



## ДИДАКТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ\*

СТАРЫГИНА Светлана Дмитриевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики, Казанский национальный исследовательский технологический университет, [svetacd\\_kazan@mail.ru](mailto:svetacd_kazan@mail.ru)

НУРИЕВ Наиль Кашапович, профессор, доктор педагогических наук, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики, Казанский национальный исследовательский технологический университет, [nurievnk@mail.ru](mailto:nurievnk@mail.ru)

**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.**

**Ключевые слова:** модель деятельности, поле компетенций, пространство проблем, дидактическая система, сложность проблем, дидактическая инженерия, высокоэффективная методология.

### Введение

Дидактические системы нового поколения должны обладать основными свойствами классических (традиционных) систем и в тоже время ещё и до-

полнительными, которые в современных условиях позволят вывести их на новый качественный уровень по эффективности. На практике это означает, что системы нового поколения должны обеспечить высокий темп развития ключевых

---

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



способностей через обучение, «уметь» объективно оценивать достижения обучаемых в метрических (числовых) единицах и «работать» в реально-виртуальном пространстве (Web сети).

**1. Проектирование оцифрованных дидактических систем.** Очевидно, для быстрого развития через эффективный процесс природосообразного обучения с учётом фундаментальных закономерностей (см. предыдущую статью «Дидактическая инженерия как методология организации подготовки в реально-виртуальной среде») необходимы дидактические системы нового поколения. Это оцифрованные дидактические системы с технологиями подготовки в метрическом компетентностном формате, развёрнутые Web сети и параллельно представленные на бумажном носителе<sup>1, 2, 3</sup>.

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 как методология организации подготовки в реально-виртуальной среде»). Как следует из рис. 2 и 3 в указанной статье, 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. Система должна быть многоуровневой по сложности для обеспечения быстрого развития обучаемого через его «зоны ближайшего развития», т.е. без «топтания» на одном месте и лишнего «забегания» вперёд. Как показывает практика, это увеличивает темп развития от 20 до 40%.

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

<sup>2</sup> Нуриев Н.К., Пашукова Е.В. Структура и содержание виртуального кабинета по дисциплине «Вычислительная математика» // Новые технологии в образовании. — 2009. — № 3. — С. 84–88.

<sup>3</sup> 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.



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, надёжные, 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 развёрнут в Web сети как библиотека электронных курсов подготовки. Пример такой организации приводится в списке литературы под номером<sup>4</sup>.  
 На рис. 1 приводится обобщённая модель дидактической системы, построенная в стиле SADT, которая может удовлетворить всем требованиям 1–8.  
 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 ака-

<sup>4</sup> Печеный Е.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Экономико-математические модели в управлении (подготовка IT-инженеров в метрическом компетентностном формате): учеб. пособие. — Казань: Центр инновационных технологий, — 2016. — 224 с.

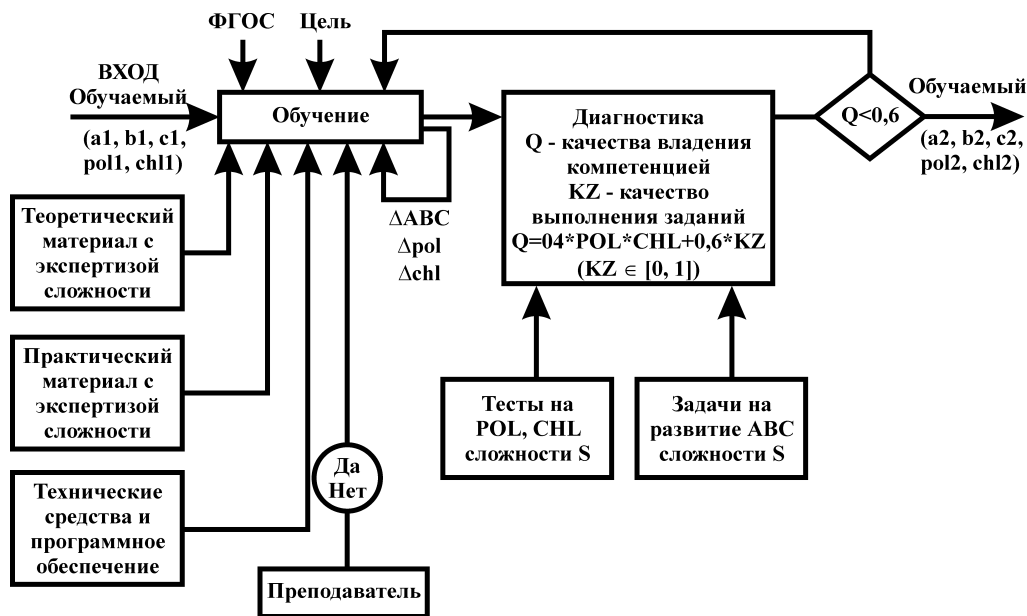


Рис. 1. Модель организации дидактической системы

демически 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<sup>5</sup>.

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.  $a \times a(0), b \times b(0), c \times c(0),$

$pol \times pol(0), chl \times chl(0)$ . 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) своих наблюдений, а также опыта, но можно поручить решение этой задачи искусственному интеллекту с принятием решений и выработкой рекомендаций, как педагогу, так и обучаемому.

<sup>5</sup> Печеный Е.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Экономико-математические модели в управлении (подготовка IT-инженеров в метрическом компетентностном формате): учеб. пособие. — Казань: Центр инновационных технологий, 2016. — 224 с.



В целом, умение обучаемого разрешать проблемы из какой-то предметной области можно рассматривать как реализацию его ABC-способностей на фоне его знаний. Поэтому знания и умения между собой зависимы. На практике установлено [4], что когда речь идёт об умении решать несложные проблемы, то зависимость между ними почти линейная, т.е. коэффициент корреляции близок 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 его умении по результатам традиционного теста становится ненадёжным 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<sup>6</sup>, 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  $POL = 0,7 \times [0,1]$ ;
- 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.  $CHL = 0,8 \times [0,1]$ ;
- 4) Вычисляется значение  $Q$  — оценки качества владения компетенцией.  $Q = POL \cdot CHL$ , например,  $Q = 0,7 \times 0,8 = 0,56 \times [0,1]$ . Из проведённого 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 надёжностью

<sup>6</sup> Печеный Е.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Экономико-математические модели в управлении (подготовка IT-инженеров в метрическом компетентностном формате): учеб. пособие. — Казань: Центр инновационных технологий, — 2016. — 224 с.



не менее 0,85. Обоснование и расчёт коэффициента корреляции (надёжности) приводится в работе [4].

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

Разумеется, в потоке (классе) обучаемых может быть гораздо больше, чем вариантов заданий, поэтому индивидуализация организуется так. Вариант (FAM) =  $N \cdot \text{mod } k$ , где FAM — фамилия, N — его регистрационный в Web систе-

ме 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» учащегося. 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<sup>7, 8</sup>.

4. В зависимости от сложности учеб-

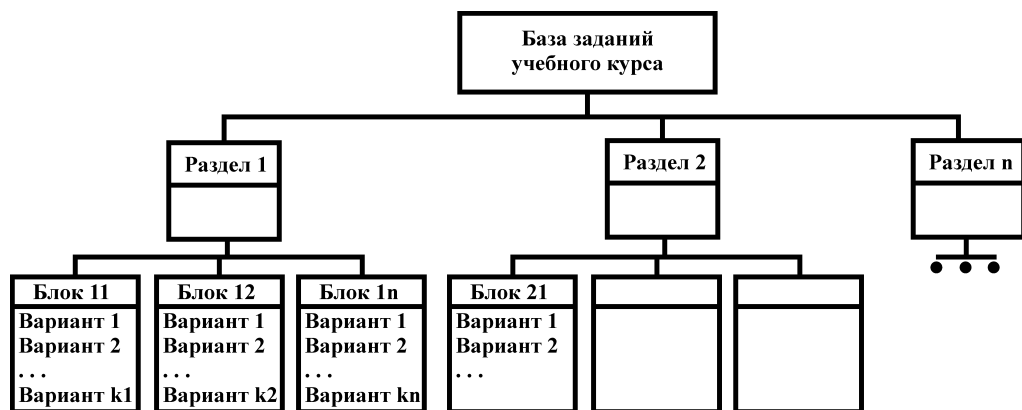


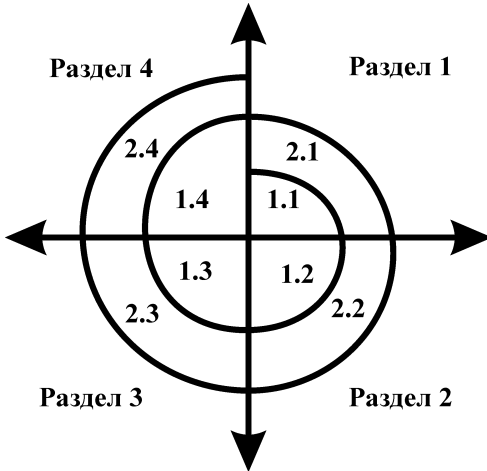
Рис. 2. Структура организации индивидуальной базы заданий

<sup>7</sup> 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.

<sup>8</sup> 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.



ного материала, установленного экспертами, курс делится на  $m$  уровней сложности. На рис. 3 приводится пример структуры разделённого 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 АВС-способностей и усвоения знаний происходит по спирали от уровня к уровню через «зоны ближайшего развития», что в целом, при правильной организации базы заданий обеспечивает быстрое развитие в рамках учебного курса.

5. Инструкция учащемуся 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 «Динамическое программирование».

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

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

где через  $S(1), S(2)$  — обозначены соответственно сложности решённых 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.

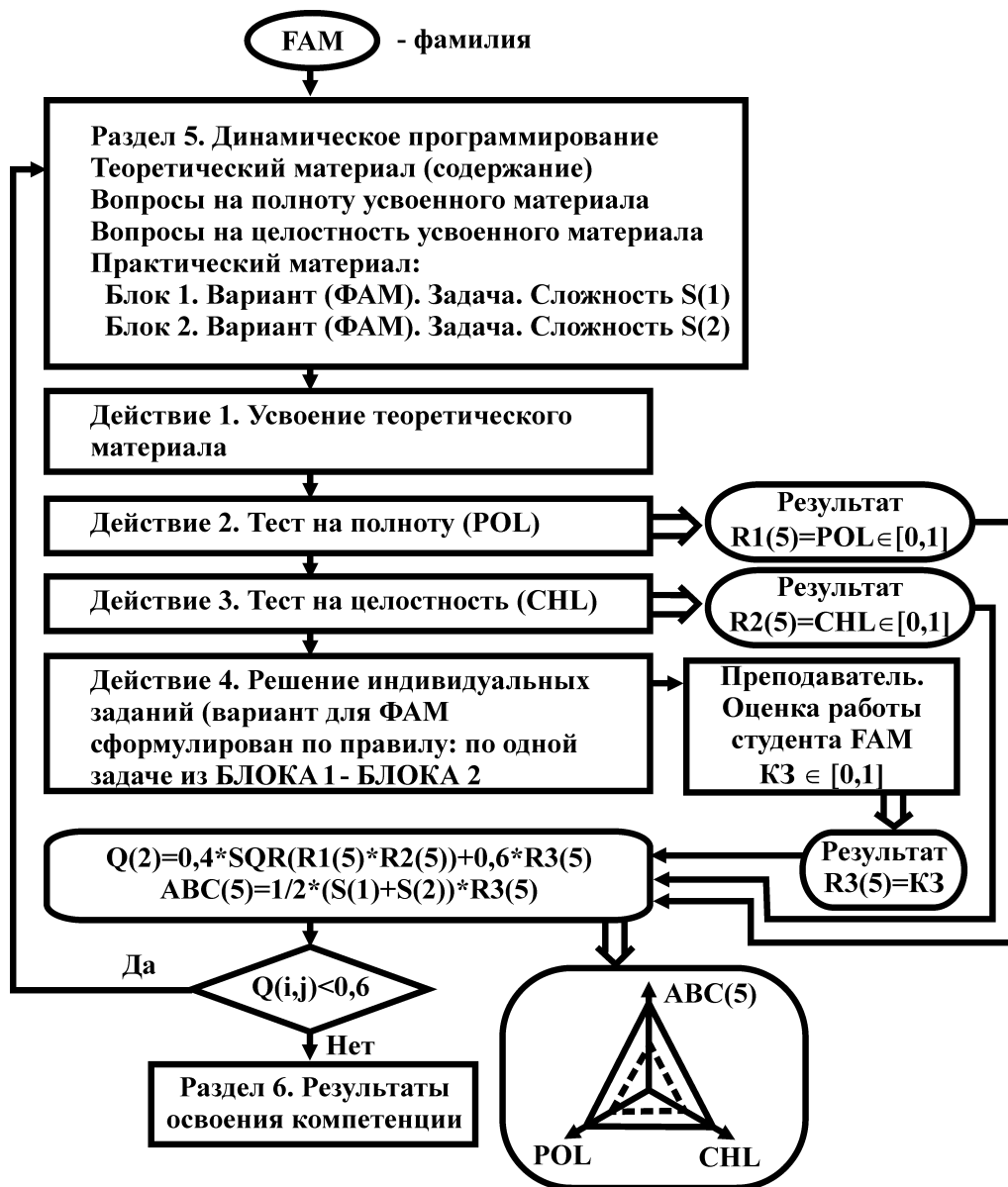


Рис. 4. Схема организации подготовки



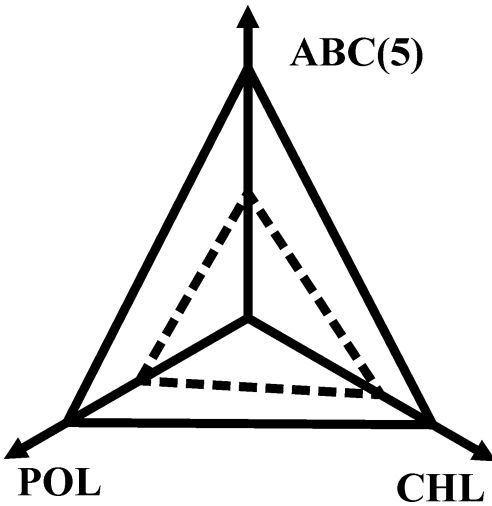


Рис. 5. Диаграмма «достижений» обучающегося

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

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. На практике это означает, что ABC-способности обучающегося ре-

ализуются, 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<sup>9</sup>, что в принципе, возможно оценить умения учащегося по его знаниям (например, по результатам традиционного теста), но только тогда, когда речь идёт о решении несложных проблем. Оценить же умения разрешать сложные проблемы возможно только через оценку глубины знаний. Глубина (параметр Z) знаний инженера вычисляется как произведение значений  $Z = POL \cdot CHL$ . При этом, коэффициент корреляции (K) между «умениями» и «глубиной знаний» можно рассматривать как показатель надёжности оценки его «умений». Поэтому, в принципе, можно предсказать, что обучающийся владеет компетенцией в академическом смысле с показателем качества Z (результаты тестирования на полноту и целостность) с надёжностью  $K^{10}$ .

8. В модели (через переключатель) заложена возможность функционирования системы в двух режимах «да/нет» (см. рис. 1). Первый режим (без преподавателя), т.е. обучающийся усваивает те-

<sup>9</sup> 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.

<sup>10</sup> 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.

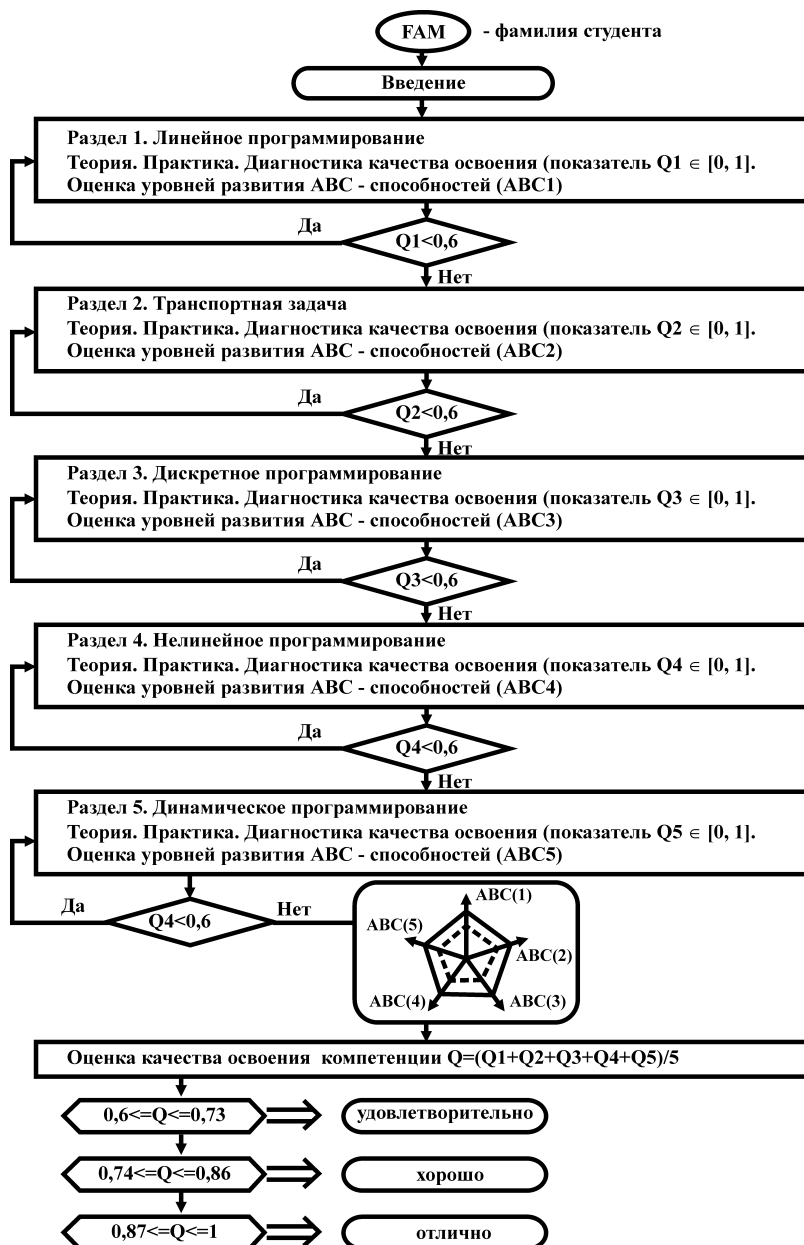


Рис. 6. Структура организации курса, технологии обучения и формирования результатов



оретический 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 КЗ) с учётом которого (автоматически) оценивается качество владения компетенцией по формуле  $Q = 0,4 * POL * CHL + 0,6КЗ$ .

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.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Печеный Е.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Экономико-математические модели в управлении (подготовка IT-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: учеб. 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.