

# КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОБРАЗОВАНИИ

УДК 378.14

**Фрейман Владимир Исаакович**

*кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой автоматики и телемеханики Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь.*

*E-mail: vfrey@mail.ru*

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЕПРИГОДНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТНОЙ СТРУКТУРЫ ДИСЦИПЛИНАРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ

**Аннотация.** Цель статьи – представить новые методы оценивания качества результатов обучения, соответствующие требованиям федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения, разработанных для высшей школы. Подчеркивается актуальность поиска адекватных инструментов для измерения качества компетенций и их элементов, формируемых в процессе подготовки специалистов.

**Методы и методики.** Чтобы сделать процедуры оценивания достижений студентов в рамках отдельной дисциплины или раздела учебной программы более удобными, эффективными и точными, следует учитывать взаимовлияние компонентов компетенций – знаний, умений, владений (ЗУВ). При моделировании компонентной структуры дисциплинарной компетенции использован заимствованный из технической диагностики подход совместного контролепригодного проектирования объектов.

**Результаты.** Сформулирована и детально проанализирована общая итеративная методика проектирования контролепригодной компонентной структуры дисциплинарной компетенции. В качестве иллюстрации описан пример разработки такой структуры для абстрактной учебной дисциплины с заданными характеристиками и показателями трудоемкости. Показаны ограничения методики, даны практические рекомендации.

**Научная новизна.** Рассмотрены исходные данные и пошаговая реализация итеративного подхода к проектированию структуры дисциплинарной компетенции. Приводятся виды тестов и параметры таблиц диагностирования для разных вариантов прохождения этапов проектирования.

*Практическая значимость.* Автор надеется, что изложенные в статье материалы будут способствовать повышению эффективности обучения, выбору адекватных средств контроля, точности оценивания, а также рациональному распределению кадровых, временных, материально-технических и других ресурсов вуза. Предлагаемые алгоритмы и методы организации и проведения диагностики сформированных компетенций и их составляющих могут быть использованы как методическая основа при построении автоматизированной системы управления образовательным процессом и контроля качества компетенций выпускников учебных учреждений.

В последнее время в соответствии с ФГОС ВПО значительно увеличился объем и роль самостоятельной работы студентов. Описанный подход к измерению качества освоения компонентов дисциплинарных компетенций может послужить базой для создания эффективного инструментария самоконтроля учащихся.

**Ключевые слова:** контролепригодное проектирование, компонентная структура, элемент дисциплинарной компетенции, тест, таблицы диагностирования, итеративная методика.

#### **Freyman Vladimir I.**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of Automatics and Teleautomatics Department, Perm National Research Polytechnic University, Perm.*

*E-mail: vfrey@mail.ru*

### **DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR DESIGNING TESTABLE COMPONENT STRUCTURE OF DISCIPLINARY COMPETENCE**

**Abstract.** *The aim of the study is to present new methods of quality results assessment of the education corresponding to requirements of Federal State Educational Standards (FSSES) of the Third Generation developed for the higher school. The urgency of search of adequate tools for quality competency measurement and its elements formed in the course of experts' preparation are specified.*

**Methods.** *It is necessary to consider interference of competency components such as knowledge, abilities, possession in order to make procedures of assessment of students' achievements within the limits of separate discipline or curriculum section more convenient, effective and exact. While modeling of component structure of the disciplinary competence the testable design of components is used; the approach borrowed from technical diagnostics.*

**Results.** *The research outcomes include the definition and analysis of general iterative methodology for testable designing component structure of the disciplinary competence. Application of the proposed methodology is illustrated as the example of an abstract academic discipline with specified data and index of labour requirement. Methodology restrictions are noted; practical recommendations are given.*

**Scientific novelty.** *Basic data and a detailed step-by-step implementation phase of the proposed common iterative approach to the development of discipli-*

nary competence testable component structure are considered. Tests and diagnostic tables for different options of designing are proposed.

*Practical significance.* The research findings can help promoting learning efficiency increase, a choice of adequate control devices, accuracy of assessment, and also efficient use of personnel, temporal and material resources of higher education institutions. Proposed algorithms, methods and approaches to procedure of control results organization and realization of developed competences and its components can be used as methodical base while designing the computer-assisted system for educational process management and quality supervision of graduates' competences.

The scope and role of independent work of students have considerably increased according to Federal State Educational Standards (FSES) developed for Highest Vocational Education. The described approach to measurement of components development quality of disciplinary competencies can form base for creating the effective tool set of students' self-assessment.

**Keywords:** testability designing, component structure, element of a disciplinary competence, test, diagnostic table, control iterative method.

С целью дальнейшего развития науки, техники и технологий в России разработаны Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения [1]. Одна из основных их особенностей – компетентностный формат представления результатов обучения. Содержание компетенций (знаний, умений, владений – ЗУВ) формируется с учетом требований работодателей к квалификациям работников в соответствующей профессиональной сфере [4, 5].

Компетенции состоят из элементов, каждый из которых отражает объекты (методы, принципы, подходы, способы, инструменты и т. п.) в рамках конкретной дисциплины и способности выпускника учебного заведения эффективно и грамотно их применять при решении профессиональных задач. Как показывает анализ нормативно-методической документации и научно-методических публикаций и отечественных [2, 11, 13], и зарубежных [18–20] авторов, проблема выбора эффективных способов и средств (методов) контроля качества элементов дисциплинарных компетенций (ЭДК) остается актуальной [1].

В процессе формирования и диагностики ЭДК важно учитывать их взаимовлияние. Мы предлагаем использовать подход совместного контролепригодного проектирования объектов компонентной структуры ЗУВ и таких средств контроля, как тесты [3]. Термин «контролепригодное проектирование», заимствованный из *технической диагностики*, позволяет придать объекту контроля свойства, облегчающие проверку и поиск дефектов [15].

В предыдущих наших публикациях были изложены некоторые общие положения методов контроля и оценивания результатов обучения, заданных в компетентностном формате, а также рекомендации по их практическому применению [6–9, 14, 16, 17]. Цель настоящей статьи – решение частной задачи разработки итеративной методики контролепригодного проектирования компонентной структуры дисциплинарной компетенции (ДК).

### **1. Разработка общего подхода к формированию контролепригодной компонентной структуры дисциплинарной компетенции**

Прежде всего, обозначим исходные данные для разработки контролепригодной компонентной структуры ДК:

- наименование, цель и задачи, общее описание дисциплины, ее место в основной образовательной программе [16];
- количество и формулировки компетенций, в формировании которых принимает участие дисциплина (берутся из таблицы отношений компетенций и дисциплин в составе компетентностной модели выпускника [8, 14]);
- количество и формулировки ДК, т. е. частей компетенций, которые формируются данной дисциплиной (источник – паспорта компетенций) [7];
- трудоемкость дисциплины и ее распределение по видам аудиторной работы студентов (АРС) и самостоятельной работы студентов (СРС);
- содержание учебной дисциплины (тематический план);
- способы формирования (виды АРС и СРС) и требования к средствам контроля (тестам);
- график учебного процесса, включая промежуточный и рубежный контроль;
- рекомендации (ограничения) вуза (факультета, кафедры) по количеству и соотношению компонентов и элементов дисциплинарной компетенции, а также количеству дисциплинарных компетенций, в формировании которых участвует дисциплина [6];
- требования к выбору методов диагностирования [10, 17], включая формат таблицы диагностирования, ограничения по глубине локализации недостаточно освоенных ЭДК (нЭДК), ресурсные ограничения по реализации алгоритмов поиска, свойства шкалы оценивания и т. п.

Проектирование контролепригодной компонентной структуры ДК является слабоформализуемой итеративной задачей, которая не имеет единственного тривиального решения. На качество решения

вливают имеющиеся ограничения и рекомендации, наличие научно-методических публикаций по данной проблематике, квалификация педагога, его опыт в разработке компетентностно-ориентированных образовательных программ и т. д. Для разработки контролепригодной компонентной структуры ДК нужно определить необходимое количество ЭДК и увязать их формулировки с построением тестов и методами диагностики уровня освоения ЭДК. При этом мы предлагаем придерживаться следующих этапов общего итеративного подхода:

1) проанализировать тематический план дисциплины, выделить основные разделы, а в них – темы, и выполнить их предварительное распределение по формируемым в рамках данной дисциплины ДК;

2) в рамках выбранных тем для каждой дисциплинарной компетенции распределить фрагменты тематического плана (темы и закрепленные за ними виды АРС и СРС) по компонентам ЗУВ [7]. Данная процедура имеет итеративный характер, и ее результаты могут быть скорректированы после выбора и оценки средств контроля и методов диагностирования;

3) определить, сколько средств контроля задано в рабочей программе дисциплины для тем, соответствующих каждой дисциплинарной компетенции и ее элементам (ЗУВ);

4) выбрать метод (методы) диагностирования (алгоритмы безусловного и/или условного поиска ЭДК с недостаточным уровнем освоения – нЭДК [17, 18]) и сформировать требования к компонентной структуре ДК (варианту формата таблицы диагностирования);

5) определить количество и формулировки ЭДК каждой дисциплинарной компетенции. При выборе количественных показателей рекомендуется придерживаться соотношения  $N_3 > N_y > N_B$  (как правило, ЭДК «знать» ( $N_3$ ) больше ЭДК «уметь» ( $N_y$ ), которых, в свою очередь, больше ЭДК «владеть» ( $N_B$ )) [15]. Результаты данной итеративной процедуры могут быть скорректированы в процессе разработки требуемых средств контроля и выбора методов диагностирования;

6) проверить количественные показатели компонентной структуры (число, соотношения и формулировки ЭДК) каждой дисциплинарной компетенции на соответствие рекомендациям и ограничениям, сделать необходимые поправки [2, 3];

7) разработать процедуру условного и/или безусловного поиска нЭДК с заданной глубиной локализации, т. е. мощностью конечного множества подозреваемых нЭДК;

8) выбрать вариант покрытия и построить таблицу диагностирования;

9) проанализировать таблицу диагностирования на соответствие требованиям и рекомендациям, а также выбранным методам диагностики (количество и соотношение ЭДК разных компонентов, свойства и покрывающая способность тестов и т. п.), при необходимости скорректировать количество и формулировки ЭДК, тесты обнаружения и поиска нЭДК, а также структуру и формат таблицы диагностирования (этапы 7 и 8);

10) проверить количественные показатели компонентной структуры каждой ДК, характеризующие избыточность, отсутствие дублирования, покрытие всех тем дисциплины (раздела), равнозначность формулировок ЭДК и т. д.;

11) при изменении тематического плана, трудоемкости, видов АРС и СРС и других исходных данных пересмотреть компонентную структуру дисциплинарных компетенций (изменение количества и формулировок ЭДК, перераспределение видов АРС и СРС, отвечающих за формирование ЭДК, а также тестов, отвечающих за контроль уровня освоения ЭДК, и т. п.).

Рассмотрим пошаговую реализацию этапов общего итеративного подхода к разработке контролепригодной компонентной структуры ДК и раскроем некоторые ее ограничения.

*Шаг 1-й.* Составляется таблица диагностирования, в которую заносятся заданные структурой АРС и СРС дисциплины средства контроля (например, рефераты, индивидуальные задания по темам практических занятий, защита отчетов по лабораторным работам, защита курсового проекта и т. д.). По ним реализуется полное единичное покрытие: выбираются количество и формулировки ЗУВ для соответствующих средств контроля (с учетом, например, рекомендаций по выбору наиболее эффективных средств контроля для каждого вида компонентов ЗУВ [7]). Для не заданных в явном виде средств контроля формируется первоначальный вариант соответствующих ЗУВ (например,  $N_3 \geq N_y \geq N_B$ ) – этапы 1–6-й.

*Шаг 2-й.* Выбираются методы диагностирования (безусловные и/или условные процедуры поиска ЭДК с недостаточным уровнем освоения), что может потребовать пересмотра компонентной структуры и таблицы диагностирования (разработка методов и условий их применения – отдельное направление исследования); для проверки полноты покрытия и глубины локализации нЭДК применяется инструментальный моделирование (аналог рассматриваемой в технической диагностике «обратной задачи», которая заключается в синтезе теста, обнаруживающего заданную неисправность объекта контроля) – этап 7-й.

*Шаг 3-й.* Трансформируется таблица диагностирования: консолидируются (объединяются) схожие по формулировкам ЭДК либо, наоборот, декомпозируются (дробятся) ЭДК для перераспределения средств контроля; из простых тестов строятся составные и сложные тесты, что требует переформатирования компонентной структуры; вводятся новые ЭДК и/или тесты по выбранным методам диагностирования и т. д. – этапы 8–9-й.

*Шаг 4-й.* Проверяется выполнение требований и ограничений, накладываемых нормативно-методической документацией (Министерства образования и науки РФ, учебно-методического объединения вузов по образованию в определенной области науки и техники, вуза, факультета, кафедры и т. д.) – этап 10-й.

При изменении исходных данных (в зависимости от характера изменений) происходит возврат к соответствующему шагу – этап 11-й.

## **2. Пример реализации контролепригодного проектирования компонентной структуры учебной дисциплины**

Рассмотрим пример разработки контролепригодной компонентной структуры и вариант диагностики качества формирования ДК (освоения ЭДК) для абстрактной учебной дисциплины (типичной для технических направлений подготовки). Исходные данные:

- общая трудоемкость – 3 зачетные единицы, 108 академических часов (ач), вид аттестации – зачет (согласно рабочему учебному плану);

- АРС включает лекции (18 ач), практические занятия (16 ач), лабораторные работы (16 ач), контроль СРС (4 ач) – всего 54 ач;

- СРС составляют подготовка к промежуточному тестированию (Т) и написание рефератов (РФ) – 18 ач; выполнение 5 индивидуальных заданий (ИЗ) по тематике практических занятий –  $4 \text{ ач} \times 5 = 20 \text{ ач}$ ; подготовка к защите отчетов по 4 лабораторным работам (ОЛР) –  $4 \text{ ач} \times 4 = 16 \text{ ач}$ . Всего 54 ач;

- планируемые средства контроля (по компонентам ЗУВ):

- тесты знаний (ТЗ): тестирование и защита рефератов;

- тесты умений (ТУ): выполнение индивидуальных заданий по темам практических занятий;

- тесты владений (ТВ): защита отчетов по лабораторным работам;

- дисциплина формирует две дисциплинарные компетенции (их наименования сформулированы при разработке паспортов компетенций в составе компетентностной модели выпускника);

- составляется график учебного процесса (распределение аудиторных занятий по неделям);

- определяются требования

- к выбору методов диагностирования, например, по заданной глубине локализации (мощность множества нЭДК); количеству шагов проверки; сложности и размерности множества тестов; характеру процедуры (безусловный/условный) и т. д.;

- шкалам оценивания и способам принятия решения об уровне освоения ЭДК;

- логическим условиям, по которым осуществляются переходы к следующему шагу проектирования, повторение этапов данного шага или возврат на предыдущий шаг; эти условия могут быть заданы нормативно-методической документацией, выбранными методами диагностирования, профессиональным опытом разработчика и т. д.

Обратимся к пошаговой реализации проектирования компонентной структуры ДК.

*Шаг 1-й.* Предположим, что в соответствии с содержанием и структурой дисциплины тематический план разделен на два раздела, в каждом из которых по две темы. Будем считать, что каждая из формируемых ДК реализуется в одном соответствующем разделе (этапы 1-й и 2-й общего подхода).

Часть средств контроля (тестов) задана структурой дисциплины, например: тесты умений (ТУ) – 4 индивидуальных задания по тематике практических занятий, тесты владений (ТВ) – 4 отчета по лабораторным работам. Другая часть (тесты знаний (ТЗ)) определяется преподавателем по содержанию и тематическому плану дисциплины, например: на каждую тему – по одному ТЗ. Начальный вариант (версия 0) компонентной структуры формируемых ЭДК для данного шага (полного единичного покрытия) представлен в табл. 1. Все тесты простые (этап 3-й). Метод безусловного поиска нЭДК заключается в реализации всех тестов, сборе и дешифрации результатов, построении интегро-дифференциального критерия оценки уровня освоения каждого ЭДК и принятии решения о его освоении или неосвоении в соответствии с выбранной шкалой оценивания [6] (этап 4-й).

Каждая ДК задана следующей компонентной структурой (множеством ЭДК): 2 элемента «знать», 2 элемента «уметь», 2 элемента «владеть», что является нетипичным и не соответствует рекомендациям вуза, например, заданным как:  $N_z \geq N_y \geq N_v$ . Таким образом, общее количество контролируемых ЭДК:  $2(2 + 2 + 2) = 12$ . При этом общее количество средств контроля при полном единичном покрытии опреде-

ляется количеством соответствующих ЭДК: тестов знаний – 4, тестов умений – 4, тестов владений – 4, всего 12. В дальнейшем количество средств контроля может быть изменено, поскольку оно соотносится со структурой и содержанием дисциплины, а также планируемыми для реализации методами диагностирования (этапы 5–9-й).

Таблица 1

Таблица диагностирования на начальной стадии разработки компонентной структуры ДК (шаг 1-й)

	СК ЭДК	Тесты знаний				Тесты умений				Тесты владений				V
		T <sub>1</sub> <sup>1</sup>	T <sub>2</sub> <sup>1</sup>	T <sub>3</sub> <sup>1</sup>	T <sub>4</sub> <sup>1</sup>	ИЗ <sub>1</sub>	ИЗ <sub>2</sub>	ИЗ <sub>3</sub>	ИЗ <sub>4</sub>	ОЛР <sub>1</sub>	ОЛР <sub>2</sub>	ОЛР <sub>3</sub>	ОЛР <sub>4</sub>	
ДК <sub>1</sub>	Э <sub>11</sub> <sup>1</sup>	*												1
	Э <sub>21</sub> <sup>1</sup>		*											1
	У <sub>11</sub> <sup>1</sup>					*								1
	У <sub>21</sub> <sup>1</sup>						*							1
	В <sub>11</sub> <sup>1</sup>									*				1
	В <sub>21</sub> <sup>1</sup>										*			1
ДК <sub>2</sub>	Э <sub>12</sub> <sup>1</sup>			*										1
	Э <sub>22</sub> <sup>1</sup>				*									1
	У <sub>12</sub> <sup>1</sup>							*						1
	У <sub>22</sub> <sup>1</sup>								*					1
	В <sub>12</sub> <sup>1</sup>										*			1
	В <sub>22</sub> <sup>1</sup>												*	1
	W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12

Условные обозначения: Э<sub>11</sub><sup>0</sup> – элемент (ЭДК) «знать» № 1 для ДК-1.

V – анализ покрытия по элементам, который показывает, сколько тестов контролирует данный ЭДК. W – анализ покрытия по тестам, который показывает, сколько ЭДК контролирует данный тест.

*Шаг 2-й.* Рассмотрим два равноправных варианта процедуры, отличающиеся выбором разных форматов таблицы диагностирования.

*Вариант 1-й.* Допустим, в результате анализа педагог принял решение, что необходимо изменить компонентную структуру ДК (перейти к 1-й версии), повысив ее контролепригодность. Например, формулировки элементов «знать» получились достаточно «объемные» (затрагивающие несколько тем дисциплины), и их необходимо декомпозировать, введя дополнительные средства контроля (рефераты – РФ). Или, наоборот, нужно объединить два элемента «владеть» в один (укрупнить ЭДК), который будет тестироваться двумя тестами (или составным тестом ОЛР<sub>1-2</sub>, скомпонованным из ОЛР<sub>1</sub> и ОЛР<sub>2</sub>). Все тесты простые. Компонентная структура формируемых ДК для данного ша-

га (полное единичное покрытие для всех элементов и тестов (еПЭ & еПТ), кроме «владеть» (неПЭ & еПТ)) представлена в табл. 2.

Таблица 2

Вариант 1-й таблицы диагностирования на второй стадии разработки компонентной структуры ДК (шаг 2-й)

	СК ЭДК	Тесты знаний								Тесты умений				Тесты владений		V
		T <sub>1</sub> <sup>21</sup>	T <sub>2</sub> <sup>21</sup>	T <sub>3</sub> <sup>21</sup>	T <sub>4</sub> <sup>21</sup>	РФ <sub>1</sub> <sup>21</sup>	РФ <sub>2</sub> <sup>21</sup>	РФ <sub>3</sub> <sup>21</sup>	РФ <sub>4</sub> <sup>21</sup>	ИЗ <sub>1</sub>	ИЗ <sub>2</sub>	ИЗ <sub>3</sub>	ИЗ <sub>4</sub>	ОЛР <sub>1-2</sub>	ОЛР <sub>3-4</sub>	
ДК <sub>1</sub>	Z <sub>11</sub> <sup>21</sup>	*														1
	Z <sub>21</sub> <sup>21</sup>		*													1
	Z <sub>31</sub> <sup>21</sup>					*										1
	Z <sub>41</sub> <sup>21</sup>						*									1
	Y <sub>11</sub> <sup>21</sup>									*						1
	Y <sub>21</sub> <sup>21</sup>										*					1
	V <sub>11</sub> <sup>21</sup>													*		1
ДК <sub>2</sub>	Z <sub>12</sub> <sup>21</sup>			*												1
	Z <sub>22</sub> <sup>21</sup>				*											1
	Z <sub>32</sub> <sup>21</sup>						*									1
	Z <sub>42</sub> <sup>21</sup>							*								1
	Y <sub>12</sub> <sup>21</sup>										*					1
	Y <sub>22</sub> <sup>21</sup>											*				1
	V <sub>12</sub> <sup>21</sup>														*	1
W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14

Условные обозначения: Z<sub>11</sub><sup>1,1</sup> – элемент «знать» № 1 для ДК-1.

Компонентная структура каждой ДК выглядит так: 4 элемента «знать», 2 – «уметь», 1 – «владеть», что соответствует рекомендациям. Таким образом, общее количество контролируемых ЭДК определяется так: 2 (4 + 2 + 1) = 14. Общее количество средств контроля равно 14 (этапы 5–9-й).

*Вариант 2-й.* В процессе работы над текущей версией компонентной структуры ДК педагог принял решение ввести дополнительные средства контроля для элементов «знать» (РФ). Анализируя формулировки «уметь», он понял, что их можно проконтролировать и при защите лабораторных работ (например, при выполнении расчетной части). Из соображений, приведенных в варианте 1-м, было выполнено укрупнение ЭДК «владеть» путем объединения двух элементов в один, который станет тестироваться двумя тестами. Объединение двух простых тестов в один составной тест в данном случае нецелесообразно из-за их участия в проверках других ЭДК («уметь»). Это потребует изменить и компонентную структуру ДК, и перечень средств контроля (тестов). Компонентная структура формируемых ДК для данного вари-

анта (неединичное покрытие для всех элементов) представлена в табл. 3. Тесты знаний и умений простые, тесты владений сложные (или составные).

Таблица 3

Вариант 2-й таблицы диагностирования на второй стадии разработки компонентной структуры ДК (шаг 2-й)

	СК ЭДК	Тесты знаний								Тесты умений и владений								V
		T <sub>1</sub> <sup>22</sup>	T <sub>2</sub> <sup>22</sup>	T <sub>3</sub> <sup>22</sup>	T <sub>4</sub> <sup>22</sup>	РФ <sub>1</sub> <sup>22</sup>	РФ <sub>2</sub> <sup>22</sup>	РФ <sub>3</sub> <sup>22</sup>	РФ <sub>4</sub> <sup>22</sup>	ИЗ <sub>1</sub>	ИЗ <sub>2</sub>	ИЗ <sub>3</sub>	ИЗ <sub>4</sub>	ОЛР <sub>1</sub>	ОЛР <sub>2</sub>	ОЛР <sub>3</sub>	ОЛР <sub>4</sub>	
ДК <sub>1</sub>	Z <sub>11</sub> <sup>22</sup>	*				*												2
	Z <sub>21</sub> <sup>22</sup>		*				*											2
	Y <sub>11</sub> <sup>22</sup>								*				*					2
	Y <sub>21</sub> <sup>22</sup>									*				*				2
	V <sub>11</sub> <sup>22</sup>												*	*				2
ДК <sub>2</sub>	Z <sub>12</sub> <sup>22</sup>			*			*											2
	Z <sub>22</sub> <sup>22</sup>				*			*										2
	Y <sub>12</sub> <sup>22</sup>									*					*			2
	Y <sub>22</sub> <sup>22</sup>										*					*		2
	V <sub>12</sub> <sup>22</sup>													*	*			2
	W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	20

Условные обозначения: Z<sub>11</sub><sup>1,2</sup> – элемент «знать» № 1 для ДК-1.

Структура каждой ДК в данном случае задана следующим образом: 2 элемента «знать», 2 элемента «уметь», 1 элемент «владеть», что соответствует рекомендациям. Таким образом, количество контролируемых ЭДК определяется так: 2 (2 + 2 + 1) = 10. Общее количество средств контроля равно 16 (этапы 5–9-й).

Если в семестре 18 учебных недель, то получается примерно одна проверка в неделю, что согласуется с требованием равномерного распределения загрузки студентов с учетом других дисциплин, изучающихся в текущем семестре.

*Шаг 3-й.* Выбранный педагогом метод безусловного поиска не требует коррекции компонентной структуры ДК и таблицы диагностирования (при выборе других методов диагностирования [10, 17] возможно изменение и компонентной структуры, и таблицы диагностирования) (этап 9-й). Он также обеспечивает необходимую глубину локализации (до каждого нЭДК).

В качестве средств контроля используются как простые, так и составные (сложные) тесты. Для дешифрации результатов и определения оценки уровня освоения ЭДК применяется формат интегрально-дифференциального критерия оценки [9]. Например, оценка уровня

освоения элемента  $У_{11}^{2.2}$  складывается из взвешенных оценок тестов в виде индивидуального задания ИЗ<sub>1</sub> и защиты отчета по лабораторной работе ОЛР<sub>1</sub>.

При безусловной процедуре диагностирования результат определяется после реализации всех тестов в рамках соответствующих контролирующих мероприятий. Положительные результаты тестов знаний (например, Т<sub>1</sub>, РФ<sub>1</sub>) могут являться обязательным условием для допуска к занятиям и средством контроля умений; положительные результаты тестов умений (например, ИЗ<sub>1</sub>, ИЗ<sub>2</sub>) – условием для допуска к занятиям и средством контроля владений. Условная процедура диагностирования рассмотрена нами в одной из предыдущих работ [10].

*Шаг 4-й.* Спроектированная компонентная структура ДК и таблица диагностирования соответствуют рекомендациям и ограничениям (см., например, [8, 14]) (этап 10-й).

Итогом работы является контролепригодная компонентная структура ДК, реализуемых в конкретной дисциплине. Эта структура построена с учетом требований к эффективным способам формирования ЭДК, методам построения тестов, процедурам реализации проверок, алгоритмам сбора и дешифрации результатов, шкалам оценивания и методам принятия решения об уровне освоения ЭДК.

Таблицы диагностирования составляются преподавателем при разработке дополнительных материалов учебно-методического комплекса дисциплины (например, «Методических указаний по оцениванию уровня освоения элементов компетенций, формируемых дисциплиной»). Распределение (покрытие) имеет, как правило, общий характер (комбинированный вариант покрытия таблицы диагностирования).

### **Заключение**

Автор надеется, что изложенные в статье материалы будут способствовать повышению эффективности обучения, выбору адекватных средств контроля, точности оценивания, а также рациональному распределению кадровых, временных, материально-технических и др. ресурсов вуза. Предлагаемые алгоритмы и методы организации и проведения диагностики сформированных компетенций и их составляющих могут быть использованы как методическая основа при построении автоматизированной системы управления образовательным процессом и контроля качества компетенций выпускников учебных учреждений.

В последнее время в соответствии с ФГОС ВПО значительно увеличились объем и роль самостоятельной работы студентов. Описанный

подход к измерению качества освоения компонентов дисциплинарных компетенций может послужить базой для создания эффективного инструментария самоконтроля учащихся.

*Статья рекомендована к публикации  
д-ром пед. наук, проф. Ю. А. Шиховым*

### **Литература**

1. Данилов А. Н. и др. К вопросу о подготовке и оценке компетенций выпускников высшей школы с использованием модулей «Вектор развития направления» и «Квалификационные требования работодателей» // Открытое образование. 2012. № 3. С. 20–32.
2. Князева М. Д., Трапезников С. Н. Современные информационные технологии и комплексы организации образовательного процесса // Научные труды Вольного экономического общества России. 2012. Т. 164. С. 49–57.
3. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Анализ возможности применения аппарата и методов технической диагностики для контроля и оценки результатов освоения компетентностно-ориентированных образовательных программ // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ». 2014. Т. 7. С. 66–71.
4. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. К вопросу о контроле элементов дисциплинарных компетенций в рамках основной образовательной программы (на примере технических направлений подготовки) // Открытое образование. 2013. № 3. С. 12–19.
5. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А., Кон Е. М. К вопросу о формировании компетенций при разработке основной образовательной программы // Открытое образование. 2013. № 2. С. 4–10.
6. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Оценка качества формирования компетенций студентов технических вузов при двухуровневой системе обучения // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2012: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., 2–12 октября 2012 г. Одесса: Куприяненко, 2012. Т. 9. С. 39–41.
7. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А., Кон Е. М. Подход к формированию компонентной структуры компетенций // Высшее образование в России. 2013. № 7. С. 37–41.
8. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Практический подход к формированию компетентностной модели выпускника технического университета // Университетское управление: практика и анализ. № 2 (84). 2013. С. 52–58.
9. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Применение интегро-дифференциального критерия оценки освоения компонентов компетенций // Образование и наука. 2013. № 6. С. 47–63.
10. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Реализация алгоритмов дешифрации результатов безусловного и условного поиска при проверке уровня освоения элементов дисциплинарных компетенций // Образование и наука. 2013. № 10. С. 17–36.
11. Михальчук А. А., Арефьев В. П., Филипенко Н. М. Сравнительный статистический анализ параметрических и не-параметрических методов оце-

нивания знаний в системе заочного обучения // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 3. С. 431.

12. Основные тенденции развития высшего образования: глобальные и Болонские измерения / под науч. ред. В. И. Байденко. Москва: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. 352 с.

13. Попов Г. В., Лыгина Л. В., Ватутина М. Н. Применение накопительного метода разработки педагогических измерительных материалов для оценки компетенций в управлении качеством в вузе // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2012. № 4 (54). С. 47–50.

14. Фрейман В. И. К вопросу о формировании компетентностной модели выпускника // *Научные исследования и инновации*. 2012. № 1–4. С. 43–55.

15. Фрейман В. И. Применение методов и процедур технической диагностики для контроля и оценки результатов обучения, заданных в компетентностном формате // *Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ»*. 2014. Т. 6. С. 79–85.

16. Фрейман В. И. Разработка учебно-методического комплекса дисциплины в соответствии с ФГОС нового поколения // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления*. 2009. № 3. С. 47–50.

17. Фрейман В. И. Реализация одного алгоритма условного поиска элементов компетенций с недостаточным уровнем освоения // *Информационно-управляющие системы*. 2014. № 2 (69). С. 93–102.

18. Anderson L. W., Krathwohl D. R. *A taxonomy for learning, teaching, and assessing*. New York: Longman, 2000.

19. Patil A., Gray P. *Engineering education quality assurance: a global perspective*. London: Springer Science+Business Media LLC, 2009. 316 p.

20. Feigenbaum A. V. *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill, 1983. P. 267.

### References

1. Danilov A. N., Kon E. L., Yuzhakov A. A., Andrievskaya N. V., Bezukladnikov I. I., Freyman V. I., Kon E. M. K voprosu o podgotovke i ocenke kompetencij vypusnikov vysshej shkoly s ispol'zovaniem modulej «Vektor razvitiya napravlenija» i «Kvalifikacionnye trebovanija rabotodatelej». [Concerning the preparation and evaluation of competencies of graduates of higher school with use of modules “Vector of Direction” and “Qualification Requirements of Employers”]. *Otkrytoe obrazovanie [Open Education]*. 2012. № 3. P. 17–29. (In Russian)

2. Knyazeva M. D., Trapeznikov S. N. Sovremennye informacionnye tehnologii i komplekсы organizacii obrazovatel'nogo processa. [Contemporary information technologies and complexes of educational process organization]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii*. [Collection of scientific papers of Russian Free Economic Society]. 2012. № 164. P. 49–57. (In Russian)

3. Kon E. L., Freyman V. I., Yuzhakov A. A. Analiz vozmozhnosti primeneniya apparata i metodov tehniceskoy diagnostiki dlja kontrolja i ocnki rezul'tatov osvoeniya kompetentnostno-orientirovannyh obrazovatel'nyh program. [Concerning the possibility of use the technical diagnostics methods for control and an assessment the basic educational programs development results]. *Izvestija Sankt-*

*Peterburgskogo gosudarstvennogo jelectrotehnicheskogo universiteta «ETU»*. [The Bulletin of Saint-Petersburg State Electrotechnical University]. 2014. № 7. P. 66–71. (In Russian)

4. Kon E. L., Freyman V. I., Yuzhakov A. A. K voprosu o kontrole jelementov disciplinarnyh kompetencij v ramkah osnovnoj obrazovatel'noj programmy (na primere tehniceskikh napravlenij podgotovki). [To the question on the discipline competence elements control at the basic educational program (on the technical programs sample)]. *Otkrytoe obrazovanie [Open Education]*. 2013. № 3. P. 12–19. (In Russian)

5. Kon E. L., Freyman V. I., Yuzhakov A. A., Kon E. M. K voprosu o formirovanii kompetencij pri razrabotke osnovnoj obrazovatel'noj programmy. [Developing competences at the basic educational program implementation]. *Otkrytoe obrazovanie [Open Education]*. 2013. № 2. P. 4–10 (In Russian).

6. Kon E. L., Freyman V. I., Yuzhakov A. A. Ocenka kachestva formirovaniya kompetencij studentov tehniceskikh vuzov pri dvuhurovnevoj sisteme obuchenija. [The quality control of technical universities students' competences formed with two-level education system]. Nauchnye issledovaniia i ikh prakticheskoe primenenie. Sovremennoe sostoiianie i puti razvitiia '2012': sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii, 2–12 oktiabria 2012 g. [Materials of International scientific-practical conference "Scientific researches and their practical application. A current state and development ways, 2-12 December 2012]. Odessa: Publishing House KUPRIENKO. 2012. Vol. №9. P. 39–41. (In Russian)

7. Kon E. L., Freyman V. I., Yuzhakov A. A., Kon E. M. Podhod k formirovaniyu komponentnoj struktury kompetencij. [The approach to formation of the competence component structure]. *Vysshee obrazovanie v Rossii [Higher Education in Russia]*. 2013. № 7. P. 37–41. (In Russian)

8. Kon E. L., Freyman V. I., Yuzhakov A. A. Prakticheskij podhod k formirovaniyu kompetentnostnoj modeli vypusknika tehniceskogo universiteta [Practical approach to formation the competence-based model for a technical university graduate]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz [University management: practice and the analysis]*. 2013. № 2 (84). P. 52–58. (In Russian)

9. Kon E. L., Freyman V. I., Yuzhakov A. A. Primenenie integro-differencial'nogo kriterija ocenki osvoeniya komponentov kompetencij. [Implementing the integral differential estimation criterion of competence acquisition.] *Obrazovanie i nauka. Izv. UrO RAO [Education and science. News of Ural Branch of Russian Academy of Education]*. 2013. № 6. P. 47–63. (In Russian)

10. Kon E. L., Freyman V. I., Yuzhakov A. A. Realizacija algoritmov deshifracii rezul'tatov bezuslovnogo i uslovnogo poiska pri proverke urovnja osvoeniya jelementov disciplinarnyh kompetencij. [The realization of conditional and unconditional searching results decoding algorithms during the level marking control of discipline competence elements]. *Obrazovanie i nauka. Izv. UrO RAO [Education and science. News of Ural Branch of Russian Academy of Education]*. 2013. № 10. P. 17–36. (In Russian)

11. Kon E. L., Freyman V. I., Juzhakov A. A. Osnovnye tendentsii razvitiia vysshego obrazovaniia: global'nye i Bolonskie izmereniia. [Main tendencies of development of the higher education: global and Bologna measurements]. Moscow:

Issledovatel'skii tsentr problem kachestva podgotovki spetsialistov [The research centre of problems of quality of preparation of experts ]. 2010. 352 p. (In Russian)

12. Mikhhalchuk A. A., Arefev V. P., Filipenko N. M. Sravnitel'nyj statisticheskij analiz parametricheskikh i ne-parametricheskikh metodov ocenivaniya znanij v sisteme zaochnogo obuchenija. [Comparative Statistical Analysis of Parametrical and Nonparametric Methods of the Estimation of Knowledge in Correspondence Course System]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia [Contemporary Issues of Science and Education]*. 2013. № 3. P. 431. (In Russian)

13. Popov G. V., Lygina L. V., Vatutina M. N. Primenenie nakopitel'nogo metoda razrabotki pedagogicheskikh izmeritel'nykh materialov dlja ocenki kompetencij v upravlenii kachestvom v vuze. [Application of a memory method of working out of pedagogical measuring materials for an estimation competencies in quality management in high school]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologij. [The Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies]*. 2012. Vol. 5. № 4. P. 47–50. (In Russian)

14. Freyman V. I. K voprosu o formirovanii kompetentnostnoj modeli vypusknika. [To the question of formation a graduate competency model]. *Nauchnye issledovaniia i innovatsii*, 2012, № 1–4, pp. 43-55 (In Russian).

15. Freyman V. I. Primenenie metodov i procedur tehnicheckoj diagnostiki dlja kontrolja i ocenki rezul'tatov obuchenija, zadannyh v kompetentnostnom формате. [Application of the technical diagnostics methods and procedures to monitor and assess studying results, specified in the competency format]. *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo jelektrotehnicheckogo universiteta «ETU».* [The Bulletin of Saint-Petersburg State Electrotechnical University]. 2014. № 6. P. 79–85. (In Russian)

16. Freyman V. I. Razrabotka uchebno-metodicheskogo kompleksa discipliny v sootvetstvii s FGOS novogo pokolenija. [Development training and methodology disciplinary complex according to National Education Standards of New Generation]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia.* [The Bulletin of Perm National Research Polytechnic University «Electric engineering, information technology, control systems»]. 2009. № 3. P. 47–50. (In Russian)

17. Freyman V. I. Realizacija odnogo algoritma uslovnogo poiska jelementov kompetencij s nedostatochnym urovnem osvoenija. [An algorithm of conditional search of competence elements with insufficient level of development. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy* [Information-operating systems]. 2014. Vol. 69, № 2 P. 93–102. (In Russian)

18. Anderson L., Krathwohl D., Airasian P. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Abridged Edition. New York: Longman, 2000. 352 p. (Translated from English)

19. Patil A., Gray P. Engineering education quality assurance: a global perspective. London: Springer Science+Busines Media LLC, 2009. 316 p. (Translated from English)

20. Feigenbaum A. V. Total Quality Control. New York: McGraw-Hill, 1983. P. 267. (Translated from English)