

А.Б. ЕГОРОВ, канд. техн. наук, проф. ХНУРЭ
Е.С. МАЛЫШКИНА, аспирант ХНУРЭ
О.Е. ГИНИЯТОВА, студ. ХНУРЭ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

У статті запропоновано уніфіковану модель одиничної реалізації процесу освіти, яка дозволяє проводити аналіз моделей процесу освіти різної складності. Застосування запропонованої моделі при рішенні проблемі підвищення якості та керованості дозволить оптимізувати процеси освіти для різних спеціальностей, реальних здібностей студентів, рівня забезпеченості процесу.

The unified model of the unit of an educational process was provided. It enables the analysis of varying complexity models of an educational 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.

Введение. Основной проблемой при решении задачи повышения качества образовательного процесса (ОП) чаще всего является его низкая управляемость. Одной из главных причин этого служит отсутствие достоверной и достаточно формализованной модели ОП, позволяющей описать ОП как сложную и целостную систему, оценить зависимость реальных свойств процесса от его структуры, функций, параметров, факторов с целью получения достоверной информации для эффективного управления ОП [1].

Полный ОП в общем случае является совокупностью изучения нескольких дисциплин. В рамках каждой дисциплины ОП представляет собой повторяющиеся циклы приобретения (накопления) студентом знаний, умений и навыков (ЗУН) и контроля ЗУН. ОП различных дисциплин отличаются друг от друга сложностью структуры, но при этом все они включают в себя ограниченное число элементарных циклов ОП – лекции, практические занятия, лабораторные работы, каждый из которых завершается точкой контроля.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является формирование адекватной унифицированной модели процесса обучения дисциплине (ПОД), распространяющейся на описание ОП любой сложности.

Предметом исследования являются показатели результативности, эффективности и гибкости ПОД и влияющие на них факторы.

В данной статье исследуется ПОД для одного студента, полностью обеспеченный методически и технически, но не рассматривается влияние преподавателя на личность студента. Условно этот случай назван дистанционным обучением.

Еди́ничная реализация цикла процесса обучения дисциплине. Зададим неделимым элементом ОП единичную реализацию процесса обучения дисциплине (ЕР ПОД) (рис.1), которая представляет собой процесс обучения дисциплине от одной точки контроля до следующей. ЕР ПОД имеет два выхода, поскольку выполняет две функции:

1) добавление новых знаний, умений и навыков (ЗУН) в виде модели M_{ex} к модели ЗУН студента;

2) сравнение выходной модели ЗУН студента $M_{вых}$ с предоставленной моделью M_{ex} , где разница между ними – «образ качества» выходной модели ЗУН студента ΔM – характеризует объем ЗУН, недостающий студенту для соответствия установленному уровню качества.

Для возможности реальной оценки параметров процесса произведем замену моделей ЗУН (M_{ex} , $M_{вых}$, ΔM) на эквивалентные модели, представляющие собой соответствующее количество академических часов, определенных в рабочей программе дисциплины (\tilde{M}_{ex} , $\tilde{M}_{вых}$, $\Delta\tilde{M}$) [2].

На вход i -ой ЕР ПОД поступает входная модель $\tilde{M}_{ex i}$, для усвоения которой (с установленным уровнем качества – результативностью ПОД) необходим временной ресурс – реальные затраты ($PЗ$).

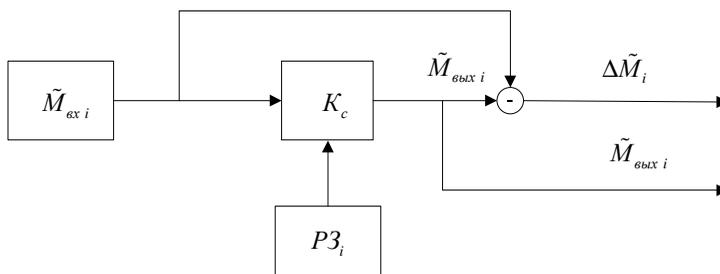


Рис. 1 Еди́ничная реализация цикла процесса дистанционного обучения дисциплине

На выходе i -ой ЕР ПОД две величины – выходная модель модуля $\tilde{M}_{вых i}$ и «образ качества» выходной модели $\Delta\tilde{M}_i$.

Выходная модель модуля $\tilde{M}_{вых i}$ получается при воздействии на $\tilde{M}_{ex i}$ параметра студента K_c , характеризующего способность студента воспринимать предоставляемые ЗУН.

$$\tilde{M}_{вых i} = \tilde{M}_{ex i} \cdot K_c \quad (1)$$

Определим параметр студента K_c как результативность i -ой ЕР ПОД, которая равна отношению достигнутого результата ко входной модели $\tilde{M}_{ex\ i}$ [2].

$$K_c = K_{p\ i} = \frac{\tilde{M}_{вых\ i}}{\tilde{M}_{ex\ i}}, \quad (2)$$

где $K_c \in [0;1]$.

Величина K_c определяет, сколько студенту понадобится ЕР ПОД, а соответственно и $PЗ$, для достижения требуемого уровня результативности ПОД. Если требуется $K_p = 1$, а реальный $K_c < 1$, то этот же K_c определяет необходимое количество ЕР ПОД, а, следовательно, и $PЗ$.

«Образ качества» выходной модели $\Delta\tilde{M}_i$ равен:

$$\Delta\tilde{M}_i = \tilde{M}_{ex\ i} - \tilde{M}_{вых\ i}. \quad (3)$$

В зависимости от требуемой результативности ПОД $K_{p\ треб}$, должны задаваться соответствующие значения достаточного «образа качества» $\Delta\tilde{M}_{достат}$. Если полученный «образ качества» $\Delta\tilde{M}_i$ выше заданного значения $\Delta\tilde{M}_{достат}$, значит, потребуется еще одна ЕР, входной моделью которой будет $\Delta\tilde{M}_i$. Следовательно, критерием завершения ПОД является:

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

На рис. 2 представлена обобщенная модель процесса дистанционного обучения дисциплине.

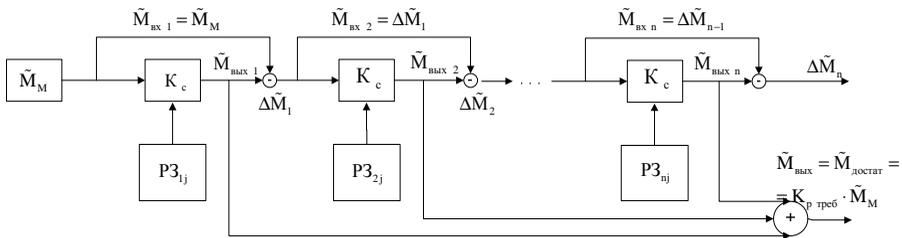


Рис. 2 Процесс дистанционного обучения дисциплине

Здесь \tilde{M}_M – модель модуля, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

В общем случае с помощью представленной модели ЕР ПОД можно описать различные виды обучения, такие как: процесс дистанционного обучения дисциплине (ПОД(Д)) – обучается один студент без учета влияния параметра K_n ; процесс индивидуального обучения дисциплине (ПОД(И)) – обучение одного студента с учетом влияния параметра K_n ; процесс обучения дисциплине группы студентов (ПОД(Г)) – обучение группы студентов с учетом влияния параметра K_n . При этом общая структура и функции ЕР ПОД будут одинаковы для каждого вида ПОД. Отличия будут только в различных значениях параметров K_c и K_n .

Таким образом, с помощью предложенной модели ЕР ПОД можно описать модель сколь угодно сложного ОП, который будет состоять из множества ЕР ПОД.

Процесс дистанционного обучения дисциплине с абсолютной результативностью. В качестве показателя результативности ПОД(Д) определим коэффициент результативности – отношение реально добавленного объема ЗУН к добавляемому в данном модуле. Коэффициент результативности ПОД(Д) характеризует завершившийся процесс, который включает $i = 1 \dots n$ ЕР ПОД и является отношением достигнутого результата к запланированному [3]:

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

где $K_p \in [0; 1]$.

Исходя из требований к достаточному уровню качества знаний студента на выходе ПОД, задается уровень результативности ПОД – $K_{p \text{ треб}}$. Это означает, что ПОД, на выходе которого получена

$$\tilde{M}_{\text{вых}} \geq \tilde{M}_M \cdot K_{p \text{ треб}}, \quad (6)$$

считается завершенным.

Анализ модели (рис. 2) показывает, что «образ качества» $\Delta \tilde{M}_i$ – член ряда геометрической прогрессии. Следовательно, суммарный «образ качества» после n единичных реализаций равен:

$$\Delta \tilde{M}_n = \tilde{M}_M (1 - K_c)^n, \quad (7)$$

Величина n – общее количество ЕР – определяется из формулы:

$$n = \log_{(1-K_c)} \frac{\Delta \tilde{M}_n}{\tilde{M}_M}. \quad (8)$$

Исходя из (3) $K_{p \text{ преб}} = 1$ при $\Delta \tilde{M}_n = \tilde{M}_M - \sum_{i=1}^n \tilde{M}_{\text{вых } i} = 0$. Однако, если $\Delta \tilde{M}_n = 0$, то $n = \log_{(1-K_c)} 0$, что противоречит определению логарифма. Поэтому требуется задать значение $\Delta \tilde{M}_n \rightarrow 0$.

Поскольку $\Delta \tilde{M}_n$ равен количеству академических часов, которое (количество) характеризует объем ЗУН, недостающий студенту для соответствия установленному уровню качества, то будем считать, что $K_p = 1$ при условии: $\Delta \tilde{M}_n \in (0;1)$. Для удобства вычисления условием достижения $K_p = 1$ зададим $\Delta \tilde{M}_i = 1$, но учтем, что при этом необходима еще одна ЕР ПОД. Номер ЕР ПОД, при которой $\Delta \tilde{M}_n \in (0;1)$ запишем как $n|_{\Delta \tilde{M}_n \in (0;1)}$, а номер ЕР ПОД, при которой $\Delta \tilde{M}_n = 1$ запишем как $n|_{\Delta \tilde{M}_n = 1}$, тогда

$$n|_{\Delta \tilde{M}_n \in (0;1)} = n|_{\Delta \tilde{M}_n = 1} + 1 = (\log_{(1-K_c)} \frac{1}{\tilde{M}_M}) + 1. \quad (9)$$

На рис. 3 представлена зависимость необходимого количества ЕР ПОД $n|_{\Delta \tilde{M}_n \in (0;1)}$ от параметра студента K_c при требуемом уровне результативности $K_{p \text{ преб}} = 1$ для различных значений модели модуля \tilde{M}_M .

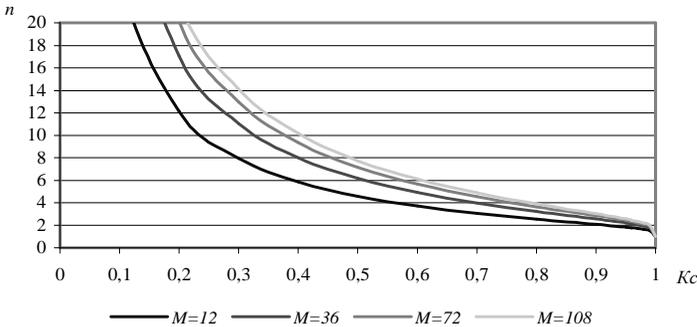


Рис. 3 Необходимое количество ЕР ПОД для различных значений K_c

Принимая во внимание то, что $i \in [1; n]$ и i – натуральные числа, в формуле (9) требуется округление вниз n (т.к. учтем, добавленную для выполнения условия $\Delta \tilde{M}_n \in (0; 1)$, ЕР ПОД).

В качестве показателя эффективности ПОД(Д) определим коэффициент эффективности, который характеризует завершившийся процесс и является отношением результата к реальным затратам $PЗ$ [3]:

$$K_э = \frac{\tilde{M}_{\text{вых}}}{PЗ} \Bigg|_{K_p = K_p \text{ треб}} \quad (10)$$

$PЗ$, необходимые на обеспечение i -той ЕР ПОД, равны ее входной модели $\tilde{M}_{\text{вх } i}$, а, следовательно, «образу качества» предыдущей ЕР ПОД. Таким образом, суммарные $PЗ$ завершеного процесса будут равны сумме n членов ряда геометрической прогрессии:

$$PЗ = \sum_{i=1}^n \Delta \tilde{M}_i = \frac{\tilde{M}_M (1 - (1 - K_c)^n)}{K_c}, \quad (11)$$

Из (10) и (11) получим выражение для расчета коэффициента эффективности ПОД(Д):

$$K_э = \frac{\tilde{M}_M}{PЗ} = \frac{\tilde{M}_M \cdot K_c}{\tilde{M}_M (1 - (1 - K_c)^n)} = \frac{K_c}{1 - (1 - K_c)^{\left[\log_{(1-K_c)} \frac{1}{\tilde{M}_M} \right] + 1}} \quad (12)$$

Если пренебречь округлением необходимого для достижения $K_p \text{ треб} = 1$ количества реализаций цикла ПОД(Д) n и упростить (12), то:

$$K_э = \frac{K_c}{1 - (1 - K_c)^{\left(\log_{(1-K_c)} \frac{1}{\tilde{M}_M} \right) + 1}} = \frac{K_c}{1 - \frac{1}{\tilde{M}_M} (1 - K_c)} \quad (13)$$

На рисунке 4 представлена зависимость коэффициента эффективности ПОД(Д) от параметра студента для различных значений \tilde{M}_M при $K_p \text{ треб} = 1$.

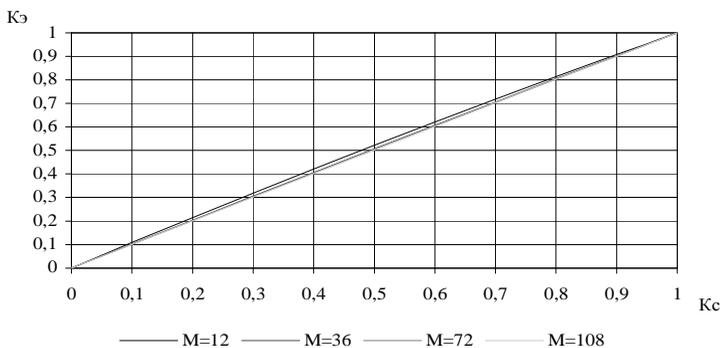


Рис. 4 – Эффективность ПОД(Д) при $K_{p \text{ треб}} = 1$

K_9 при $K_{p \text{ треб}} = 1$ слабо зависит от величины модели модуля \tilde{M}_M . Так $\max \Delta K_9 = K_9|_{\tilde{M}_M=12} - K_9|_{\tilde{M}_M=108} = 0,0385$ при $K_c = 0,6$.

Процесс дистанционного обучения дисциплине с заданной результативностью. Рассмотрим случай, когда задается $K_{p \text{ треб}} < 1$.

$$\tilde{I}_{\hat{a} \hat{a} \hat{o}} = \hat{E}_{\hat{o}} \cdot \tilde{M}_M \quad (14)$$

Исходя из (3) и (6) достаточный «образ качества», при достижении которого будет обеспечен требуемый уровень результативности, будет равен:

$$\Delta \tilde{M}_{\text{достат}} = \tilde{M}_M (1 - K_{p \text{ треб}}). \quad (15)$$

Подставив в (8) $\Delta \tilde{M}_{\text{достат}}$, получим выражение для расчета достаточного количества ЕР ПОД ($n_{\text{достат}}$) при различных значениях K_c для требуемого уровня результативности ПОД.

$$n_{\text{достат}} = \log_{(1-K_c)} (1 - K_{p \text{ треб}}). \quad (16)$$

Принимая во внимание то, что количество ЕР ПОД – натуральное число, то в формуле (16) требуется округление вверх до целого значения.

Из (3), (10), (11), (14) получим, что:

$$K_y = \frac{K_\delta \cdot \tilde{M}_M}{\mathcal{E}\zeta} = \frac{(1 - (1 - \hat{E}_{\tilde{n}})^n) \cdot \tilde{M}_M}{\mathcal{E}\zeta} = \hat{E}_{\tilde{n}}. \quad (17)$$

Таким образом, при $K_p \geq K_{p \text{ треб}}$, $K_y = K_c$ и значение K_y не зависит от величины $K_{p \text{ треб}}$, когда нет ограничений на величину $PЗ$.

Процесс дистанционного обучения дисциплине с различным количеством контрольных точек. Ранее рассматривалась модель, в которой первое оценивание ЗУН студентов происходит после изложения всей модели модуля \tilde{M}_M . Рассмотрим случай, когда \tilde{M}_M содержит N контрольных точек (КТ). Предполагается, что все КТ производятся через одинаковый интервал времени, тогда цикл ПОД содержит N циклов ПОД_{*j*}, на вход каждого из которых поступает $\tilde{M}_{\text{ex } j} = \frac{1}{N} \cdot \tilde{M}_M$. Тогда на выходе ПОД_{*j*} получаем

$$\tilde{M}_{\text{вых } j} = K_{p \text{ треб}} \cdot \frac{1}{N} \tilde{M}_M.$$

На рисунке 5 представлен цикл ПОД, содержащий N контрольных точек.

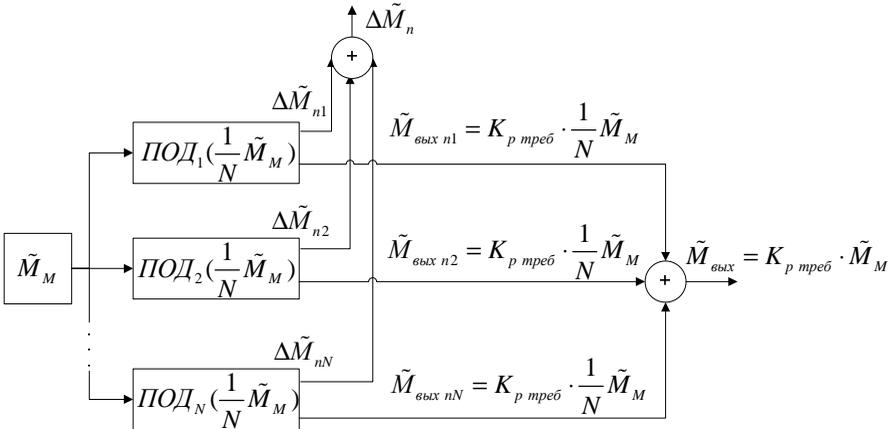


Рис. 5 – Цикл ПОД с N контрольными точками

«Образ качества», полученный на выходе j -го цикла ПОД равен:

$$\Delta\tilde{M}_{n_j} = \frac{1}{N} \tilde{M}_M (1 - K_c)^n, \quad (18)$$

т.о., реальные затраты на реализацию j -го цикла ПОД, аналогично (13), будут равны

$$PЗ_j = \sum_{i=1}^n \Delta\tilde{M}_i = \frac{\frac{1}{N} \tilde{M}_M (1 - (1 - K_c)^n)}{K_c}. \quad (19)$$

Суммарные $PЗ$, необходимые для реализации всего цикла ПОД:

$$PЗ = \sum_{j=1}^N PЗ_j = \frac{\tilde{M}_M (1 - (1 - K_c)^n)}{K_c}. \quad (20)$$

Тогда из (10), (20) получим эффективность всего ПОД:

$$K_э = \frac{K_{pc} \cdot \tilde{M}_M}{PЗ} = K_c.$$

Таким образом, эффективность ПОД не зависит от содержащегося в нем количества КТ. Однако если оценивание ЗУН студента происходит после изложения части модели модуля \tilde{M}_M , то это позволяет раньше получить информацию о K_c , и применить, в случае необходимости, корректирующие действия.

Данный вывод справедлив и для случая, когда КТ производятся через разные интервалы времени.

Процесс дистанционного обучения дисциплине с различным количеством кредитов. Аналогично можно доказать, что на эффективность ПОД не влияет количество кредитов.

$$PЗ = \frac{k \cdot \tilde{M}_M (1 - (1 - K_c)^n)}{K_c}, \quad (21)$$

где k – количество кредитов (модулей), из которых состоит дисциплина.

$$K_э = \frac{(1 - (1 - K_c)^n) \cdot k \cdot \tilde{M}_M}{PЗ} = K_c.$$

Выводы

- 1) Предложенная унифицированная модель ЕР ПОД позволяет проводить анализ моделей ПОД различной сложности (различное число кредитов, различное число контрольных точек в течение модуля и др.), сохраняя при этом методологию оценки результативности, эффективности, гибкости.
- 2) Показано, что коэффициент эффективности при требуемой абсолютной результативности слабо зависит от величины модели модуля.
- 3) При требуемом уровне результативности процесса ПОД, меньшем единицы, его эффективность не зависит от входной модели модуля.
- 4) Эффективность ПОД не зависит от количества кредитов и контрольных точек, а полностью описывается величиной параметра студента. Однако наличие контрольных точек позволяет раньше получить информацию о параметре студента, и применить, в случае необходимости, корректирующие действия.

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

Статья представлена проф. НТУ «ХПИ» Кондрашовым С.И.

Поступила в редакцию 07.06.2010