

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТАМИ С УЧЕТОМ МОТИВАЦИИ И ИНЕРЦИОННОСТИ ПСИХОЛОГО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Б.А. Титов¹, Е.Н. Рябинова²

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)
443086, г. Самара, Московское шоссе, 34

E-mail: profitov@mail.ru

²Самарский государственный технический университет

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: eryabinova@mail.ru

Приводятся результаты разработки математической модели усвоения учебного материала, основанной на непрерывном мониторинге развития учебных способностей учащихся и соответствующей корректировке учебного процесса по определенным, заранее структурированным его составляющим. Модель представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений шестнадцатого порядка, записанную относительно функций усвоения учебной информации и мотивационной составляющей обучения.

Ключевые слова: математическая модель, мотивация, инерционность психолого-деятельностных процессов, мониторинг, структурирование.

Проблеме математического моделирования дидактических процессов посвящено достаточно большое число работ, например исследования Л.Б. Ительсона [4], Х. Франка [16], Р. Буша, Ф. Мостеллера [2], Р. Аткинсона, Г. Бауэра, Э. Кротерса [1], Д. Ллойда [17], Л.П. Леонтьева и О.Г. Гохмана [5], М.И. Потеева [8,9], С.А. Пиявского [6,7].

В монографии [4] отмечается неоднозначность протекания дидактических процессов, заключающаяся в том, что применение одинаковых объективных факторов обучения (методов, средств, организации и т.п.) дает в каждом конкретном случае отличающиеся результаты. Отсюда делается вывод о том, что изоморфным отображением дидактических процессов могут быть вероятностные модели. Однако понятно, что математические модели педагогических явлений и процессов, которые получаются вероятностными методами, не носят реального, содержательного характера. Л.Б. Ительсон отмечает, что преодолеть указанный недостаток позволяет кибернетический метод, который исходит из того, что дидактические процессы относятся к классу управляемых и, следовательно, подчинены объективным закономерностям, присущим всем процессам этого класса.

В этом же направлении проводились исследования по построению кибернетической педагогики [16], ставилась задача разработки статистических моделей обучаемости [2]. В работе [1] использовались статистические методы для моделирования процесса обучения, а в [17] анализировались коммуникационные связи обучаемых и обучающихся в дидактическом процессе и также ставилась задача разработки модели обучения.

Борис Александрович Титов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой организации и управления перевозками на транспорте.

Елена Николаевна Рябинова, доктор педагогических наук, профессор кафедры высшей математики и прикладной информатики.

В работе [5] разрабатывались символные модели и рассматривалось их применение для целей оптимизации учебного процесса. Было отмечено, что начало 80-х годов прошлого столетия ознаменовалось появлением в дидактике целого ряда теоретико-множественных, функциональных, информационно-детерминированных, информационно-статистических, эвристических и других моделей. Однако анализ показывает отсутствие количественных моделей, на основе которых можно было бы решать задачи оптимизации учебного процесса.

В работах [8,9] рассматриваются основы аналитической дидактики. Описываются теоретические положения и приводятся экспериментальные данные, на базе которых предлагается построение методов аналитического описания учебного процесса. Вводится понятие «силы дидактического воздействия», под которой понимается скорость изменения потока транслируемой информации и рассматриваются такие дидактические воздействия, как силы обучения, восприятия, забывания, умозаключения, заинтересованности и сопротивления.

Наиболее перспективными в смысле моделирования дидактических процессов являются работы [6,7], в которых вводится в рассмотрение понятие оптимальной стратегии развития творческой личности. Ее моделирование проводится в трех вариантах: путем подбора оптимальной эмпирической стратегии, путем формирования локально-оптимальной стратегии, отражающей деятельность развивающейся личности на основе ее целевой установки, и путем формирования глобально-оптимальной стратегии с использованием прогнозирования влияния текущей деятельности на весь последующий период развития. В качестве уровня мотивации, способствующего успешному приобретению квалификации, выступает время, затрачиваемое творческой личностью на приобретение своей квалификации.

В настоящей статье в отличие от вышерассмотренных работ в качестве предмета моделирования выступает процесс усвоения заранее структурированного учебного материала, представленного в виде определенного набора учебных элементов [11,12]. В качестве фактора, развивающего мотивацию учащихся, рассматривается так называемая мотивационная составляющая учебной информации, измеряемая числом усвоенных учебных элементов и представляющая собой ряд специально подобранных задач и примеров из данной квалификационной области. При этом усвоение учебного материала рассматривается с учетом инерционности психолого-деятельностных процессов вне зависимости от статуса усваиваемой информации, составляющей основной учебный материал или его мотивационную составляющую.

Предлагаемая в настоящей статье модель усвоения учебного материала студента является дальнейшим усовершенствованием феноменологической модели усвоения учебного материала, описанной в монографиях [11, 18] и статьях [13 –15].

Введем обозначения: ΔY_j – объем усвоенной нормированной учебной информации за заданный промежуток времени Δt , измеряемый от момента начала трансляции учебного материала учащимся до момента квалиметрии; ΔZ_j – объем транслируемой нормированной учебной информации за промежуток времени Δt ; ΔM_j – объем мотивационной составляющей нормированной учебной информации; под нормированным объемом учебной информации понимается отношение $\Delta Y^p_j / \Delta Y^{cm}_j$, где ΔY^p_j – реально усвоенный объем учебных элементов на момент времени t ; ΔY^{cm}_j – объем учебных элементов, подлежащих усвоению в соответствии со стандартом обучения по данной дисциплине на тот же момент времени t .

Перечисленные выше величины определяются для j -го уровня учебных задач $j = \overline{1,4}$ в соответствии со структуризацией учебного материала, предложенной в [3, 8]. С учетом введенных обозначений уравнения в конечных разностях баланса информации в дидактической системе для заданного промежутка времени Δt будут иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Y_j &\stackrel{\sim}{=} k_1 \left(-\alpha + \beta + \gamma_{ij} \right) \Delta Z_j - v_{ij} Y_j \stackrel{\sim}{=} \Delta t + v_{ij} M_j \stackrel{\sim}{=} \Delta t, \\ \Delta M_j &\stackrel{\sim}{=} k_2 \left(-\alpha + \beta + \gamma_{ij} \right) \Delta Z_j - \eta_{ij} M_j \stackrel{\sim}{=} \Delta t, \\ k_1 + k_2 &= 1; \quad i = \overline{1, N}; \quad j = \overline{1, 4}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь коэффициенты α , β , γ характеризуют соответственно объем теряемой учебной информации за счет отвлечения учащихся от процесса усвоения, а также прирост объема учебной информации за счет формирования умозаключений и регламентированной самостоятельной работы; коэффициенты ν и η характеризуют потери объемов учебной информации и ее мотивационной составляющей, вызванные несовершенством механизма человеческой памяти; коэффициенты α , β , γ , ν , η определяются для i -го момента квалиметрии и j -го уровня учебных задач; коэффициенты k_1 и k_2 определяют соотношение между объемом учебной информации, подлежащей усвоению, и объемом мотивационной составляющей учебной информации.

Таким образом, первое слагаемое в правой части первого уравнения в (1) представляет собой ту часть транслируемой учебной информации, которая может быть усвоена; второе слагаемое определяет потери информации, обусловленные забыванием, а третье слагаемое – пополнение учебной информации за счет мотивационной составляющей. В правой части второго уравнения в (1) первое слагаемое – мотивационная составляющая учебной информации, второе – ее потери, вызванные несовершенством механизма памяти.

Разделим левую и правую части первого уравнения из (1) на $v_{ij} \Delta t$, а второго уравнения – на $\eta_{ij} \Delta t$, перейдем к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$ и в результате получим:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{v_{ij}} \frac{dY_j}{dt} + Y_j &\stackrel{\sim}{=} k_1 \frac{-\alpha + \beta + \gamma_{ij}}{v_{ij}} \frac{dZ_j}{dt} + M_j \stackrel{\sim}{=} \\ \frac{1}{\eta_{ij}} \frac{dM_j}{dt} + M_j &\stackrel{\sim}{=} k_2 \frac{-\alpha + \beta + \gamma_{ij}}{\eta_{ij}} \frac{dZ_j}{dt}, \\ i = \overline{1, N}; \quad j &= \overline{1, 4}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} \frac{1}{v_{ij}} &= 2T_{ij} \xi_{ij}; \quad \frac{1}{\eta_{ij}} = T_{M_{ij}}; \\ k_1 \frac{-\alpha + \beta + \gamma_{ij}}{v_{ij}} &= k_{ij}; \quad k_2 \frac{-\alpha + \beta + \gamma_{ij}}{\eta_{ij}} = k_{ij}^M. \end{aligned}$$

В результате (2) переписется в виде

$$\left. \begin{aligned} 2T_{ij}\xi_{ij} \frac{dY_j}{dt} + Y_j &= k_{ij} \frac{dZ_j}{dt} + M_j \\ T_{M_{ij}} \frac{dM_j}{dt} + M_j &= k_{ij}^M \frac{dZ_j}{dt}, \\ i = \overline{1, N}; \quad j = \overline{1, 4}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Учтем в полученной модели усвоения учебной информации важный аспект дидактического процесса, а именно его инерционность. Для этого в первое уравнение системы(3) введем инерционный член, пропорциональный второй производной от функции усвоения, а во второе – инерционный член, пропорциональный второй производной от мотивационной составляющей процесса усвоения.

В результате будем иметь:

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

Первое уравнение (4) определяет нарастание объема усвоенной информации в зависимости от скорости трансляции $\frac{dZ_j}{dt}$ учебного материала и мотивационной составляющей M_j , а второе уравнение определяет нарастание объема усвоенной мотивационной составляющей только в зависимости от скорости трансляции. Производная $\frac{dZ_j}{dt}$ выступает в роли управляющей переменной. Если каким-либо способом эта величина может быть задана через переменные Y_j , $\frac{dY_j}{dt}$, M_j , $\frac{dM_j}{dt}$, то система (4) становится замкнутой и совместной и может быть проинтегрирована при заданных начальных условиях.

Три потока циркулирующей информации: усваиваемая Y_j , транслируемая Z_j и мотивационная M_j находятся в определенном балансе и определяют суть процесса усвоения в дидактической системе.

Особо следует оговорить выделение из общего объема транслируемой учебной информации – так называемой мотивационной составляющей. Это активное и устойчивое стремление реализуется в конкретные достижения, когда создаются необходимые условия. В этой связи будем считать, что весь объем учебной информации, транслируемой учащимся, должен содержать информацию, способствующую развитию генетического стремления человека к обучению по данной дисциплине. Например, специально подобранный лекционный материал, практические или лабораторные занятия, разработанные тестовые задачи и т. п. Важно отметить, что мотивационная составляющая учебной информации должна быть величиной измеримой, исчисляемой количеством учебных элементов.

Систему уравнений (4) назовем феноменологической моделью учебного процесса, поскольку она описывает прежде всего психологический феномен усвоения учебного материала (по Ф. Brentano [5]).

Рассмотрим собственные свойства системы (4), положив вместо управляющей функции $dZ_j \cdot dt$ функцию Хевисайда $hev \cdot dt$. В результате система (4) может быть решена любым из известных численных методов. Проинтегрируем ее, используя программный комплекс «Моделирование в технических устройствах»[2]– современную среду интеллектуального САПР, предназначенную для детального исследования и анализа нестационарных процессов в любых технических, специальных и экономических системах, описание динамики которых может быть реализовано методами структурного моделирования. Для этой цели на основе применения преобразования Лапласа построим структурную схему модели усвоения в следующем виде (рис. 1).

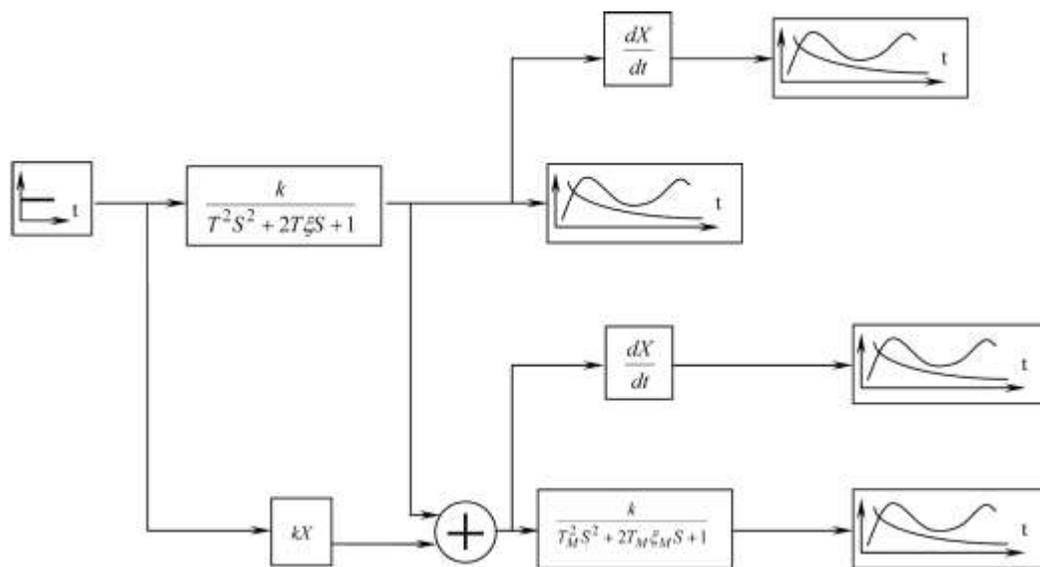


Рис. 1. Структурная схема моделирования системы (4) в среде MBTU ver. 3.7

Результат интегрирования системы (4) может быть проиллюстрирован следующим графиком (рис. 2), где по оси абсцисс отложено время обучения, измеряемое в условных единицах времени (в данном случае – в неделях), а по оси ординат – нормированное число усвоенных учебных элементов, представленное в долях единицы. Таким образом, площадь под кривой функции усвоения представляет собой суммарное число учебных элементов, которые подлежат усвоению в течение, например, семестра в соответствии с имеющимся стандартом обучения по данной дисциплине:

$$\int_0^T Y \cdot dt = J = const . \quad (5)$$

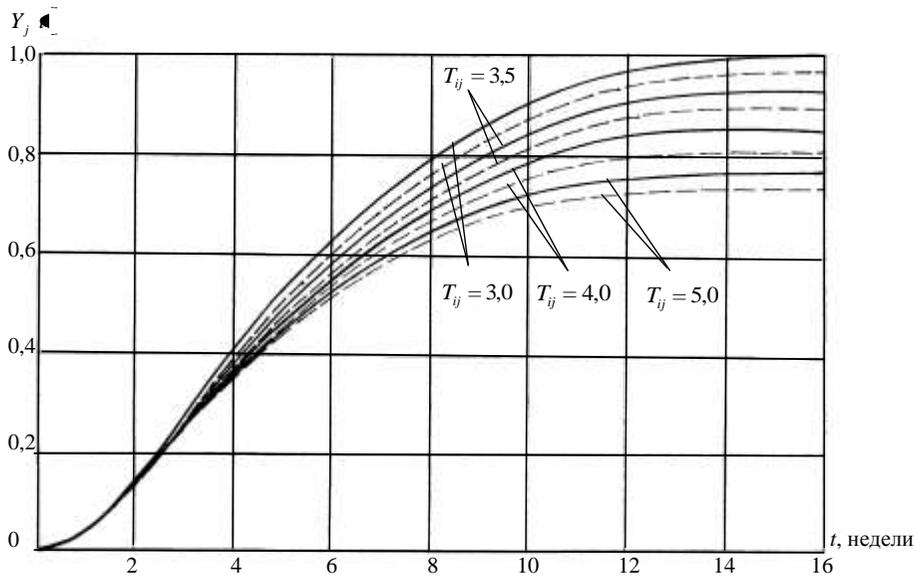


Рис. 2. Зависимость функции усвоения от времени для различных значений постоянной времени T_{ij} (ед. времени)

При проектировании технологии обучения, опирающейся на вышеизложенные соображения, эта величина является заданной.

На рис. 2 представлены четыре пары кривых усвоения, соответствующие разным значениям постоянной времени T_{ij} . Остальные параметры системы (4) приняты следующими: $\xi_{ij} = 1$; $k_{ij} = 1,0$ (нормированные учебные элементы); $k_{ij}^M = 0,05$ (нормированные учебные элементы); $T_M = 10,0$ (ед. времени).

Из множества кривых усвоения Y_j , получаемых при различных значениях параметров системы (4), можно определить такую, которая при $t = T$ будет иметь значение, равное единице: $Y_j = 1$. Будем называть ее эталонной траекторией усвоения, поскольку площадь под такой кривой, выраженная произведением числа учебных элементов на время, будет соответствовать стандарту обучения.

Например, по курсу линейной алгебры в высшем учебном заведении в соответствии с существующим ныне государственным стандартом [1] общее число учебных элементов согласно предложенной структуризации [3,8] по всем четырем уровням учебных задач будет составлять 750...800. Таким образом, для данного курса это число учебных элементов в соответствии с рассматриваемой моделью усвоения учебного материала должно быть равновелико площади криволинейного треугольника, ограниченного снизу линией абсцисс, справа вертикальной прямой $t = T$, а сверху – кривой усвоения Y_j (см. рис. 2).

Мотивационная составляющая M_{ij} рассматриваемого учебного процесса представлена на рис. 3. Эта зависимость является идентичной для всех четырех случаев расчета модели (4) и аналогично зависимости Y_{ij} также имеет выраженный инерционный участок, являющийся следствием проявления свойств инерционности самого процесса усвоения учебного материала, а именно инерционности психолого-деятельностных процессов.

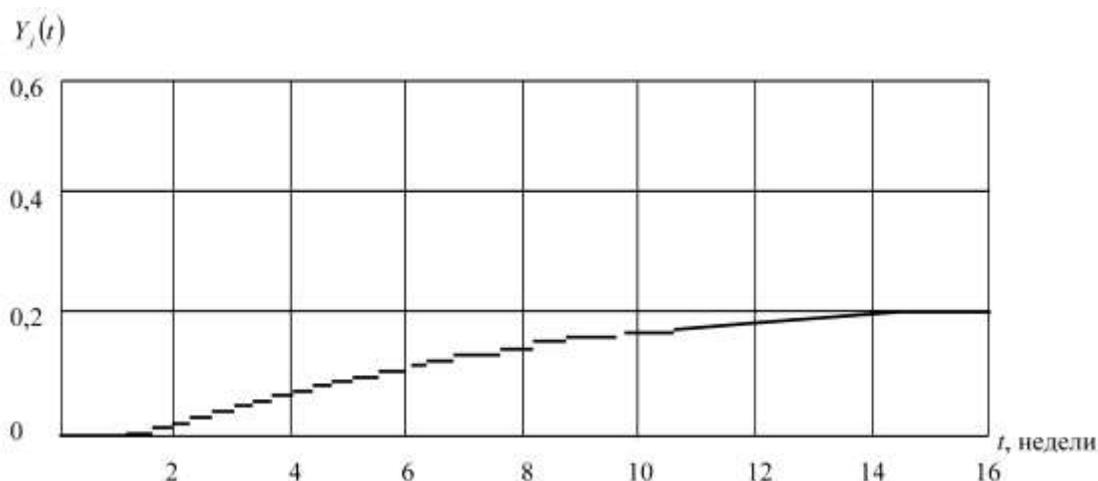


Рис. 3. Мотивационная составляющая учебного процесса.
Постоянная времени $T_M = 3.0$

Предложенная модель (4) является более точной по сравнению с рассмотренными выше, поскольку в ней учтен механизм инерционности при усвоении не только основного массива транслируемой учебной информации, но и его мотивационной составляющей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э.* Введение в математическую теорию обучения. – М.: Мир, 1969. – 487 с.
2. *Буш Р., Мостеллер Ф.* Стохастические модели обучаемости. – М.: Физматгиз, 1962. – 483 с.
3. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. www.edu.ru/db/portal/spe/index.htm.
4. *Ительсон Л.Б.* Математические и кибернетические методы в педагогике. – М.: Педагогика, 1964. – 248 с.
5. *Леонтьев Л.П., Гохман О.Г.* Проблемы управления учебным процессом: математические модели. – Рига: Изд-во РГУ, 1984. – 239 с.
6. *Пиявский С.А.* Математическое моделирование управляемого развития научных способностей // Известия РАН. Сер. Теория и системы управления. – 2000. – №3. – С.100 – 106.
7. *Пиявский С.А.* Оптимальное управление развитием научных способностей школьников и студентов. – Самара: Изд-во СамГАСА, 1998. – 164 с.
8. *Потеев М.И.* Основы аналитической дидактики: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во ИТМО, 1992. – 167 с.
9. *Потеев М.И.* Практикум по методике обучения во вузах. – М.: Высшая школа, 1990. – 94 с.
10. Программный комплекс «Моделирование в технических устройствах» [Электронный ресурс]. – Электротекстовые граф. данные (Мб) – <http://www.mvtu.power.bmstu.ru>.
11. *Рябинова Е.Н.* Адаптивная система персонифицированной профессиональной подготовки студентов технических вузов. – М.: Машиностроение, 2009. – 258 с.

12. *Рябинова Е.Н., Титов Б.А.* Построение познавательно-деятельностной матрицы учебного процесса // Вестник СГАУ им. академика С.П. Королёва. – Самара: Изд-во ИПУ СГАУ, 2004. – № 1 (5). – С. 153 – 158.
13. *Рябинова Е.Н., Титов Б.А.* Феноменологическая модель усвоения учебного материала с учетом фактора мотивации // Вестник СГАУ. – 2006. - №1(9). – С. 246-258.
14. *Титов Б.А., Рябинова Е.Н.* Математическая модель усвоения учебной информации в образовательном процессе // Вестник СГАУ. – 2011. –№3 (27). – С. 334 – 340.
15. *Титов Б.А., Рябинова Е.Н.* Значимость математического моделирования для описания педагогических процессов //Актуальные проблемы развития высшего и среднего образования на современном этапе:Матер. VII Всеросс. науч.-практ. конф. ученых и педагогов-практиков. – Самара: СНЦРАН, 2012. – С.75 – 96.
16. *Frank H.* Die Kibernetische Grundlagen der Pädagogik . – Berlin: Pädagogik , 1963.
17. *Lloyd D.* Communication in the University Lecture / Univ. Reading Staff J. 1967. Vol. 1. p.14-22.
18. *Ryabinova E.N., Titov B.A.* Adaptive system of the personified training: Saarbrucken (Gtrmany). LAP LAMBERT Academic PublishingGmbXCo. KG, 2012 – 385 p.

Поступила в редакцию 21.10.2013;
вокончательном варианте 21.10.2013

UDC 37.013.75

**PHENOMENOLOGICAL MODEL OF ASSIMILATION OF A TRAINING MATERIAL
TAKING INTO ACCOUNT A LAG EFFECT
OF THE PSYCHOLOGICAL-ACTIVITY PROCESSES**

B. A. Titov¹, E.N. Ryabinova²

¹Samara State Aerospace University

34, Moskovskoe highway, Samara, 443086

E-mail: profitov@mail.ru

²Samara State Technical University,

244, Molodogvardejskaya st., Samara, 443100

E-mail: eryabinova@mail.ru

The article gives the results of working out the mathematical model of mastering the educational material based on continuous monitoring of developments of learning abilities of students and corresponding adjustment of process of education by definite, structured in advance its component parts. The model of mastering presents the system of ordinary differential equations of the sixteenth order noted concerning functions of mastering and so called motivational components of educational information.

Keywords: mathematical model, motivation, persistence of psychological and activity-related processes, monitoring and structuring.

Original article submitted 21.10.2013;
revision submitted 21.10.2013

Boris A. Titov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the «Organization and management of transportation services to transport».

Elena N. Ryabinova, Doctor of Pedagogical Science (P.D.), Professor, Chair of Higher Mathematics and Applied Informatics.