

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

**Сергей Бутенков**

Южный федеральный университет, г. Таганрог  
saab@tsure.ru

Настоящая работа отражает взгляд педагога высшей школы на практические проблемы применения различных тестовых методов, а также попытку постановки и решения проблем педагогической практики при помощи программных средств создания интегративных заданий в тестовой форме. Рассматривается методология автоматического получения наборов равнотрудных заданий в тестовой форме, которые могут использоваться для различных видов учебной деятельности — как с участием преподавателя, так и самостоятельной (в том числе и для дистанционного обучения).

Описанные методики и реализующие их программные средства прошли апробацию в учебном процессе ряда кафедр ЮФУ (ранее — ТРТУ) и заняли первое место по результатам участия во всероссийском конкурсе методических разработок в области компьютеризации учебного процесса.

**Ключевые слова:** проектирование заданий, теория педагогических измерений, компьютерные системы обучения, мониторинг учебного процесса, дистанционное обучение.

### Введение

Согласно общепринятой парадигме, основной целью педагогического тестирования является измерение относительного уровня знаний испытуемых в некоторой предметной области. Использование научного термина «измерение» требует введения дополнительных аксиом, позволяющих формализовать этот процесс, а также шкалирования. Аксиоматическую базу педагогического тестирования обеспечивает формальная теория педагогических измерений<sup>1</sup>, которая представляет собой прикладное направление математической статистики.

Теория

ИЗДАНИЕ

1

*Karabatsos G.*  
Axiomatic measurement theory as a basis for model selection in item response theory. Paper presented at 32nd annual conference of the Society for Mathematical Psychology, Santa Cruz, CA. 1999, July.

Классические и современные прикладные статистические методы, прекрасно себя зарекомендовали в статистической физике, контроле массового производства и т.д. В настоящее время это привело к широчайшему применению стандартных подходов и формул математической статистики в различных прикладных областях, зачастую без должного анализа корректности их применения<sup>2</sup>. Однако их применение как аппарата тестирования в психологии и педагогике у специалистов в области математической статистики вызывает ряд существенных вопросов.

Одним из первых свой скептицизм относительно применения статистических методов в экономике и гуманитарных науках выразил Н. Винер, основоположник прикладных статистических методов<sup>3</sup>. Для корректного использования формально-статистических методов в этих областях требуется выполнение многих чрезвычайно строгих требований, накладываемых аксиоматикой Колмогорова в теории меры<sup>4</sup>. Рассмотрим наиболее существенные для практики требования.

Первая из существенных проблем, порождающих скептицизм относительно перспектив статистических методов, заключается в недостаточной репрезентативности используемых выборок ответов тестируемых

(особенно в случае индивидуального адаптивного обучения). Минимальный объем выборок должен составлять величину порядка тысяч<sup>2</sup>, что достигается только при проведении тестирования в масштабах не меньших, чем факультет среднего размера, и реально не достижимо при индивидуальном тестировании.

Вторая, и гораздо более важная проблема, согласно Н. Винеру<sup>3</sup>, заключается в том, что при физических измерениях всегда стремятся избежать влияния измерительных приборов на измеряемое явление. Между тем, в новых образовательных технологиях именно такое влияние является целью педагогического измерения, обеспечивая обратную связь по измеренному уровню знаний<sup>6</sup>. По этой причине избежать его крайне трудно.

Таким образом, полная формализация процесса тестирования, когда каждый участник представляется, подобно молекуле газа, некоторой простой совокупностью данных (тестовой матрицей), имеет смысл лишь в статистически корректных условиях, т.е. при масштабах не меньших, чем контингент вуза, или в контрольных мероприятиях государственного масштаба. Здесь измерение является практически единственной целью, что позволяет коррект-

2

*Гласс Дж., Стенли Дж.*  
Статистические методы  
в педагогике и психологии / Пер. с англ. Л.И.  
Хайрусовой. М., 1976.

3

*Винер Н.*  
Кибернетика. М.: Совет-  
ское Радио, 1958.

4

*Колмогоров А.Н.,  
Фомин С.В.*  
Элементы теории функ-  
ций и функционального  
анализа. М.: Наука,  
1989.

но применять статистические методы теории педагогических измерений<sup>1,3</sup>.

В случае оперативного контроля учебного процесса следует изыскивать иные подходы и методики, позволяющие продуктивно использовать факт личного контакта педагога с обучаемым. Даже минимально опытный преподаватель при личном контакте сразу оценивает степень владения материалом по косвенным признакам (владение терминологией, свободный переход от одной темы к другой и т.п.).

С точки зрения обучаемого (с преподавателем или без) результатом оперативного тестирования должна быть надёжная положительная обратная связь (в терминах кибернетики), позволяющая повышать свои результаты обучения. При недостоверных результатах оперативного тестирования обратная связь может стать и отрицательной, подавляющей образовательную активность обучаемого, что практически означает удовлетворение и успокоенность вследствие завышения результатов тестового контроля.

Проведённый анализ приводит к мысли об ограниченности возможностей аксиоматически-статистического подхода в текущей педагогической деятельности и о постановке задачи создания новых методик оперативного контроля знаний, до-

полняющих аксиоматический подход и основанных на кибернетических принципах обучения<sup>5</sup>.

## Цель и задачи работы

Определим основную цель, которая должна быть достигнута с использованием новых технологий оперативного контроля. Как показано выше, целью повседневной работы преподавателя является организация совместной целенаправленной деятельности с обучаемыми, направленной на достижение результатов, определяемых в программе конкретного курса<sup>6</sup>. С точки зрения оперативного контроля тестовые материалы в духе государственных КИМов исключительно негибки. Для обеспечения обучаемых средствами индивидуального контроля и самоконтроля будет необходима закупка значительных количеств готовых тестов. Наконец, печатные бланки тестов (для случая использования без компьютеров) являются одноразовыми. Все это требует значительных временных и материальных затрат на обеспечение учебного процесса текущими заданиями в традиционно сложившейся тестовой форме<sup>1</sup>.

С нашей точки зрения, для оперативного тестирования необходимо разработать

## 5

Ивахненко А.Г. Самообучающиеся системы распознавания и автоматического управления. Киев: Техника. 1969 г. 392 с.

## 6

Иванов Е.А., Бутенков С.А., Клово А.Г. «Методика проведения тестов по курсу высшей математики в системе РИТМ». В сб. трудов Всероссийской конференции «Применение средств вычислительной техники в учебном процессе кафедр физики, высшей и прикладной математики». Ульяновск: УлПИ, 1993. С. 76–81.

ПЕД	
	измерения

методику и технику создания требуемого количества равносложных заданий в тестовой форме, а также методику (по необходимости слабо формализованную) для применения таких заданий в сравнительно небольших (порядка сотен и меньше) группах обучаемых. Важнейшей особенностью подобных заданий является наличие ответов в виде, пригодном для оперативной проверки (лучше прямо на месте проведения), что позволяет организовать обратную связь по результатам контроля без задержки во времени.

Наличие ответов позволяет также использовать такие задания для самообучения и при дистанционном обучении. С точки зрения материального представления подобных тестовых материалов, они могут производиться в форме электронных версий некоторых карточек, содержащих индивидуальные варианты заданий равной сложности, снабженных соответствующими им карточками с точными ответами (для проверки или самоконтроля). Тогда тест может представлять оперативно формируемый набор подобных заданий.

Желательно также наличие в ответах некоторых промежуточных данных, которые, с одной стороны, позволят пояснить ошибки решения, а с

другой стороны — позволять преподавателю формулировать дополнительные задачи на основе одних и тех же карточек (интегративные задания). Подобные материалы должны легко тиражироваться (без повторения вариантов) и изготавливаться в виде файлов общедоступных форматов, пригодных и для печати. Применительно к выбранным проблемным областям следует выбирать ключевые задачи, позволяющие гибко использовать наборы подобных заданий<sup>6</sup>.

### **Анализ методической базы оперативного контроля в тестовой форме**

Рассмотрим место предлагаемых заданий в тестовой форме применительно к сложившимся традициям построения учебных планов вуза. Можно выделить общие категории учебных целей<sup>7</sup> в виде, удобном для задач педагогического измерения. Они упорядочены по степени абстрактности подхода к учебным материалам и, соответственно, по степени трудности получения теоретического обоснования для объективных педагогических измерений. В целом вся система сводится в таблицу, позволяющую определить практические требования к тестовым материалам на каждом уровне (табл. 1).

7

*Беспалько В.П.*  
Педагогика и прогрессивные технологии обучения. М., 1995.

**Таблица 1. Категории учебных целей для задач педагогического измерения**

№ уровня	Обобщенные учебные цели (планирует преподаватель)	Конкретизируемые учебные цели (достигаются студентом)
1.	Знания на уровне запоминания и воспроизведения	Знает смысл употребляемых терминов. Знает основные понятия и определения. Знает формулы, законы, принципы.
2.	Знания на уровне понимания	Понимает и интерпретирует термины. Интерпретирует понятия и определения. Преобразует словесный материал в математические выражения. Интерпретирует словесный материал на схемах и графика.
3.	Умения по применению знаний в известной ситуации	Умеет применять термины, понятия и определения в знакомой ситуации по образцу. Умеет применять формулы, законы и принципы.
4.	Умения по применению знаний в незнакомой ситуации	Использует законы и принципы в новых ситуациях. Осуществляет перенос известных принципов на незнакомые ситуации.
5.	Анализ	Видит ошибки и упущения в логике рассуждений. Выделяет скрытые предположения. Проводит различия между фактами и следствиями.
6.	Синтез	Пишет рефераты, проекты и т.п. Предлагает план проведения эксперимента. Решает проблемы на междисциплинарном уровне путем переноса знаний из одной дисциплины в другую.
7.	Оценка	Сопоставляет факты. Приводит оценочные суждения. Выбирает оптимальный вариант из предложенных к рассмотрению.

Теория

16.07.2007

ПЕД	
	измерения

Приведённая таблица полезна для преподавателя, планирующего разработку и применение заданий в тестовой форме, как для постановки задач разрабатываемого теста, так и для оценки формы представления ожидаемых результатов<sup>6</sup>. Используя приведённую выше классификацию, можно выбрать формы представления тестовых материалов, используемых на разных уровнях табл. 1.

С практической точки зрения в данной работе мы рассмотрим свойства только двух основных видов тестовых заданий — с выбором ответа и открытой формы. Для облегчения проблемы выбора результаты сопоставительного анализа двух основных форм тестовых материалов сведены в табл. 2.

Используя приведённую выше таблицу свойств, можно

**Таблица 2. Сопоставительный анализ возможностей форм тестовых заданий**

Технологические характеристики форм	Задания с выбором ответа	Задания открытой формы	
		с ограничением ответа	со свободным ответом
Проверка знаний фактологического материала	+	+	мало пригодны
Проверка умений применения знаний по образцу (репродуктивный уровень)	+	+	+
Проверка умений применения знаний в незнакомой ситуации (продуктивный уровень)	+	+	+
Простота в конструировании	-	+	+
Исключение эффекта угадывания	-	+	+
Объективность в оценке результата выполнения	+	+/-	+
Исключение фактора ошибок испытуемых при написании ответов	+	-	-
Возможность оригинального ответа	-	-	+

выбрать формы представления тестовых материалов применительно к конкретным практическим требованиям.

Следующей принципиально важной характеристикой тестовых результатов является их надёжность. Это характеристика устойчивости и точности результатов. Два теоретических фактора, обеспечивающих надёжность — это однородность теста и количество заданий.

С практической точки зрения важнейшим фактором, снижающим надёжность результатов тестирования, является несанкционированный доступ (НСД) к заданиям и результатам тестирования на всех этапах проведения тестирования с целью коррекции конечных результатов. Здесь можно выделить несколько возможных каналов утечки и искажения информации.

Во-первых, это утечка, допущенная лицами, участвующими в проведении тестирования. Мотивы этого могут быть самыми разными, при этом чем больше участников задействовано в процессе, тем больше шансов получить «слабое звено» для утечки информации. Следовательно, в новых технологиях желательно значительное уменьшение числа лиц, связанных с подготовкой, проведением и оценкой результатов оперативного контроля в тестовой форме.

Во-вторых, каналом искажения тестовой информации являются различные (очень разнообразные) формы того, что в просторечии называется списыванием, что ещё ждёт своих исследователей. Незначительные практические усилия тестируемых по применению различных форм списывания могут свести на нет все теоретические достижения теории педагогических измерений. Это совершенно неактуально, к примеру, в США, так как (судя по свидетельствам очевидцев) попытки списывания там пресекаются не столько преподавателями, сколько самими студентами, сразу сообщающими организаторам, если их коллега списывает.

Ситуация в России совершенно иная. Списывание применяется охотно и большей частью студентами, которые заинтересованы в получении диплома, а не знаний (в отличие от студентов, описанных выше). Существуют сотни широко известных способов обманного получения повышенных результатов тестирования (включая государственное в его нынешней постановке) — от добычи (тем или иным способом) бланков до явки по чужим документам, сигнализации в аудитории с целью передачи правильных номеров ответов и т.д. Эти способы постоянно совершенствуются, развивается их техническая база, особенно с широким распро-

**Теория**

ИЗДАНИЕ

ПЕД
измерения

странением карманных персональных компьютеров и мобильных коммуникаторов с мультимедийным экраном большой площади.

Третьим источником искажения тестовой информации являются также опечатки (ошибки) в тестовых материалах, в том числе возникающие при их тиражировании. Практика показывает, что их процент достаточно высок и они интерпретируются проверяющими как неверно решенные. Следует отметить, что такие ошибки будут всегда, так как они возникают при тиражировании, и в процессе исправления обнаруженных опечаток будут вноситься новые. Чем больше физических лиц участвуют в промежуточных этапах подготовки и проведения тестов, тем выше опасность снижения качества получаемых материалов.

Единственным организационным вариантом, позволяющим избежать многих указанных выше недостатков формализованных систем тестирования, а также значительно уменьшить влияние списывания, было бы проведение всех видов тестирования по образцу сдачи TOEFL. При этом тестируемые используют персональные задания равной сложности, сгенерированные для них на компьютере непосредственно в процессе тестирования. База заданий за-

крыта для постороннего доступа, а число лиц, участвующих в процессе, минимально.

Однако такой подход требует широчайшего применения средств вычислительной техники и компьютерных средств обучения и контроля, а также полной физической централизации процесса тестирования, что пока недостижимо по финансовым причинам и, очевидно, будет недостижимо в ближайшие десятилетия. Кроме того, возникает опасность внедрения в эту сферу бурно расцветающей кибернетической преступности (взлом закрытых баз данных, дистанционная подделка результатов и т.д.), которая уже сейчас является внутренним фактором, требующим для многих мероприятий, связанных с сетевыми технологиями, профессиональной защиты, что пока не нашло должного отражения в прессе.

Указанные выше недостатки формализованных систем обезличенного тестирования легко преодолеваются при оперативном изготовлении равносложных материалов к тестированию на местах, использовании форм заданий «устойчивых» к списыванию, а также при проведении контроля минимумом лиц, в идеале — одним преподавателем, лично знающим контингент тестируемых.



## Практические задачи индивидуального тестирования

Важнейшим практическим вопросом в духе Гамлета (быть или не быть?) является вопрос об использовании компьютерных средств (КС) для целей как массового, так и оперативного тестирования.

Что касается массового тестирования, то здесь вопрос совершенно ясен — без применения КС проведение массовых тестирований в настоящее время практически невозможно (или будет достаточно затратно и неадекватно времени).

Гораздо сложнее ответить на вопрос о степени применимости КС для оперативного тестирования. Здесь влияют такие факторы, как сохраняющийся дефицит компьютеризованных рабочих мест в вузах, необходимость проведения специальных организационных мероприятий (заказ времени на проведение контролей в центрах вычислений) и т.д. С этой точки зрения следует сделать обзор состояния существующих КС для целей обучения.

В начальный период компьютеризации обучения и тестирования в этой области (как и во многих связанных областях) возобладала идея создания «универсальных программных оболочек», для которых преподаватель мог бы разрабатывать различные «сценарии» обуче-

ния и тестирования. Эти оболочки плодились (и плодятся сейчас) в лучшем случае молодыми специалистами в области программирования, а ещё чаще — студентами, специализирующимися в программировании (из-за возможности получить программу для возможной продажи без вложения реальных средств, «за экзамен»).

Также нельзя сбрасывать со счетов и тот факт, что многие студенты ищут (и успешно находят) слабые места в таких (чаще всего самодельных и плохо спроектированных) программных оболочках и методиках их использования. Это позволяет повысить свои результаты тем или иным способом, начиная от банального списывания у соседа, до корректировки результатов в базе данных с помощью имеющихся стандартных или специально для этого разработанных программных средств. От таких доморощенных взломщиков спасает только то, что упомянутые «оболочки» обычно не живут долго, поскольку программисты, подготавливаемые фирмой-монополистом «Microsoft», спешат через руководство вуза директивно внедрить новую оболочку.

Новая же оболочка, как правило, радикально отличается от предыдущей (в силу отсутствия преемственности кадров программистов) и не позволяет использовать разработан-

Теория

71

ПЕД
измерения

ные ранее материалы. В действительности, чаще всего, основной целью и средством получения реальных средств разработчиками подобных «программных оболочек» является именно постоянный процесс «реформирования» своих поделок, а не достаточно стабильный и методически обеспеченный учебный процесс. Это порождает необходимость реально никак не поощряемой (см. выше) переделки имеющихся методических наработок применительно к новым условиям. Очевидно, что в такой ситуации идеология изготовления и продажи готовых «оболочек» людьми, далёкими от практики преподавания, обречена на неявный саботаж массы преподавателей.

Реально помочь деятельности преподавателя может только методология, разработанная «от преподавательской сохи», с учётом реалий преподавания и психологии студентов, а также с учётом возможных попыток получения студентами несанкционированно завышенных результатов контроля. Основной разработки должен стать электронный документ в воспринимаемой человеком форме, который можно использовать как в программной оболочке, так и без неё. Защита от несанкционированного повышения оценки должна осуществляться с помощью полной индивидуализации заданий (что

подразумевает использование открытого ответа). Подобный документ может использоваться многократно для решения различных методических задач.

Наконец, в силу оторванности от конкретной оболочки, он может существовать достаточно долго. Например, в ЮФУ используются материалы, разработанные 15 лет тому назад. За это время не один раз сменилась аппаратная и, главное, программная база вычислительной техники, а материалы могут использоваться и по сей день. То, что создаваемый документ отделен от порождающих его программных средств, придаёт этому подходу значительную гибкость. К тому же, благодаря выдаче текстовых документов в формате HTML, они могут использоваться для размещения в Интернете, для использования на персональных компьютерах и, наконец, в печатном виде.

### **Наш взгляд на применение заданий в тестовой форме**

В соответствии с сформулированными ранее проблемами задания в тестовой форме должны быть рассчитаны:

- 1)** на проведение тестирования одним человеком;
- 2)** отсутствие ошибок при тиражировании;
- 3)** минимальное число лиц, участвующих в тиражировании;

4) абсолютную индивидуальность заданий;

5) выравненность по трудности.

При всех предыдущих условиях тематика тестовых заданий будет весьма узкой (см. табл. 2). Нами предложен подход, основанный на использовании тестовых заданий в виде пар карточек с заданиями и точными ответами по определённой узкой теме. Тест может состояться из множества карточек. Задания на всех карточках одинаковы, но содержат индивидуальные числовые значения, т.е. прямое списывание невозможно. Карточки тиражируются самим преподавателем непосредственно перед тестированием. Каждая карточка содержит индивидуальный код, что не позволяет подменить их (по технологии «колесо», когда изымается одна из карточек, а вместо неё вбрасываются заранее подготовленные).

Для технической реализации этих идей нами было разработано программное обеспечение, расширяющее возможности популярного средства решения задач MathCAD и позволяющее работать с файлами произвольного формата. На его основе был разработан ряд программ на языке программирования MathCAD, позволяющих генерировать неограниченное количество карточек, содержащих индивидуальные задания и ответы к ним в виде файлов в формате HTML

(задания и ответы содержатся в разных файлах). Полезнейшей особенностью файлов HTML является возможность включения графики, что в сочетании с графическими возможностями MathCAD позволяет создавать тесты с элементами графики.

### Методические приёмы создания заданий в тестовой форме

Основой методики применения индивидуальных заданий в тестовой форме стало положение о том, что строгость индивидуального тестирования заключается не в его жестокости, а скорее, в точности ответа. Поскольку в каждой предметной области разработанное нами тестовое задание обязательно имеет точный ответ, то можно не засчитывать неверно решенные задания. Каждое задание должно быть интегративным для отдельного раздела курса (по табл. 1), при этом условием получения минимального балла является точное решение всех задач варианта тестового задания.

В качестве примера интегративного задания в курсе математики можно рассмотреть задачу о четырёх точках, позволяющую на минимуме исходных данных проверить все основные навыки, связанные с решением задач по основам векторной алгебры (см. рис. 1).

Теория

16.07.2007

ПЕД	измерения
-----	-----------

Вариант №1 Код "Example"

Даны 4 точки, которые образуют пирамиду:

$A (-6, 0, -2)$	Задание 1:	Найти проекцию вектора $\overline{BD}$ на вектор $\overline{BC}$ .
$B (-2, 0, 0)$	Задание 2:	Найти площадь грани $CDB$
$C (-2, 0, -4)$	Задание 3:	Найти объем пирамиды $ABCD$
$D (-2, 2, -2)$	Задание 4:	Найти $\sin$ и $\cos$ пространственного угла $DCA$

Вариант №2 Код "Example"

Даны 4 точки, которые образуют пирамиду:

$A (0, 3, -2)$	Задание 1:	Найти проекцию вектора $\overline{BD}$ на вектор $\overline{BA}$ .
$B (0, 3, 0)$	Задание 2:	Найти площадь грани $ADB$
$C (0, 4, -1)$	Задание 3:	Найти объем пирамиды $ABCD$
$D (-1, 3, -1)$	Задание 4:	Найти $\sin$ и $\cos$ пространственного угла $DAC$

Вариант №1 О Т В Е Т Ы Код "Example"

**Ответ 1:** Проекция вектора  $\overline{BD}$  на  $\overline{BC}$  :  $(4 / \sqrt{20})$  [лин. ед.]  
**Ответ 2:** Площадь грани  $CDB$  :  $4$  [кв. ед.]  
**Ответ 3:** Объем пирамиды  $ABCD$  :  $(16/3)$  [куб. ед.]  
**Ответ 4:**  $\sin DCA$  :  $\sqrt{144} / (\sqrt{8} \sqrt{20})$ ,  $\cos DCA$  :  $4 / (\sqrt{8} \sqrt{20})$ .

Вариант №2 О Т В Е Т Ы Код "Example"

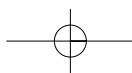
**Ответ 1:** Проекция вектора  $\overline{BD}$  на  $\overline{BA}$  :  $(1 / \sqrt{2})$  [лин. ед.]  
**Ответ 2:** Площадь грани  $ADB$  :  $1$  [кв. ед.]  
**Ответ 3:** Объем пирамиды  $ABCD$  :  $(1/3)$  [куб. ед.]  
**Ответ 4:**  $\sin DAC$  :  $\sqrt{3} / (\sqrt{2} \sqrt{2})$ ,  $\cos DAC$  :  $1 / (\sqrt{2} \sqrt{2})$ .

Рис. 1. Примеры карточек заданий и ответов по векторной алгебре

Практика показывает также, что следует ограничивать время решения (по нормативу), чтобы отлично подготовленные студенты не могли решить сравнительно простые задания ещё и для своих соседей. Возможно также поощрение быстро и точно работающих в виде повышения баллов за скорость и точность решения задания, с последующим удалением из аудитории на заслуженный отдых. В таком контексте предло-

женные виды карточек отлично выявляют объективный уровень освоения материала по верхним уровням табл. 1. Это наиболее важно с целью фильтрации не заинтересованных в обучении студентов от проникновения на более высокий уровень тестирования.

На опыте ЮФУ контроль проводится в два этапа. Сначала предъявляются (в электронной или печатной форме) индивидуальные наборы заданий,



сформированные из предлагаемых карточек, и выделяется лимит времени на их решение. После решения всех заданий теста студенты подходят к преподавателю, который сразу же (по карточкам с ответами) проверяет правильность решения.

В случае правильного решения студент получает минимальный зачётный балл и задание следующего уровня, дающее возможность получения максимального балла. Не справившиеся с базовым заданием на карточках за нормативное время (напомню, что следует учитывать только точное решение всех базовых задач) удаляются из аудитории (им также желательно выдать ответ для самокоррекции и несколько вариантов для будущей подготовки, поскольку именно в этот момент они имеют максимальную мотивацию к обучению). Нехитрым, но эффективным приёмом, позволяющим проверить мотивацию к обучению, является повторная выдача на передаче того же задания, которое было выдано с ответом ранее.

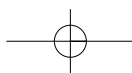
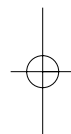
Отметим, что описанная методика никогда не вызывала протестов у студентов, так как даже недостаточно подготовленные к обучению в ВУЗе студенты понимают, что задания являются типовыми и не очень сложными, что снимает часто встречающиеся у этой категории студентов обвинения в не-

объективности преподавателя.

Эти же карточки тестовых заданий в разных комбинациях использовались для получения допусков к ряду лабораторных работ, чтобы выяснить, насколько студент, собирающийся выполнять работы по работе с системами уравнений способен оперировать основными понятиями на простых примерах (решение различными модификациями метода Гаусса и т.п.). Благодаря универсальности заданий проверяется понимание условий существования и единственности решения, применимости конкретных методов к конкретным видам систем уравнений и т.п.

На заочном отделении разработанные карточки с тестовыми заданиями могут использоваться для самоподготовки студентов (при условии выдачи им карточек с ответами). Поскольку используемые для контроля карточки имеют строго индивидуальные числовые параметры, такая методика обучает именно решению задач, а не изучению возможностей того или иного типа обмана проверяющего. Наконец, благодаря формату HTML они могут быть выставлены для дистанционного доступа.

Для программной реализации проекта был выбран стандартный MathCAD, так как он обладает рядом преимуществ перед другими програм-

**Теория****75**

ПЕД
измерения

мами аналогичного назначения при построении систем генерации тестовых заданий в математизированных предметных областях.

Исходные тексты и материалы по применению наших программных разработок можно найти на сайте «Экспонента» по адресу: <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/salnikov/index.asp>.

### **Принципы разработки документов с индивидуальными тестовыми заданиями**

После выбора темы разработка заданий начинается с выбора раскладки вариантов внутри задания (см. рис. 1). Во всех заданиях следует переставлять варианты таким образом, чтобы соседние карточки не были одинаковы по раскладке вариантов. Например, задания, изображённые на рис. 1, дают в качестве исходных данных разные стороны пирамиды, пространственные углы и т.п., что не даёт возможности для прямого списывания решений.

Второй важной особенностью процесса программирования псевдослучайных заданий является определение структуры промежуточных данных, на основании которых в дальнейшем генерируются как задание, так и ответ, поскольку для по-

лучения упрощенных ответов, пригодных для ручного решения, чаще всего используется формирование задания по заданному ответу.

Все тестовые задания должны быть примерно равной трудности. Это представляет собой скорее теоретическую и методическую задачу, зависящую от предметной области, и решаемую на этапе проектирования. Следует так подобрать интегративные задания и способ получения индивидуальных числовых данных для них, чтобы получить случайные по виду данные, при этом не содержащие ошибок. Отметим сразу, что простое получение параметров с помощью генераторов случайных чисел никогда не даёт корректного результата. Получение корректных индивидуальных числовых данных представляет собой сложный итерационный процесс с множеством проверок.

Кроме того, следует разработать общую концепцию получения данных. Например, в заданиях по векторной алгебре (см. рис. 1) используется принцип случайного масштабирования и вращения трёх типов исходных пирамид (согласно варианту), в результате чего создаются качественные данные, имеющие вид случайных. В соседних вариантах раскладка типов пирамид не повторяется, поэтому, раздавая

карточки по порядку номеров, можно гарантировать то, что рядом сидящие студенты не смогут списывать с точностью «до формулы». Списывание с точностью «до буквы» исключается путем случайного переименования точек.

При построении тестов сложную методическую проблему составляет «запутывание» вариантов индивидуальных заданий так, чтобы по виду задания нельзя было сразу получить данные к ответу.

Наконец, большую проблему представляет содержание карточки с ответом. Ответ должен быть весьма информативным и в то же время достаточно компактным. Желательно, чтобы ответ содержал некоторые промежуточные данные, позволяющие проверить ход решения.

Важным творческим моментом конструирования является также дизайн карточек в HTML. Его целью является создание компактных карточек и при этом использование всех необходимых для данной предметной области возможностей HTML. В частности, мы можем генерировать не только текстовые данные, но и изображения (с помощью стандартной функции MathCAD), и включать их в тексты карточек (см. далее). Для размещения карточек на листах без их разделения нами в стандартную библиотеку рабо-

ты с HTML введены теги HTML4, позволяющие управлять печатью листа.

В целом процесс конструирования документа с индивидуальными тестовыми заданиями является достаточно сложным, в значительной мере творческим и требует глубокого знания предметной области, а также алгоритмизации и, в меньшей степени, программирования и дизайна HTML. Сложность создания новых тестовых материалов в дальнейшем вполне окупается возможностью многолетнего использования.

## Примеры заданий

Рассмотрим несколько типовых примеров разработки заданий. Одной из часто встречающихся и традиционно важных тем является исследование и решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Для ограничения сложности тестовых заданий без снижения общности был выбран третий порядок системы для всех заданий. Генерирующий задания документ MathCAD начинается с процедуры выбора вариантов расположения СЛАУ в карточке. Каждая карточка содержит три типа СЛАУ (несовместна, множество решений, единственное решение), но их порядок изменяется. Далее следуют процедуры, генерирующие случайные треугольные матрицы, а также

**ПЕД**  
**измерения**

векторы решений и правые части систем. После этого приводятся процедуры, в соответствии с назначенными ранее вариантами приводящие матрицы систем к нужному рангу. Затем выполняется процедура эквивалентного преобразования систем с целью «маскировки» треугольной формы исходной матрицы каждой системы. При этом отслеживается качество

матриц, т.е. в заданиях не должно быть сильно разреженных матриц.

Далее приводятся процедуры формирования карточек заданий и ответов, использующие для вывода функции дополнительной библиотеки. В целом структура подобна программе на языке высокого уровня и позволяет при необходимости реализовать этот алго-

Вариант №1

Код "TESTPage"

Даны три СЛАУ, представленные в виде расширенных матриц коэффициентов. Необходимо исследовать системы и, в случае совместности, найти решения

a)	$\begin{array}{ccc c} 2 & 4 & -3 & 24 \\ 8 & 41 & -2 & 106 \\ -4 & -28 & -2 & -56 \end{array}$	b)	$\begin{array}{ccc c} -2 & -3 & 3 & 9 \\ 8 & 6 & -22 & -22 \\ 10 & 30 & 10 & -83 \end{array}$	c)	$\begin{array}{ccc c} -5 & -2 & 1 & -9 \\ 15 & -9 & 17 & -28 \\ -5 & 7 & -8 & 18 \end{array}$
----	--	----	---	----	---

Вариант №2

Код "TESTPage"

Даны три СЛАУ, представленные в виде расширенных матриц коэффициентов. Необходимо исследовать системы и, в случае совместности, найти решения

a)	$\begin{array}{ccc c} -3 & 3 & -5 & -21 \\ -9 & 17 & -25 & -125 \\ 12 & -32 & 46 & 242 \end{array}$	b)	$\begin{array}{ccc c} 1 & -4 & -2 & -9 \\ 1 & -16 & 4 & -57 \\ 1 & 16 & -12 & 71 \end{array}$	c)	$\begin{array}{ccc c} 2 & 4 & -5 & 14 \\ 6 & 0 & -6 & 42 \\ -10 & -12 & 19 & -72 \end{array}$
----	---	----	---	----	---

Вариант №1 О Т В Е Т Ы Код "TESTPage"

a)	Множество решений	$x_1 = (23/10)t + (56/5), x_2 = -(2/5)t + (2/5), x_3 = t,$			
b)	Система несовместна				
c)		Единственное решение	$x_1 = 1$	$x_2 = 1$	$x_3 = -2$
	Определители	$\Delta = 225$	$\Delta_0 = 225$	$\Delta_1 = 225$	$\Delta_2 = -450$

Вариант №2 О Т В Е Т Ы Код "TESTPage"

a)		Единственное решение	$x_1 = -2$	$x_2 = -4$	$x_3 = 3$
	Определители	$\Delta = -24$	$\Delta_0 = 48$	$\Delta_1 = 96$	$\Delta_2 = -72$
b)	Множество решений	$x_1 = 4t + 7, x_2 = (1/2)t + 4, x_3 = t,$			
c)	Система несовместна				

Рис. 2. Примеры карточек тестовых заданий с ответами по теме СЛАУ



ритм на любом универсальном языке программирования.

Примеры автоматически сгенерированных карточек заданий и ответов к ним приведены ниже.

Сгенерированные описанным выше документом MathCAD карточки могут применяться для проверки навыков решения СЛАУ как методами типа Гаусса и Крамера, так и более сложными методами (для старших курсов). Ответ содержит определители для системы с единственным решением, что позволяет проверять навыки исследования и вычисления определителей. Варьировать трудность задания можно либо задавая метод решения, либо предлагая решить задания карточки несколькими методами, а затем сравнить результаты. В любом случае необходимо обнаружить систему с невырожденной матрицей, что затрудняет выбор подходящего ответа. Эти же задания можно использовать для проверки применения теоремы Кронекера–Капелли, определения ранга матриц, вычисления определителей и т.д.

Следующим примером является документ MathCAD, обеспечивающий генерацию тестовых заданий для проверки навыков в области оптимизации на примере квадратичных форм от двух переменных. Предлагается исследовать задачу поиска наибольших и наи-

меньших значений квадратичной формы на плоскости, в прямоугольнике и в треугольнике.

Документ также начинается с процедуры выбора раскладки вариантов. Далее следуют процедуры, генерирующие матрицы квадратичных форм, имеющих максимум, минимум и особую точку. Выполняется проверка на полноту матриц, поскольку наличие нулей значительно упрощает решение. После этого приводится процедура, в соответствии с назначенными вариантами формирующая массивы коэффициентов квадратичных форм. Наконец, вводится процедура, генерирующая параметры областей оптимизации.

В данном документе предлагается решить задачу оптимизации в прямоугольной и треугольной областях. На наш взгляд, этого вполне достаточно для проверки базовых навыков, к тому же оптимизация на границе областей более сложной формы требует значительно больших вычислительных затрат. Далее приводятся процедуры формирования карточек заданий и ответов, использующие для вывода в формате HTML функции дополнительной библиотеки.

В завершающей части программы происходит собственно генерирование карточек. Определяется их общее количество и количество карточек на листе.

ПЕД	
	измерения

Задаётся заголовок HTML файла и код идентификации карточек. Он играет роль неповторяемого шифра, а также так и устанавливает соответствие между листами заданий и ответов. Наконец, вызываются собственно

процедуры вывода заданий и ответов, использующие полученные ранее массивы данных.

Примеры автоматически сгенерированных карточек заданий приведены ниже (см. рис. 3).

Вариант №1

Код "Example"

Для каждой из заданных функций двух переменных найти наибольшие и наименьшие значения.

Задание 1:  $f(x,y) = -8x^2 - 12x - 82 + 4xy - 32y - 4y^2$  без ограничений.Задание 2:  $f(x,y) = 4x^2 + 6x + 9 + 6xy - 6y + 4y^2$  в области, огр. линиями  $x=4$ ;  $x=11$ ;  $y=1$ ;  $y=12$ .Задание 3:  $f(x,y) = 1x^2 - 20x + 40 - 8xy - 10y + 1y^2$  в области, огр. линиями  $x=10$ ;  $y=-2$ ;  $y=x+17$ .

Вариант №1

О Т В Е Т Ы

Код "Example"

Ответ 1: Ос. точка (-2,-5) - max,  $f=10$ ;  $A=-16$ ;  $B=4$ ;  $C=-8$ ;  $D=112$ ;Ответ 2: Ос. точка (-3,3) - min,  $f=-9$ ;  $A=8$ ;  $B=6$ ;  $C=8$ ;  $D=28$ ;угл. точки:  $A(4,1)$ ;  $f(A)=119$ ;  $B(4,12)$ ;  $f(B)=889$ ;  $C(11,12)$ ;  $f(C)=1855$ ;  $D(11,1)$ ;  $f(D)=623$ ;

экстр. на сторонах: нет;

Ответ 3: Ос. точка (-2,-3) - ?;  $A=2$ ;  $B=-8$ ;  $C=2$ ;  $D=-60$ ;угл. точки:  $A(-10,-2)$ ;  $f(A)=204$ ;  $B(-10,7)$ ;  $f(B)=879$ ;  $C(-19,-2)$ ;  $f(C)=501$ ;

экстр. на сторонах: нет;

Вариант №2

О Т В Е Т Ы

Код "Example"

Ответ 1: Ос. точка (1,-4) - ?;  $A=2$ ;  $B=8$ ;  $C=-10$ ;  $D=-84$ ;Ответ 2: Ос. точка (-1,4) - min,  $f=-32$ ;  $A=16$ ;  $B=-8$ ;  $C=8$ ;  $D=64$ ;угл. точки:  $A(1,4)$ ;  $f(A)=0$ ;  $B(1,10)$ ;  $f(B)=48$ ;  $C(10,10)$ ;  $f(C)=552$ ;  $D(10,4)$ ;  $f(D)=936$ ;экстр. на сторонах:  $AB(1,6)$   $f=16$ ;  $BC(2,10)$   $f=40$ ;Ответ 3: Ос. точка (4,-5) - max,  $f=70$ ;  $A=-8$ ;  $B=-4$ ;  $C=-8$ ;  $D=48$ ;угл. точки:  $A(2,4)$ ;  $f(A)=-198$ ;  $B(2,7)$ ;  $f(B)=-426$ ;  $C(5,4)$ ;  $f(C)=-294$ ;

экстр. на сторонах: нет;

Вариант №1

О Т В Е Т Ы

Код "Example"

Ответ 1: Ос. точка (-2,-5) - max,  $f=10$ ;  $A=-16$ ;  $B=4$ ;  $C=-8$ ;  $D=112$ ;Ответ 2: Ос. точка (-3,3) - min,  $f=-9$ ;  $A=8$ ;  $B=6$ ;  $C=8$ ;  $D=28$ ;угл. точки:  $A(4,1)$ ;  $f(A)=119$ ;  $B(4,12)$ ;  $f(B)=889$ ;  $C(11,12)$ ;  $f(C)=1855$ ;  $D(11,1)$ ;  $f(D)=623$ ;

экстр. на сторонах: нет;

Ответ 3: Ос. точка (-2,-3) - ?;  $A=2$ ;  $B=-8$ ;  $C=2$ ;  $D=-60$ ;угл. точки:  $A(-10,-2)$ ;  $f(A)=204$ ;  $B(-10,7)$ ;  $f(B)=879$ ;  $C(-19,-2)$ ;  $f(C)=501$ ;

экстр. на сторонах: нет;

Вариант №2

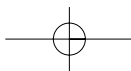
О Т В Е Т Ы

Код "Example"

Ответ 1: Ос. точка (1,-4) - ?;  $A=2$ ;  $B=8$ ;  $C=-10$ ;  $D=-84$ ;Ответ 2: Ос. точка (-1,4) - min,  $f=-32$ ;  $A=16$ ;  $B=-8$ ;  $C=8$ ;  $D=64$ ;угл. точки:  $A(1,4)$ ;  $f(A)=0$ ;  $B(1,10)$ ;  $f(B)=48$ ;  $C(10,10)$ ;  $f(C)=552$ ;  $D(10,4)$ ;  $f(D)=936$ ;экстр. на сторонах:  $AB(1,6)$   $f=16$ ;  $BC(2,10)$   $f=40$ ;Ответ 3: Ос. точка (4,-5) - max,  $f=70$ ;  $A=-8$ ;  $B=-4$ ;  $C=-8$ ;  $D=48$ ;угл. точки:  $A(2,4)$ ;  $f(A)=-198$ ;  $B(2,7)$ ;  $f(B)=-426$ ;  $C(5,4)$ ;  $f(C)=-294$ ;

экстр. на сторонах: нет;

Рис. 3. Примеры карточек тестовых заданий с ответами по оптимизации



Сгенерированные карточки могут применяться как для проверки навыков решения задач оптимизации, так и для исследования свойств квадратичных форм, допуска к лабораторным работам по теории оптимизации и т.д.

Технически интересным примером генератора тестовых заданий является генератор вариантов исследования типовых функций. Мы остановились на логарифмической, показательной и дробно-рациональной функциях как наиболее часто использующихся в теории сигналов. По нашему мнению, специалист должен на глаз чертить эскизы таких функций (с учётом параметров) и определять характерные точки.

Документ выбирает значения параметров для рисования типовых функций и заносит их в массив промежуточных значений. Далее следует вывод файла с функциями. Наиболее интересной частью документа является генератор ответов. При генерации данных к ответу находятся точки разрыва, асимптоты и экстремумы заданных функций. Процедура создания ответов создаёт файлы bmp, которые используются для вставки в HTML-файл с ответами. Ответ содержит эскиз графика с отмеченными характерными точками и линиями. В документе используются готовые битовые шрифты для DOS, которые

читаются с помощью разработанной нами дополнительной библиотеки, а затем используются для создания надписей в изображениях.

Примеры карточек приводятся ниже (рис. 4).

Сгенерированные карточки имеют широчайшее применение. Они могут применяться как для проверки навыков решения задач исследования функций, так и для проверки навыков дифференцирования и вычисления пределов, допуска к лабораторным работам по теории одномерной оптимизации и т.д.

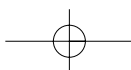
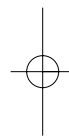
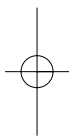
Разумеется, область применения таких карточек не ограничивается описанными выше примерами. При творческом подходе их можно использовать в учебном процессе значительного числа технических кафедр. Например, карточки по теме линейных дифференциальных уравнений широко использовались кафедрой систем управления для решения своих задач и т.д.

## Заключение

В настоящей работе кратко изложены методические и практические основы организации поддержки эффективного текущего контроля успеваемости и обучения с помощью разработанных заданий в тестовой форме. Полученные результаты позволяют использовать наши

**Теория**

12/0000



**ПЕД**  
**измерения**

Вариант №1

Код "TESTPage"

Для каждой из заданных функций двух переменных выполнить исследование и нарисовать эскиз графика:

Задание 1:  $f(x)=3x\ln(-6x)$ .

Задание 2:  $f(x)=(0.6x+3)e^{(-0.8x+3)}$ .

Задание 3:  $f(x)=\frac{-2x^2-12x-16}{4x^2-8x-12}$

Вариант №2

Код "TESTPage"

Для каждой из заданных функций двух переменных выполнить исследование и нарисовать эскиз графика:

Задание 1:  $f(x)=-2x\ln(4x)$ .

Задание 2:  $f(x)=(-0.7x+4)e^{(0.9x+4)}$ .

Задание 3:  $f(x)=\frac{-3x^2+12x-9}{5x^2+30x+40}$

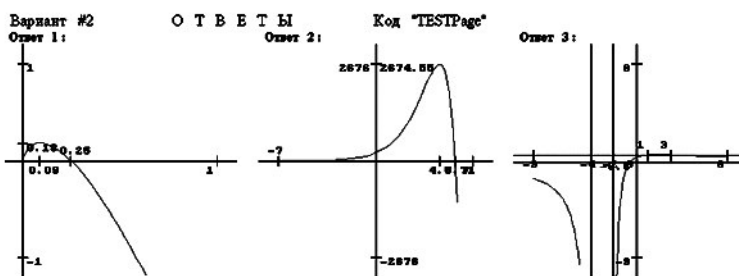
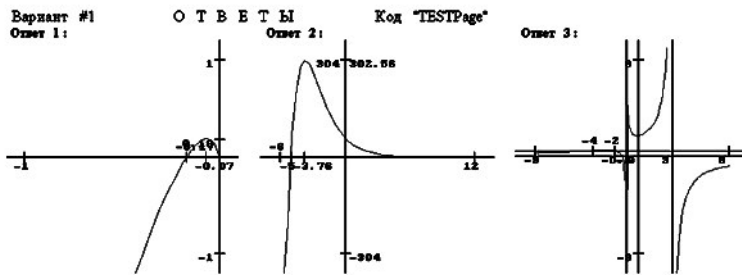


Рис. 4. Примеры карточек тестовых заданий с ответами по исследованию графиков функций

тестовые задания как дополнительные по основным показателям к стандартным государственным тестам.

Новые тестовые задания содержат неограниченное количество типовых заданий с повторяющимися параметрами, выровненных по сложности и по представлению результатов. Очень важным свойством наших тестовых заданий является получение на отдельных носителях точных ответов. Это придаёт высокую оперативность проверке и значительно расширяет возможности применения тестовых форм для самоконтроля и самообучения (в т.ч. и дистанционного).

Для решения этих задач был выбран пакет MathCAD, для которого была разработана дополнительная библиотека функций, позволяющая значи-

тельно расширить возможности пакета MathCAD с точки зрения обмена информацией с внешней средой.

Опыт работы с индивидуальными тестами в Таганрогском государственном радиотехническом институте (позже – университете, а ныне – в Южном федеральном университете) показывает, что удалось создать и поддерживать в течение 15 лет гибкий и мощный инструмент поддержки учебного процесса, позволяющий творчески применять получаемые тестовые задания для широкого круга учебных задач.

По результатам внедрения вычислительной техники коллектив разработчиков занял первое место в конкурсе разработок преподавателей на сайте «Экспонента».

**Теория***16/07/07*