведення консультаційних або індивідуальних занять, що забезпечить найменше значення суми квадратів відхилень від середнього значення, у розкладі занять на періоді повторюваності.

**Ключові слова:** підготовка фахівців, графік навчального процесу, консультаційні й індивідуальні заняття, моделі навчання, оптимізація.

## ФОРМИРОВАНИЕ ГРАФИКА ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

**А. П. Черный, Ю. В. Лашко**

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

**Т. П. Коваль**

Криворожская общеобразовательная школа І–ІІІ ступеней № 41  
ул. Содружества, 44,а, г. Кривой Рог, Украина. E-mail: [TetianaKoval@i.ua](mailto:TetianaKoval@i.ua)

Рассмотрен вопрос формирования учебного процесса на основе сочетания традиционных методов организации учебного процесса и информационно-коммуникационных технологий, что позволяет оценивать эффективность усвоения информации студентами и целенаправленно формировать аудиторную, самостоятельную и индивидуальную работу, оптимизировать расписание занятий. Применение кибернетических моделей расчета процесса обучения позволяет выполнять количественное оценивание качественного изменения этого процесса для повышения эффективности усвоения учебного материала и, как следствие, качество обучения. Это достигается путем расчета неоднородного дифференциального уравнения динамической модели скорости усвоения потока информации в течение семестра и выделения на ней интервала повторяемости. Оптимизационными методами определяют дату проведения консультационных или индивидуальных занятий, которая обеспечит наименьшее значение суммы квадратов отклонений от среднего значения, в расписании занятий на периоде повторяемости.

**Ключевые слова:** подготовка специалистов, график учебного процесса, консультации и индивидуальные занятия, модели обучения, оптимизация.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Питання формування графіка навчального процесу, і особливо розкладу навчальних занять, є однією з актуальних задач у системі вищої освіти. Зрозуміло, що від своєчасного подання інформації, організації лабораторних практикумів, практичних занять або семінарів залежить і рівень засвоєння інформації, рівень навченості. Вирішенню цих питань присвячено педагогічні теорії початку та середини ХХ століття, які отримали розвиток у наш час [1, 2]. Спроби підвищення ефективності навчання виконувались навіть шляхом узгодження графіків занять з біологічними ритмами суб'єктів навчання з урахуванням їх психологічного типу та проводились у різних країнах і у різні часи, наприклад, у СРСР [3]. Таке керування навчальним процесом попри переваги має один суттєвий недолік, який зводить нанівець всі такі спроби, – це неможливість застосування для всіх студентів у ВНЗ. Тому при вирішенні питання формування графіків навчального процесу керуються відомими принципами, які й застосовуються при складанні розкладів, наприклад, забезпеченість самостійної та науково-дослідної роботи передбачає чергування пар різного змісту та різних типів, розмежування лекцій з однієї й тієї дисципліни не менше, ніж на один-два дні (дві пари одного предмета або навіть пари двох близьких предметів швидше викличуть втому, ніж ті ж пари, але розділені парами іншого предмета, не близького до них), забезпечення між семінарськими чи лабораторними заняттями інтервалів не менше ніж тиждень, планування на один день не більше двох практичних занять з трудомісткою підготовкою [4, 5]. Звісно, такий підхід встановлює лише загальні вимоги до формування навчального процесу й не враховує індивідуальні психофізичні особливості та рівень професійної підготовки студентів окремої академічної групи, особливості викладання навчальних дисциплін, наприклад, технічних спеціальностей.

Метою даних досліджень є синтез таких методів і підходів до формування розкладу занять, а саме часу проведення консультацій і індивідуальних занять, які забезпечать підвищення ефективності засвоєння інформації з урахуванням психофізіологічних особливостей студентів.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** На сьогодні відома значна кількість досліджень, що пояснюють з певними припущеннями закономірності навчання для конкретних систем, у тому числі для формування необхідних показників навчального процесу [6, 7], враховують психофізіологічні властивості студента: забування, інерції, сприйняття та осмислення нової інформації тощо.

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.

Детальний теоретичний аналіз різноманітних математичних моделей наведено у [8]. Автор зазначає, що для кожного конкретного дослідження розроблено моделі: на основі теорії нечітких множин, структурно-логічні формули й графи, кореляційний і факторний аналіз тощо. Загальні підходи до побудови моделей полягають в аналізі психічних процесів та поведінки об'єкта навчання.

Прикладом підходу, який дозволяє врахувати психофізіологічні особливості студентів, є запропонована кібернетична динамічна модель швидкості засвоєння потоку інформації у вигляді неоднорідного диференціального рівняння другого порядку [9]:

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

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 квантами 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.

Використовуючи модель (1), розрахуємо обсяг 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. 1).

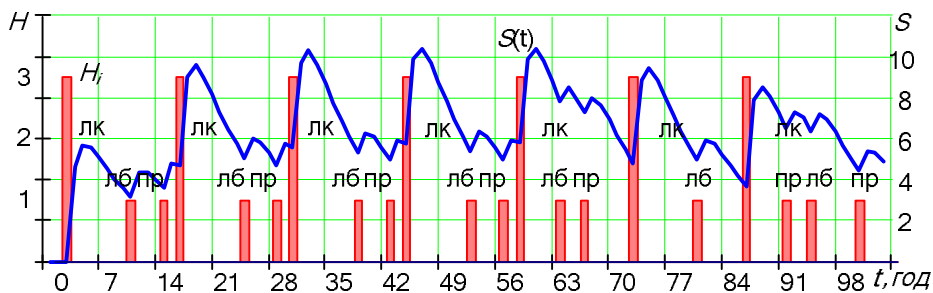


Рисунок 1 – Розрахунковий процес засвоєння інформації

Як правило вважають [9], що коефіцієнти моделі (1) є сталими параметрами. Однак у загальному випадку вони залежать від психофізіологічних параметрів суб'єктів навчання. Наприклад, коефіцієнт забування інформації  $\alpha$  є функцією часу. І взагалі, забування інформації – процес, який вивчається давно. Класичними у цьому напрямі вважаються праці Еббінгауза [10], у яких емпіричним шляхом виявлено залежність частки збереження інформації від проміжку часу. Криві забування Еббінгауза мають вигляд, наведений на рис. 2.

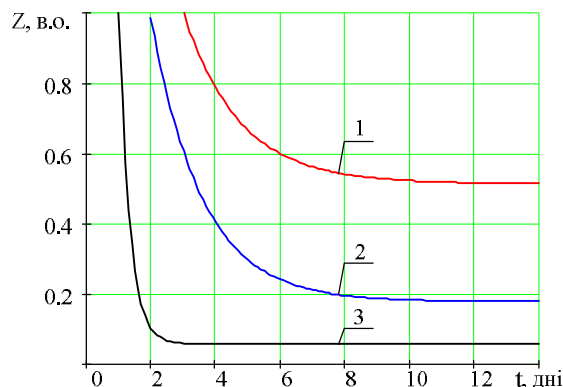


Рисунок 2 – Криві забування Еббінгауза:  
 1 – при повторенні; 2 – логічна обробка; 3 – беззмістовний матеріал

Математичний вираз кривої Еббінгауза має вигляд:

$$Z = z_1 + z_2 e^{-\frac{t}{T}},$$

де  $Z$  – відсоток збереженої інформації;  $z, T$  – коефіцієнти та стала часу моделі забування. Значення коефіцієнтів приведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри моделей забування Еббінгауза

Модель Еббінгауза	$z_1$	$z_2$	$T$
Для беззмістовного матеріалу	0,058	0,942	0,33
При логічній обробці	0,178	0,806	1,57
При повторенні	0,514	0,486	1,72

Крива 3 (рис. 2) є справедливою для одноразового отримання та сприйняття інформації. А враховуючи те, що закріплення лекційного матеріалу здійснюється на лабораторних роботах, практичних заняттях тощо, більш доцільним буде використання кривої Еббінгауза з повтореннями – крива 1 (рис. 2). Як видно з рис. 2, процес забування активно відбувається в перші 2–4 години, коли людина забуває більше 60 % отриманої інформації. Далі процес уповільнюється, і в результаті 20–30 % інформації, що залишилась, зберігається в пам'яті протягом тривалого часу. Крива ж забування з повтореннями (крива 1, рис. 2) має дещо інший вигляд і відображає іншу залежність. З рис. 2 видно, що при повторенні інформації в пам'яті на тривалий час залишається близько 50 % інформації. А на проміжку часу у 5–10 днів при повторенні зберігається 50–60 % інформації. Ураховуючи це, вважається, що за контрольний проміжок часу, який становить один тиждень, у пам'яті зберігається в середньому 55 % інформації.

Але навіть за таких психофізіологічних параметрів збереження інформації, без додаткової самостійної роботи, розрахунки кривої засвоєння інформації показують досить низькі результати (рис. 3).

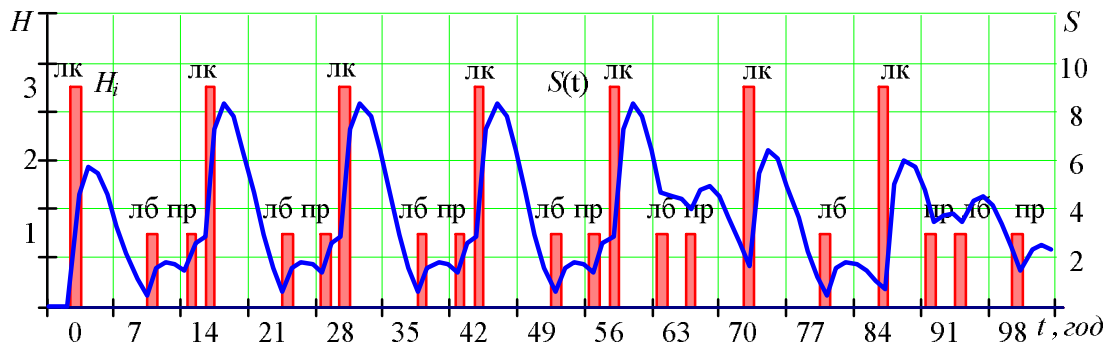


Рисунок 3 – Розрахунковий процес засвоєння інформації з урахуванням забування

Характеристики процесу засвоєння інформації не суперечать психофізіологічним параметрам, що покладені в основу моделей забування: середнє значення  $S_{ser} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i$  та суму квадратів відхилень миттєвих значень кривої засвоєння інформації від середнього значення  $\Delta S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - S_{ser})^2$  на інтервалі повторюваності, де  $N$  – кількість значень  $S_i$ . Зазначені характеристики показано в табл. 2.

Таблиця 2 – Характеристики процесу засвоєння інформації

Характеристики процесу засвоєння інформації	$S_{ser}$	$\Delta S$
Без урахування забування (рис. 1)	7,46	3,48
З урахуванням забування (рис. 3)	3,84	6,75

Якщо проаналізувати традиційні підходи та вимоги до формування навчального процесу [4, 5], можна зазначити, що формування начального процесу виконується з урахуванням побажань і пропозицій викладачів до розкладу занять на основі їх досвіду та кваліфікації, крім того, при формуванні розкладу навчальних занять у ньому не зазначаються графіки проведення консультаційних і індивідуальних занять, і тому такі підходи не забезпечують достатньої ефективності засвоєння навчального матеріалу.

Для вирішення задачі забезпечення підвищення ефективності засвоєння інформації з урахуванням психофізіологічних особливостей студентів до розкладу занять уведемо консультаційні заняття, дату проведення яких будемо визначати шляхом вирішення оптимізаційної задачі знаходження  $\Delta S \rightarrow \min$  на основі пошукових алгоритмів, наприклад, послідовного наближення, покоординатного спуску, золотого перерізу тощо на періоді повторюваності.

Як приклад, розрахуємо процеси засвоєння інформації за моделлю (2) при додатковому встановленні консультаційних занять після лекції (рис. 4), перед лабораторною роботою (рис. 5), а також перед лабораторною роботою і перед практичним заняттям (рис. 6). Характеристики процесу засвоєння інформації з установленими консультаційними заняттями показано в табл. 3.

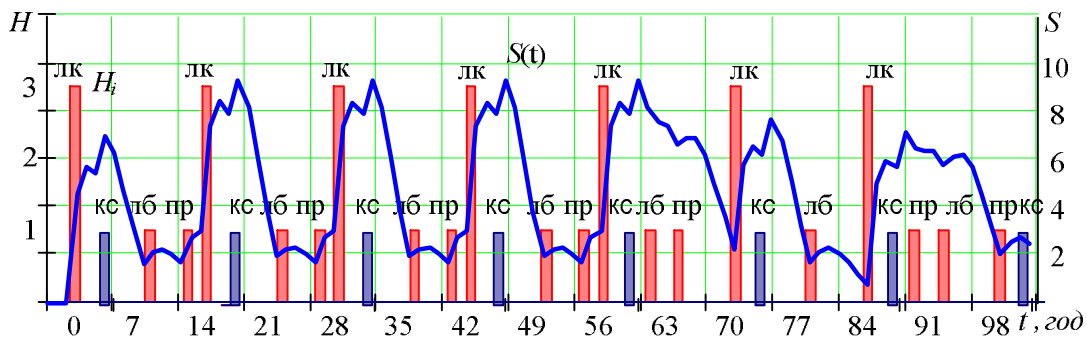


Рисунок 4 – Розрахунковий процес засвоєння інформації з урахуванням забування при додатковому встановленні консультаційних занять після лекції

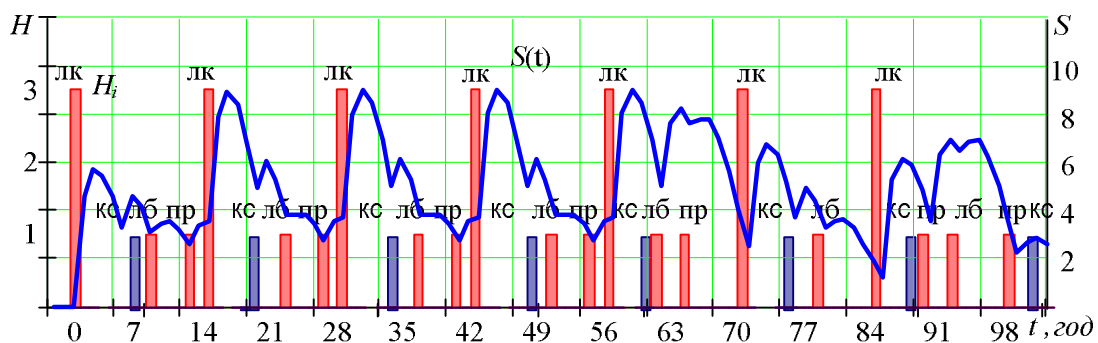


Рисунок 5 – Розрахунковий процес засвоєння інформації з урахуванням забування при додатковому встановленні консультаційних занять перед лабораторною роботою

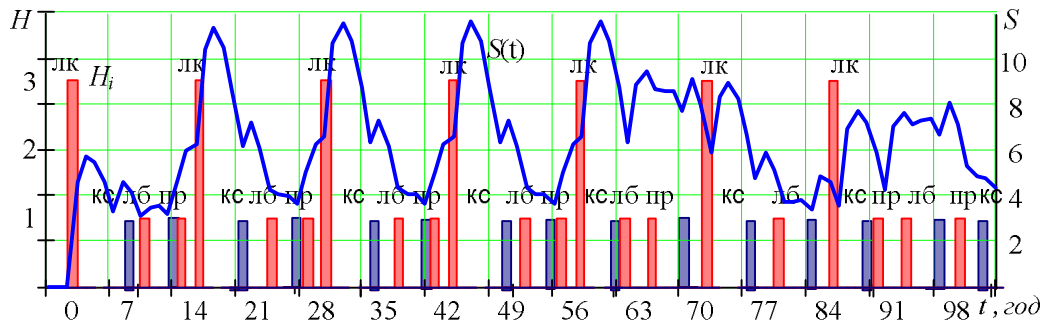


Рисунок 6 – Розрахунковий процес засвоєння інформації з урахуванням забування при додатковому встановленні консультаційних занять перед лабораторною роботою і перед практичним заняттям

Таблиця 3 – Характеристики процесу засвоєння інформації з установленими консультаційними заняттями

Характеристики процесу засвоєння інформації	$S_{ser}$	$\Delta S$
Після лекції (рис. 4)	5,00	8,19
Перед лабораторною роботою (рис. 5)	5,5	4,37
Перед лабораторною роботою і перед практичним заняттям (рис. 6)	7,24	6,78

**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. Це досягається шляхом розрахунку неоднорідного диференціального рівняння динамічної моделі швидкості засвоєння потоку інформації протягом семестру й виділення на ній інтервалу повторюваності. Оптимізаційними методами визначають дату проведення консультаційних або індивідуальних занять, яка забезпечить найменше значення суми квадратів відхилень від середнього значення, до розкладу занять на періоді повторюваності. Розвиток цих підходів забезпечить отримання соціального й економічного ефекту лабораторного устаткування нового покоління – віртуальних електротехнічних лабораторних та дослідницьких стендів і комплексів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Сергейко С.А. Теория и практика образования в СССР. История образования и педагогической мысли. – Режим доступа: [http://edu.grsu.by/books/sergeyko\\_edu/index.php /1-17-teoriya-i-praktika-obrazovaniya-v-sssr](http://edu.grsu.by/books/sergeyko_edu/index.php /1-17-teoriya-i-praktika-obrazovaniya-v-sssr)
2. Педагогическая психология. – Режим доступа: [http://imp.rudn.ru/psychology /pedagogical\\_psychology/8.html](http://imp.rudn.ru/psychology /pedagogical_psychology/8.html)
3. Сокольникова М.Н., Новичихина Е.В. Влияние биоритмов на физическую и умственную работоспособность студентов. – Режим доступа: [www.scienceforum.ru /2013/pdf/4565.pdf](http://www.scienceforum.ru /2013/pdf/4565.pdf)

4. Блістов О.М. Формування розкладу навчальних занять у ВНЗ як одна з передумов ефективного планування підготовки фахівців // Наукові записки НДУ ім. Гоголя. Психолого-педагогічні науки. – 2011. – № 1. – С. 62–64.

5. Гончаров С.М. Основи педагогічної праці. – Рівне: РДТУ, 2001. – С. 51–52.

6. Потеев М.И. Практикум по методике обучения во втузах: Учебное 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. Касярум С.О. Математичні моделі процесу навчання у вищій школі // Вісник Черкаського національного університету. Серія «Педагогічні науки». – Черкаси, 2009. – Вип. 147. – С. 146–150.

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

10. Адаптированные автоматизированные системы обучения. Модель обучаемого. – Режим доступа: <http://sites.google.com/site/adaptivnyeobucausiesistemy/model-obucaemogo>

## FORMATION OF GRAPHIC TRAINING SPECIALISTS ENGINEERING MAJORS

### **O. Chorny, Yu. Lashko**

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

### **T. Koval**

Kryvyi Rih general education school I–III degrees № 41  
vul. Spivdruzhnosti, 44,a, Kryvyi Rih, Ukraine. E-mail: [TetianaKoval@i.ua](mailto:TetianaKoval@i.ua)

The question of the formation of the learning process based on a combination of traditional methods of the educational process and information and communication technology that allows to evaluate the effectiveness of learning information students and purposefully form auditorium, independent and individual work, to optimize the schedule of classes. Application of cybernetic models for calculating the learning process allows a quantitative assessment of qualitative changes of this process to improve the efficiency of Learning and, as a consequence, the quality of teaching. This is achieved by calculating the inhomogeneous differential equation dynamic model of speed of learning the flow of information throughout the semester and isolating her recurrence interval. Optimization methods determine the date for counseling or individual lessons that will provide the least value of the sum of squared deviations from the mean, in the timetable for return periods.

**Key words:** training, dates scientist process, consultation and individual lessons, learning models, optimization.

## REFERENCES

1. Sergeyko S.A. *Theory and practice of education in the USSR. History education and pedagogical thought*. – Available at: [http://edu.grsu.by/books/sergeyko\\_edu/index.php](http://edu.grsu.by/books/sergeyko_edu/index.php) / 1-17-teoriya-i-praktika-obrazovaniya-v-sssr. [in Russian]

2. *Educational psychology*. – Available at: [http://imp.rudn.ru/psychology/pedagogical\\_psychology/8.html](http://imp.rudn.ru/psychology/pedagogical_psychology/8.html). [in Russian]

3. Sokolnikova M.N., Novichikhina E.V. *Biorhythms influence on physical and mental abilities of students*. – Available at: [www.scienceforum.ru/2013/pdf/4565.pdf](http://www.scienceforum.ru/2013/pdf/4565.pdf). [in Russian]

4. Blistov A.M. Formation schedule of classes in high school as one of the prerequisites of effective planning of training specialists // *Scientific notes Nizhyn Gogol State University. Psychological and pedagogical science*. – 2011. – № 1. – PP. 62–64. [in Ukrainian]

5. Goncharov S.M. *Fundamentals of educational work*. – Rivne: RDTU, 2001. – PP. 51–52. [in Ukrainian]

6. Poteev M.I. *Workshop on teaching in technical colleges: Textbook*. – Moscow: Vysshaya shkola, 1990. – 94 p. [in Russian]
7. Plotninsky Y.M. *Mathematical modeling of the dynamics of social processes: Textbook*. – Moscow: MGU, 1992. – 133 p. [in Russian]
8. Kasyarum S.O. Mathematical models of the learning process in higher education // *Transaction of Cherkasy National University. A series of "Teaching Science"*. – Cherkasy, 2009. – Iss. 147. – PP. 146–150. [in Ukrainian]
9. Vasilenko N.A., Evteev V.N., Petrov V.V. Modeling of the dynamics of Learning // *Complex systems and processes*. – 2005. – № 2. – PP. 75–82. [in Russian]
10. *Adapted automated training system. The student model*. – Available at: <http://sites.google.com/site/adaptivnyeobucausiesistemy/model-obucaemogo> [in Russian]



Чорний Олексій Петрович,  
д.т.н., професор,  
директор Інституту електромеханіки, енергозбереження і систем управління КрНУ,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна,  
Тел. (05366) 3-11-47.  
E-mail: [apch@kdu.edu.ua](mailto:apch@kdu.edu.ua)



Лашко Юрій Вікторович,  
к.техн.н.,  
доцент кафедри «Комп'ютерні і інформаційні системи» КрНУ,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.  
Тел. (05366) 3-11-47.  
E-mail: [lyv968@gmail.com](mailto:lyv968@gmail.com)



Коваль Тетяна Петрівна,  
директор Криворізької загальноосвітньої школи І–ІІІ ступенів № 41  
Криворізької міської ради Дніпропетровської області м. Кривий Ріг,  
вул. Співдружності, 44,а, м. Кривий Ріг, Україна.  
E-mail: [TetianaKoval@i.ua](mailto:TetianaKoval@i.ua)

Стаття надійшла 01.12.2013  
Рекомендовано до друку  
д.техн.н., проф. Загірняк М. В.