

УДК 658.5.012.1

К.С. Малишкіна<sup>1</sup>, А.Б. Єгоров<sup>1</sup>, Р.В. Лохмачьов<sup>2</sup><sup>1</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків<sup>2</sup> ДП «Харківстандартметрологія», Харків

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

В статті аналізуються моделі процесу навчання дисципліни різної складності за допомогою представленої уніфікованої моделі одиначної реалізації процесу навчання. Розглянуті моделі таких процесів, як дистанційне та індивідуальне навчання (без урахування та з урахуванням впливу викладача відповідно), для визначення їх показників якості – результативності та ефективності процесу. Застосування запропонованих моделей при рішенні проблеми підвищення якості та керованості дозволить оптимізувати процеси навчання для різних спеціальностей, реальних здібностей студентів, рівня забезпеченості процесу.

**Ключові слова:** процес навчання, одиначна реалізація процесу навчання, показники якості, коефіцієнт результативності студента, параметр викладання, ефективність процесу навчання.

### Вступ

Основною проблемою при вирішенні задачі підвищення якості освітнього процесу (ОП) частіше за все є його низька керованість. Однією з головних причин цього є відсутність достовірної та достатньої формалізованої моделі ОП, що дозволяє описати ОП як складну та цілісну систему, оцінити залежність реальних властивостей процесу від його структури, функцій, параметрів, факторів [1].

**Метою** даної роботи є формування адекватної уніфікованої моделі процесу навчання дисципліни (ПНД), що розповсюджується на опис ОП будь-якої складності.

**Предметом** дослідження є елементарний ПНД, його структура, функції, суб'єктивні та об'єктивні фактори, показники результативності, ефективності та гнучкості.

### Одиначна реалізація циклу процесу навчання дисципліни

Задамо неподільним елементом ОП одиначну реалізацію процесу навчання дисципліни (ОР ПНД) (рис. 1) – процес навчання дисципліни від однієї точки контролю до наступної. Характерною особливістю ОР ПНД є те, що цей процес має два виходи, оскільки виконує дві функції:

1) додавання нових знань, умінь і навичок (ЗУН) у вигляді моделі  $M_{вх}$  до моделі ЗУН студента;

2) порівняння вихідної моделі ЗУН студента  $M_{вих}$  з наданою моделлю  $M_{вх}$ , де різниця між ними – «образ якості» вихідної моделі ЗУН студента  $\Delta M$  – характеризує обсяг ЗУН, якого бракує студенту для відповідності встановленому рівню якості. Для можливості реальної оцінки параметрів процесу зробимо заміну моделей ЗУН ( $M_{вх}$ ,  $M_{вих}$ ,  $\Delta M$ ) на еквівалентні моделі, що представляють собою відпо-

відну кількість академічних годин, визначених у робочій програмі дисципліни ( $\tilde{M}_{вх}$ ,  $\tilde{M}_{вих}$ ,  $\Delta\tilde{M}$ ) [2].

На вхід  $i$ -ї ОР ПНД надходить вхідна модель  $\tilde{M}_{вх i}$ , для засвоєння якої (з встановленим рівнем якості – результативністю ПНД) необхідний часовий ресурс – реальні витрати (РВ). В ідеальному випадку вони рівні кількості академічних годин, визначених навчальним планом дисципліни. На величину РВ впливає параметр  $K_{п}$ , що визначає рівень якості викладання, який характеризує можливість зменшити необхідні для досягнення встановленої результативності реальні витрати. Рівень якості викладання включає в себе кваліфікацію викладача, методичну та технічну забезпеченість занять.

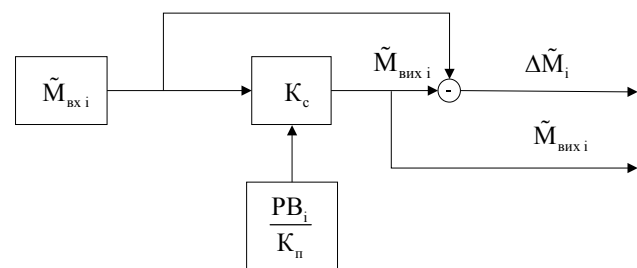


Рис. 1. Одиначна реалізація циклу процесу навчання дисципліни

На виході  $i$ -ї ОР ПНД дві величини (показника) – вихідна модель модуля  $\tilde{M}_{вих i}$  та «образ якості» вихідної моделі  $\Delta\tilde{M}_i$ . Вихідна модель модуля  $\tilde{M}_{вих i}$  одержується завдяки впливу на  $\tilde{M}_{вх i}$  параметра студента  $K_c$ , що характеризує здатність студента сприймати ЗУН, які надаються.

$$\tilde{M}_{вих i} = \tilde{M}_{вх i} \cdot K_c \quad (1)$$

Визначимо параметр студента  $K_c$  як результа-

тивність  $i$ -ї ОР ПНД. Він дорівнює відношенню досягнутого результату до вхідної моделі  $\tilde{M}_{\text{вх } i}$  [2]:

$$K_c = K_p \cdot i = \frac{\tilde{M}_{\text{вих } i}}{\tilde{M}_{\text{вх } i}}, \quad (2)$$

де  $K_c \in [0;1]$ .

Величина  $K_c$  визначає, скільки студентів знадобиться ОР ПНД, а відповідно і РВ, для досягнення необхідного рівня результативності ПНД.

«Образ якості» вихідної моделі  $\Delta\tilde{M}_i$  дорівнює:

$$\Delta\tilde{M}_i = \tilde{M}_{\text{вх } i} - \tilde{M}_{\text{вих } i}. \quad (3)$$

Залежно від необхідної (потрібної) результативності ПНД  $K_p$  потр повинні здаватися відповідні значення достатнього «образу якості»  $\Delta\tilde{M}_i$ . При  $K_p$  потр = 1 необхідно, щоб виконувалася умова  $\Delta\tilde{M}_i = 0$ . При  $K_p$  потр < 1 значення «образу якості»  $\Delta\tilde{M}_i = \Delta\tilde{M}_{\text{достат}} > 0$ . Якщо отриманий «образ якості»  $\Delta\tilde{M}_i$  вище заданого значення  $\Delta\tilde{M}_{\text{достат}}$ , то буде необхідна ще одна ОР, вхідною моделлю якої буде  $\Delta\tilde{M}_i$ . Отже, критерієм припинення ПНД є виконання

наступної умови:

$$\Delta\tilde{M}_i \leq \Delta\tilde{M}_{\text{достат}}. \quad (4)$$

У загальному випадку за допомогою представленої моделі ОР ПНД можна описати різні види навчання, такі як: процес дистанційного навчання дисципліни (ПНД(Д)) – навчається один студент без урахування впливу параметра  $K_p$ ; процес індивідуального навчання дисципліни (ПНД(І)) – навчання одного студента з урахуванням впливу параметра  $K_p$ ; процес навчання дисципліни групи студентів (ПНД(Г)) – навчання групи студентів з урахуванням впливу параметра  $K_p$ . При цьому загальна структура та функції ОР ПНД будуть однакові для кожного виду ПНД. Відмінності будуть складатися тільки в різних значеннях параметрів  $K_c$  та  $K_p$ .

Таким чином, за допомогою запропонованої моделі ОР ПНД можна описати модель як загодно складного ОП, який буде складатися з множини ОР ПНД.

На рис. 2 представлена узагальнена модель процесу індивідуального навчання дисципліни.  $\tilde{M}_M$  – модель модуля, передбаченого робочою програмою дисципліни.

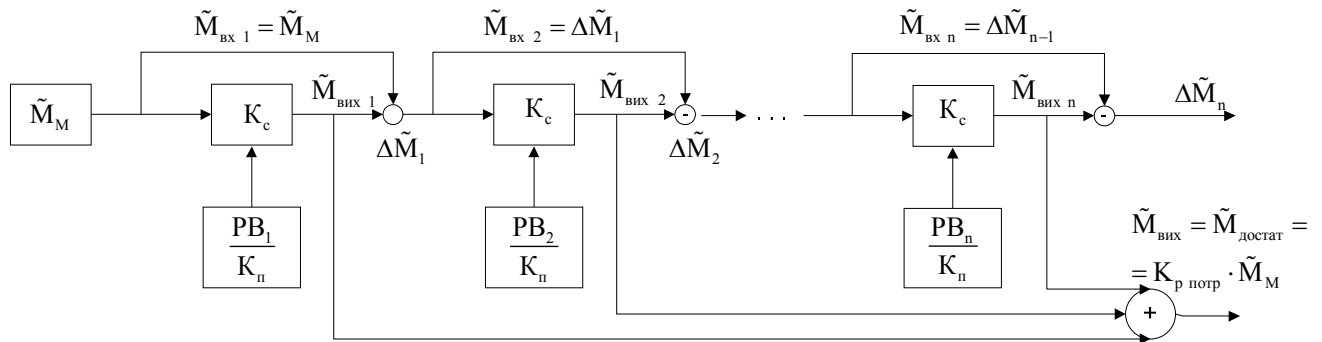


Рис. 2. Цикл процесу індивідуального навчання дисципліни

### Процес дистанційного навчання дисципліни

Розглянемо ПНД(Д) для визначення показників, що характеризують його якість. Як показник результативності ПНД(Д) визначимо коефіцієнт результативності – відношення реально доданого обсягу ЗУН до обсягу ЗУН, що додається в даному модулі. Коефіцієнт результативності ПНД(Д) характеризує процес, що завершився, який включає  $i = 1 \dots n$  ОР ПНД і є відношенням досягнутого результату до запланованого [3]:

$$K_p = \frac{\tilde{M}_{\text{вих}}}{\tilde{M}_{\text{вх}}}, \quad (5)$$

де  $K_p \in [0;1]$ .

Виходячи з вимог до достатнього рівня якості знань студента на виході ПНД, задається рівень ре-

зультативності ПНД –  $K_p$  потр. Це означає, що ПНД, на виході якого отримана  $\tilde{M}_{\text{вих}} \geq \tilde{M}_M \cdot K_p$  потр, може бути завершеним. При реалізації Болонської системи вважають, що абсолютна успішність характеризується  $K_p$  потр = 0,6, а якісна успішність –  $K_p$  потр = 0,75 [4]. Аналіз моделі (рис. 2) показує, що «образ якості»  $\Delta\tilde{M}_i$  – член ряду геометричної прогресії. Отже, сумарний «образ якості» після  $n$  одиничних реалізацій дорівнює:

$$\Delta\tilde{M}_n = \tilde{M}_M (1 - K_c)^n. \quad (6)$$

Тому, величина  $n$  – загальна кількість ОР – визначається за формулою (7).

$$n = \log_{(1-K_c)} \frac{\Delta\tilde{M}_n}{\tilde{M}_M}. \quad (7)$$

З формули (3) достатній «образ якості», при досягненні якого буде забезпечений потрібний рівень результативності, дорівнює:

$$\Delta \tilde{M}_{\text{достат}} = \tilde{M}_M (1 - K_{p \text{ потр}}). \quad (8)$$

Підставивши в (7)  $\Delta \tilde{M}_{\text{достат}}$ , отримаємо вираз для розрахунку достатньої кількості ОР ПНД ( $n_{\text{достат}}$ ) при різних значеннях  $K_c$  для досягнення потрібного рівня результативності ПНД.

$$n_{\text{достат}} = \log_{(1-K_c)}(1 - K_{p \text{ потр}}). \quad (9)$$

На рис. 3 представлена залежність необхідної (достатньої) кількості ОР ПНД  $n_{\text{достат}}$  від параметра  $K_c$ , якщо потрібний рівень результативності  $K_{p \text{ потр}} = 0,6$ .

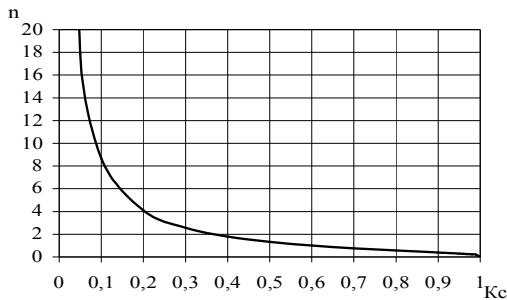


Рис. 3. Необхідна (достатня) кількість ОР ПНД для різних значень  $K_c$

Беручи до уваги те, що кількість ОР ПНД – натуральне число, то у формулі (9) слід робити округлення вгору до цілого значення.

Коефіцієнт результативності ПНД за  $n$  ОР ПНД можна обчислити виходячи з (5):

$$K_p = \frac{\tilde{M}_{\text{вих}}}{\tilde{M}_{\text{вх}}} = \sum_{i=1}^n \tilde{M}_{\text{вих } i} / \tilde{M}_{\text{вх}} = 1 - (1 - K_c)^n, \quad (10)$$

оскільки  $\tilde{M}_{\text{вих } i}$  – члени ряду геометричної прогресії, і їх сума дорівнює:

$$\sum_{i=1}^n \tilde{M}_{\text{вих } i} = \tilde{M}_M (1 - (1 - K_c)^n).$$

Розглянемо ефективність ПНД. Коефіцієнт ефективності ПНД, характеризує процес, який завершився і є відношенням результату до реальних витрат РВ [3]:

$$K_3 = \frac{\tilde{M}_{\text{вих}}}{\text{РВ}} \Big|_{K_p=K_{p \text{ потр}}} \quad (11)$$

де  $\tilde{M}_{\text{вих}} = K_p \cdot \tilde{M}_M$ .

РВ, необхідні для забезпечення  $i$ -ї ОР ПНД, дорівнюють її вхідній моделі  $\tilde{M}_{\text{вх } i}$ , а отже, «образу якості» попередньої ОР ПНД. Таким чином, сумарні РВ процесу, що завершився, дорівнюють сумі  $n$  членів ряду геометричної прогресії:

$$\text{РВ} = \sum_{i=1}^n \Delta \tilde{M}_i = \frac{\tilde{M}_M (1 - (1 - K_c)^n)}{K_c} = \frac{\tilde{M}_M \cdot K_p}{K_c} \quad (12)$$

З (11) та (12) отримаємо, що

$$K_3 = \frac{K_p \cdot \tilde{M}_M}{\text{РВ}} = K_c.$$

Таким чином, значення  $K_3$  не залежить від величини  $K_{p \text{ потр}}$ , коли немає обмежень на величину РВ.

### Процес дистанційного навчання дисципліні з обмеженими реальними витратами

Обмеження на величину РВ характеризує параметр  $(\text{РВ}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}} \in [1, m]$  – часове забезпечення ПНД – показник гнучкості ПНД. Для того щоб ПНД вважався результативним, необхідно виконання умови:  $K_p \geq K_{p \text{ потр}}$ . Вона може виконуватися тільки при деяких значеннях  $K_c$ , для яких  $(\text{РВ}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}}$  є достатнім, щоб досягти потрібного рівня результативності  $K_{p \text{ потр}}$ . З (14) отримаємо умову для визначення таких значень  $K_c$ :

$$K_c \geq \frac{K_{p \text{ потр}}}{(\text{РВ}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}}}. \quad (13)$$

Для таких значень  $K_c$  можна обчислити необхідну (достатню) кількість ОР ПНД з формули (9).

На рис. 4 представлена залежність достатнього значення  $K_c$  для заданого забезпечення  $(\text{РВ}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}}$  при різних значеннях необхідного рівня результативності ПНД.

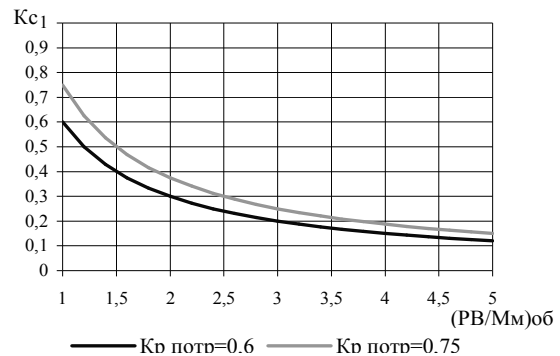


Рис. 4. Необхідне значення  $K_c$  для заданого забезпечення  $(\text{РВ}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}}$

Якщо не виконується умова (13), процес не може бути реалізований, отже, його ефективність вважається рівною нулю. Таким чином:

$$K_3 = \begin{cases} K_c, K_c \geq \frac{K_{p \text{ потр}}}{(\text{РВ}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}}}; \\ 0, K_c < \frac{K_{p \text{ потр}}}{(\text{РВ}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}}}. \end{cases} \quad (14)$$

На рис. 5 представлена залежність ефективності ПНД від параметра студента  $K_c$  для різних зна-

чень необхідного рівня результативності ПНД при обмеженому забезпеченні  $(PB/\tilde{M}_M)_{заб} \leq 2$ .

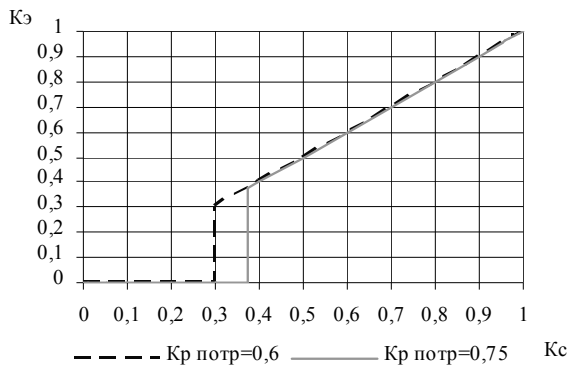


Рис. 5. Ефективність ПНД(Д) при обмеженому забезпеченні

### Процес індивідуального навчання дисципліні

Розглянемо ПНД з урахуванням рівня якості викладання. Для того, щоб підвищити ефективність ПНД(Д) і отримати  $K_3^* > K_3$  вводимо параметр викладання  $K_{\Pi} > 1$ . Визначимо рівень якості викладання як відношення необхідної (бажаної) ефективності ПНД до існуючої ефективності ПНД(Д).

$$K_{\Pi} = \frac{K_3^*}{K_3} = \frac{PB}{PB^*} \quad (15)$$

Отже, параметр викладання  $K_{\Pi}$  визначає, у скільки разів збільшується ефективність ПНД(Д), або у скільки разів зменшуються часові витрати для досягнення необхідної результативності ПНД(Д).  $K_{\Pi}$  зменшує  $PB$  ( $PB^* < PB$ ), не змінюючи результативності ПНД ( $K_p^* = K_p$  та  $K_{p\ i}^* = K_{p\ i}$ ), вхідну модель модуля ( $\tilde{M}_{вх}^* = \tilde{M}_{вх}$  і  $\tilde{M}_{вх\ i}^* = \tilde{M}_{вх\ i}$ ), вихідну модель модуля ( $\tilde{M}_{вих}^* = \tilde{M}_{вих}$  і  $\tilde{M}_{вих\ i}^* = \tilde{M}_{вих\ i}$ ), отже, кількість ОР ПНД також не змінюється ( $n^* = n$ ). Тоді для розрахунку  $K_3^*$ , а також для розрахунку  $PB^*$ , можна застосувати принцип суперпозиції:

$$PB^* = \frac{PB}{K_{\Pi}} = \frac{\sum_{i=1}^n PB_i}{K_{\Pi}} \quad (16)$$

$$K_3^* = K_3 \cdot K_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot \sum_{i=1}^n K_{3\ i} \quad (17)$$

Залежність необхідного (достатнього) часового забезпечення ПНД(І) при заданому рівні результативності  $K_{p\ потр} = 0,6$  від параметра студента  $K_c$  для різних значень параметра викладання  $K_{\Pi}$  представлена на рис. 6.

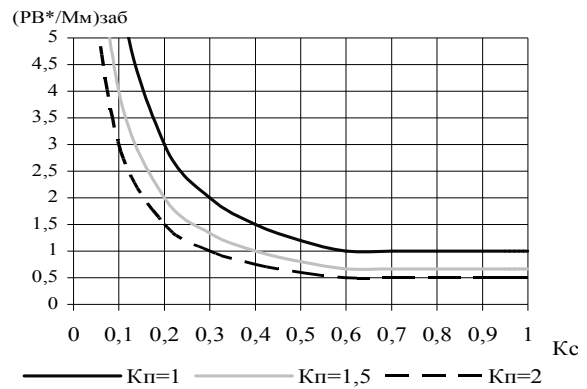


Рис. 6. Необхідне забезпечення при різних  $K_{\Pi}$

Підставивши (16) в (11), отримаємо формулу для розрахунку ефективності ПНД(І)  $K_3^*$  при необмеженому часовому забезпеченні (рис. 7):

$$K_3^* = K_c \cdot K_{\Pi} \quad (18)$$

Ефективність  $K_3^*$  не залежить від величини  $K_{p\ потр}$ , коли немає обмежень на величину  $PB$ .

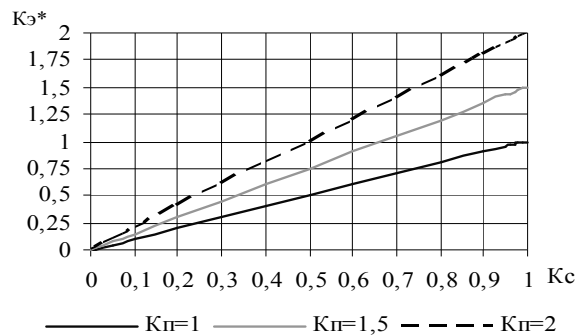


Рис. 7. Ефективність ПНД(І) при різних  $K_{\Pi}$

### Процес індивідуального навчання дисципліні при обмежених реальних витратах

При обмеженій величині  $(PB/\tilde{M}_M)_{заб}$  умова  $K_p \geq K_{p\ потр}$  може виконуватися тільки при деяких значеннях  $K_c$ . З (12) та (16) отримаємо вираз для визначення таких значень  $K_c$ :

$$K_c \geq \left(1 / \left(PB / \tilde{M}_M\right)_{заб}\right) \cdot \left(K_{p\ потр} / K_{\Pi}\right) \quad (19)$$

Для таких значень  $K_c$  можна обчислити необхідну кількість ОР ПНД за формулою (9). На рис. 8 представлена залежність необхідного (достатнього) значення  $K_c$  від заданого забезпечення  $(PB/\tilde{M}_M)_{заб}$  для досягнення потрібного рівня результативності ПНД  $K_{p\ потр} = 0,6$  при різних значеннях параметра викладання  $K_{\Pi}$ .

Якщо не виконується умова (19), процес не може бути реалізований, тому його ефективність вважається рівною нулю.

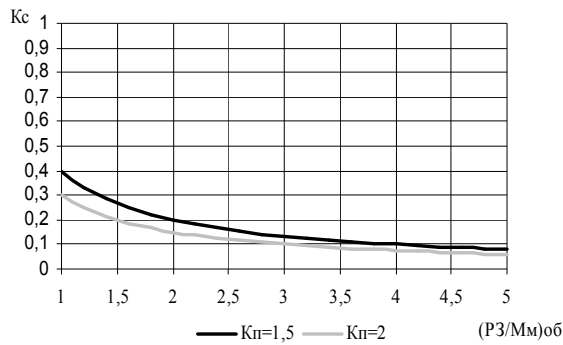


Рис. 8. Необхідні значення  $K_c$  для заданого забезпечення при різних  $K_{\Pi}$

$$K_3 = \begin{cases} K_c \cdot K_{\Pi}, K_c \geq \frac{1}{(P\tilde{V}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}}} \cdot \frac{K_{\text{р потр}}}{K_{\Pi}}; \\ 0, K_c < \frac{1}{(P\tilde{V}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}}} \cdot \frac{K_{\text{р потр}}}{K_{\Pi}}. \end{cases} \quad (20)$$

На рис. 9 представлена залежність ефективності ПНД(I) від параметра студента  $K_c$  для потрібного рівня результативності  $K_{\text{р потр}} = 0,6$  ПНД при обмеженому забезпеченні  $(P\tilde{V}/\tilde{M}_M)_{\text{заб}} \leq 2$  для різних значень параметра викладання  $K_{\Pi}$ .

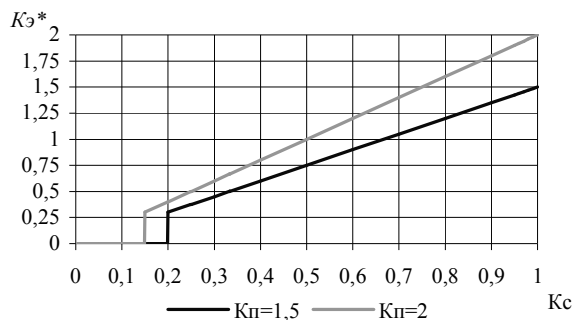


Рис. 9. Ефективність ПНД(I) при обмеженому забезпеченні для різних  $K_{\Pi}$

## Висновки

1) Застосування запропонованих моделей при вирішенні проблеми підвищення якості і підвищення керованості дозволить оптимізувати процеси освіти для реальних спеціальностей, реальних здібностей студентів, рівня забезпеченості процесу. У даній роботі розглядалася модель індивідуального навчального процесу, яка буде служити основою для моделювання групового та масового навчального процесу.

2) Запропонована уніфікована модель ОР ПНД дозволяє проводити аналіз моделей ПНД різної складності (різна кількість кредитів, перевірючих занять протягом модуля та ін.), зберігаючи при цьому методологію оцінки результативності, ефективності та гнучкості.

3) Достовірність запропонованих моделей підтверджується їх логічною відповідністю реальним освітнім процесам.

## Список літератури

1. Лямец В.И. Системный анализ. Вводный курс / В.И. Лямец, А.Д. Тевяшев. – Х.: ХТУРЭ, 2004. – 448 с.
2. Егоров А.Б. Моделирование оценок качества образовательного процесса / А.Б. Егоров, Н.С. Лесная, Е.С. Малышкина // Якість освіти – управління, сертифікація, визнання: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – С. 53-56.
3. Кане М.М. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учебное пособие / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков, А.Г. Схиртладзе. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.

Надійшла до редколегії 30.07.2010

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. О.В. Прокопов, Національний університет цивільного захисту України, Харків.

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ

Е.С. Малышкина, А.Б. Егоров, Р.В. Лохмачёв

В статье анализируются модели процесса обучения дисциплине различной сложности с помощью представленной унифицированной модели единичной реализации процесса обучения. Рассмотрены модели таких процессов, как дистанционное и индивидуальное обучение (без учета и с учетом влияния преподавателя соответственно), для определения их показателей качества – результативности и эффективности процесса. Применение предложенных моделей при решении проблемы повышения качества и управляемости позволит оптимизировать процессы обучения для различных специальностей, реальных способностей студентов, уровня обеспеченности процесса.

**Ключевые слова:** процесс обучения, единичная реализация процесса обучения, показатели качества, коэффициент результативности студента, параметр преподавания, эффективность процесса обучения.

## THE MODEL OF AN EDUCATIONAL PROCESS OF DISCIPLINE

K.S. Malyshkina, A.B. Egorov, R.V. Lohmachev

In the given work the models of varying complexity educational process were analyzed by using the unified model of the unit of an educational process. The models of processes such as distance (with a glance the influence of teachers) and individual training (no metering the influence of teachers) were considered to determine their quality coefficients – effectiveness and efficiency of the process. Application of the proposed models for solving the problem of improving the quality and controllability will make it possible to optimize an educational process for the real specialties, real abilities of the students and provision levels of the process.

**Keywords:** educational process, the unit of an educational process, quality coefficients, coefficient of student' efficiency, parameter of teaching, effectiveness of an educational process.