

## ПОСТРОЕНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

*Е.Н. Рябинова*, <sup>1</sup>*Б.А. Титов*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет,  
4430100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244,

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет им ак. С.П Королева.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34

E-mail: *ssau@ssau.ru*

*Показано, что учет инерционных свойств процесса усвоения знаний и свойства насыщения, обусловленных психофизиологическими особенностями человеческого организма, выполненный при разработке модели усвоения учебной информации учащимися, указывает на тот факт, что процесс усвоения учебной информации студентами протекает с различной скоростью в разные временные отрезки внутри заданного периода обучения. Представленная формализация обучения в виде процесса с переменной скоростью усвоения, различной у разных учащихся и различной для задач разной сложности, позволяет по сути дела перераспределить объем всего учебного массива информации внутри заданного временного интервала наиболее рациональным и приемлемым для усвоения образом.*

**Ключевые слова:** *студенты, траектория обучения, адаптивные персонализированные системы обучения.*

Математическая модель процесса усвоения учебного материала студентами связывает три потока информации: транслируемую учебную информацию  $Z(t)$ , мотивационную составляющую учебной информации  $M(t)$  и усваиваемую учебную информацию  $Y(t)$ . Эти потоки находятся в определенном балансе и определяют суть процесса усвоения учебного материала в дидактической системе [3].

Важно отметить, что потоки информации должны быть измеримы и исчисляются они учебными элементами (УЭ). Таким образом, в качестве предмета моделирования выступает процесс усвоения заранее структурированного по ключевым метрикам  $\psi d$ -матрицы учебного материала, представленного в виде измеримого массива информации (набора УЭ) [4].

Мотивационная составляющая учебной информации, измеряемая числом усвоенных УЭ, представляет собой ряд специально подобранных задач и примеров из выбранной квалификационной области знаний. Учащийся, усваивающий мотивационные задачи, более осмысленно воспринимает и абстрактный учебный материал.

Модель усвоения учебного материала представляет собой систему линейных дифференциальных уравнений двенадцатого порядка следующего вида [1]:

---

<sup>1</sup> *Рябинова Елена Николаевна* (к.т.н.), доцент кафедры высшей математики и прикладной информатики. *Титов Борис Александрович* (к.т.н.), декан факультета логистики, профессор каф. логистики в авиационном транспорте.

$$\left. \begin{aligned} T_{ij}^2 \frac{d^2 Y_j(t)}{dt^2} + 2T_{ij} \xi_{ij} \frac{dY_j(t)}{dt} + Y_j(t) &= k_{ij} \frac{dZ_j(t)}{dt} + M_j(t), \\ T_{M_{ij}} \frac{dM_j(t)}{dt} + M_j(t) &= k_{ij}^M \frac{dZ_j(t)}{dt}, \\ i = \overline{1, N}; j = \overline{1, 4}, \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где через  $Y_j(t)$ ,  $Z_j(t)$ ,  $M_j(t)$  обозначены соответственно объёмы нормированной усвоенной, транслируемой и мотивационной составляющей учебной информации; коэффициенты  $T_{ij}$ ,  $2T_{ij}\xi_{ij}$ ,  $k_{ij}$ ,  $k_{ij}^M$  определяются следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} T_{ij} &= \frac{1}{\eta_{ij}}; & 2T_{ij}\xi_{ij} &= \frac{1}{\nu_{ij}}; \\ k_{ij} &= k_1 \frac{(1-\alpha+\beta+\gamma)_{ij}}{\nu_{ij}}, & k_{ij}^M &= k_2 \frac{(1-\alpha+\beta+\gamma)_{ij}}{\eta_{ij}}. \end{aligned} \quad (2)$$

В формулах (2) коэффициенты  $\alpha, \beta, \gamma$  характеризуют соответственно объём теряемой учебной информации за счет отвлечения учащихся от процесса обучения, а также прирост объёма учебной информации за счет формирования умозаключений и регламентируемой самостоятельной работы; коэффициенты  $\nu$  и  $\eta$  характеризуют потери объёмов учебной информации и ее мотивационной составляющей, вызванные несовершенством механизма человеческой памяти. При этом процесс усвоения учебного материала характеризуется также свойствами инерционности и насыщения, что происходит по причинам психологического и физиологического характера.

Коэффициенты  $\alpha, \beta, \gamma, \nu, \eta$  определяются для  $i$ -того момента квалиметрии и  $j$ -того уровня учебных задач в соответствии с разработанной структуризацией [4]; коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  определяют соотношение между объёмом учебной информации, подлежащей усвоению, и объёмом мотивационной составляющей учебной информации.

Система уравнений (1) представляет собой феноменологическую модель усвоения учебного материала и в пространстве параметров  $\{Y_j(t), t, j = \overline{1, 4}\}$  задает траекторию усвоения, персонализированную по каждому учащемуся, компонента  $Y_j(t)$ , которая соответствует  $j$ -тому уровню тестовых задач из [4].

Её общее решение будет иметь следующий вид:

$$Y_j(t) = (\tilde{N}_1 + \tilde{N}_2 t) e^{-\frac{t}{T_{ij}}} + k_{ij} + k_{ij}^M \left[ 1 - \frac{1}{\left( \frac{T_{ij}}{2T_{M_{ij}}} \right)^2 - \frac{T_{ij}}{T_{M_{ij}}} + 1} e^{-\frac{t}{2T_{M_{ij}}}} \right], \quad (3)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – произвольные постоянные интегрирования, определяемые через начальные условия при  $t = 0$ ,  $Y_j(0) = 0$ ,  $dY_j(0)/dt = 0$ . Вычисление  $C_1$  и  $C_2$  приводит к следующим выражениям:

$$C_1 = -k_{ij} - k_{ij}^M \left[ 1 - \frac{1}{\left( \frac{T_{ij}}{2T_{Mij}} \right)^2 - \frac{T_{ij}}{T_{Mij}} + 1} \right];$$

$$C_2 = -\frac{(k_{ij} + k_{ij}^M)}{T_{ij}} + k_{ij}^M \left( \frac{1}{T_{ij}} - \frac{1}{2T_{Mij}} \right) \frac{1}{\left( \frac{T_{ij}}{2T_{Mij}} \right)^2 - \frac{T_{ij}}{T_{Mij}} + 1}.$$

В соответствии с разработанной феноменологической моделью усвоения учебного материала студентами одним из ключевых вопросов индивидуально-корректируемой технологии обучения является вопрос о формировании эталонной траектории усвоения учебного материала, соответствующий заданному стандарту обучения.

Учет инерционных свойств процесса усвоения знаний и свойства насыщения, обусловленных психофизиологическими особенностями человеческого организма, выполненный при разработке модели усвоения учебной информации учащимися, указывает на тот факт, что собственно процесс усвоения учебной информации студентами протекает с различной скоростью в разные временные отрезки внутри заданного периода обучения. Как показывает практика преподавания, достаточно низкая скорость усвоения учебного материала наблюдается именно в первые и последние недели семестра. Максимальная же скорость усвоения соответствует, как правило, середине семестра.

В этой связи трансляция нового учебного материала как по объему, так и по скорости должна соответствовать темпу процесса усвоения учебной дисциплины студентами.

На рис. 1 представлен характер распределения объемов усваиваемой учебной информации студентами по неделям семестра вдоль эталонной траектории усвоения учебного материала, соответствующей (3). Это распределение построено по следующему принципу. На оси абсцисс в точках, соответствующих единицам недель учебного процесса, восстанавливаются перпендикулярные прямые до пересечения с кривой  $\bar{Y}_j(t)$ ,  $j = \overline{1,4}$ . В этих точках пересечения строятся для каждой  $i$ -той недели,  $i = \overline{1,16}$  прямоугольники, высота которых соответствует величине транслируемой учебной информации на  $i$ -той неделе, а ширина отображает временной интервал – одну учебную неделю. Цифра над каждым прямоугольником обозначает величину объема транслируемой учебной информации, выраженную в долях единицы.

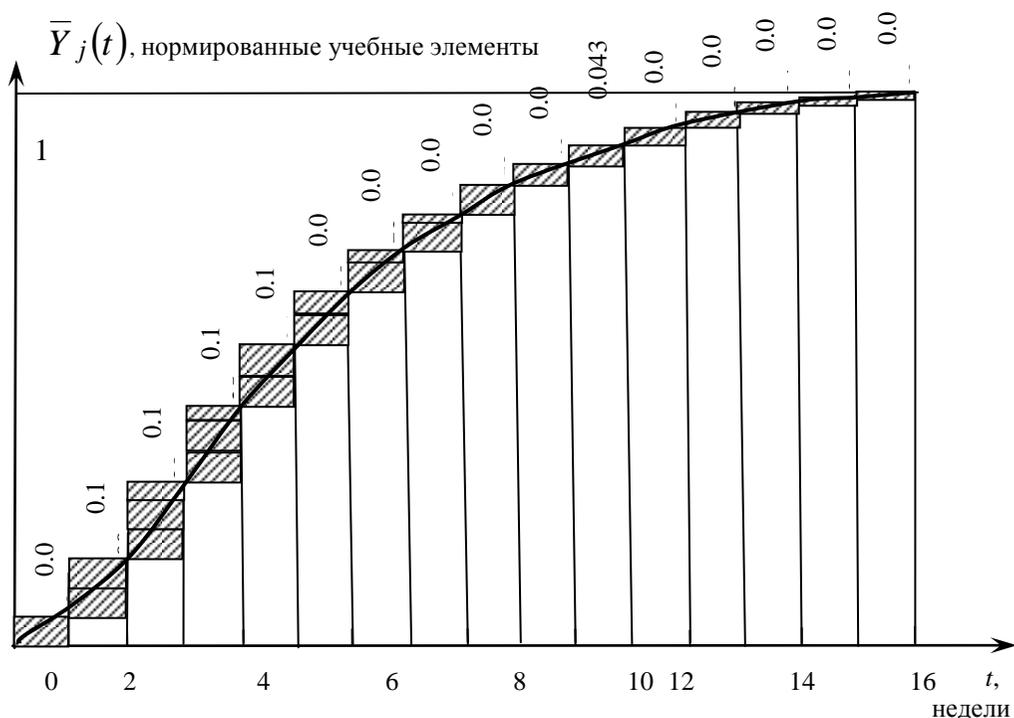


Рис. 1. Распределение объемов усваиваемой учебной информации студентами по неделям семестра (пример)

Таким образом, суммирование высот всех прямоугольников для  $i = \overline{1,16}$  дает полный объем транслируемой учебной информации за весь семестр. Эта величина, как уже отмечалось, в нормированном виде равняется единице. Если теперь считать известным полное число учебных элементов каждого уровня сложности для усвоения данной конкретной дисциплины, декомпозированной на эти элементы в соответствии с предложенной психолого-деятельностной матрицей [4], то тогда становится возможным определение объема транслируемой учебной информации на каждой неделе учебного семестра.

Так, если принять для некоторой дисциплины (например, линейной алгебры) полное число учебных элементов, подлежащих усвоению в течение семестра, за величину 1320 единиц, то для нашего примера (см. рис. 1) можно получить объем транслируемых учебных элементов по неделям семестра в виде следующего ряда (табл. 1).

Таблица 1

**Число усваиваемых учебных элементов по неделям семестра (линейная алгебра)**

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8
Число учебных элементов	66	132	172	164	138	118	96	80
Недели	9	10	11	12	13	14	15	16
Число учебных элементов	66	56	56	50	42	32	26	26

В частности, традиционная схема усвоения учебного материала предполагает усвоение учебной информации одинаковыми порциями на каждом учебном занятии (на каждой учебной неделе) исходя из того предположения, что скорость усвоения учебного материала учащимися в среднем является постоянной и одинаковой у каждого учащегося (рис. 2). Применительно к нашему примеру с линейной алгеброй это будет означать  $1320 \times 0.0625 = 82.5$  учебных элементов в неделю.

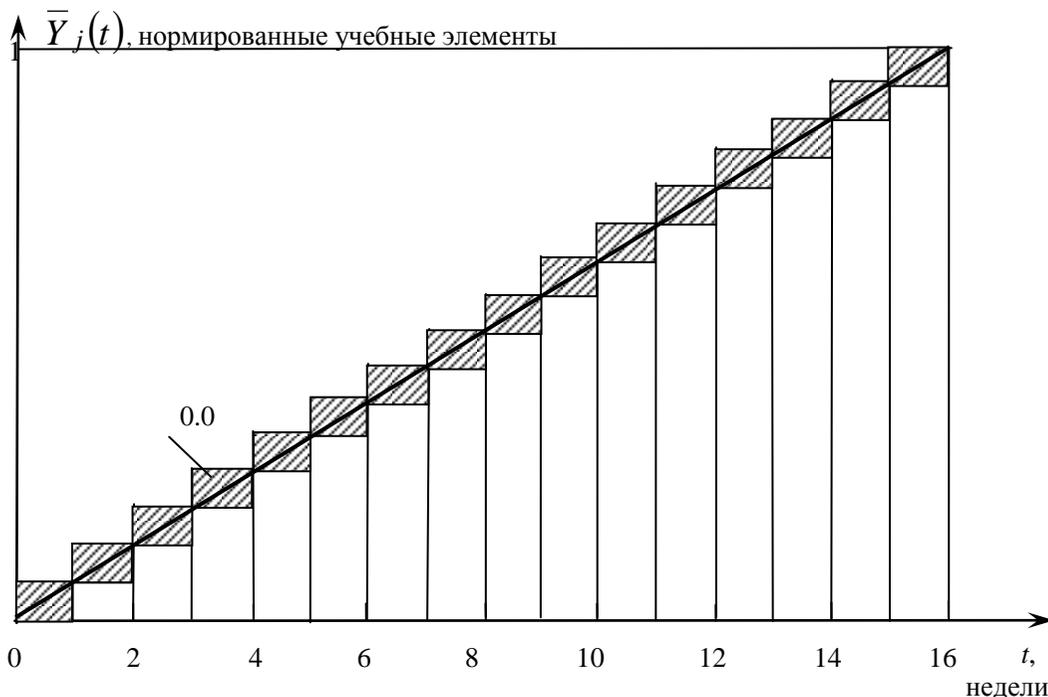


Рис. 2. Усвоение учебной информации по неделям семестра (традиционная схема)

Как показывает педагогическая практика, это далеко не так, поскольку исходная подготовка для изучения данной конкретной дисциплины у каждого учащегося разная; разный уровень притязаний, мотивации, врожденных доминантных способностей и т.п. И в этой связи скорость усвоения у каждого из учащихся является сугубо индивидуальной.

Кроме того, задачи разного уровня сложности (в рассматриваемом случае четырех уровней,  $j = \overline{1,4}$ ) усваиваются, как правило, с разной скоростью.

Таким образом, представленная выше формализация обучения в виде процесса с переменной скоростью усвоения, различной у разных учащихся и различной для задач разной сложности, позволяет по сути дела перераспределить объем всего учебного массива информации внутри заданного временного интервала наиболее рациональным и приемлемым для усвоения образом.

Проведенные выше рассуждения позволяют далее перейти к определению уравнения эталонной траектории усвоения учебного материала студентами. Это уравнение может быть получено на основе соотношения (3) и имеет вид

$$\bar{Y}_j(T) = 1 - \left[ A + B \frac{T}{T_j} \right] e^{-\frac{T}{T_j}} - C e^{-\frac{T}{2T_j}}, \quad j = \overline{1,4}, \quad (4)$$

где  $A, B, C$  – вещественные положительные константы;  $T$  – конечное время рассматриваемого учебного процесса (в данном случае  $T = 16$  недель);  $T_j$  – искомая переменная, представляющая собой постоянную времени процесса усвоения учебного материала  $j$ -того уровня сложности ( $j = \overline{1,4}$ ).

Соотношение (4) представляет собой трансцендентное уравнение относительно искомой переменной  $T_j$ , поскольку эта величина присутствует одновременно и в аналитической функции  $\left[ A + B \frac{T}{T_j} \right]$ , и в неаналитической функции  $\exp\left(-\frac{T}{T_j}\right)$ .

Решение уравнения (4) по этой причине возможно лишь каким-либо численным методом (например, с применением стандартных пакетов прикладных программ типа Mathcad [2]). При этом необходимо иметь в виду, что решение (4) ищется как вещественное положительное число, а левая часть этого уравнения приравняется единице. Это решение представляют собой, как известно, асимптотическое значение  $\bar{Y}_j(t)$  при решении задач различного уровня сложности.

Внешне эталонная траектория усвоения учебного материала студентом для задач разного уровня сложности будет одинаковой (рис. 3).

В соответствии с принятым международным стандартом оценивания знаний в образовании [1], усвоение (70ч80)% транслируемого материала соответствует оценке «удовлетворительно», (80ч90)% – оценке «хорошо», усвоение более 90% от программного стандарта соответствует оценке «отлично». На рис. 3 кроме эталонной траектории изображены пороговые кривые качества усвоения учебного материала по сравнению с принятым стандартом. Кривая 1 является нижней границей удовлетворительного качества, кривая 2 соответствует нижней границе хорошего качества, кривая 3 – нижняя граница отличного качества усвоения учебного материала.

Далее приведем уравнения для определения постоянных времени  $T_j^*$ , отвечающих пороговым кривым качества усвоения учебного материала студентами и эталонной траектории обучения при решении задач I-IV уровней сложности в соответствии с разработанной структуризацией процесса усвоения учебного материала студентами [4].

Если в уравнение (3) подставить явные значения произвольных постоянных интегрирования и учесть предельные значения уровней  $\bar{Y}_j(t)$ ,  $j = \overline{1,4}$ , приведенные на рис. 3, то получим уравнения:

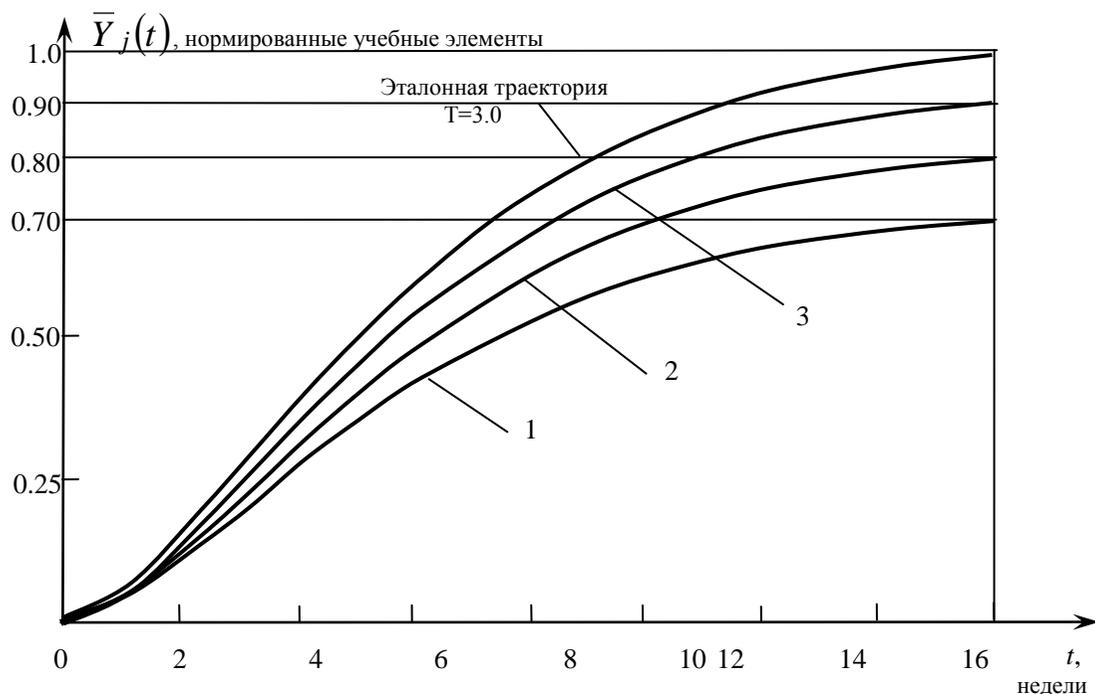


Рис. 3. Поведение эталонной траектории и кривых качества усвоения учебного материала

для пороговой кривой хорошего качества усвоения учебного материала

$$\begin{aligned} & \{2T_{II} [1 - (\alpha - \beta)_{II} + \gamma_{II}] (3k_2 - k_1) + [1 - (\alpha - \beta)_{II} + \gamma_{II}] (5k_2 + k_1) * T\} e^{-\frac{T}{T_{II}}} + \\ & + 2T_{II} [1 - (\alpha - \beta)_{II} + \gamma_{II}] (k_2 + k_1) * \left( 1 - 4e^{-\frac{T}{2T_{II}}} \right) = 0.8; \end{aligned} \quad (5)$$

для пороговой кривой отличного качества усвоения учебного материала

$$\begin{aligned} & \{2T_{III} [1 - (\alpha - \beta)_{III} + \gamma_{III}] (3k_2 - k_1) + [1 - (\alpha - \beta)_{III} + \gamma_{III}] (5k_2 + k_1) * T\} e^{-\frac{T}{T_{III}}} + \\ & + 2T_{III} [1 - (\alpha - \beta)_{III} + \gamma_{III}] (k_2 + k_1) * \left( 1 - 4e^{-\frac{T}{2T_{III}}} \right) = 0.9; \end{aligned} \quad (6)$$

для эталонной кривой усвоения учебного материала

$$\begin{aligned} & \{2T_{IV} [1 - (\alpha - \beta)_{IV} + \gamma_{IV}] (3k_2 - k_1) + [1 - (\alpha - \beta)_{IV} + \gamma_{IV}] (5k_2 + k_1) * T\} e^{-\frac{T}{T_{IV}}} + \\ & + 2T_{IV} [1 - (\alpha - \beta)_{IV} + \gamma_{IV}] (k_2 + k_1) * \left( 1 - 4e^{-\frac{T}{2T_{IV}}} \right) = 1.0. \end{aligned} \quad (7)$$

В уравнениях (5) – (7) искомой переменной является постоянная времени  $T_j^*$ ,  $j = \overline{1,4}$ ; при этом коэффициенты  $\alpha_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$ ,  $\gamma_{ij}$  определяются в результате

тестирования учащихся по модифицированным тестам Бурдона, Мюнстерберга, по модифицированному тесту расстановки чисел и методике оценки распределения и переключения внимания, а также по 16-факторному тесту Р. Кеттелла. Причем определение этих коэффициентов выполняется путем применения соответствующих  $j$ -тых составляющих вышеперечисленных тестов, отражающих способность учащихся в решении задач  $j$ -того уровня сложности.

Таким образом, появляется возможность наглядного сравнения персонифицированных траекторий усвоения учебной информации студентами с построенной эталонной траекторией и кривыми качества обучения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Беспалько В.П.* Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия). – Москва-Воронеж, МОДЭК, 2002.
2. *Макаров Е.Г.* Инженерные расчеты в Mathcad. Учебный курс. – С.-Петербург: Питер, 2005.
3. *Рябинова Е.Н.* Разработка и реализация индивидуально-корректируемой технологии профессионального обучения: монография / Е.Н. Рябинова – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008.
4. *Рябинова Е.Н.* Формирование познавательного-деятельностной матрицы усвоения учебного материала в высшей профессиональной школе: монография / Е.Н. Рябинова – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008.

Поступила в редакцию 13/IX/2009;  
в окончательном варианте - 25/X/2009.

UDC 37.013.75

#### BUILDING A TRAJECTORY STUDY OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS

*E.N. Ryabinova,<sup>1</sup> B.A. Titov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Samara State Technical University

244 Molodogvardeiskaya str., Samara, 443100

<sup>2</sup>Samara State Aerospace University named after Sergey Korolev

34 Moskovskoye shosse, Samara, 443086

E-mail: ssau@ssau.ru

*It is shown that taking into account the inertial properties of the process of learning and the saturation properties of the resulting psycho-physiological peculiarities of the human body, made in the development of mastery learning model of information by students, leads to the fact that the assimilation of information, training of students takes place at different rates in different time intervals within a specified period of study. The presented formalization of learning as a process with variable rate of assimilation, different for different students and different tasks to different degrees of complexity, allows essentially to reallocate the amount of training an array of information within a given time interval in the most rational and reasonable way to understand.*

**Key words:** *students, the trajectory of learning, adaptive personalized learning system.*

Original article submitted 13/IX/2009;  
revision submitted - 25/X/2009.

---

*Elena N. Ryabinova Ph.D., Associate Professor, Dept. of Higher Mathematics and Applied Informatics. Boris A. Titov Ph.D., Dean of the Faculty of Logistics, Professor, Dept. of Logistics in Air Transport*

УДК 378

#### ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ КАЧЕСТВ СПЕЦИАЛИСТА ПО СВЯЗЯМ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ