

for self-guided work; organizing tutorials on completing tasks; control over the work and its results. The pedagogical conditions of effective organization of university self-study are considered. It is substantiated that all the modern forms of organizing the independent mastering of knowledge cannot be realized without specific aids, especially information technologies, which provide new opportunities for the optimization and intensification of students' self-study. The didactic possibilities of applying information technologies in students' self-study are singled out and their advantages are grounded. It is detected that within students' self-study the nature of teachers' work and his/her role in teaching are changed. The teacher becomes an instructor, adviser and coordinator. Such kind of cooperation gives students more freedom and along with this it enhances his/her responsibility for the quality and results of studying. The possibilities of shifting some deal of teacher's functions of pedagogical guidance of students' self-study to electronic program and methodological complexes are described.

*Keywords:* teaching, students' self-study, stages, approaches, information technologies, pedagogical guidance.

УДК 004.89:614.841.4

Юрченко К. М., Юрченко В. М., Стась С. В.\*

### ЭЛЕМЕНТЫ АДАПТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ СПЕЦИАЛИСТОВ СЛУЖБЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

В данной статье рассмотрена одна из главных проблем в направлении оптимизации процесса обучения и оценивания знаний специалистов службы гражданской защиты – это проблема создания, разработки и внедрения эффективных интеллектуальных систем профессиональной подготовки в учебный процесс. Авторами предложены элементы объективизации процесса оценивания знаний путем определения адекватности логической схемы тестирования. Разработан метод корректировки сложности вопросов тестового характера. Также выполнено ряд экспериментальных исследований и рассмотрены примеры их применения в процессе профессиональной подготовки специалистов ГСЧС Украины.

*Ключевые слова:* контроль знаний, логическая схема тестирования, адаптивность.

Со временем все большее количество дисциплин преподается с использованием компьютерной техники. В связи с этим возникает необходимость создания соответствующих методологических основ организации учебного процесса и проведения контроля знаний. Одной из основных его проблем является обеспечение адаптивности и объективизации оценивания.

В чем заключается адаптивность современных автоматизированных систем оценивания уровня знаний обучаемых? В первую очередь, в уменьшении «волюнтаристского» влияния преподавателя или лица принимающего решение (ЛПР) на процесс оценивания, составляющей чего является объективизация уровня сложности задаваемых вопросов, а также в динамической корректировке сложности контрольных вопросов в режиме реального времени. Основной принцип: после окончания процесса тестирования корректируется уровень сложности вопросов в зависимости от правильности данных ответов и общей оценки обучаемого. Возникает и сопутствующая задача: исследовать, рационально ли после окончания контроля знаний всех обучаемых проводить пересчет оценок с учетом измененной сложности вопросов?

Важное направление оптимизации процесса создания автоматизированных систем обучения и контроля знаний заключается в структуризации и систематизации учебного материала. На сегодняшний день практически отсутствуют системные исследования способов представления знаний из учебных текстов в электронных базах данных. В то же время активно разрабатываются технологии компьютерного тестирования. В частности, в диссертации Т. Шихнабиева [1] для моделирования

\*© Юрченко К. М., Юрченко В. М., Стась С. В.\*

структуры учебного материала предложено применять адаптивные семантические модели как многоуровневые иерархические структуры, в вершинах которых находятся понятия предметной области, а дуги обозначают связи (отношения) между ними.

Развитие дистанционного обучения, информационных ресурсов сети Интернет является основой и мотивом разработки и использования компьютерных обучающих систем и систем удаленного контроля знаний. Таких систем в последние годы разработано немало, но декларативно-технический подход к их созданию указывает на необходимость создания действительно эффективных компьютерных систем, особенно в области профессиональной подготовки.

В работе С. Штангей [2] рассматривается контроль знаний при дистанционном обучении, причем дистанционное обучение представлено как совокупность бизнес-процессов. Существуют попытки создать общую методологию составления тестовых заданий для контроля знаний в работе А. Филимонова [3]. Л. Оксамытной предлагается проведение учебного процесса на базе самоорганизующихся средств контроля знаний и обучения [4]. Утверждается, что реализация автоматизированных систем обучения и контроля знаний (АСОКЗ) на таком принципе автоматизации позволяет минимизировать время контроля. В диссертации О. Яковенко [5] модели и методы обучения и контроля знаний представляются как элементы общей автоматизированной системы управления учебным процессом. Исследования А. Григоровой [6] базируются на тезисе, что контроль знаний является частью процесса обучения. Исходя из этого, предложено характеризовать тест как эффективный, если он является валидным, надежным, дискриминантным и в нем используются шкалы интервалов с наличием нормативных данных.

Со временем все больше курсов профессиональной подготовки, и прежде всего в системе ГСЧС Украины происходит с использованием компьютерной техники. В связи с этим возникает необходимость создания соответствующих методологических основ организации процесса обучения и проведения контроля знаний. Основной его проблемой является обеспечение адаптивности и объективизации оценивания.

В чем заключается адаптивность современных систем контроля уровня профессиональной подготовленности? Прежде всего, в динамичной корректировке сложности тестовых вопросов в режиме реального времени. Основной принцип: после окончания процесса тестирования корректируется уровень сложности вопросов в зависимости от правильности данных ответов и общей оценки. Возникает задача: исследовать, рационально после окончания контроля знаний всех специалистов службы гражданской защиты проводить пересчет оценок с учетом изменившейся сложности вопросов?

При адаптивном контроле знаний в зависимости от правильности данного ответа задается следующий вопрос увеличенной или уменьшенной сложности. В зависимости от уровня подготовленности специалистов осуществляется перерасчет сложности вопроса. Поскольку ЛПР в начале контроля знаний такие уровни устанавливает единолично, другая задача заключается в проверке адекватности логической схемы тестирования. Третья задача – разработка метода корректировки сложности вопросов тестового характера.

Именно поэтому целью статьи является разработка основных элементов адаптивной технологии обучения и оценивания знаний специалистов службы гражданской защиты путём решения представленных выше задач.

Допустим, что определение уровня профессиональной подготовленности происходит при наличии определенных данных. В частности, известно средний уровень успешности каждого обучаемого  $\gamma_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ , где  $n$  – количество обучаемых,  $\gamma_j \in [0; 1]$ . Для подавляющего большинства случаев, учитывая требования Болонского процесса,  $\gamma_j \geq 0,6$ .

В начале контроля знаний лицо, принимающее решение (ЛПР) определяет для каждого вопроса его сложность  $\delta_i \in (0; 1]$ ,  $i = \overline{1, m}$ , где  $m$  – количество вопросов.

Считается, что вопрос  $Q_k$ , для которого  $\delta_k \in (0, 0,33]$ , является лёгким, если  $\delta_k \in (0,33; 0,66]$ , то имеет среднюю сложность, если  $\delta_k \geq 0,66$ , то вопрос сложный.

Сделаем упрощающее предположение о том, что каждому специалисту задаются все вопросы теста. Тогда он может получить максимальную оценку, которая равна единице. Практически оценка определяется по формуле

$$\alpha_j = \frac{\sum_{i=1}^m \delta_k \cdot \chi(\text{дан правильный ответ})}{\sum_{i=1}^m \delta_k}, j = \overline{1, n}.$$

Очевидно, что при отсутствии технологии определения адекватности сложности вопросов, можно было бы остановиться на такой схеме. Для предварительного анализа находим абсолютное и относительное отклонение

$$AV_j = |\alpha_j - \gamma_j|, BV_j = \frac{AV_j}{\gamma_j} \cdot 100\%, j = \overline{1, n}.$$

Исходя из значений величин  $AV_j$  и  $BV_j$ , ЛПР делает вывод о соответствии такой схемы оценивания уровня знаний конкретному специалисту. Объективизацию соответствующего вывода можно осуществить, вычислив средние величины

$$AV = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n AV_j, BV = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n BV_j. \quad (1)$$

Для оптимальной схемы оценивания и определения уровня сложности вопросов необходимо, чтобы  $AV \approx 0, BV \approx 0$  при  $n \rightarrow \infty$ . С другой стороны оценить адекватность сложности каждого отдельного вопроса можно выполнив анализ ответов на него всех специалистов.

Предположим, что  $\beta = \{\beta_{ij}\}_{i=1}^m \{j=1}^n$  – матрица ответов где  $\beta_{ij} = 1$ , если  $j$ -й специалист дал правильный ответ на  $i$ -й вопрос, и  $\beta_{ij} = 0$ , в другом случае. Для каждого вопроса находим

$$CV_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \beta_{ij}, i = \overline{1, m}; p_i = |CV_i - \delta_i|.$$

Результаты анализа выражения для  $p_i$  указывают на адекватность уровня сложности вопроса. Близость  $p_i$  к нулю будет свидетельствовать о том, что оценка сложности вопроса ЛПР является адекватной. Заметим, что записанное выражение для  $p_i$  является рациональным в случае равномерного распределения уровней успешности каждого специалиста на отрезке  $[0;1]$ . На практике это предположение не

$$p_i = \left| \frac{\sum_{j=1}^n \gamma_j}{\sum_{j=1}^n \beta_{ij} \gamma_j} - \frac{1}{\delta_j} \right|, i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

выполняется и имеем модифицированное выражение

в котором учтено распределение уровня успешности специалистов. Таким образом, выражения (1) и (2) позволяют сделать предварительные выводы о соответствии схемы оценивания уровню знаний группы специалистов и адекватность сложности вопросов предназначенных ЛПР.

Рассмотрим случай, когда тестирование является закрытым и все вопросы имеют тестовый характер. При таком контроле знаний предлагается несколько ответов к каждому вопросу, один из которых является правильным. Пусть тест содержит  $n$  вопросов, каждый из которых имеет начальную сложность (заданную ЛПР)  $\delta_i, i = \overline{1, n}$ .

Тогда оценка  $\alpha_j$   $j$ -ого специалиста определяется приведенным выше способом. При коррекции сложности вопроса будем учитывать:

$\delta_i^j$  – сложность  $i$ -го вопроса для  $j$ -ого специалиста,  $d^j$  – итоговая оценка за тест  $j$ -ого специалиста, правильность ответа на вопрос.

Согласно с формулой коррекции [7]

$$p_i^j = p_i^{j-1} + f_i^j(p_i, n, d^{j-1} \chi(\text{правильный ответ})), \quad \text{где } n \text{ – количество вопросов,}$$

сложность вопроса заменяется после окончания тестирования каждого специалиста. Выполним конструктивное построение формулы коррекции. При этом воспользуемся двумя эвристиками [8]:

1. Если обучаемый со сравнительно высокой итоговой оценкой дает правильный ответ, то сложность вопроса уменьшается на меньшее значение, чем в случае, когда правильный ответ дает обучаемый с низкой итоговой оценкой.

2. Если обучаемый со сравнительно высокой итоговой оценкой дает не правильный ответ, то сложность вопроса увеличивается на большее значение в сравнении со случаем, если правильный ответ дает обучаемый с низкой итоговой оценкой.

Допустим, что обучаемый дает правильный ответ. Сложность вопроса нужно уменьшить на величину  $x$  (рис.1)

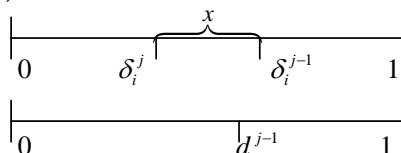


Рис. 1. Коррекция в случае правильного ответа

Значение  $x$  находим, суммировав отношения

$$\frac{x}{\delta_i^{j-1}} = \frac{1 - d^{j-1}}{1} \Rightarrow x = \delta_i^{j-1} (1 - d^{j-1}), \quad (3)$$

поскольку за первой эвристикой отношение значения смещения уровня сложности вопроса соответствует отношению уровня некомпетентности специалиста до всей длины отрезка  $[0;1]$ . Тогда в случае правильного ответа формула коррекции:

$$\delta_i^j = \delta_i^{j-1} - \delta_i^{j-1} (1 - d^{j-1}) = \delta_i^{j-1} \cdot d^{j-1}. \quad (4)$$

Заметим что формула (4) есть корректной, поскольку  $\delta_i^{j-1} (1 - d^{j-1})$  является величиной неотъемлемой. Сложность вопроса никогда не выйдет за пределы отрезка  $[0, 1]$ , поскольку

$$\delta_i^{j-1} \cdot d^{j-1} \in [0, 1], \quad \delta_i^{j-1} \in [0, 1], \quad d^{j-1} \in [0, 1].$$

Если ответ обучаемого является неправильной, то сложность вопроса необходимо увеличить на величину

$y$  (рис. 2).

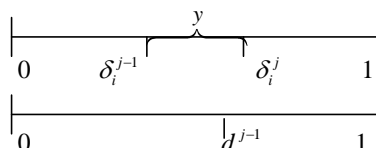


Рис. 2. Коррекция в случае неправильного ответа

Аналогично первому случаю составляем отношение

$$\frac{y}{1 - \delta_i^{j-1}} = \frac{d^{j-1}}{1}, \quad (5)$$

Поскольку прирост  $y$  находится в пределах от 0 до  $1 - \delta_i^{j-1}$  и соответствующее отношение есть уровнем компетентности  $d^{j-1}$  делённому на максимально возможное его значение. Тогда  $y = d^{j-1} \cdot (1 - \delta_i^{j-1})$ .

Выражение для корректировки сложности вопроса является таким;

$$\delta_i^j = \delta_i^{j-1} + d^{j-1} \cdot (1 - \delta_i^{j-1}). \quad (6)$$

Формула (6) тоже является корректной, поскольку

$$0 \leq d^{j-1} \cdot (1 - \delta_i^{j-1}) \leq d^{j-1} \leq 1,$$

$$0 \leq d^{j-1} \cdot (1 - \delta_i^{j-1}) \leq 1 - \delta_i^{j-1} \leq 1,$$

$$0 \leq \delta_i^{j-1} + d^{j-1} \cdot (1 - \delta_i^{j-1}) \leq \delta_i^{j-1} + (1 - \delta_i^{j-1}) \leq 1.$$

Формулы (4) и (6) являются выражениями для коррекции сложности вопросов в режиме реального времени. Это означает, что корректировка сложности вопросов происходит сразу после прохождения тестирования каждым обучаемым.

Заметим, что ЛПР не обязательно должно задавать начальный уровень сложности вопросов. Достаточно разыграть значение сложности вопросов с помощью генератора случайных чисел на отрезке  $[0, 1]$  с равномерным распределением.

После проведения контроля знаний итоговые оценки  $\alpha_j$  необходимо пересчитать для откорректированных уровней сложности вопросов.

Пусть в табл. 1 находятся исходные данные. Трем специалистам с уровнями успеваемости  $\gamma_1 = 0,7$ ;  $\gamma_2 = 0,8$ ;  $\gamma_3 = 0,9$  задано по три вопроса с уровнем сложности  $\delta_1 = 0,5$ ;  $\delta_2 = 0,6$ ;  $\delta_3 = 0,8$ .

Таблица 1

**Результаты контроля знаний специалистов**

№ вопроса с заданными уровнями сложности	Успеваемость специалистов		
	$\gamma_1 = 0,7$	$\gamma_2 = 0,8$	$\gamma_3 = 0,9$
Вопрос 1	1	0	1
Вопрос 2	0	1	1
Вопрос 3	0	1	0

В таблице единица соответствует правильному ответу, ноль – неправильному. По данным результатам опроса необходимо проверить адекватность схемы.

Находим оценки каждого специалиста:

$$\alpha_1 = \frac{0,5}{1,9} \approx 0,26; \alpha_2 = \frac{1,4}{1,9} \approx 0,74; \alpha_3 = \frac{1,1}{1,9} \approx 0,58.$$

Соответствующие отклонения:

$$AV_1 = 0,44; BV_1 = 63\%; AV_2 = 0,06; BV_2 = 7,5\%; AV_3 = 0,32; BV_3 = 36\%.$$

Средние величины:

$$AV = 0,27; BV = 35,5\%.$$

Полученные значения являются крупными, и утверждать об адекватности предложенной схемы нельзя. Выполним анализ сложности вопросов.

Найдем отклонение:

$$p_1 = \left| \frac{2,4}{1,6} - \frac{10}{5} \right| = |-0,5|,$$

$$p_2 = \left| \frac{2,4}{1,7} - \frac{10}{6} \right| = |-0,25|,$$

$$p_3 = \left| \frac{2,4}{0,8} - \frac{10}{8} \right| = |1,75|.$$

Отклонения являются значительными и их необходимо корректировать. В частности, если под модульное выражение является отрицательным, то сложность вопроса необходимо увеличить, в противном случае – уменьшить. Зададим новые значения сложности вопросов уровнями

$$\delta_i = \frac{\sum_{j=1}^n \beta_{ij} \gamma_j}{\sum_{j=1}^n \gamma_j}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Тогда  $\delta_1 = 0,66$ ;  $\delta_2 = 0,7$ ;  $\delta_3 = 0,33$ .

Для корректируемых значений сложности вопросов находим оценки каждого специалиста:

$$\alpha_1 = \frac{0,66}{1,7} = 0,39; \quad \alpha_2 = \frac{1,03}{1,7} = 0,61; \quad \alpha_3 = \frac{1,36}{1,7} = 0,8.$$

Соответствующие отклонения:

$$AV_1 = 0,31; \quad BV_1 = 44%; \quad AV_2 = 0,19; \quad BV_2 = 24%; \quad AV_3 = 0,1; \quad BV_3 = 11%.$$

Средние величины

$$AV = 0,2; \quad BV = 26%.$$

Очевидно, что просмотр сложностей вопросов приводит к оптимизации общей схемы оценивания. Определенные противоречия, которые присутствуют в такой схеме, не позволяют выйти на нулевые средние значения. Вместе с тем при значительном количестве специалистов и количества вопросов средние значения уменьшаются.

Для определения эффективности различных логических схем тестирования проведен эксперимент специалистами одной группы. Их количество составило 25 человек. В тесте содержалось 100 вопросов. В начале тестирования ЛПР задано сложности всех вопросов как 0,5. Результаты тестирования на рис. 3 соответствуют верхней ломаной линии. Средний уровень успеваемости составил 0,623.



Рис. 3. Результаты оценивания

Во втором случае тестирование проводилось с использованием предложенной технологии адаптации сложности вопросов в режиме реального времени. Начальные значения сложности всех вопросов 0,5. В процессе тестирования уровни сложности вопросов меняются в зависимости от правильности или неправильности ответа на него и общего уровня подготовленности специалистов.

После завершения контроля знаний во всей группе специалистов, производится пересчет уровня успешности. Рассматривались два варианта: с конечным и с усредненным за время тестирования значениями уровня сложности вопросов. Их графики изображены на рис. 3. Среднее значение успеваемости в первом случае 0,492, во втором – 0,507. Близость графиков и средних значений свидетельствует о равноправии применения обеих схем. Заметим, что при таком подходе снижается уровень успеваемости, который является определенным информативным фактором при принятии решений.

На рис. 4 изображена динамика уровней сложности трех случайным образом выбранных вопросов. Очевидно, что вопросы имеют разные дифференцирующие свойства. Один из вопросов четко специалистов делит на две группы. Другие два вопроса характеризуются почти одинаковой динамикой сложности, что указывает на их сравнительно одинаковую сложность. Такие выводы есть основой для рационального формирования логической схемы тестирования и проведения эффективного контроля знаний.

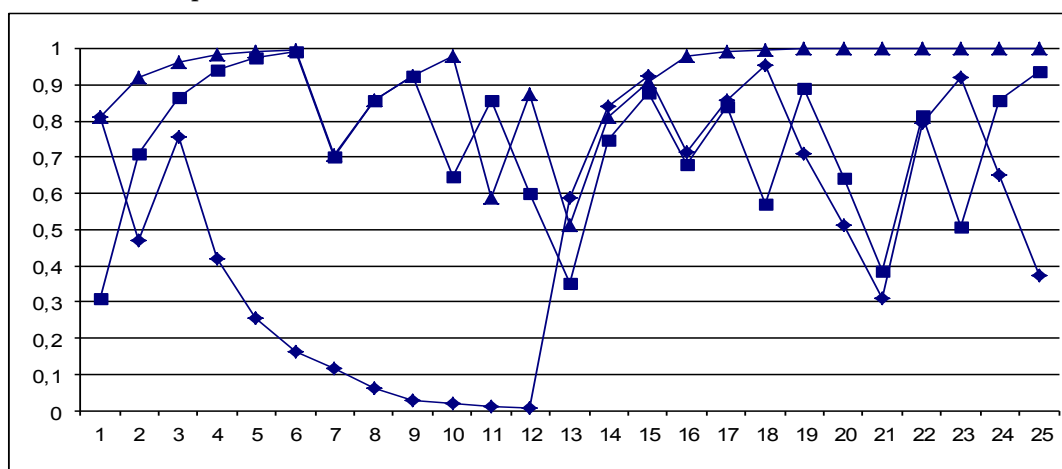


Рис. 4. Динамика значений сложности трёх вопросов

Подводя итоги исследования, можно уверенно сказать, что проблема создания эффективных интеллектуальных систем профессиональной подготовки является сегодня такой же неисчерпаемой, как и проблема создания искусственного интеллекта. Научная активность и количество публикаций соответствующей тематики подтверждают такой вывод. Одним из направлений создания эффективных систем является реализация в них принципа адаптивности, поскольку процесс обучения является индивидуализированным по своей сути.

В данной статье авторами предложены элементы объективизации процесса оценивания знаний путем определения адекватности логической схемы тестирования. Разработан метод корректировки сложности вопросов тестового характера и выполнены экспериментальные исследования.

В дальнейшем необходимо распространить предложенные технологии на вопросы как открытого, так и закрытого характера, в частности такие, которые имеют нечеткие ответы и ответы с разными коэффициентами правильности, что позволит минимизировать и объективизировать оценки, адаптировать процесс контроля знаний к уровню успеваемости обучаемых (специалистов), а также создать основу для оптимизации учебного процесса.

#### Литература:

1. Шихнабиева Т. Ш. Методические основы представления и контроля знаний в области информатики с использованием адаптивных семантических моделей: дисс. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Т. Ш. Шихнабиева. – М., 2009. – 355 с.

2. Штангей С. В. Модели и информационные технологии контроля знаний в системе дистанционного обучения : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / С. В. Штангей. – Харьков, 2009. – 19 с.
3. Филимонов А. А. Тестовые технологии контроля качества знаний курсантов военного вуза : автореф. дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / А. А. Филимонов. – Ставрополь, 2006. – 223 с.
4. Оксамытна Л. П. Методы та средства самоорганизации модели знаний в автоматизированных системах контроля знаний и обучения : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / Л. П. Оксамытна. – Черкассы, 2003. – 22 с.
5. Яковенко О. Є. Модели и методы контроля знаний в автоматизированной системе управления учебным процессом : автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / О. Є. Яковенко. – Одеса, 2006. – 20 с.
6. Григорова А. А. Методы, алгоритмы и технологии контроля знаний в системах обучения : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / А. А. Григорова. – Херсон, 2004. – 21 с.
7. Юрченко К. М. Проектування бази даних комп'ютерної системи професійної підготовки / К. М. Юрченко, В. Є. Снитюк. – Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2011. – № 1(94). – С. 102-107.
8. Снитюк В. Е. Элементы знаниеориентированных систем профессиональной подготовки адаптивного типа / В. Е. Снитюк, К. Н. Юрченко. – Вестник Херсонского национального технического университета, 2010. – № 2 (38). – С. 180-186.

Юрченко К. М., Юрченко В. М., Стась С. В.

#### ЕЛЕМЕНТИ АДАПТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ ФАХІВЦІВ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

*У даній статті розглянута одна з головних проблем в напрямку оптимізації процесу навчання та оцінювання знань фахівців служби цивільного захисту - це проблема створення, розробки і впровадження ефективних інтелектуальних систем професійної підготовки в навчальний процес. Авторами розглянуто проблеми створення адаптивних систем контролю знань. Запропоновано елементи об'єктивізації процесу оцінювання знань шляхом визначення адекватності логічної схеми тестування. Розроблено метод коригування складності запитань тестового характеру. Також виконано ряд експериментальних досліджень та розглянуто приклади їх застосування у процесі професійної підготовки спеціалістів ДСНС України.*

*Ключові слова: контроль знань, логічна схема тестування, адаптивність.*

Yurchenko K. N. , Yurchenko V. N., Stas S. V.

#### THE ELEMENTS OF ADAPTIVE LEARNING TECHNOLOGIES AND KNOWLEDGE ASSESSMENT OF CIVIL DEFENSE SPECIALISTS

*The problem of creating effective intellectual training systems is an important task today as the problem of creating artificial intelligence. Scientific activity and a great number of publications on relevant themes confirm such conclusion. One of the ways to create effective systems is the implementation of the principle of adaptability, as nature of the learning process is individualized.*

*The analysis of approaches and technologies for the development of learning systems and knowledge control are presented in the article. The creation of adaptive systems of knowledge control is described. The appropriate test technology, the correction method of difficulty level of the test questions and the examples of their application are offered. The elements of the objectification of knowledge evaluation by determining the adequacy of the logic scheme test are proposed. The method of correction difficulty level of the test questions and performed experimental studies is developed. It is proved, that they provide a basis for the optimization of the educational process.*

*It is necessary to improve the proposed technology in the future on such issues that can minimize and objectify evaluations, adapt them to the control of the knowledge level.*

*Keywords: knowledge control, logical testing chart, adaptivity.*

Рецензент: Моїсєєв С.О.