



УДК 004.02:378.146

Е. Л. Кон, В. И. Фрейман, А. А. Южаков

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Анализ возможности применения аппарата и методов технической диагностики для контроля и оценки результатов освоения компетентностно-ориентированных образовательных программ

Анализируется возможность применения аппарата и методов технической диагностики для решения задач в области контроля и оценивания результатов подготовки выпускников вузов, реализующих компетентностный подход к высшему профессиональному образованию. Рассмотрены подходы к разработке автоматизированной системы управления и контроля качества учебного процесса.

Техническая диагностика, тестирование, алгоритмы диагностирования, таблица функций неисправности, модели дефектов

Постановка задачи. При реализации компетентностного подхода к организации качественного образования в высшей школе одной из основных задач является выбор эффективных способов формирования и контроля уровня освоения *компетенций* как результата изучения студентом *основной образовательной программы* (ООП). Программа строится в соответствии с требованиями *Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования третьего поколения* (ФГОС ВПО). Механизмом формирования компетенций являются *дисциплины и разделы* ООП (практики, научно-исследовательская работа и т. п.), формирующие одну или несколько частей закрепленных за ними компетенций, называемых *дисциплинарными компетенциями* (ДК). ДК состоит из *компонентов* «знания», «умения», «владения» – ЗУВ, каждая составляющая которых представляет собой *элемент дисциплинарной компетенции* (ЭДК). Они и являются атомарными, т. е. не декомпозируемыми далее, объектами формирования и контроля в соответствии с принятым в ФГОС ВПО компетентностным подходом к образованию [1].

Проблемы контроля и оценки уровня освоения компетенций и их составляющих, разработки методик создания контрольно-измерительных материалов являются для системы высшего профес-

сионального образования (ВПО) России недостаточно исследованными и формализованными, а потому актуальными. Привлечение опыта ведущих вузов зарубежных стран, в первую очередь Европы и США, не дает полного решения проблемы из-за существенных отличий (реальных, а не формальных) систем образования. К тому же информация, относящаяся к данной проблематике, а также механизмы реализации методик в рамках учебного процесса не всегда доступны или имеют обобщенный иллюстративный, а часто декларативный характер. Поэтому поставленные вопросы система ВПО России должна решать самостоятельно.

В отечественных научных и методических работах этого направления указанные вопросы рассматриваются и решаются (работы Н. В. Пахаренко, Н. Ф. Стась, И. Н. Зольниковой, М. Н. Ватугиной, М. Д. Князевой, С. Н. Трапезникова, А. С. Трапезникова, Е. В. Ширшова, Л. В. Ефремовой, Н. Г. Лыгиной, Г. В. Попова). Однако в них не нашли, на наш взгляд, достаточно подробное и конкретизированное отражение вопросы увязки принципов контроля и оценивания со способами формирования ЭДК, конкретные рекомендации и механизмы по применению, анализ ограничений и т. д. Поэтому одной из актуальных проблем является разработка методологической

основы контроля и оценивания результатов освоения ООП с применением системного подхода и соответствующего математического и алгоритмического аппарата. В решении указанной проблемы существенную помощь, по нашему мнению, может оказать применение хорошо проработанного и апробированного аппарата и методов *технической диагностики* с адаптацией его к рассматриваемым объектам исследования (компетенциям и их составляющим) и предметам исследования (алгоритмам контроля и оценивания). Важно также отметить, что возможность и условия применения указанных процедур и алгоритмов необходимо рассматривать с учетом особенностей человеческого фактора – студента. Это должно найти отражение в модели объекта контроля, а также в ограничениях и условиях использования предлагаемых методик.

Целью статьи является анализ возможности применения аппарата и методов технической диагностики для контроля и оценки результатов освоения основных образовательных программ, сформированных в соответствии с требованиями ФГОС ВПО на базе компетентностного подхода к образовательному процессу, а также выработка соответствующих рекомендаций по применению.

1. Основные положения технической диагностики. *Диагностика* – это отрасль знаний, включающая в себя теорию и методы организации процессов диагноза, а также принципы построения средств диагноза. Когда объектами диагноза являются объекты технической сферы, говорят о *технической диагностике* [2].

Под *дефектом* в технике понимается невыполнение требования, связанного с предполагаемым или установленным использованием. При изучении объекта диагностирования задается (определяется) *список (класс)* возможных *дефектов* и далее проверяется их наличие или отсутствие в контролируемых элементах и связях между ними. Таким образом, тесты строятся в предположении известного класса дефектов и, соответственно, правильная реакция на тесты гарантирует отсутствие дефектов только из заданного списка (класса).

Выделим две основные задачи технической диагностики [3]:

– проверка (контроль работоспособности или исправности) устройства, ориентированная на обнаружение дефектов из заданного списка (класса) в элементах и связях (ветвях);

– поиск (локализация) дефектов, который позволяет выявить исправные элементы и связи в неисправном устройстве.

Соответственно первую задачу решают проверочные тесты (обнаруживающие факт наличия или отсутствия дефектов произвольной кратности в устройстве), а вторую – тесты поиска.

Проверяющие тесты строятся для каждой ветви устройства, а их совокупность, позволяющая проконтролировать исправность каждой ветви, представляет собой полный проверочный тест (ППТ). Проверочный тест гарантирует обнаружение дефекта ветви при любом сочетании дефектов других ветвей [2].

Особую проблему представляет реализация проверки или поиска при наличии в устройстве нескольких, так называемых *кратных* дефектов. Причиной возникающих сложностей является возможная *компенсация* дефекта проверяемого элемента или связи с дефектами других элементов или связей. В этом случае на выходе фиксируется правильная реакция на тест проверяемой ветви. Для исключения компенсации безусловный тестовый набор проверки исправности (β -набор) дополняется группой условных тестовых наборов (α -наборы), каждый из которых деактивизирует соответствующее условие возникновения компенсации [2]. Таким образом, дефект в проверяемой ветви гарантированно будет обнаружен, несмотря на возможное наличие дефектов других ветвей. Полный проверочный тест (ППТ) состоит из множества проверяющих все ветви безусловных β -наборов и множества дополняющих каждый из них групп условных α -наборов. После построения избыточного ППТ проводится его минимизация.

Поиск дефектов связан с решением двух задач – построение диагностических тестов и определение порядка их применения в диагностическом эксперименте, т. е. разработка процедуры или алгоритма поиска дефектов и дешифрация результатов тестирования. *Тесты поиска* дефектов позволяют найти неисправный элемент (или связь между элементами) с требуемой (заданной) глубиной локализации, а также определить вид и параметры дефекта [3]. Алгоритмы и тесты поиска имеют большую сложность и размерность по сравнению с проверяющими тестами, но позволяют указать место, тип, а иногда и причины неисправности.

Процедура поиска дефектов определяется применением алгоритмов тестового диагностирования. В технической диагностике выделяют два алгоритма поиска дефектов – безусловный и условный [2], [3].

При реализации *безусловных алгоритмов* поиска допускается независимый порядок подачи тестов, что и легло в основу названия алгоритма. На диагностируемый объект подается полная совокупность тестов поиска, фиксируются результаты, а затем происходит их дешифрация, анализ и принятие решения о техническом состоянии объекта [4]. В безусловных алгоритмах поиска более просто осуществляется процедура тестирования, число шагов которой фиксировано, однако процедура дешифрации всех результатов может представлять сложный процесс (неоднозначность интерпретации результатов, избыточность тестов поиска, большое время диагностирования и т. п.).

При реализации *условных алгоритмов* поиска тесты на объект подаются поэтапно, и совокупность тестов, подаваемых на текущем этапе, зависит от результатов тестов предыдущего этапа. Условные алгоритмы поиска позволяют реализовать гибкую процедуру тестирования, обеспечивающую необходимую глубину локализации дефектов в среднем за меньшее время, чем безусловные. Это означает, что число шагов диагностирования в среднем меньше, чем при безусловной процедуре, однако при этом требуется достаточно большой объем вычислений для анализа результатов каждого этапа и формирования тестов текущего этапа диагностирования.

В технической диагностике формулируются прямая и обратная задачи диагноза. *Прямая задача диагноза* заключается в определении реакции устройства или системы на подаваемые тестовые последовательности, а также в дешифрации результатов проверки и сравнении их с заранее рассчитанными идеальными реакциями исправного устройства. Она решается путем моделирования работы устройства с заданными дефектами при подаче совокупности ранее определенных тестов. *Обратная задача диагноза* состоит в определении совокупности тестов, покрывающих заданное количество и номенклатуру (разновидности) дефектов и их сочетаний [5].

В технической диагностике одним из типовых формальных описаний (моделей) объекта диагноза является совокупность *таблиц функций неисправностей* (ТФН), в которых отражается реакция объекта на заданную совокупность тестов при отсутствии и наличии моделируемых дефектов [2]. Порядок заполнения ТФН обусловлен свойствами объекта контроля и не зависит от очередности проводимых проверок (при безусловном

алгоритме поиска). Строками таблицы являются элементарные проверки (тесты), а столбцами – состояния объекта в исправном и неисправном состояниях (реакция объекта диагноза на тестовые наборы, фиксируемая на наблюдаемых выходах). В каждую ячейку ТФН заносится реакция объекта, находящегося в определенном техническом состоянии, на конкретный тест. Очевидно, что при большом количестве объектов и сложной модели дефектов применение указанной модели ТФН затруднительно, поскольку ее размерность становится слишком большой для организации вычислений (размерность ТФН может быть уменьшена, например, за счет увеличения числа наблюдаемых выходов). Однако такая модель показательна и удобна для определения принципов и алгоритмов диагностирования.

Таблица функций неисправности применяется для синтеза и оптимизации совокупности проверяющих тестов, а также для дешифрации результатов тестового диагностирования и принятия решения об исправности объекта в целом (задача обнаружения) или его элементов (задача поиска).

Рассмотрим далее применение ряда основных понятий, аппарата и методов технической диагностики для решения задач контроля уровня освоения элементов дисциплинарных компетенций, а также поиска элементов дисциплинарных компетенций с недостаточным уровнем освоения.

2. Применение положений и аппарата технической диагностики к решению задач контроля и оценки результатов освоения компетентностно-ориентированных образовательных программ. В рассматриваемой предметной области *объектами контроля* являются элемент, компонент, дисциплинарная компетенция, компетенция или их совокупность.

Будем понимать под *дефектом* недостаточный уровень освоения (ниже заданного порогового значения) объекта контроля.

Поскольку проверяемым субъектом является студент, это накладывает дополнительные ограничения и требует учета составляющих, в частности, так называемого «человеческого фактора». В дальнейшем будем сначала ориентироваться на идеализированную модель (например, определенный уровень подготовки сформирован выбранными способами и не изменяется до следующих обучающих мероприятий), а затем вводить ограничения и допущения для перехода к более реалистичной модели.

Сформулируем основные задачи диагностики применительно к контролю ЭДК:

1. Построение (синтез) проверяющих (обнаружения) либо локализирующих тестов (поиска).
2. Определение (выбор) процедуры (алгоритмов) диагностирования.
3. Проведение диагностического эксперимента (тестирования).
4. Получение результатов проверки или поиска в виде ТФН или их аналогов.
5. Дешифрация результатов.
6. Определение уровня освоения оцениваемых ЭДК путем сравнения с заданными пороговыми значениями.
7. Локализация с требуемой глубиной и точностью недостаточно освоенных объектов контроля.
8. Выработка списка корректирующих мероприятий (при необходимости).

Из приведенного полного перечня в этой статье рассматриваются подходы к решению задач построения тестов обнаружения и поиска, разработка безусловных и условных алгоритмов поиска, а также выбора и анализа формата специфической ТФН.

При решении задач диагностики ЭДК проверяющие тесты (тесты контроля уровня освоения ЭДК) предлагается применять для «грубой» оценки, например, для текущей аттестации (на уровне «сдал–не сдал», без детализации недостаточно освоенных элементов). Тесты поиска эффективны для локализации недостаточно освоенных элементов с требуемой (необходимой, заданной) глубиной (точностью) и применяются преподавателем при углубленной проверке либо студентом при самоконтроле уровня освоения ЭДК. Также тесты поиска дают детальную информацию для формирования перечня корректирующих мероприятий и необходимых для их реализации ресурсов образовательного процесса.

В процессе решения задачи проверки уровня освоения ЭДК и локализации недостаточно освоенных элементов применяются процедуры обнаружения и безусловного либо условного поиска «дефектных» элементов. Тестирование предлагается проводить в два этапа:

1. Применение тестов обнаружения с интегральной оценкой степени освоения по всем контролируемым элементам.
2. Применение тестов поиска для определения неосвоенных ЭДК, а также детализации уровня освоения каждого элемента (с двоичной

или недвоичной шкалами оценивания), выдачи индивидуальных рекомендаций и т. д. с использованием безусловной процедуры поиска, в которой выбор очередного теста не зависит от результатов предшествующих тестов или условной процедуры поиска.

При решении задач контроля уровня освоения ЭДК совокупность тестов (обнаружения и поиска), как правило, задается при формировании структуры дисциплины. Во-первых, это «классические» тесты в виде перечня вопросов – закрытого типа (множественный выбор, альтернативный выбор, установление соответствия, установление последовательности) и открытого типа (дополнение, свободное изложение), которые эффективно применять для контроля компонента «знать». Во-вторых, это «видовые» тесты, связанные с определенным видом аудиторной или самостоятельной работы студента (защита отчетов по лабораторным работам, проверка домашних заданий по темам практических занятий, защита курсового проекта и т. д.), которые эффективно применять для контроля компонентов «уметь» и «владеть». Более подробно мнение авторов о подходах к построению тестов для разных компонентов дисциплинарной компетенции приведено в [6].

В рамках применения некоторых положений и методов технической диагностики авторами решаются задачи разработки безусловных и условных процедур поиска ЭДК с недостаточным уровнем освоения, а также совместного проектирования компонентной структуры ДК в увязке с формированием средств контроля (диагностическими тестами). Предлагаемые подходы, методы и алгоритмы входят в состав методического и информационного обеспечения автоматизированной информационной системы управления и контроля качества образовательного процесса.

3. Задачи разрабатываемой автоматизированной системы сопровождения учебного процесса. Предложенные подходы являются методической основой для построения автоматизированной подсистемы контроля уровня освоения компетенций и их составляющих по результатам тестирования или экспертной оценки результатов контролируемых мероприятий в составе автоматизированной системы сопровождения учебного процесса (АССУП). Система предоставляет практические возможности:

1. Студенту – определить необходимый объем дополнительной работы и форм контроля для достижения заданного результата.

2. Преподавателю – построить эффективный график своей работы с учетом системы ограниченных ресурсов (временных, пространственных, технических, организационных и т. д.).

3. Учебно-методическим службам вуза – управлять и контролировать учебный процесс с возможностью получения интегральных и дифференциальных оценок успеваемости студентов, деятельности педагогов и использования ресурсов образовательного учреждения.

Сформулируем задачи АССУП:

1. Ввод и хранение данных:

- по студентам, педагогам;
- ресурсам (аудиторный фонд, нагрузка и т. д.);
- учебному плану (перечень дисциплин, перечень компетенций, матрица соответствия);

– каждой дисциплине (из рабочей программы дисциплины (РПД) – формулировки дисциплинарных компетенций и их компонентной структуры (ЗУВ), виды АРС и СРС, средства контроля, таблицы соответствия элементов ДК и способов формирования/средств контроля);

– формированию ИДК оценки по всем уровням (автоматический расчет плюс возможность коррекции экспертами);

– результатам проверки.

2. Расчет оценок:

– для итоговой аттестации (по дисциплине, по компетенции и т. д.);

– текущей и промежуточной аттестации;

– прогнозирования оценок;

– определения оценки (оценок), которые нужно улучшить;

– выбора корректирующих мероприятий.

3. Предоставление сервисов:

– успеваемость (по студенту, группе, дисциплине, компетенции, ее составляющим и т. д.);

– анализ компетентностной модели выпускника;

– формирование и анализ индивидуальных образовательных траекторий студентов;

– контроль ресурсов системы.

Предлагаемые в статье решения поставленных частных задач находятся на этапе частичной апробации в разработке и внедрении методического и информационного обеспечения автоматизированной системы управления и контроля качества учебного процесса в Пермском национальном исследовательском политехническом университете.

Основные результаты публикации:

1. Проанализированы основные положения технической диагностики с целью возможности ее применения для контроля результатов обучения.

2. Проиллюстрировано использование понятий, аппарата и подходов технической диагностики (объект диагностирования, модель дефектов, кратность дефектов, явление компенсации, алгоритмы диагностирования и т. д.) для решения некоторых задач проверки и оценки результатов тестирования при определении уровня усвоения ЭДК. Это открывает возможность формализованного подхода к постановке и решению важной проблемы – контроля и оценки результатов обучения в соответствии с компетентностным подходом к образованию, принятом в ФГОС ВПО.

3. Сформулированы задачи автоматизированной информационной системы, в которой реализуются предлагаемые подходы и алгоритмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные тенденции развития высшего образования: глобальные и Болонские измерения / под ред. проф. В. И. Байденко. М.: Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 2010.

2. Основы технической диагностики: в 2 кн. Кн. I: Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / В. В. Карибский и др.; под ред. П. П. Пархоменко. М.: Энергия, 1976.

3. Киселев В. В., Кон Е. Л., Шеховцов О. И. Автоматизация поиска дефектов в цифровых устройствах. Л.: Энергоатомиздат, 1986.

4. Фрейман В. И. Разработка и исследование методов синтеза импульсных тестов для автоматизации проверки КМОП СБИС на этапах изготовления и эксплуатации телекоммуникационного оборудования: дис. ... канд. техн. наук / Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2000.

5. Кон Е. Л., Фрейман В. И. Подходы к тестовому диагностированию цифровых устройств // Вест. Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2012. № 4. С. 231–241.

6. Подход к формированию компонентной структуры компетенций / Е. Л. Кон, В. И. Фрейман, А. А. Южаков, Е. М. Кон // Высш. образ. в России. 2013. № 7. С. 37–41.

7. 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.

8. Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А. Применение интегро-дифференциального критерия оценки