

А.Н. Членов, И.Г. Дровникова, Т.А. Буцынская, П.А. Орлов  
АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ОБУЧЕННОСТИ  
В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ДЛЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

На основе разработанной микровременной модели определены условия повышения эффективности обучения в результате применения контрольно-обучающих компьютерных программ. Разработаны алгоритмы контроля индивидуальной и групповой подготовленности обучаемых к занятиям.

Контроль обученности имеет большое значение в повышении качества подготовки специалистов для систем безопасности. Он является неотъемлемой составной частью современного учебного процесса, формирование которого происходит на основе математического моделирования.

Современная теория выделяет микро- и макровременные модели процессов обучения, отличающиеся длительностью их протекания. Макромодели, как правило, охватывают период изучения крупного раздела, всей дисциплины или цикла – от нескольких недель, месяцев до нескольких лет [1]. Микромодели охватывают кратковременные периоды обучения – одно или несколько занятий. Это существенно затрудняет их построение, поскольку на небольших временных интервалах надо учитывать особенности нервной системы человека, значительное влияние лабильности на характеристики запоминания и забывания, реминисценцию в запоминании и другие факторы [2].

Однако для ряда задач, например, при сравнении эффективности различных методик обучения, эти факторы могут не учитываться, что приводит к значительному упрощению микромодели.

Предположим, что процесс обучения за короткий промежуток времени характеризуется равномерным законом распределения вероятности получения знаний, а забыванием можно пренебречь. С учетом этого получим выражение для вероятности получения знаний как функцию времени в виде:

$$P_{\text{п}}(t) = \gamma_{\text{п}} t, \quad (1)$$

ГДЕ  $\gamma_{\text{п}}$  характеризует интенсивность получения знаний в течение времени  $t$ .

Аналогично, вероятность восстановления знаний (если оно реализуется) с интенсивностью  $\gamma_{\text{в}}$  будет

$$P_{\text{в}}(t) = \gamma_{\text{в}} t. \quad (2)$$

Для заданных условий будем считать  $\gamma_{\text{п}}$ ,  $\gamma_{\text{в}}$  величинами постоянными, не зависящими от времени.

Пусть занятие проводится по следующему графику (рис. 1): от  $t_0$  до  $t_{\text{в}}$  проводится контроль знаний (с восстановлением или нет); от  $t_{\text{в}}$  до  $t_{\text{к}}$  проводится собственно обучение. С учетом статистического определения вероятности, получим временную зависимость количества усвоенных знаний в течение занятия в общем виде:

$$Q(t) = \begin{cases} Q_0 & \text{при } t < t_0; \\ Q_0 + \gamma_B t & \text{при } t_B > t \geq t_0; \\ Q_0 + \gamma_B (t_1 - t_0) + \gamma_{\Pi} (t - t_1 - t_0) & \text{при } t \geq t_B, \end{cases} \quad (3)$$

где  $Q_0$  – начальные знания, полученные ранее по изучаемой дисциплине;

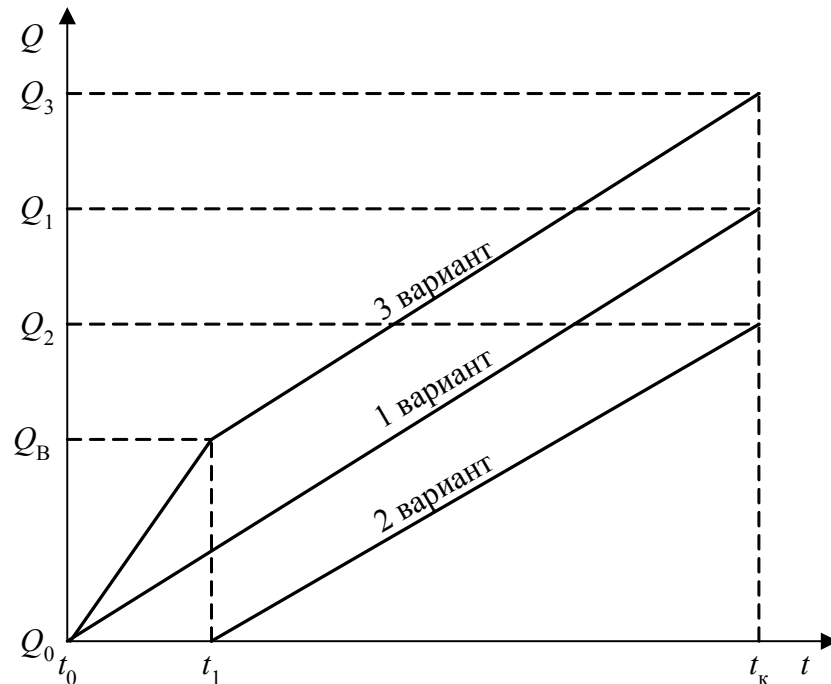


Рис. 1. Динамика изменения ЗУН в процессе занятия

Рассмотрим три варианта проведения занятия, считая  $t_0 = 0$ :

1) без контроля и восстановления знаний. Для этого варианта значение  $Q$  в конце занятия  $t_k$  будет:

$$Q_1 = Q_0 + \gamma_{\Pi} t_k, \quad (4)$$

2) с контролем, но без восстановления знаний. Для этого варианта значение  $Q_2$  будет:

$$Q_2 = Q_0 + \gamma_{\Pi} (t_k - t_1), \quad (5)$$

3) с контролем и восстановлением знаний. Для этого варианта  $Q_3$  будет определяться выражением:

$$Q_3 = Q_0 + \gamma_B t_1 + \gamma_{\Pi} (t_k - t_1). \quad (6)$$

Введем понятие эффективного обучения, в соответствии с которым эффективным считается такое обучение, на котором произошло увеличение обученности курсанта (слушателя) относительно начального с учетом полностью

восстановленных знаний к началу занятия. Занятие тем более эффективно, чем больший уровень обученности достигнут к его окончанию.

Проведем выбор варианта наиболее эффективного варианта обучения из предложенных. Сравнив попарно выражения (4) и (5), (5) и (6) получим, что при равных значениях параметров  $Q_0$ ,  $\gamma_{\text{п}}$ ,  $t_{\text{к}}$ ,  $t_1$  и при любом  $\gamma_{\text{в}} > 0$  всегда выполняются неравенства

$$Q_3 > Q_2 \quad (7)$$

$$Q_1 > Q_2 \quad (8)$$

Рассмотрим, при каком условии третий вариант обучения будет более эффективным, чем первый, то есть будет выполняться неравенство:

$$Q_3 > Q_1 \quad (9)$$

Подставляя выражения (4), (6) в неравенство (9) после ряда простых преобразований получим

$$\gamma_{\text{в}} > \gamma_{\text{п}} \quad (10)$$

Отметим, что  $t_1$  не может превышать время, необходимое для полного восстановления знаний, полученных ранее, то есть для третьего варианта обучения справедливо неравенство:

$$0 < t_1 \leq \frac{Q_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}}} \quad (11)$$

В соответствии с определением для эффективного обучения (рис. 1), должно выполняться неравенство:

$$t_{\text{к}} > t_1 \quad (12)$$

Таким образом, для реализации эффективного обучения в соответствии с разработанной микровременной моделью интенсивность восстановления знаний должна быть больше, чем интенсивность их получения.

Данное условие может быть практически реализовано на основе применения современных компьютерных средств с использованием специально разработанных контрольно-обучающих программ [3].

Специализированные компьютерные программы широко применяются для тестирования знаний курсантов и слушателей в системе технического профессионального образования МВД, МЧС России, а также при повышении квалификации специалистов. Такие программы, как правило, используются в конце всего обучения или значительного этапа и предназначены для контроля уровня знаний. Вместе с тем, их можно использовать также при проведении практических и лабораторных работ, и не только для контроля, но и "быстрого восстановления" знаний [4].

Примером может служить разработанная компьютерная контрольно-обучающая программа, реализующая такую возможность при изучении технических систем противокриминальной защиты объектов. Она включает контроль уровня подготовки курсантов и слушателей к лабораторным работам, проводимым с применением ЭВМ, контроль знаний по отдельным разделам и по всей дисциплине. Таким образом, программа является универсальной и может использоваться на разных этапах обучения.

Рассмотрим применение программы на примере дисциплины специализации "Системы охранной и охранно-пожарной сигнализации", изучаемой в Московском энергетическом институте (МЭИ), а также НОУ "Институт электронных систем безопасности".

Структура тестового контроля, представлена на рис. 2. Объектами тестирования являются следующие темы (6-12) и лабораторные работы к ним (1-5): "Принципы построения систем охранно-пожарной сигнализации" (6), "Известители охранной сигнализации" (7), "Системы передачи извещений" (8), "Приемно-контрольные приборы охранной и охранно-пожарной сигнализации" (9), "Оповещатели" (10), "Блоки питания" (11), "Проектирование, монтаж и эксплуатация систем охранной и охранно-пожарной сигнализации" (12). Тестирование может проводиться и по всей дисциплине в целом.

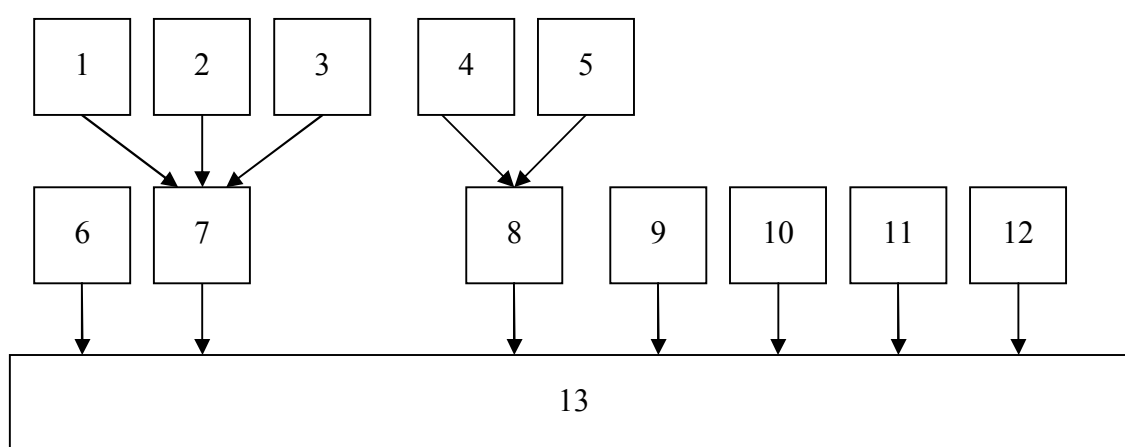


Рис. 2. Структурная схема охвата тестированием разделов дисциплины "Охранно-пожарная сигнализация":

1-5 – лабораторные работы; 6-12 – разделы дисциплины;

13 – вся дисциплина

Всего подготовлено более 200 контрольных вопросов с 3-5 вариантами ответов на каждый вопрос. Блок-схема алгоритма контроля знаний в соответствии с разработанной методикой представлена на рис. 3.

В соответствии с алгоритмом, после регистрации пользователя на экран выводится первый вопрос теста с вариантами ответов. Для обдумывания и ввода ответа программно устанавливается время, в обычном режиме – не более 20 с. Если за это время ответ не последует, программа переходит к выводу второго вопроса, а ответ на предыдущий вопрос считается неправильным. В качестве дополнительной информации могут использоваться фотографии внешнего вида технических средств, видео и мультимедийные сюжеты о их принципе действия и работе, справочная, учебная информация и др. Время изучения дополнительной информации обычно ограничено 20-30 с.

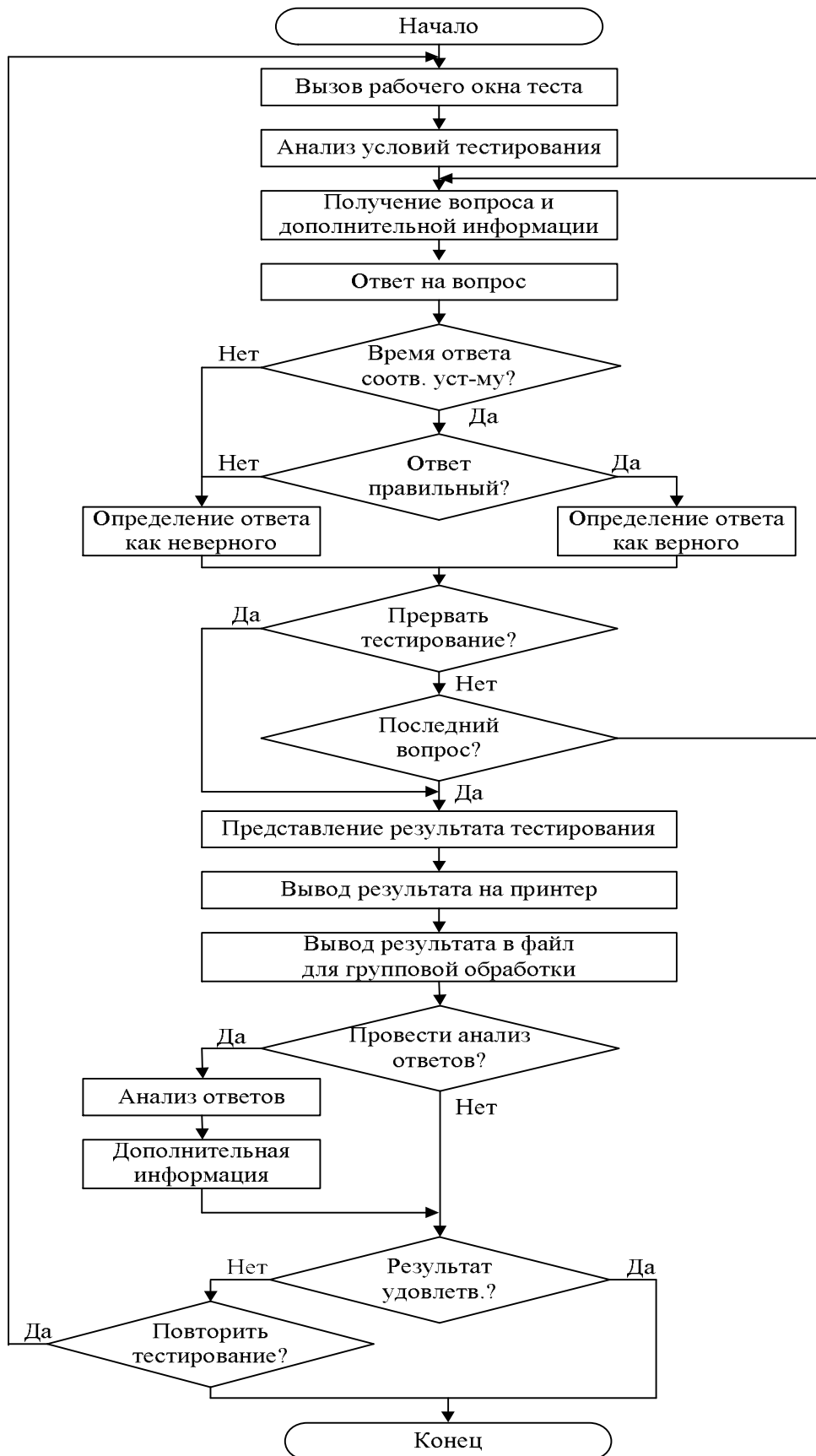


Рис. 3. Блок-схема алгоритма контроля знаний

Всего для контроля знаний перед выполнением лабораторной работы установлен вывод пяти вопросов, для контроля знаний по соответствующим разделам – десяти вопросов.

После ответа на последний вопрос на экран выводится результат тестирования с оценкой. При правильном ответе на 5 из 5 или 10 из 10 вопросов высвечивается оценка "Отлично". При правильном ответе на 4 из 5 или 8, 9 из 10 вопросов высвечивается оценка "Хорошо". При правильном ответе на 3 из 5 или 6, 7 из 10 вопросов высвечивается оценка "Удовлетворительно". При правильном ответе на меньшее число вопросов высвечивается оценка "Неудовлетворительно".

В случае получения оценки "Неудовлетворительно" и фиксирования её преподавателем, обучаемый имеет возможность повторно пройти тестирование. В этом случае вопросы из базы данных выбираются случайно и вероятность их повторения минимальна.

Тестирование заканчивается при получении курсантом (слушателем) положительного результата с оценкой, не ниже установленной или по указанию преподавателя.

Общее время контроля определяется по формуле:

$$t_{\text{т}} = N \cdot K (t_{\text{п}} + t_{\text{д}}), \quad (13)$$

где  $N$  – количество повторений тестирования;  $K$  – количество вопросов теста;  $t_{\text{о}}$ ,  $t_{\text{д}}$  соответственно, длительность ответа на вопрос и изучения дополнительной информации.

В табл. 1 представлены результаты оценки максимального времени, затрачиваемого на тестирования при  $t_{\text{п}} = 20$  с.

Таблица 1

Параметры		Максимальное время контроля, с		
$K$	$t_{\text{д}}, \text{с}$	$N = 1$	$N = 2$	$N = 3$
5	20	200	400	600
5	0	100	200	300
10	20	400	800	1200
10	0	200	400	800

Из таблицы следует, что для временных параметров, указанных выше, при однократном тестировании с 10-ю вопросами время  $t_{\text{т}}$  тестирования составит не более 7 мин, при трехкратном – не более 20 мин, что несущественно влияет на общее время, отводимое на занятие и обеспечивает выполнение условия (13).

Для итогового (зачетного) тестирования количество вопросов и время на обдумывание ответов может быть увеличено.

Следует отметить, что основой эффективного применения является динамичное обновление информационной и вопросной базы. Это связано, во-первых, с общей высокой динамикой содержания рабочих учебных программ в частности, в связи с перестройкой структуры высшего образования. Во-вторых, в последние годы наблюдается общая высокая динамичность разработки и

применения техники противокриминальной защиты, вызванной техническим прогрессом и развитием конкуренции.

Дополнительными условиями обеспечения высокой эффективности применения компьютерных программ контроля знаний являются:

1. Требование повышения их качества, основными показателями которого являются валидность и надежность тестов. Данные показатели характеризуют, соответственно, стабильность получаемых результатов тестирования и их способность правильно отражать уровень подготовки обучаемых. Для практической реализации компьютерного контроля необходима периодическая комплексная оценка качества разрабатываемых тестов, в том числе с учетом мнения обучаемых. [5].

2. Возможность в процессе тестирования не только определения уровня обученности курсантов (слушателей), но быстрого восстановления знаний путем просмотра правильного ответа и получения (при необходимости) другой дополнительной дидактической информации по тестируемому предмету.

Выполнение перечисленных условий применения разработанной методики проведения обучения с тестированием на ЭВМ обеспечат повышение качества подготовки специалистов в области безопасности.

При проведении занятий, как правило, проводится предварительная оценка уровня знаний курсантов и степень их готовности к самостоятельной работе. Такая оценка осуществляется в результате опроса (тестирования) всей или случайно выбранной части учебной группы. Ограниченное время не позволяет качественно провести анализ теста, и в результате оценка основывается в основном на интуиции преподавателя.

При компьютеризации обучения для такой оценки может использоваться математический аппарат теории вероятностей, в частности, теория Бейеса для определения условной вероятности случайных событий, совместных с событиями из полной системы [6].

Задача ставится следующим образом: определить наиболее вероятное распределение курсантов на подгруппы по степени подготовленности к занятию по результатам теста, содержащего  $K$  вопросов.

Пусть задано:

общее количество курсантов в группе  $L$ ;

количество курсантов в контрольной группе, выбранной методом случайной выборки;

вероятность правильного ответа на вопрос теста курсанта из группы подготовленных  $p_1$  и не подготовленных  $p_2$ ;

результаты ответов курсантов, оцениваемые по двухбалльной системе (количество правильных и не правильных ответов каждого курсанта).

Рассмотрим наиболее простой вариант, когда требуется разделить курсантов на две подгруппы – подготовленные и не подготовленные.

Задача решается итерационным методом. Общий алгоритм решения представлен на рис. 4.

Сначала определяется наиболее вероятное распределение курсантов на подгруппы по успеваемости относительно исходного. В качестве исходного может быть взято любое предполагаемое распределение, например, все курсанты в группе подготовлены или все не подготовлены, и т.п. Затем осуществляется корректировка исходного распределения (замена его на другое) и вновь относительно него определяется наиболее вероятное распределение. Окончанием процесса итерации может служить совпадение по вероятности откорректированного исходного и полученного действительного распределений или достижение результата, удовлетворяющего условию проведения занятия, например, достижение количества подготовленных курсантов более 70 % от их общего числа в группе.

Рассмотрим методику определения распределения курсантов на подгруппы относительно исходного. Расчёт проводится в следующей последовательности:

1. Для каждого курсанта определяют совокупность случайных событий  $A^l$ . Случайными событиями  $A^l$  являются результаты ответов курсанта на вопросы теста, например, представленного выше, где  $l$  – номер курсанта в контрольной группе.

В свою очередь появление случайного события  $A^l$  состоит из совместного появления независимых событий  $A_k^l$ , представляющих собой ответы курсанта на вопросы теста, где  $k$  – номер вопроса  $k = 0, 1, \dots, K$ ; полученные ответы на вопросы теста.  $A_k^l \in A^l$ .

2. Определяют полную систему гипотез. Для разделения группы на две подгруппы такими гипотезами будут:

$H_1$  – курсант подготовлен;

$H_2$  – курсант не подготовлен.

Отметим, что по определению, случайные события образуют полную систему, если в результате опыта (ответа одного курсанта на вопросы теста) произойдет одно и только одно событие из этой системы.

3. Проводят расчёт вероятностей гипотез  $H_1, H_2$  перед тестированием по формулам классического определения вероятности:

$$P(H_1) = l_1/L; P(H_2) = l_2/L,$$

где согласно исходному распределению  $l_1$  – количество курсантов в подгруппе подготовленных;  $l_2$  – количество курсантов в подгруппе не подготовленных;  $L$  – общее количество курсантов в группе;  $L = l_1 + l_2$ .





Рис. 4. Общий алгоритм решения задачи определения уровня подготовленности обучаемых к занятию

4. Для каждого курсанта определяют условные вероятности наступления события  $A^l$  при этих гипотезах. Совокупность вариантов ответов на тест курсантами можно рассматривать как случайные события, которые могут произойти при реализации гипотез  $H_1, H_2$ . Считая, что вероятность ответа не зависит от номера вопроса, соответствующие условные вероятности можно определить по формуле Бернулли [6]:

$$P(A^l/H_1) = C_K^{M^l} p_1^{M^l} (1-p_1)^{K-M^l}; \quad (14)$$

$$P(A^l/H_2) = C_K^{M^l} p_2^{M^l} (1-p_2)^{K-M^l}, \quad (15)$$

где  $M^l$  – количество правильных ответов  $l$ -го курсанта на вопросы теста;  $C_K^{M^l}$  – число сочетаний из  $K$  по  $M^l$ ;  $C_K^{M^l} = K! / (M^l - K)! M^l!$  [7].

5. Определяют для  $l$ -го курсанта вероятность отнесения его по результатам ответа на вопросы теста к группе подготовленных или не подготовленных как условные вероятности гипотез  $H_1, H_2$  при реализации события  $A^l$ .

Данные вероятности определяются по формуле Бейеса [6]:

$$P(H_1/A^l) = \frac{P(H_1)P(A^l/H_1)}{P(H_1)P(A^l/H_1) + P(H_2)P(A^l/H_2)}; \quad (16)$$

$$P(H_2/A^l) = \frac{P(H_2)P(A^l/H_2)}{P(H_1)P(A^l/H_1) + P(H_2)P(A^l/H_2)}. \quad (17)$$

Полученные значения вероятностей сравниваются, и курсант причисляется к группе, имеющей большее значение условной вероятности. Аналогичные расчёты проводятся для каждого курсанта в контрольной группе. Таким образом, проводится статистическое распределение курсантов на две подгруппы по степени подготовленности к занятию. Затем в соответствии с приведенным выше алгоритмом производится сравнение исходного и полученного распределения и, при необходимости, повторный расчёт.

Поскольку контрольная группа выбиралась случайно, она является репрезентативной, и по ней можно судить о подготовленности всей группы. При наличии соответствующих условий (например, в компьютерном классе) целесообразно проводить тестирование всей группы, что повысит достоверность результата. В случае неудовлетворительного результата, преподаватель может напомнить курсантам основные положения изучаемой дисциплины и, при необходимости, провести повторное тестирование.

Предложенная методика при ее реализации на компьютере позволит повысить эффективность проведения занятия, подняв уровень усваиваемых курсантами знаний.

## Литература

1. Орлов П.А., Дровникова И.Г. Методы математического моделирования процесса обучения // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 1 (23). – 2009. – 4 с. -<http://ipb.mos.ru/ttb/2009-1>. – 0420900050/0010.
2. Свиридов А.П. Введение в статистическую теорию обучения и контроля знаний. Часть II. Элементы статистической динамики знаний. М.: МЭИ, 1974. 152 с.
3. Буцынская Т.А., Орлов П.А. Основные направления применения современных компьютерных информационных технологий для повышения эффективности процесса обучения // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 1 (17). – 2008. – 4 с. -<http://ipb.mos.ru/ttb/2008-1>. – 0420800050/0005.
4. Фомин В.И., Членов А.Н., Буцынская Т.А. Разработка контрольно-обучающих программ по дисциплине "Производственная и пожарная автоматика" // Материалы 15 научно-технической конференции "Системы безопасности" – СБ 2006. М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. С. 258-260.
5. Бутузов С.Ю., Хабибулин Р.Ш. Обеспечение качества компьютерных тестов для контроля знаний // Материалы 14-й научно-технической конференции "Системы безопасности" – СБ-2006. М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. С. 87-89.
6. Гурский Е.И. Теория вероятностей с элементами математической статистики. М.: Высш. шк., 1971. 328 с.
7. Справочник по вероятностным расчётам. М.: Воениздат, 1970. 536 с.