

## **Дидактическая инженерия: технология подготовки**

Старыгина Светлана Дмитриевна  
доцент, к.п.н., доцент кафедры информатики и прикладной математики,  
Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
ул. К.Маркса, 68, г. Казань, 420015, (843)2314119  
[svetacd\\_kazan@mail.ru](mailto:svetacd_kazan@mail.ru)

Гибадуллина Эндже Анваровна  
студентка  
Казанский национальный исследовательский технологический университет  
ул. К.Маркса, 68, г. Казань, 420015  
[rainy\\_happiness@bk.ru](mailto:rainy_happiness@bk.ru)

### **Аннотация**

В рамках дидактической инженерии как методологии разработана модель многоуровневой дидактической системы с технологией быстрого развития ключевых способностей через обучение. Для объективной оценки уровня развития ключевых способностей на фоне усвоения знаний, использованы специально сконструированные метрические шкалы. Показан путь интеллектуализации дидактических систем через «глубокую» автоматизацию учебного процесса с использованием инженерных методов и информационных технологий.

Within the framework of didactic engineering as a methodology developed by a multi-level model of didactic system with the rapid development of technology, the key skills through training. For an objective assessment of the level of development of key skills on the background of the assimilation of knowledge, used specially designed metric scale. It showed the way intellectualization teaching systems through "deep" automation of the educational process with the use of engineering methods and information technologies.

### **Ключевые слова**

модель деятельности, поле компетенций, пространство проблем, дидактическая система, сложность проблем, дидактическая инженерия, высокоэффективная методология  
activity model, field of competence, space problems, didactic system, the complexity of the problems, didactic engineering, highly effective methodology

### **Введение**

Дидактические системы нового поколения должны обладать основными свойствами классических (традиционных) систем и в тоже время еще дополнительными, которые в современных условиях позволят их вывести на новый качественный уровень по эффективности. На практике это означает, что системы нового поколения должны обеспечить высокий темп развития ключевых способностей через обучение, «уметь» объективно оценивать достижения обучаемых в метрических (числовых) единицах и «работать» в реально - виртуальном пространстве (Web сети).

## Проектирование оцифрованных дидактических систем

Очевидно, для быстрого развития через эффективный процесс природосообразного обучения с учетом фундаментальных закономерностей (см. предыдущую статью «**Дидактическая инженерия: теоретические основы**») необходимы дидактические системы нового поколения. Это оцифрованные дидактические системы с технологиями подготовки в метрическом компетентностном формате, развернутые Web сети и параллельно представленные на бумажном носителе [1 - 3].

В целом, на концептуальном уровне, эти системы должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Соблюдать условия образовательного стандарта.
2. В рамках осваиваемой компетенции, система должна обеспечить быстрый прирост (в числовых метриках) значений параметров  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $POL$ ,  $CHL$  (см. предыдущую статью «**Дидактическая инженерия: теоретические основы**»). Как следует там из рис. 2 и 3, развитие должно проходить с начального состояния, например, профиль  $U(2)$  до профиля  $U(1)$ , где профиль  $U(0)$  – экспертная оценка требуемого состояния академической компетентности обучаемого.

3. В ТОС (техногенная образовательная среда) дидактическая система должна обеспечить индивидуальную траекторию подготовки каждому, т.е. необходимо исключить возможность прямого переписывания, т.к. по сети это очень просто сделать.

4. Должна быть многоуровневой по сложности для обеспечения быстрого развития обучаемого через его «зоны ближайшего развития», т.е. без «топания» на одном месте и «забегания» лишнего вперед по сложности. Как показывает практика, это увеличивает темп развития от 20 до 40 процентов.

5. Должна содержать подробные инструкции (в алгоритмическом формате для каждого раздела курса) по организации учебной деятельности обучаемого. Это обязательно необходимо, чтобы обучаемый самоорганизовался к работе Web сети без преподавателя.

6. Должна содержать графическую интерпретацию (диаграммы) состояния развития обучаемого по комплексу параметров  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $POL$ ,  $CHL$  для каждого раздела, в частности, и для курса, в целом в метрическом формате. Как показывает практика, это требование (на психологическом уровне) переводит обучаемого в осознанное состояние соучастия в образовательном процессе.

7. Методики диагностики качества освоенной компетенции (в рамках курса) должны дать объективные, надежные, точные оценки академической компетентности обучаемого, в метрическом (числовом) компетентностном формате. Следует отметить, что любая неточная, необъективная оценка «тормозит» темп развития и, как правило, выводит обучаемого из состояния эмоционального равновесия.

8. Система должна функционировать как в автоматическом (для самоподготовки), так и в автоматизированном (для подготовки с педагогом, тьютором, репетитором) режимах работы. В целом, эта возможность предоставляет педагогу организовать эффективную самостоятельную работу.

9. Как показывает опыт, для увеличения показателя эффективности учебный курс, поддерживающий процесс освоения какой – то компетенции, должен быть издан как учебное пособие на бумажном носителе и одновременно развернут Web сети как библиотека электронных курсов подготовки. Пример такой организации приводится в списке литературы под номером [1].

На рис. 1 приводится обобщенная модель дидактической системы, построенная в стиле SADT, которая может удовлетворить всем требованиям 1 - 8.

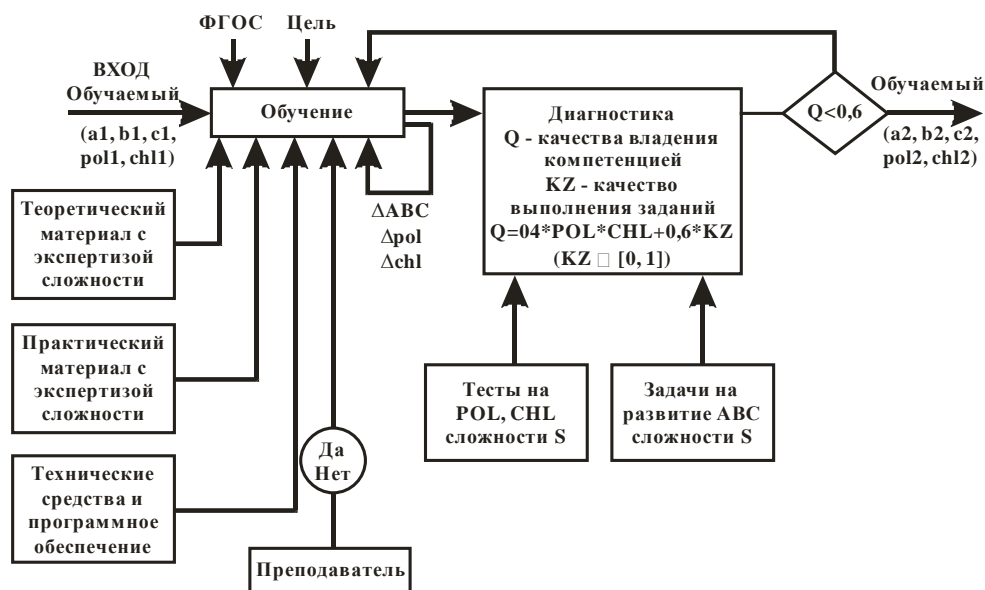


Рис. 1. Модель организации дидактической системы

На проектном уровне реализация требований к системе происходит следующим образом:

1. Организуются учебные курсы, с компетенциями согласно стандарту. Проводится экспертиза их полноты, целостности, сложности. По результатам принимается решение по количеству уровней сложности в курсе, необходимому стилю представления материала. Оценивается минимально допустимый профиль (параметры ABC, POL, CHL) при котором обучаемый считается академически компетентным, т.е. эксперт (например, преподаватель) определяет значения параметров в шкале качества владения компетенцией  $A=a(0)$ ,  $b(0)$ ,  $c(0)$ ,  $pol(0)$ ,  $chl(0)$ . Пример, как это делать реализован в работе [1].

2. Идентифицируются параметры, характеризующие цель подготовки, т.е. определяются значения A, B, C, POL, CHL. Согласно цели они должны быть выше экспертных оценок, т.е. значения параметров  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $pol$ ,  $chl$  обучаемого по окончании курса должно быть выше экспертных, т.е.  $a \geq a(0)$ ,  $b \geq b(0)$ ,  $c \geq c(0)$ ,  $pol \geq pol(0)$ ,  $chl \geq chl(0)$ . Следует отметить, что в этих дидактических системах процесс развития через обучение становится полностью управляемым. Перед педагогом в формализованном виде возникает задача оптимального параметрического управления. Разумеется, педагог будет решать эту задачу, исходя из данных шкалы КВК(5) или КВК(3) и своих наблюдений, а также опыта, но можно поручить решение этой задачи искусственному интеллекту с принятием решений и выработкой рекомендаций, как педагогу, так и обучаемому.

В целом, умение обучаемого разрешать проблемы из какой-то предметной области можно рассматривать как реализация его ABC – способностей на фоне его знаний. Поэтому знания и умения между собой зависимы. На практике установлено [4], что когда речь идет об умение решать несложные проблемы, то зависимость между ними почти линейная, т.е. коэффициент корреляции близка к единице. Поэтому можно судить об умении обучаемого разрешать несложные проблемы исходя из оценки качества его знаний, т.е. из результатов его ответов на тест. В тоже время, по мере роста сложности проблем, коэффициент корреляции между знаниями обучаемого и его умениями резко уменьшается, и судить об умении его по результатам традиционного теста становится, ненадежным способом. Как следует из

статистики, эту проблему оценки качества умений в зависимости от результатов оценки качества знаний (результатов теста) принципиально можно решить, но только тест в этом случае должен быть построен на другой процедуре проверки знаний, т.е. оценка знаний должна проходить по технике «жесткий» тест [1], идея которого состоит в следующем:

1) в рамках, например, учебного курса создаются две базы вопросов (База 1, База 2), которые позволяют диагностировать наличие знаний обучаемого с позиции их полноты (параметр POL) и целостности (параметр CHL). База 1 содержит вопросы, позволяющие проверить его знания: фактов, понятий, определений и т.д. База 2 содержит вопросы, которые позволяют проверить его знания методологии (связей, способов, методов, методик, технологий);

2) тестируемый обучаемый отвечает на вопросы из Базы 1, что позволяет установить значение параметра  $POL = pol$ , например, ему было задано 10 вопросов одной сложности, и он на 7 из них ответил правильно. Показатель  $POL = 0,7 \in [0,1]$ ;

3) тестируемый обучаемый отвечает на вопросы из Базы 2, что позволяет установить значение параметра  $CHL = chl$ , например, тестируемый из 10 вопросов ответил правильно на 8, т.е.  $CHL = 0,8 \in [0,1]$ ;

4). Вычисляется значение  $Q$  - оценки качества владения компетенцией.  $Q = POL \times CHL$ , например,  $Q = 0,7 \times 0,8 = 0,56 \in [0,1]$ . Из проведенного ранее корреляционного анализа следует, что в этом случае по результатам теста можно утверждать, что обучаемый владеет компетенцией с показателем качества  $Q = 0,56$ , т.е. он владеет компетенцией на 56% с надежностью не менее 0,85. Обоснование и расчет коэффициента корреляции (надежности) приводится в работе [4].

3. Обучаемому обеспечивается индивидуальная траектория развития за счет вариаций заданий и случайному формированию комплекса тестовых вопросов. Индивидуальность заданий осуществляется через организацию специальной базы заданий, структура которой показана на рис. 2.

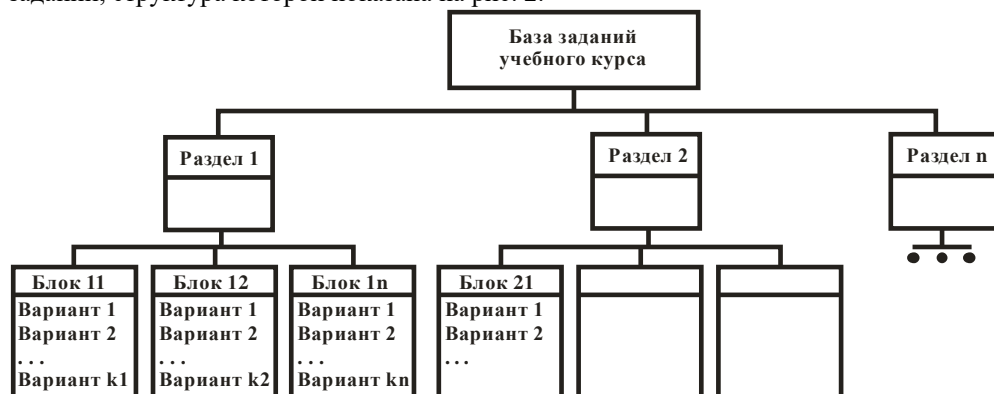
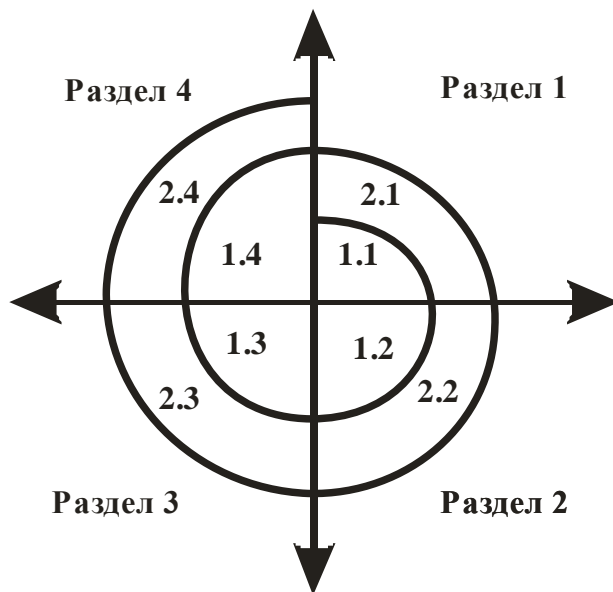


Рис. 2. Структура организации индивидуальной базы заданий

Разумеется, в потоке (классе) обучаемых может быть гораздо больше, чем вариантов заданий, поэтому индивидуализация организуется так. Вариант (FAM) =  $N \bmod k$ , где FAM – фамилия, N – его регистрационный в Web системе номер, k – количество вариантов задач в блоке. Стоит подчеркнуть, что база заданий является одним из главных по значимости объектов системы, т.к. она, в основном, определяет темп развития обучаемого. Задания должны соответствовать и точно «ловить» «зоны ближайшего развития» обучаемого. Без преувеличения можно сказать, что созданные эффективные базы заданий по учебным курсам необходимо патентовать или хотя бы официально регистрировать с выдачей авторского сертификата. Более подробно методики организации базы учебных заданий описаны в работах [5, 6].

4. В зависимости от сложности учебного материала, установленного экспертами, курс делится на  $m$  уровней сложности. На рис. 3 приводится пример структуры разделенного курса, который имеет 2 уровня сложности и состоит из 4 разделов.



**Рис. 3. Структура организации многоуровневого учебного курса**

На этом рисунке, учебный материал с индексами 1.1-1.4 представляет собой первый уровень по сложности, осваиваемого материала, а второй уровень проиндексирован номерами 2.1 - 2.4.

Развитие ABC-способностей и усвоения знаний обучаемым происходит по спирали от уровня к уровню через «зоны ближайшего развития», что в целом, при правильной организации базы заданий обеспечивает его быстрое развитие в рамках учебного курса.

5. Инструкция обучаемому для быстрого освоения учебного материала представляется в алгоритмическом виде. В качестве примера рассмотрим учебный курс «Исследование операций», который предназначен для того, чтобы обучаемый освоил компетенцию: «уметь решать проблемы (задачи) оптимального планирования с использованием математических методов и типовых моделей». Курс состоит из 6 разделов. В начале каждого раздела в формате алгоритма предложена инструкция организации учебной деятельности. На рис. 4 приводится эта инструкция, для быстрого освоения раздела 5 «Динамического программирование».

6. Требование с номером 6 удовлетворяется следующим образом. Допустим, обучаемый освоил компетенцию в рамках раздела 5, т.е. значение величины  $Q$  – качество владения компетенцией больше 60%, тогда уровень развития ABC-способностей обучаемого, считается по формуле

$$ABC(5) = 0,5*(S(1)+S(2))*K3(5),$$

где через  $S(1)$ ,  $S(2)$  – обозначены соответственно сложности решенных обучаемым задач, а  $K3(5)$  – качество их решения по оценке преподавателя.

При этом, значения результатов тестирования на полноту (POL) и целостность (CHL) усвоенного теоретического материала, т.е. значения  $R1(5)$  и  $R2(5)$  вычисляются автоматизированным способом. В целом, на основе всех результатов строится диаграмма (рис. 5) состояния развития обучаемого в рамках раздела 5.

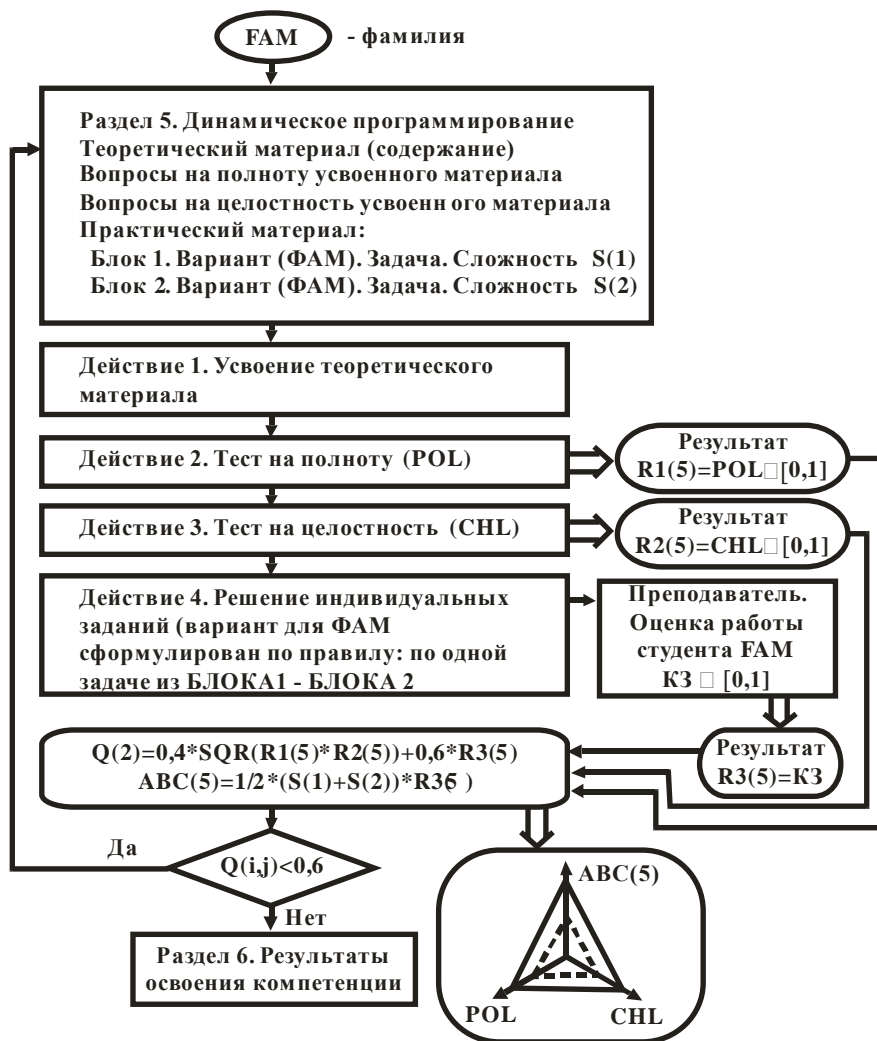


Рис. 4. Схема организации подготовки

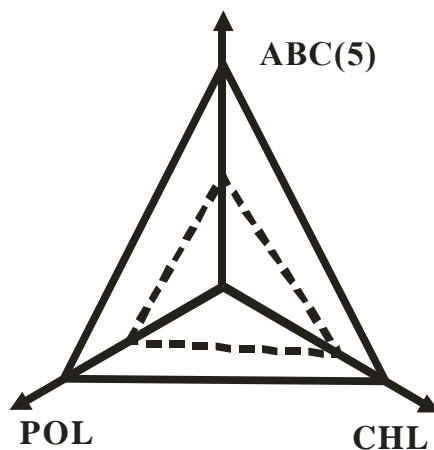


Рис. 5. Диаграмма «достижений» обучаемого

На диаграмме через штриховой профиль изображено состояние реальных достижений обучаемого по параметрам ABC, POL, CHL, а сплошной профиль характеризует потенциал курса в разделе 5.

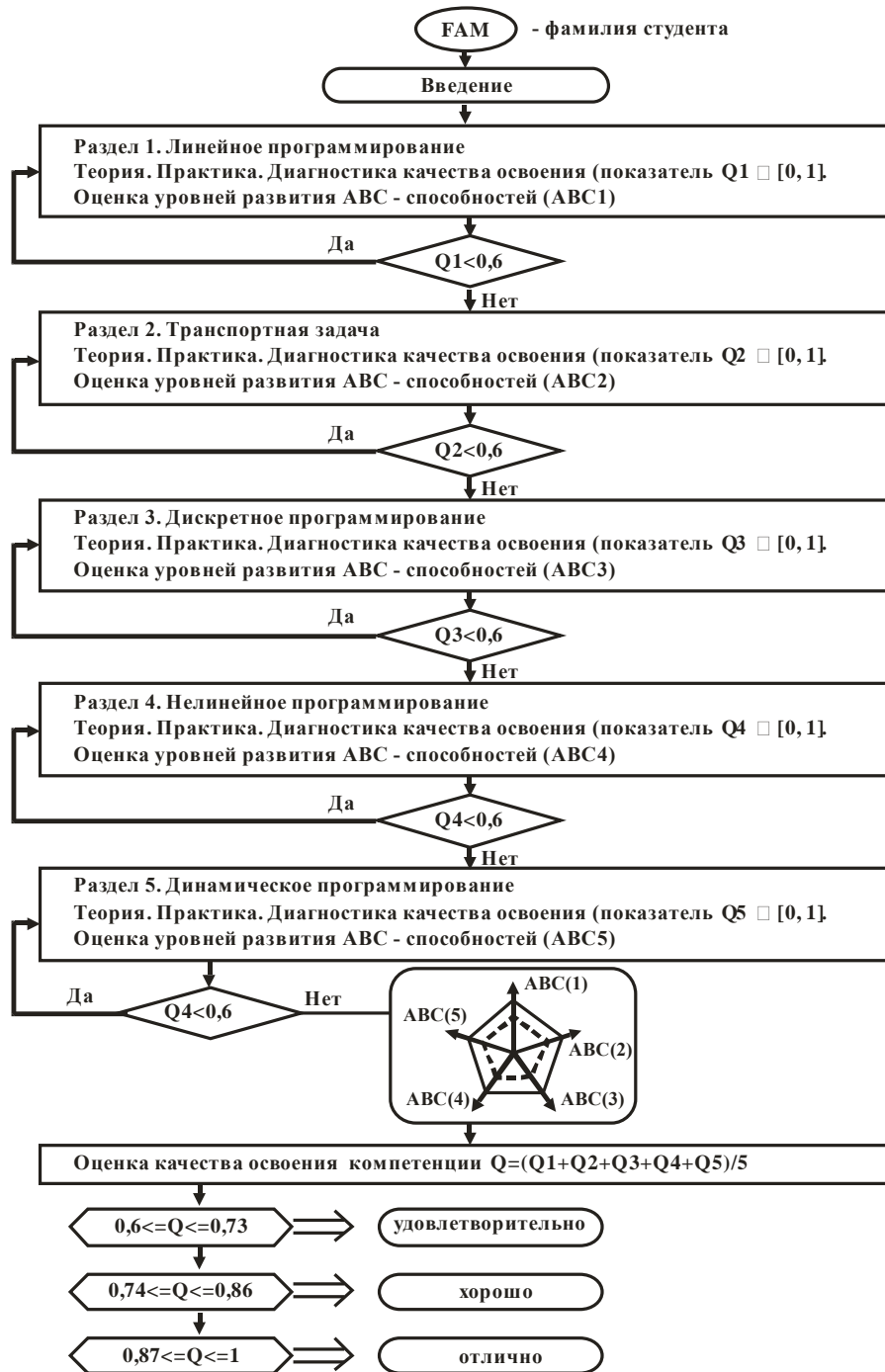


Рис. 6. Структура организации курса, технологии обучения и формирования результатов

7. Как следует из функциональной модели решения проблем человеком, знания при решении проблем играют роль механизма и как любой функционирующий в природе механизм они должны обладать свойствами полноты и целостности. Это на практике означает, что АВС-способности обучаемого реализуются, как умения решать проблемы только в случае, когда он обладает знаниями в их полноте и целостности одновременно. Разумеется, знания и умения инженера между собой коррелированы. Как уже было сказано, из статистических данных следует [4], что в принципе, возможно, оценить умения обучаемого по его знаниям (например, по результатам традиционного теста), но только тогда, когда речь идет о решении несложных проблем. Оценить же умения обучаемого разрешат сложные проблемы возможно, только через оценку глубины его знаний. Глубина (параметр  $Z$ ) знаний инженера вычисляется как произведение значений.  $Z = POL * CHL$ . При этом, коэффициент корреляции ( $K$ ) между «умениями» и «глубиной знаний» можно рассматривать как показатель надежности оценки его «умений». Поэтому, в принципе, можно предсказать, что обучаемый владеет компетенцией в академическом смысле с показателем качества  $Z$  (результаты тестирования на полноту и целостность) с надежностью  $K$  [4].

8. В модели (через переключатель) заложена возможность функционирования системы в двух режимах «да/нет» (см. рис. 1). Первый режим (без преподавателя), т.е. обучаемый усваивает теоретический материал, проходит тест на полноту и целостность, затем выполняет индивидуальные задания и, если у него  $Q = POL * CHL$  – показатель качества владения компетенцией (в рамках раздела) выше чем 0,6 (60%), то он переходит осваивать следующий раздел. Второй режим (с преподавателем) – тоже самое, что первый, только преподаватель оценивает качество выполненных работ (см. рис. 4 значение  $K3$ ) с учетом которого (автоматически) оценивается качество владения компетенцией по формуле  $Q = 0,4 * POL * CHL + 0,6K3$ .

В целом, модель организации учебного курса, состоящего из 5 разделов с технологиями обучения и диагностики системы подготовки в метрическом компетентностном формате, приводится на рис. 6.

## Заключение

Проект реализован в техногенной среде кафедры информатики и прикладной математики КНИТУ ([www.myknitu.ru](http://www.myknitu.ru)). Дидактическая система представляет собой электронную библиотеку учебных курсов [1 - 3] выпускающей кафедры по направлению подготовки «Информационные системы и технологии». Каждый курс поддерживает какую – то компетенцию, определенную стандартом (на данный момент ФГОС 3+). Оболочка библиотеки представляет собой инструментальное средство (движок) в рамках которой можно сформировать любой учебный курс для подготовки (самоподготовки) обучаемых в метрическом компетентностном формате.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 15-07-05761).

## Литература

1. Печеный Е.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Экономико-математические модели в управлении (подготовка ИТ – инженеров в метрическом компетентностном формате): учеб. пособие. Казань: Центр инновационных технологий, 2016. 224 с.



2. Нуриев Н.К., Пашукова Е.В. Структура и содержание виртуального кабинета по дисциплине «Вычислительная математика» // Новые технологии в образовании. 2009. № 3. С. 84-88.
3. Барон Л.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Численные методы для IT инженеров: учебное пособие для вузов. Казань: Центр инновационных технологий, 2012. 176 с.
4. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Ахметшин Д.А. Алгоритм оценки качества владения компетенцией на основе показателя глубины усвоенных знаний // Альма-Матер. 2015. № 11. С. 64-67.
5. Дьяконов Г.С., Жураковский В.М., Иванов В.Г., Кондратьев В.В., Кузнецов А.М., Нуриев Н.К. Подготовка инженера в реально-виртуальной среде опережающего обучения. Казань: КГТУ, 2009. 404 с.
6. Нуриев Н.К., Журбенко Л.Н., Шакиров Р.Ф., Хайруллина Э.Р., Старыгина С.Д., Абуталипов А.Р. Методология проектирования дидактических систем нового поколения. Казань, Центр инновационных технологий, 2009. 456 с.