

пружины электромагнитного реле клапанного типа. На основе решения уравнения вынужденных колебаний (в виде (6)) показано, смещение центра тяжести контакта от края пластины на 10% изменяет амплитуду колебаний на 16% при фиксированном усилии между контактами электромагнитного реле клапанного типа для первого тона колебаний.

Современная вычислительная техника и средства математического моделирования дают реальные возможности для разработки контактных пружин (пластин) для мощных электромагнитных реле с использованием теории колебаний и методов численного моделирования. Существующие математические модели вынужденных колебательных процессов позволяют учитывать ширину и толщину контактных пружин, момент инерции, модуль упругости, касательные усилия. Численные методы решения дифференциальных уравнений, такие как метод конечных разностей (FDTD) в совокупности с учетом параметров, которые характеризуют упругость материала и геометрические размеры, способствуют моделированию формы контактной пружины близкие к оптимальным.

УДК 004.891

## ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПО МНОГИМ КРИТЕРИЯМ

Д.т.н. Л.И. Нефёдов, к.т.н. Д.А. Маркозов, В.А. Беспалый, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*В статье обоснована необходимость внедрения многокритериальной оценки тестов как метода оценки качества тестовых результатов полученных с их помощью в системе менеджмента качества среднеобразовательных учреждений.*

*У статті обґрунтовано необхідність впровадження багатокритеріальної оцінки тестування як методу оцінки якості результатів тестування отриманих з їх допомогою в системі менеджменту якості загальноосвітніх навчальних закладів.*

*In the article the necessity of introducing multi-criteria evaluation of the quality of tests as a method of assessing the quality of test results obtained with the help of their in quality management system general school.*

**Ключевые слова:** критерий, качество, система, оценка

### Введение.

В настоящее время ожидаются принципиальные качественные изменения информатизации образования, интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений и количественной оценки качества образовательной деятельности [1].

В рамках данной работы предлагается модернизация системы оценивания качества обучения и оценивания знаний, полученных в процессе обучения.

Сам процесс обучения предлагается рассматривать как систему менеджмента качества, в которой обучаемый является объектом управления, а образовательное учреждение системой управления. Практически

Полученные результаты представляют интерес для диагностики износа контактных элементов в электромагнитных реле клапанного типа.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мощные электромагнитные реле: Справочник инженера. - Санкт-Петербург: 2001. - 152 с.
2. Воропай А.В. Моделирование нестационарного деформирования прямоугольной пластины с гасителем колебаний / А.В. Воропай // Вестник ХНАДУ. – 2011. - вып.53. - С.87-89.
3. Филипченко И.П. Электромагнитные реле / И.П. Филипченко, Г.Я. Рыбин. - М: "Советское радио". - 1968. - 72с.
4. Миловзоров В.П. Электромагнитные устройства автоматики / В.П. Миловзоров. – М: "Высшая школа". -1983. - 400с.
5. Козлов Н.П. Электромагнитные пропорциональные элементы / Н.П. Козлов, И.М. Красов. – М: "Энергия". - 1966. - 166 с.
6. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний / С.П. Стрелков. - М: "Наука". -1964. - 437с.
7. Яблонский С.С. Курс теории колебаний / С.С. Яблонский. – М: "Высшая школа". -1966. - 254 с.

оптимизировать процесс обучения в системе менеджмента качества в условиях нечёткой информации в точной мере невозможно. Таким образом, присутствует нечеткость в процессе управления [2].

Кроме этого, на сегодняшний день все большее внимание уделяется тестированию как одному из наиболее быстрых и удобных способов оценки знаний.

**Анализ литературы и достижений.** Тестовый метод контроля качества обучения имеет ряд несомненных преимуществ перед другими педагогическими методами контроля:

- высокая научная обоснованность теста;
- технологичность;
- точность измерений;
- наличие одинаковых для всех испытуемых правил проведения испытаний и правил интерпретации их результатов;
- хорошая сочетаемость метода с современными образовательными технологиями.

Тесты начали применяться в 1864 году Дж. Фишером в Великобритании для проверки знаний учащихся. Теоретические основы тестирования были разработаны английским психологом Ф. Гальтоном в 1883 году. Термин "тест" впервые ввёл американский психолог Дж. Кеттел в 1890 году. Первый стандартизированный педагогический тест был составлен американским психологом Э. Торнодайком. Американский психолог К. Спирмен разработал основные методы корреляционного анализа для стандартизации тестов и объективного измерения тестологических исследований. Статистические методы

Спирмена, основанные на использовании методов факторного анализа, сыграли большую роль в дальнейшем развитии тестирования [3]. Отметим, что развитие тестирования стало одной из основных причин, обусловивших проникновение в педагогику математических методов.

В Украине составление и применение тестов относится к 20-м годам прошлого века [4].

**Актуальность проблемы.** Простота разработки тестов и их популярность породили большое количество некачественных заданий для тестирования. Для решения данной проблемы необходимо учитывать, что создание тестов, которые адекватно могут оценить знания обучаемых является не просто составлением заданий и объединением их в тест, а это система связанных заданий. В такой системе каждое задание должно удовлетворять определенным условиям, поэтому возникает необходимость контроля качества тестирования, поскольку от этого напрямую зависит адекватность оценки знаний обучаемого.

**Цель и задачи.**

Статья посвящена задаче оценки качества тестов, которую можно считать частью проблемы анализа заданий [5]. Анализ заданий может быть рациональным (оценочным) и эмпирическим (статистическим). Рациональный анализ заданий предполагает неформальный анализ каждого из заданий теста и реализуется вне автоматической обучающей системы (АОС). Эмпирический анализ заданий означает анализ таких характеристик теста, как его надежность, валидность, трудность, дискриминативность и т.д. [6]. В таком случае задачей статьи является обоснование необходимости введения многокритериальной оценки качества тестирования.

**Многокритериальная оценка достоверности тестирования.** Наряду с обсуждением качества тестов, можно говорить о качестве тестовых результатов, полученных с их помощью. В настоящее время отчетливой является тенденция, в соответствии с которой качество тестов имеет прямое влияние на качество результатов тестирования с их помощью.

**Критерии надёжности тестов.** Надежностью теста называется степень совпадения его результатов при повторном тестировании одних и тех же учеников в одинаковых или близких условиях. Известно значительное число критериев надежности теста [7]. Например, в качестве такого критерия можно использовать коэффициент корреляции Пирсона между двумя параллельными тестами на одной и той же выборке учеников. Однако повторная проверка знаний по одному и тому же вопросу связана с лишней психологической нагрузкой учеников и их переутомлением. Кроме того, создание истинно параллельных тестов практически нереально.

В качестве критерия надежности можно использовать также коэффициент корреляции результатов тестирования и результатов экспертных оценок. К лишней психологической нагрузке учеников и их переутомлению в этом случае добавляется необходимость организации группы экспертов и, тем самым, увеличению нагрузки на учителей. Кроме того методы экспертных оценок вносят субъективное влияние самих экспертов.

В качестве критерия надежности тестового задания предлагается использовать коэффициент надежности Гутмана с некоторыми модификациями.

Далее нам понадобятся следующие обозначения:

$P = (p_1, p_2, \dots, p_N) = (p_i, i \in [1 : N])$  – множество учеников, где  $i$  – номер ученика,  $N$  – их общее количество;

$T = (t_1, t_2, \dots, t_M) = (t_j, j \in [1 : M])$  – набор тестовых заданий теста  $T$ , где  $j$  – номер тестового задания в тесте,  $M$  – общее число заданий;

$X = (x_{ji}, i \in [1 : N], j \in [1 : M])$  – матрица результатов тестирования, где  $x_{ij}$  – оценка  $i$ -го ученика за выполнение  $j$ -го задания.

Критерии надежности теста обычно строятся на основе следующих величин:

$$y_i = \sum_{j=1}^M x_{ji} \text{ – суммарный тестовый балл ученика } p_i$$

по результатам выполнения теста  $T$ ;

$$\tilde{r}_i = \frac{r_i}{M}, \tilde{w}_i = \frac{w_i}{M} \text{ – доли правильных и}$$

неправильных ответов, где  $r_i, w_i$  – суммарные числа правильных и неправильных ответов, полученных учеником  $p_i$  по результатам выполнения теста  $T$  соответственно;

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \text{ – средний арифметический балл по всем}$$

ученикам (т.е. оценка математического ожидания случайной величины  $y_i$ );

$$D = \frac{s^2}{N-1} \text{ – оценки дисперсии тестовых}$$

результатов всех учеников, где  $s^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$  – сумма квадратов отклонений баллов учеников от своих средних значений;

$\sigma = \sqrt{D}$  – соответствующая оценка средних квадратичных отклонений.

Одними из самых простых методов оценки надежности тестов являются методы, основанные на оценке структурированности знаний ученика. Наиболее известным методом этого класса является метод Гутмана.

Положим, что задания в тесте  $T$  расположены в порядке возрастания их сложности и матрица  $X$  является бинарной, т.е. оценки  $x_{ij}$  могут принимать только значения ноль и единица. Строка с номером  $i$  этой матрицы образует, так называемый, профиль ученика  $p_i$ , характеризующий структуру его знаний. При идеальной структуре теста (когда сложность заданий действительно возрастает с увеличением их номера) и идеальной структуре знаний ученика  $p_i$  «правильным» будет профиль, в котором сначала идут только единицы, а затем – только нули. Отклонение оценки  $x_{ij}$  от правильного профиля назовем ошибкой профиля и обозначим  $e_{ij}$ . Точнее говоря, положим, что  $e_{ij} = 0$ , если оценка  $x_{ij}$  является «правильной», и  $e_{ij} = 1$  – в противном случае.

В случае, когда структура теста является идеальной, любая ошибка профиля означает либо незнание ученика, либо его неудачную попытку угадать правильный ответ. При усреднении результатов

тестирования по всем ученикам последний эффект неизбежно нивелируется и существенными оказываются лишь инверсии (нарушения верной последовательности) в заданиях теста. На этом основании Гутманом была в качестве критерия надежности теста предложена величина

$$\gamma = \gamma(P, T) = \frac{\sum_i \sum_j e_{ij}}{NM}, \quad (1)$$

называемая коэффициентом надежности Гутмана. Здесь суммирование ведется по всем  $i \in [1:M]$ ,  $j \in [1:M]$  и сумма имеет смысл общего числа ошибочных ответов всех учеников. Иногда величину (1) называют коэффициентом структурированности тестовых результатов. В качестве нижней допустимой границы коэффициента надежности Гутмана обычно принимают величину 0,8 [9].

На основе профилей учеников предлагаем ввести и другие критерии качества теста, например, коэффициент соответствия профилю обучения [7].

Критерий валидности теста. Валидность характеризует способность теста давать результаты, позволяющие осуществить их правильную интерпретацию с точки зрения цели тестирования [8]. В АОС обычно используют различные подходы на основе эмпирического внутреннего метода оценки валидности теста.

Определить коэффициент валидности теста – значит определить, как выполнение теста соотносится с другими независимо сделанными оценками знаний испытуемых. Для определения валидности требуется независимый внешний критерий, то есть оценка эксперта (преподавателя). За коэффициент валидности принимают коэффициент корреляции результатов тестовых измерений и критерия. Если экспертная оценка знаний испытуемых, полученная независимо от процедуры тестирования, представлена числовой последовательностью  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ , то коэффициент валидности теста может быть рассчитан по формуле:

$$V = \frac{\sum_i (Y_i \cdot y_i) - \bar{Y} \cdot \bar{y}}{S_Y \cdot S_y} \cdot \frac{N}{N-1}, \quad (2)$$

где  $\bar{Y}$  – средняя арифметическая экспертных оценок,  $S_Y$  – стандартное отклонение этих оценок:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i Y_i}{N},$$

$$S_Y = \sqrt{\frac{\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2}{N-1}}.$$

Критерий трудности теста. Обычно в качестве критерия трудности теста используют индекс трудности теста  $\lambda$ , который определяется относительным числом учеников, давших правильный ответ на данной тест  $\tilde{r}$ :

$$\lambda = (1 - \tilde{r}). \quad (3)$$

В психологии различают субъективную и объективную оценку трудности теста. Субъективная трудность определяется индивидуальными психологическими и иными характеристиками тестируемого, например, лимитом времени, его психическим состоянием. Формула (3) определяет объективную трудность теста. Если, например, на данный тест в среднем правильно отвечает 20% учеников ( $\lambda = 0,8$ ), то данный тест следует классифицировать, как трудный. Если, напротив, верный ответ дают 80% учеников ( $\lambda = 0,2$ ), тест классифицируется, как легкий.

Отметим, что, не смотря на свое название, объективная трудность теста зависит от особенностей выборки учеников (возрастные, профессиональные, социокультурные различия и т.д.). Отметим также, что индекс трудности теста применим лишь к заданиям, для которых можно определить «правильный» и «неправильный» ответы.

Для успеха тестирования с помощью теста очень важным является подбор заданий по индексу трудности. При выборе слишком трудных заданий резко снижаются валидность и надежность теста. С другой стороны, слишком простые задания приводят к незначительной вариативности их результатов, что делает затруднительным корректное оценивание учеников.

Обычно задания с низким индексом трудности помещают в начале теста, а задания с высоким индексом – ближе к концу теста. Несколько самых легких заданий размещают перед основными заданиями теста и используют в качестве примера. В то же время, в тестах скорости часто используют задания с относительно невысокими и примерно одинаковыми индексами трудности. При этом общее число заданий выбирается таким, чтобы никто из учеников за заданное время не успел решить все их.

Критерий дискриминативности теста.

Дискриминативность теста характеризует его способность отделить испытуемых с высокой продуктивностью учебной деятельности от испытуемых с низкой продуктивностью.

Простейшим критерием дискриминативности теста является коэффициент дискриминации  $r_d$ , определяемый по следующей схеме:

- а) проводится тестирование достаточно большой группы учеников ( $N > 100$ );
- б) на основе результатов тестирования отбирается примерно по 27% учеников в лучшую группу  $P_{best}$  и худшую группу  $P_{worst}$ , содержащие по  $N_b$  и  $N_w$  учеников соответственно;
- в) вычисляется количество правильных ответов  $v_b$ ,  $v_w$  в указанных группах соответственно.
- г) вычисляется коэффициент дискриминации

$$r_d = \frac{v_b}{N_b} - \frac{v_w}{N_w}, \quad (4)$$

где  $\frac{v_b}{N_b}$ ,  $\frac{v_w}{N_w}$  – доли правильных ответов в группах  $P_{best}$ ,  $P_{worst}$ ;

- д) если  $r_d > 0,3$ , то полагают, что дискриминативность рассматриваемого теста является достаточной.

Критерии дискриминативности теста можно построить также на основе матрицы корреляций тестовых заданий с тестовыми баллами испытуемых [7].

Получив значения критериев оценки теста по формулам (1-4), можно вычислить общий показатель качества теста, применив какую-либо свертку, например, мультипликативную

$$Q = \gamma \cdot V \cdot \lambda \cdot r_d$$

**Выводы.** В работе предложены критерии оценки достоверности тестирования в системе менеджмента качества среднего образовательного учреждения. Рассматриваемые критерии оценки позволяют осуществлять различные формы обучения с оперативным контролем качества этого обучения.

Использование предложенных критериев оценки достоверности тестирования в системе менеджмента качества позволит улучшить процесс получения знаний во время обучения путём контроля процесса обучаемости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Свиридов А.П. Статистическая теория обучения / А.П. Свиридов // Приложение к журналу «Информационные технологии». – М., 2010. – № 9. – С. 2 – 31.

2. Zilouchian, Ali. Intelligent control systems using soft computing methodologies / Ali Zilouchian, Mohammad Jamshidi. – USA: CRC Press LLC, 2001. – 493 p.

3. Ким В.С. Тестирование учебных достижений / В.С. Ким // Монография. – Уссурийск: УГПИ, 2007. – 214с.

4. Истоки экспериментальной психологии [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.effecton.ru/199.html>.

5. Латышев, В.Л. Интеллектуальные обучающие системы: контроль знаний и психодиагностика [электронный ресурс] – режим доступа <http://nit.miem.edu.ru/2004/plenar/9.htm>.

6. Углев, В. А. Обучающее компьютерное тестирование / В.А. Углев // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2007. – С. 312 – 316.

7. Олейник, Н.М. Тест как инструмент измерения уровня знаний и трудности заданий в современной технологии обучения [электронный ресурс] / Н.М. Олейник // Учебное пособие : Донецк, Донецкий Государственный Университет – режим доступа <http://opentest.com.ua/>

8. Карпенко, А.П. Расширенная семантическая сеть обучающей системы и оценка ее сложности / А.П. Карпенко, Н.К. Соколов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2008, 12.

9. Рудинский И.Д. Принципы и технологии создания интегрированной автоматизированной системы контроля знаний / И.Д. Рудинский, Э.М. Аскеров, М.А. Емелин, Н.А. Строилов // Информационные технологии в образовании и науке: Сб. трудов ВНИПК. – М., 2006. – С. 17-35.

УДК 621.746.3:65.015.1

## МЕТОД ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

К.т.н. С.В. Сотник, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

*Предлагается метод оценки уровня качества полимерных деталей, полученных методом литья под давлением, который позволит повысить не только физико-химические показатели отливки, но и надежность, точность и прочность.*

*Пропонується синтез методу оцінки рівня якості полімерних деталей. Це дозволить скоротити час на проектні роботи при проектуванні технологічного оснащення для виробництва пластмасових деталей методом литва під тиском і підвищити якість виливних деталей.*

*The synthesis of estimation method level of polymeric details quality is offered. It will allow to shorten time on project works at planning of the technological rigging for the production of plastic details the method of casting under constraint and to promote quality of castable details.*

**Ключевые слова:** полимерные детали, литье под давлением, проектирование, показатель качества, метода оценки

### 1. Введение

Технология литья полимеров под давлением должна соответствовать постоянно растущему спросу на недорогие и высококачественные изделия. Решить такую задачу производитель способен только при условии тщательного контроля технологического процесса, соответствии геометрии изделия особенностям

полимерного материала и способа его переработки, а также точного воспроизведения размеров и качества поверхности [1, 2]. Наряду с этим наблюдается тенденция уменьшения массы деталей, что приводит к противоречию между требованиями высокой прочности и стремлением к уменьшению массы конструкции. Кроме того, при проектировании полимерной детали необходимо учитывать соответствующие технические средства.

Работа проектировщика литьевой формы (ЛФ) должна быть тесно связана с работой проектировщика полимерной детали.

Сложившаяся с недавнего времени практика требует, чтобы проектировщик полимерной детали представлял проектировщику ЛФ модель или копию, или прототип детали. В 90-е годы проектировщик лишь указывал на детали места, в которых можно было бы расположить впускные литники, не нанося вреда внешнему виду детали. После этого проектировщик литьевой формы начинал работу. Но теперь эта практика изменилась, такое последовательное проектирование фактически вытеснено практикой параллельного проектирования.

На сегодняшний день технология производства полимерных деталей требует, чтобы проектировщик литьевой формы привлекался к работе на ранних стадиях процесса проектирования деталей, еще при выборе их геометрической формы. В этом случае проектировщики