

П.А. Орлов  
АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

В работе определены параметры статистической модели процесса обучения специалистов пожарно-технического профиля на примере дисциплины "Пожарная автоматика", изучаемого в Академии ГПС МЧС России. Определена степень влияния на объём знаний, усвоенных в результате обучения, основных параметров модели.

Ключевые слова: Математическая модель, процесс обучения, оценка параметров модели.

В работе [1] получено математическое выражение зависимости количества знаний от времени в процессе обучения, имеющее вид:

$$Q(t) = [Q_0 + (Q_1 - Q_0)(1 - e^{-\gamma t})] e^{-\eta t}, \quad (1)$$

где  $Q_0$  – начальный (исходный) объём знаний;

$Q_1$  – конечный объём знаний.

$\gamma$ ,  $\eta$  - интенсивность соответственно получения и забывания знаний.

В работе [2] предложено и обосновано введение количественных оценок параметров процесса обучения. В качестве основных временных единиц предложено использовать учебные часы или учебные занятия длительностью соответственно 1 или 2 академических часа.

Оценку уровня обученности предложено проводить по количеству тестовых вопросов на разных этапах подготовки специалистов. В качестве примера рассмотрена дисциплина "Производственная и пожарная автоматика", преподаваемая в Академии ГПС МЧС России.

Полученная статистическая зависимость обученности от времени в отсутствие обучения характеризует возможное забывание полученных знаний, умений, навыков.

Из данной кривой [2] можно получить оценку  $\eta$  постоянной времени забывания. Она составляет:  $\eta = 80 \cdot 10^{-6}$  1/час.

Сравним это значение с полученными ранее оценками. В работе [3] полученное экспериментально среднее значение интенсивности забывания для студентов технического ВУЗа составило  $\eta = 25 \cdot 10^{-6}$  1/час. При этом наблюдался значительный разброс оценки, от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $75 \cdot 10^{-6}$  1/час. Таким образом, полученная нами оценка  $\eta$  близка к максимальному значению интенсивности забывания, определенному экспериментально, то есть вполне соответствует практике.

Для слушателей с трёхлетним сроком обучения за счёт меньшего количества учебных часов оценка может дать меньшие значения передаваемого объёма обученности, чем для курсантов с пятилетним сроком обучения. Для получения более точной оценки необходимо учитывать остаточный объём знаний, умений, навыков, накопленных слушателями при получении среднего специального образования.

Определим это значение, считая и интенсивность получения знаний, и забывания соответственно у курсантов и слушателей одинаковыми. При этом

считаем, что начальные знания у курсантов по изучаемой дисциплине отсутствуют.

Приравнивая количество знаний в конце обучения курсантов и слушателей, получаем выражение для необходимых начальных знаний слушателей  $Q_{0c}$  в виде:

$$Q_{0c} = \frac{Q_1 \left[ (1 - e^{-\gamma t_k}) e^{-\eta t_k} - (1 - e^{-\gamma t_c}) e^{-\eta t_c} \right]}{1 - (1 - e^{-\gamma t_k}) e^{-\eta t_k}}, \quad (2)$$

где  $t_k, t_c$  - длительность обучения курсантов и слушателей соответственно;  
 $Q_1$  - максимальный уровень передаваемых знаний.

Данное выражение может быть использовано для определения соотношения в количестве часов планируемой учебной нагрузки для изучения специальной дисциплины курсантами и слушателями.

Таким образом, объём начальных знаний  $Q_0$  является эффективным инструментом для уменьшения времени обучения. Для специальной дисциплины это могут быть понятия, усвоенные при изучении других дисциплин, но забытые. Поэтому, чем раньше забытая информация будет восстановлена для изучения нового материала, тем прочнее пройденный материал усваивается и закрепляется на основе создания ассоциативных связей в понимании обучаемого [4].

Из общей теории восстановления знаний известно [3, 5], что время восстановления, как правило, гораздо меньше, чем время изучения и забывания ("мгновенное" восстановление). Поэтому, применение в начале занятий "восстановления" пройденного материала может дать существенный положительный результат.

Известно, что удовлетворительным считается [6], если объём оставшейся в памяти обучаемого информации после изучения дисциплины не меньше 0,7 от максимального (передаваемого).

В табл. 1 представлена зависимость времени достижения этого уровня от объёма начальных (восстановленных) знаний  $Q_0$ . Данная зависимость не может быть явно выражена из уравнения (1), трансцендентного относительно  $t$ .

Таблица 1

$Q_0, \text{ у.е}$	0	20	40	60	80	100
$t (Q = 0,7 Q_1), \text{ час}$	121	118	113	108	102	96
Исходные данные: $Q_1=440 \text{ у.е.}; \quad \eta = 25 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}; \quad \gamma = 10^{-2} \text{ 1/час}$						

Из табл.1 следует, что при увеличении  $Q_0$  от нуля до 0,1  $Q_1$  время обучения сокращается почти на 8 %.

Может быть также определено минимальное значение интенсивности  $\gamma_{\text{мин}}$ , при котором за заданное время обучения достигается удовлетворительный объём полученных знаний. Из выражения (1) это значение может быть получено в виде:

$$\gamma_{\text{мин}} = \frac{1}{t} \ln \frac{Q_1 - Q_0}{Q_1(1 - 0,7e^{\eta t})}. \quad (3)$$

Соответственно для известных  $\gamma$  и  $\eta$  из выражения (1) может быть определено минимальное значение времени, необходимое для усвоения удовлетворительного объема знаний.

Считая для курсантов  $Q_0 = 0$ ;  $t = t_k$ , получим более простое выражение:

$$\gamma_{\text{мин}} = -\frac{\ln(1 - 0,7e^{\eta t_k})}{t_k}. \quad (4)$$

Подставляя в выражение (4) значение  $\eta = 25 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$ , а также полученное для курсантов из таблицы [1] дисциплины "Производственная и пожарная автоматика" значение  $t_k = 144 \text{ час}$ , определим  $\gamma_{\text{мин}} = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ 1/час}$ .

Графическое изображение зависимости (1) количества усвоенных знаний от времени для курсантов при различных значениях  $\gamma$ , представлено на рис. 1.

Пунктирной линией обозначен уровень знаний  $Q_{\text{п}} = 0,7 Q_1$ . Из графика рис. 1 следует, что интенсивность получения знаний  $\gamma$  существенно влияет на время обучения. Отсюда могут быть количественно определены требуемые значения  $\gamma_{\text{мин}}$  для достижения установленного уровня знаний при сокращении срока обучения.

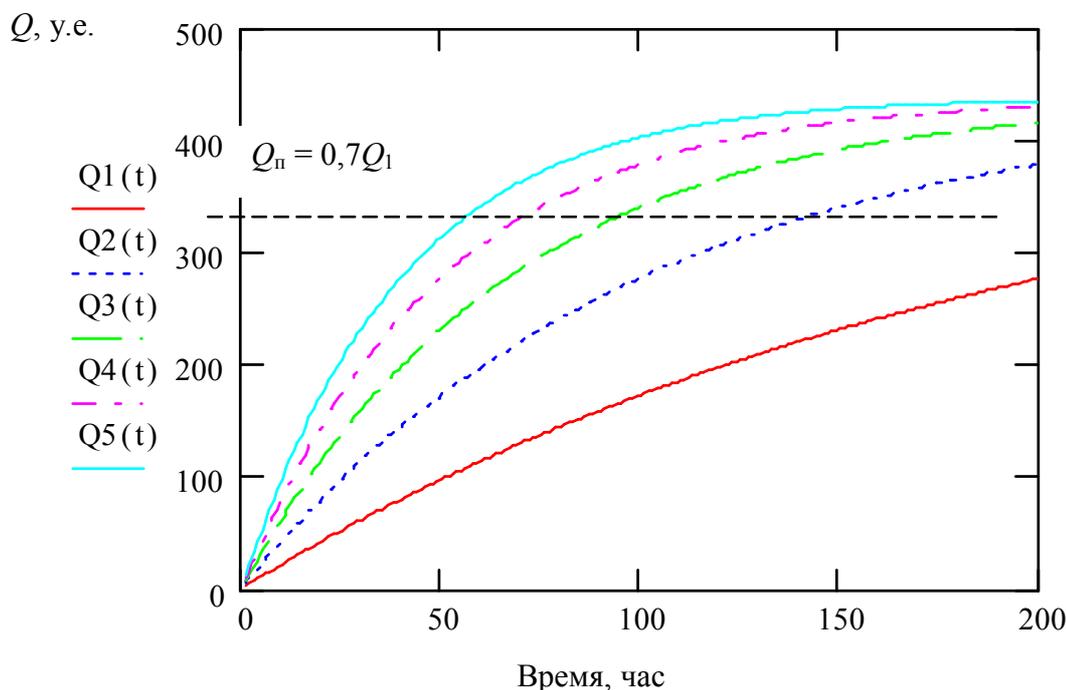


Рис. 2. Зависимость количества усвоенных знаний от времени для различных значений интенсивности их получения:  
 $Q_1 = 440 \text{ у.е.}; \quad \eta = 25 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}; \quad \gamma_1 = 10^{-2} \text{ 1/час}; \quad \gamma_2 = 10^{-2} \text{ 1/час};$   
 $\gamma_3 = 10^{-2} \text{ 1/час}; \quad \gamma_4 = 10^{-2} \text{ 1/час}; \quad \gamma_5 = 10^{-2} \text{ 1/час}.$

Таким образом, полученные математические выражения (1)-(4) являются инструментом для количественного обоснования вариантов управления учебным процессом. Параметрами для управления являются начальный объём знаний  $Q_0$ , а также интенсивность получения знаний  $\gamma$ .

Целью управления может быть увеличение достигнутого в конце обучения уровня знаний, и (или) сокращение срока обучения

Интенсификация обучения, в частности, может быть достигнута в результате внедрения в учебный процесс новых информационных компьютерных технологий.

#### Литература

1. Членов А.Н., Орлов П.А. Статистическая динамическая модель процесса обучения // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация: журнал. Вып. №3. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009.
2. Членов А.Н., Дровникова И.Г., Орлов П.А. Количественная оценка параметров процесса обучения в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 1 (17). – 2008. – 6 с. - <http://ipb.mos.ru/ttb/2008-1.> – 0420800050/0004.
3. Свиридов А.П. Введение в статистическую теорию обучения и контроля знаний. Часть II. Элементы статистической динамики знаний. М.: МЭИ, 1974. 152 с.
4. Трофимова О.К. Автоматизация процесса составления учебных планов вузов. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук. М., 1999.
5. Бондин О.А. Опыт применения контролирующей машины "Экзаменатор МЭИ" в учебном процессе. Сб. докладов МЭИ по вопросу об эффективных методах обучения, ч. II МЭИ, 1966.
6. Рублёв Ю.В., Востров Г.Н. Математические основы логической структуры курса. // Вестник высшей школы, № 9, 1970.