INTEGRATION OF EDUCATION. Vol. 20, no. 3. 2016

http://edumag.mrsu.ru ISSN 1991-9468 (Print), 2308-1058 (Online)

УДК 37.026 DOI: 10.15507/1991-9468.084.020.201603.393-406

ДИДАКТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОБУЧЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Н. К. Нуриев, С. Д. Старыгина*, Э. А. Гибадуллина

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия,

**svetacd_kazan@mail.ru*

Введение: в статье рассмотрена организация учебной деятельности в техногенной среде. Дидактическая инженерия рассматривается в качестве методологии, в рамках которой решаются задачи дидактики с использованием педагогических, психологических, инженерных методов. Для реализации подготовки будущих инженеров в компетентностном формате (согласно стандарту) необходимы дидактические системы нового типа, с новыми возможностями (свойствами). Эти системы должны позволить нацелить каждого студента на развитие профессионально значимых (ключевых) способностей с учетом его психологических особенностей; обеспечить обучение на грани допустимой трудности (развивающее обучение) и тем самым добиться быстрого развития ключевых способностей через его зоны «ближайшего развития»; провести диагностику качества владения компетенцией в академическом смысле. Для объективности и надежности оценок уровня развития способностей и глубины усвоенных знаний необходимо сформировать эти оценки в метрическом компетентностном формате.

Материалы и методы: исследование основано на системном анализе деятельности инженера, на моделях Л. С. Выготского «зонах ближайшего развития», Л. Н Занкова «развивающего обучения», на использовании педагогических и психологических закономерностей, а также методов таксономии, дидактической инженерии, теории вероятностей и математической статистики.

Результаты исследования: построена модель подготовки инженера в метрическом компетентностном формате, которая предусматривает быстрое развития проектно-конструктивных (АВС) способностей студента на фоне усвоенных им знаний.

Обсуждение и заключение: построена функциональная модель инженера. Установлены параметры, определяющие вероятность успешности инженера, сконструирована таксонометрическая шкала для оценки качества владения компетенцией, разработана модель системы обучения в метрическом компетентностном формате, предложены методики оценки сложности тестов и учебных курсов. Разработана оболочка библиотеки, которая представляет собой инструментальное средство (движок), в рамках которой можно сформировать любой учебный курс для подготовки (самоподготовки) студентов в метрическом компетентностном формате. В целом система внедрена и развернута в web-сеть (www.myknitu.ru).

Ключевые слова: дидактическая инженерия; подготовка инженера; полнота знаний; целостность знаний; компетентность; надежность подготовки

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

Для цитирования: Нуриев Н. К., Старыгина С. Д., Гибадуллина Э. А. Дидактическая инженерия: проектирование систем обучения нового поколения // Интеграция образования. 2016. Т. 20, № 3. С. 393–406. DOI: 10.15507/1991-9468.084.020.201603.393-406

DIDACTIC ENGINEERING: DESIGNING NEW GENERATION LEARNING SYSTEMS

N. K. Nuriyev, S. D. Starygina*, E. A. Gibadullina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia,

**svetacd_kazan@mail.ru*

Introduction: the article deals with the organisation of training activities in the man-made environment. Didactic engineering is seen as a methodology within which problems of didactics are solved with application of pedagogical, psychological, engineering methods. It is obvious that in order to implement the training of future engineers in a competence-based format (according to educational standard) a new type of teaching system is needed, with new capacities (properties). These systems should set each student towards the development of professionally significant (key) abilities, taking into account his/her psychological characteristics; ensure training on the verge of permissible difficulties (developing training), and thereby achieve rapid development of key skills, through his/her zone of "immediate development"; to diagnose the quality of possession of a competence in the academic sense. For the objectivity and reliability of assessment of the level and depth of learned knowledge it is necessary to generate this

© Нуриев Н. К., Старыгина С. Д., Гибадуллина Э. А., 2016

evaluation in a metric format. As a result, we created a didactic system, which combines all the listed properties and the properties of classical systems. This allowed us to construct a new generation of didactic systems.
Materials and Methods: the research is based on a systematic analysis of the activity of an engineer; on models of "zones of immediate development" by L. S. Vygotsky; on "developmental education" by L. N. Zankova; on the use of pedagogical and psychological patterns as well as taxonomic methods, didactic engineering, theory of probability and mathematical statistics.
Results: constructed is a model for training engineers in the metric format of competence, which envisages a rapid development of students project and constructive abilities based on their knowledge learned.
Discussion and conclusion: the parameters defining the probability of engineer's success have been described; the taxonomic scale for assessing the quality of ownership competence have been constructed, the model system of education in a metric format of competency have been developed; methodology for assessing the complexity of tests and courses have been offered; library shell, which is a tool for the formation of a training course for preparation of students in the metric format developed competency have been constructed. The system is implemented and can be accessed in the Internet (www.myknitu.ru).

Keywords: didactic engineering; training of an engineer; completeness of knowledge; knowledge integrity; competence; reliability of learning

Acknowledgements: This work was supported by RFBR grant (project number 15-07-05761).

For citation: Nuriyev NK, Starygina SD, Gibadullina EA. Didactic engineering: designing new generation learning systems. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2016; 3(20):393-406. DOI: 10.15507/1991-9468.084.020.201603.393-406

Введение

Традиционная социальная образовательная среда (СОС) развития студента в революционном темпе через внедрение технических средств обучения (ТСО) трансформировалась в техногенную образовательную среду (ТОС). Это общая тенденция мирового развития, т. е. объективный саморазвивающийся процесс. Главным признаком перехода обучения в ТОС стало то, что студент до 80 % своего активного времени проводит в виртуальном пространстве, т. е. его основным операционным пространством для обучения стал оцифрованный модельный мир. При этом следует отметить, что, несмотря на огромные усилия менеджеров образования, значимого скачка в качестве подготовки инженеров, к сожалению, не произошло. К основным причинам, создающим тормозящий момент в образовательном процессе, можно отнести следующие:

1. Массовая замена учебных материалов бумажного формата, используемых преподавателями в аудиториях в СОС, в электронный формат ТОС, которые без активного участия преподавателя становятся пассивными и во многом теряют свою значимость. Это привело к ограничению доступности учебного материала по сложности, формату представления, появился дополнительный барьер сложности для освоения учебного материала. Для основной массы студентов такой барьер оказался непреодолимым препятствием, учебные курсы стали неэффективными, и они перестали заниматься, а, следовательно, и развиваться в профессиональном смысле. В этой ситуации преподавателю ничего не остается делать, как снизить планку требований к качеству владения компетенцией и переводить «двойки» в «тройки».

2. Быстрое развитие техники и информационных технологий привело к потере компетентности [1; 2] многих преподавателей в ТОС. Несмотря на их компетентность в предметной области, в операционном пространстве ТОС они чувствуют себя неуверенно и, как правило, слабее студента.

3. Отрицательное воздействие компьютерных игр. Разумеется, игры в определенной мере развивают студента, но когда основные ресурсы рабочего времени отдаются играм, студент начинает сильно отставать в освоении требуемых по программе компетенций.

Таким образом, в ТОС могут быть эффективными только специально созданные для этой среды, автоматизированные дидактические системы интенсивного обучения. Эти системы должны быть построены принципиально на новой основе (системы нового поколения) с внедрением в них фундаментальных

закономерностей педагогики, психологии, дидактики и инженерии, в которых многие функции преподавателя должны быть заменены элементами искусственного интеллекта.

Результаты исследования

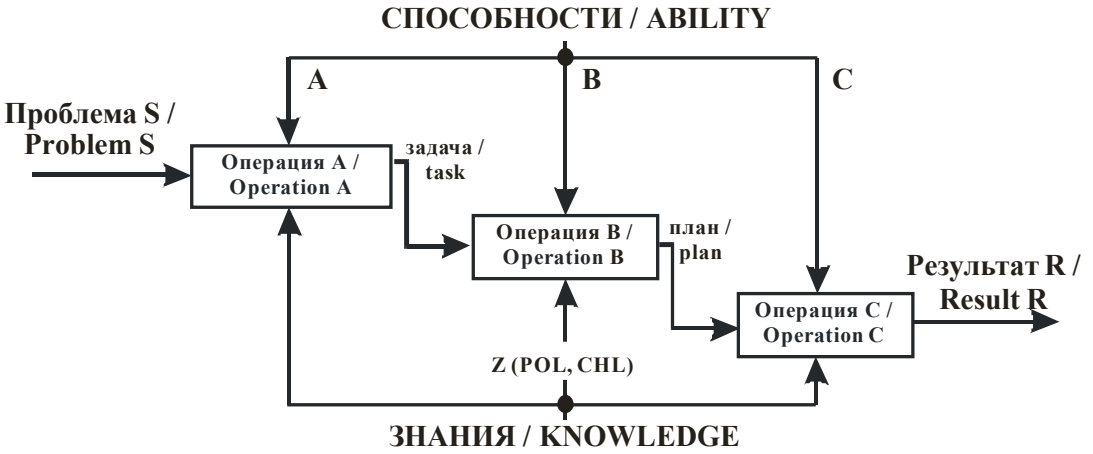
1. Фундаментальная закономерность «решение проблем в три операции». По своему функциональному назначению инженер должен успешно разрешать поток профессиональных проблем. В ходе исследования [3–8] установлена следующая фундаментальная закономерность, которую назвали «решение проблем в три операции». Суть этой закономерности состоит в следующем. Любую проблему человек решает через свою деятельность в три макрооперации:

А – формализация проблемы с трансформацией ее в задачу(и).

В – конструирование алгоритмов (планов) решения этих задач.

С – исполнение этих планов в реальной (виртуальной) среде.

Опираясь на эту закономерность и используя аппарат структурного системного анализа (SADT), была построена функциональная модель инженера (рис. 1).



Р и с. 1. Функциональная модель инженера

F i g. 1. Functional model of an engineer

В модели приняты обозначения: *S* – величина сложности проблемы из компетенции *K*; *A, B, C* – величины уровней развития формализационных, конструктивных, исполнительских способностей инженера в рамках компетенции *K*; *POL, CHL* – величины полноты и целостности усвоенных им знаний; *R* – результат решения проблемы;

Модель функционирует следующим образом: проблему из компетенции *K* сложности *S* инженер через свою деятельность трансформирует в результат *R*, используя свои (в определенной мере развитые) *ABC*-способности на фоне своих (в определенной мере полных (*POL*) и целостных (*CHL*)) знаний.

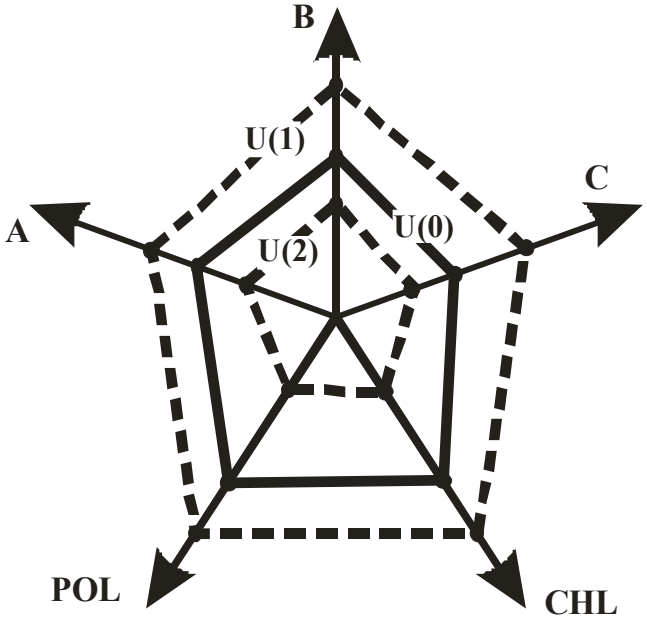
2. Метрики успешности инженера в профессиональной деятельности. Очевидно, результат *R* (см. рис. 1) при решении проблем инженером в зависимости от меры успешности может быть как положительным, так и отрицательным. При этом значение показателя меры (вероятности) успешности решения проблемы зависит от значений комплекса параметров *A, B, C, POL, CHL* и сложности *S*, решаемой проблемы. Разумеется, чем больше значения параметров $A = a$, $B = b$, $C = c$, $POL = pol$, $CHL = chl$ инженера в какой-то компетенции и чем меньше значение параметра сложности $S = s$, решаемой проблемы, тем больше значение вероятности *P (успех) = p успеха*.

Таким образом, вероятность *P (успех)* трансформации проблемы инженером сложности $S = s$ в успешный результат *R* формально можно записать через функционал *F (*)*, т. е.

$$P\ (успех) = F\ (A \le a,\ B \le b,\ C \le c,\ POL \le pol,\ CHL \le chl,\ S \le s)$$

По своей сути, значения метрик $A = a$, $B = b$, $C = c$, $POL = pol$, $CHL = chl$ являются характеризующими индексами компетентности инженера. На поле изменения этих параметров *A, B, C, POL, CHL* может быть построена метрическая шкала качества владения компетенцией (КВК, рис. 2). Следовательно, шкалу КВК можно использовать для идентификации всех инженеров из одной компетенции *K* на компетентных и некомпетентных специалистов, т. е. на основе этой шкалы можно построить таксономическую систему, а также, например, можно оцифровать известную таксономию Блума [9–11].

На этом рисунке профиль *U (0)* нанесен по оценке экспертов, утверждающих, что у компетентного инженера из компетенции профиль должен быть не меньше *U (0)*. Тогда, согласно экспертной оценке, инженерс профилем *U (1)* идентифицируется как компетентный, а с профилем U (2) – некомпетентный. Таким образом, шкалу КВК можно построить в рамках любой компетенции.



Р и с. 2. Шкала качества владения компетенцией

F i g. 2. Scale of quality of competence possession

3. Фундаментальные закономерности «зона ближайшего развития», «зона предельно-допустимой трудности». Изначально инженерия базируется на ремесле, т. е. инженер в активном режиме взаимодействует с техникой, со сложными информационными системами. Он должен уметь, иметь навыки и знать, как оперировать в техногенной среде. Разумеется, это требует очень высокого уровня развития АВС-способностей, глубоких и больших объемов усвоенных знаний в инженерных компетенциях. Очевидно, достичь высокого уровня развития можно только через интенсивное высокоэффективное обучение. На практике при проектировании таких дидактических систем для подготовки инженеров педагоги сталкиваются с двумя фундаментальными закономерностями.

Первая фундаментальная закономерность (Л. С. Выготский[1]) гласит, что обучение только тогда хорошо, когда проходит впереди развития (обучение через «зону ближайшего развития»). Вторая фундаментальная закономерность (Л. В. Занков[2]) утверждает, что наиболее быстрое развитие происходит в «зоне предельно-допустимой трудности».

В целом эти две закономерности «ограничивают» возможную предельную скорость развития инженера. Поэтому на проектном уровне в дидактических системах должна быть заложена возможность для каждого студента природосообразного развития через обучение на собственных предельных режимах.

Проблема доступности учебного курса по сложности поднимается перед каждым студентом, поэтому возникает задача синхронизации скорости развития ABC-способностей (на фоне усвоения знаний) с темпом обучения. Разумеется, предельные скорости развития ABC-способностей у каждого студента индивидуальны, также различаются уровни их развития и глубина усвоенных им знаний. Все это приводит к необходимости проектирования многоуровневых по сложности курсов.

Таким образом, специально организованная техногенная среда вуза [12–16] должна позволить автоматизировать процессы синхронизации, диагностики качества усвоенных знаний и умений через внедрение элементов искусственного интеллекта с использованием нейронных сетей и самообучающихся моделей.

4. Модель дидактической системы нового поколения. Для построения процесса подготовки с учетом этих фундаментальных закономерностей в метрическом компетентностном формате требуются дидактические системы нового поколения [19; 20].

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 значений параметров *A, B, C, POL, CHL* (см. рис. 2) с начального состояния, например, профиль *U (2)* до профиля *U (1)*, где профиль *U (0)* – экспертная оценка требуемого состояния академической компетентности студента.

3. В ТОС система должна обеспечить индивидуальную траекторию подготовки каждому студенту.

4. Должна быть многоуровневой по сложности для обеспечения быстрого развития студента через его «зоны ближайшего развития».

5. Должна содержать подробные инструкции (в алгоритмическом формате для каждого раздела курса) по организации учебной деятельности студента.

6. Должна содержать графическую интерпретацию (диаграммы) состояния развития студента по комплексу параметров *A, B, C, POL, CHL* для каждого раздела в частности, и для курса в целом в метрическом формате.

7. Методики диагностики качества освоенной компетенции (в рамках курса) должны дать объективные, надежные, точные оценки академической компетентности студента в метрическом (числовом) компетентностном формате.

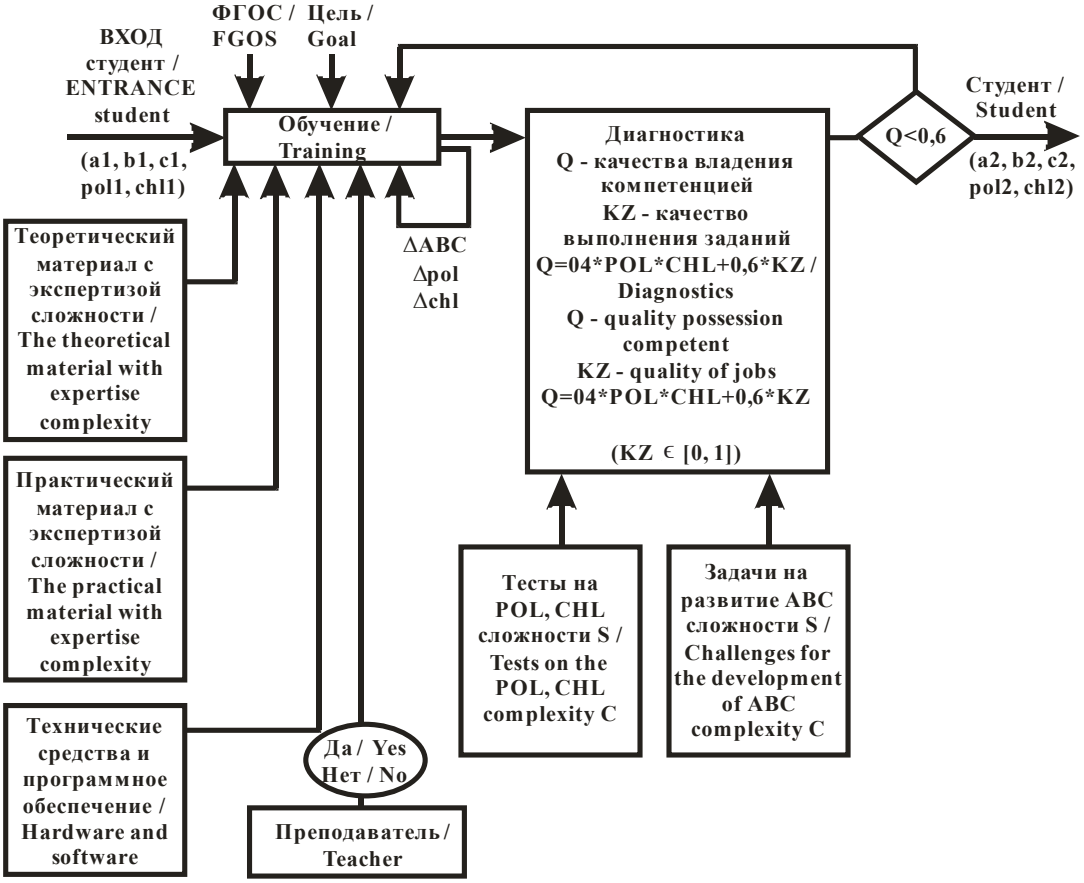
8. Система должна функционировать как в автоматическом (для самоподготовки), так и в автоматизированном (для подготовки с тьютером) режимах работы.

На рис. 3 приводится обобщенная модель дидактической системы, построенная в стиле SADT, которая может удовлетворить всем требованиям 1–8.

---

[1] *Выготский Л. С.* Педагогическая психология. М. : Педагогика, 1991. С. 386.

[2] Обучение и развитие / Под ред. Л. В. Занкова М. : Педагогика, 1975.



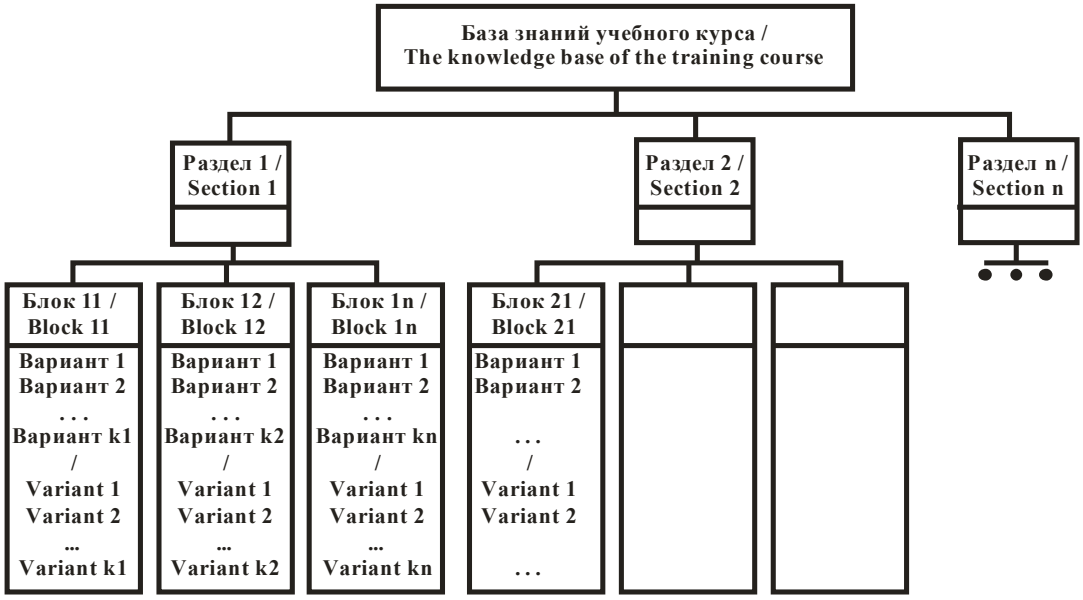
Р и с. 3. Модель организации дидактической системы
F i g. 3. The model of didactic system organisation

Стадии реализации требований к системе:

1. Организация учебных курсов с компетенциями (согласно ФГОС). Проведение экспертизы их полноты, целостности, сложности. По результатам принимается решение по количеству уровней сложностей в курсе, необходимому стилю представления материала. Оценивается минимально допустимый профиль (параметры *ABC, POL, CHL*), при котором студент считается академически компетентным, т. е. эксперт определяет значения параметров $A = a\ (0),\ b\ (0),\ c\ (0),\ pol\ (0),\ chl\ (0)$.

2. Идентификация параметров, характеризующих цель подготовки (определение значений *A, B, C, POL, CHL)*. Согласно цели, они должны быть выше экспертных оценок, т. е. значения параметров *a, b, c, pol, chl* студента по окончанию курса должно быть выше экспертных ($a \geq a\ (0),\ b \geq b\ (0),\ c \geq c\ (0),\ pol \geq pol\ (0),\ chl \geq chl$ (0)).

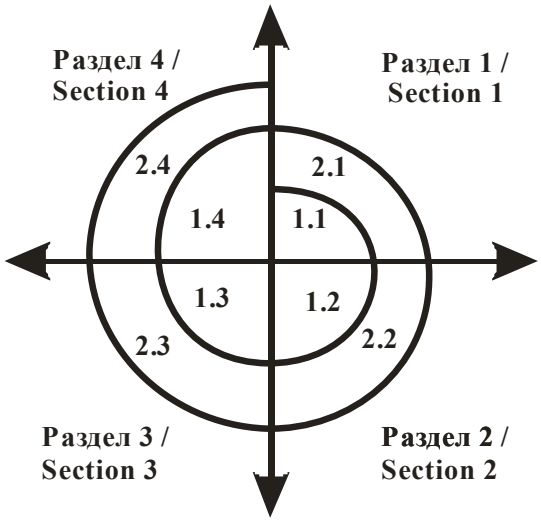
3. Обеспечение индивидуальной траектории развития для студента за счет вариаций заданий и случайному формированию комплекса тестовых вопросов. Индивидуальность заданий осуществляется через организацию специальной базы заданий, структура которой показана на рис. 4.



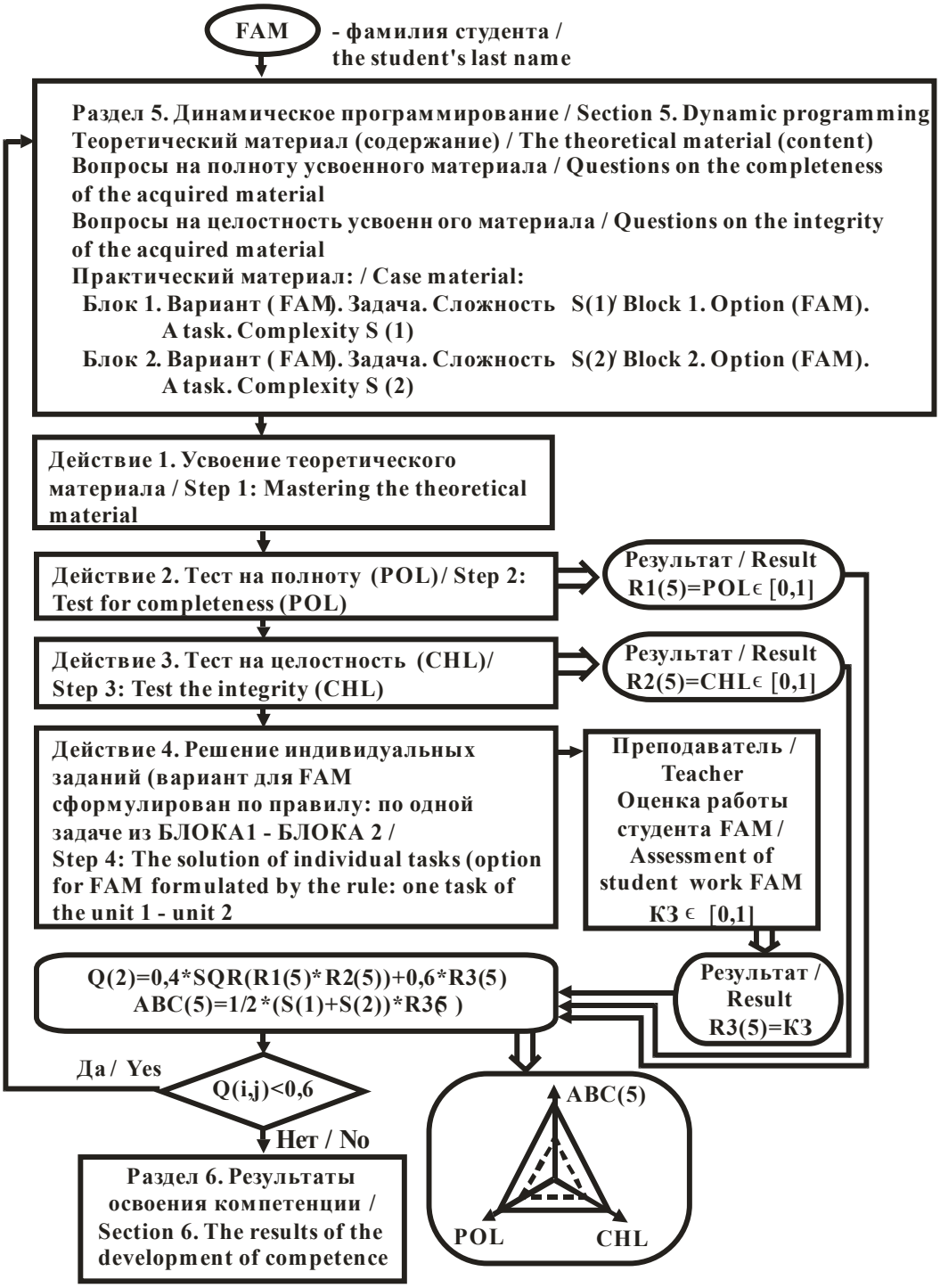
Р и с. 4. Структура организации индивидуальной базы заданий
F i g. 4. The structure of individual pool of assignments

Разумеется, студентов может быть гораздо больше, чем вариантов заданий, поэтому индивидуализация организуется так. Вариант *(FAM) = N*mod k*, где *FAM* – фамилия студента, *N* – его регистрационный номер, *k* – количество вариантов задач в блоке.

4. В зависимости от сложности учебного материала, установленного экспертами, курс делится на *m* уровней сложности. На рис. 5 приводится пример структуры разделенного курса, который имеет 2 уровня сложности и состоит из 4 разделов.



Р и с. 5. Структура организации многоуровневого учебного курса
F i g. 5. Structure of a multi-level training course organisation



Р и с. 6. Схема организации подготовки
F i g. 6. The scheme of training

Данный рисунок демонстрирует учебный материал с индексами 1.1–1.4 и представляет собой первый уровень сложности осваиваемого материала, а второй уровень проиндексирован номерами 2.1–2.4.

Развитие АВС-способностей и усвоения знаний студентом происходит по спирали через его «зоны ближайшего развития», что обеспечивает его развитие в рамках учебного курса.

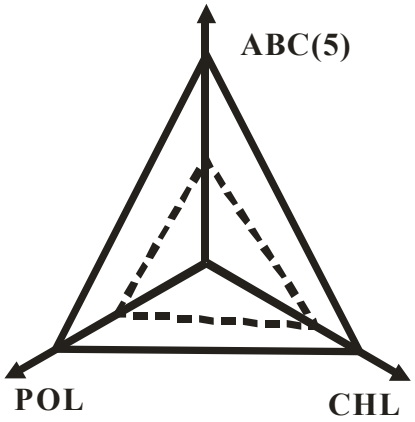
5. Инструкция для быстрого освоения студентом учебного материала представляется в алгоритмическом виде. В качестве примера рассмотрим учебный курс «Исследование операций», который предназначен для того, чтобы студент освоил компетенцию: «уметь решать проблемы (задачи) оптимального планирования с использованием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

6. Требование с номером 6 удовлетворяется следующим образом (рис. 6): допустим, студент освоил компетенцию в рамках раздела 5, т. е. значение величины *Q* – качество владения компетенцией больше 60 %, тогда уровень развития АВС-способностей студента высчитывается по формуле:

$$ABC\,(5) = 0{,}5 \times (S\,(1) + S\,(2)) \times K3\,(5),$$

где через *S (1), S (2)* – обозначены соответственно сложности решенных студентом задач, а *К3 (5)* – качество их решения по оценке преподавателя.

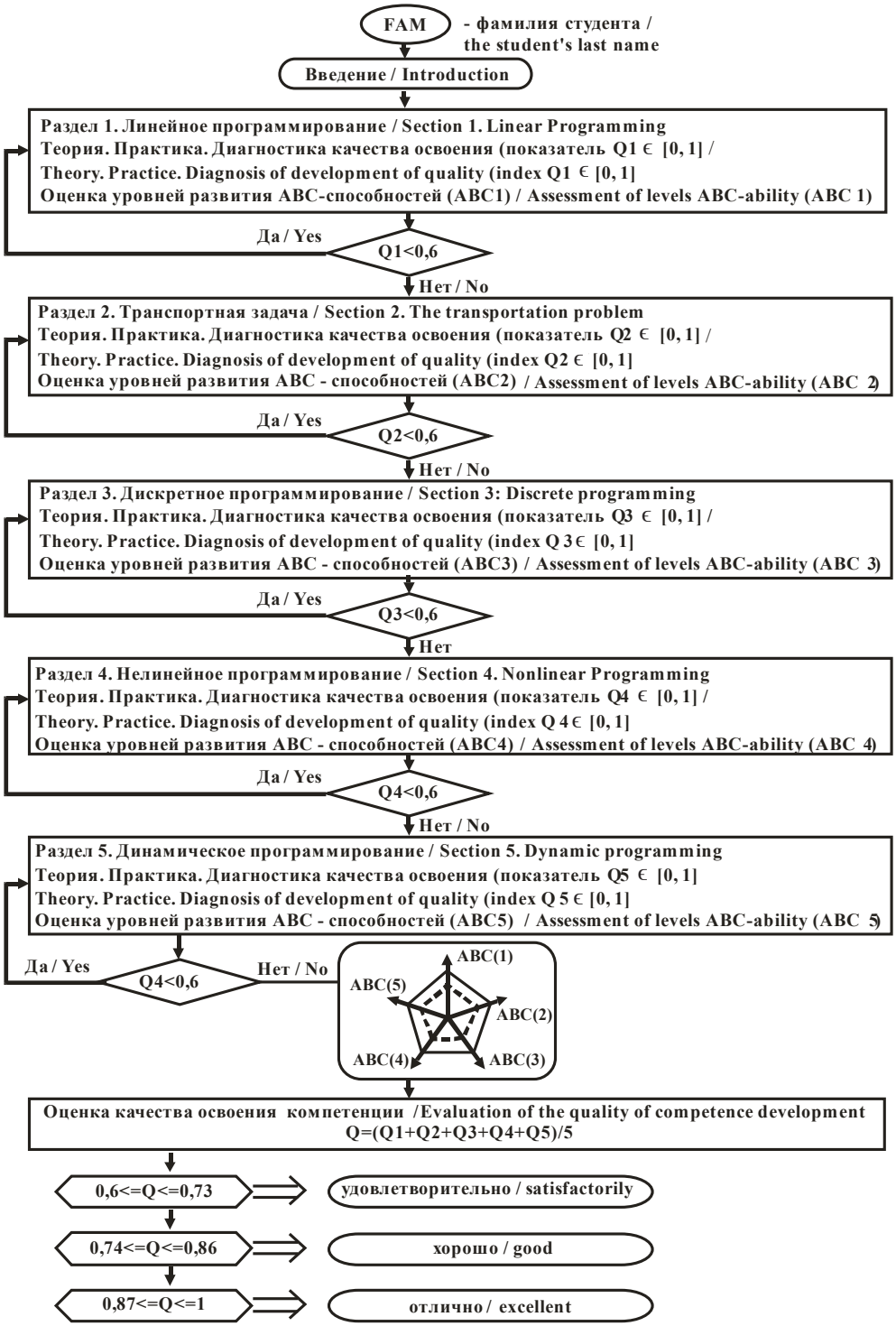
При этом значения результатов тестирования на полноту (POL) и целостность (CHL) усвоенного теоретического материала, т. е. значения *R1 (5)* и *R2 (5)* вычисляются автоматизированным способом. В целом на основе всех результатов строится диаграмма (рис. 7) состояния развития студента в рамках раздела 5.



Р и с. 7. Диаграмма «достижений» студента
F i g. 7. Diagram of student's "achievements"

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

7. Как следует из функциональной модели инженера (см. рис. 1, 2, требование 7) 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 инженера реализуются в качестве умения решать проблемы только в случае, когда инженер обладает знаниями в их полноте и целостности одновременно. Разумеется, знания и умения инженера между собой коррелированны. Из статистических данных следует [19], что в принципе возможно оценить умения инженера по его знаниям (например, по результатам традиционного теста), но только тогда, когда речь идет о решении несложных проблем. Оценить же умения инженера разрешат сложные проблемы возможно, только через оценку глубины его знаний. Глубина (параметр *Z*) знаний инженера вычисляется как произведение значений. $Z = POL \times CHL$. При этом коэффициент корреляции (К) между «умениями» и «глубиной знаний» можно рассматри-



Р и с. 8. Структура организации курса, технологии обучения и формирования результатов
F i g. 8. The structure of the course break down, technology of teaching and the formation of results

вать как показатель надежности оценки его «умений». Поэтому, в принципе, можно предсказать, что инженер владеет компетенцией с показателем качества Z (результаты тестирования на полноту и целостность) с надежностью K [19].

8. В модели (через переключатель) заложена возможность функционирования системы в двух режимах «да / нет» (см. рис. 3). Первый режим (без преподавателя), т. е. студент усваивает теоретический материал, проходит тест на полноту и целостность, затем выполняет индивидуальные задания и, если у него $Q = POL \times CHL$ – 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. 6 значение КЗ) с учетом которого (автоматически) оценивается качество владения компетенцией по формуле $Q = 0{,}4 \times POL \times CHL + 0{,}6КЗ$.

В целом, модель организации учебного курса, состоящего из 5 разделов с технологиями обучения и диагностики системы подготовки в метрическом компетентностном формате, приводится на рис. 8.

Обсуждение и заключения

Проект реализован в техногенной среде кафедры информатики и прикладной математики КНИТУ (www.myknitu.ru). Дидактическая система представляет собой электронную библиотеку учебных курсов [20–22] 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) студентов в метрическом компетентностном формате.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подготовка инженера в реально-виртуальной среде опережающего обучения / Г. С. Дьяконов [и др]. Казань : КГТУ, 2009. 404 с. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=19570264 (дата обращения: 09.06.2016).

2. *Старыгина С. Д., Нуриев Н. К.* Математическая модель расчета циклов устойчивой компетентности специалистов в области программной инженерии // Вестник Чувашского университета. 2006. № 5. С. 276–279. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=11784936 (дата обращения: 09.06.2016).

3. *Нуриев Н. К., Старыгина С. Д., Ахметшин Д. А.* Дидактическая инженерия: проектирование программного обеспечения техногенной социально-образовательной среды вуза // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 24. С. 109–113. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=25375637 (дата обращения: 09.06.2016).

4. *Старыгина С. Д., Нуриев Н. К.* Дидактическая инженерия: проектирование ЭОР для подготовки инженеров в метрическом компетентностном формате // Образовательные технологии и общество. 2016. Т. 19, № 1. С. 567–577. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=25516611 (дата обращения: 09.06.2016).

5. Методология проектирования дидактических систем нового поколения / Н. К. Нуриев [и др.]. Казань : Центр инновационных технологий, 2009. 455 с. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=21251311 (дата обращения: 09.06.2016).

6. *Нуриев Н. К., Старыгина С. Д.* Цифровая модель деятельностного потенциала инженера // Альма-Матер. 2011. № 10. С. 49–55. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=17046041 (дата обращения: 09.06.2016).

7. *Нуриев Н. К.* Специфика подготовки конкурентоспособных специалистов в области программной инженерии // Интеграция образования. 2005. № 3. С. 172–176. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=12158732 (дата обращения: 09.06.2016).

8. *Нуриев Н. К., Журбенко Л. Н.* Интеллектуальная ориентация специалиста и закономерности развития его проектно-конструктивных способностей // Интеграция образования. 2006. № 3. С. 13–18. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=11715020 (дата обращения: 09.06.2016).

9. *Шихов Ю. А., Шихова О. Ф., Касаткин А. А.* Проблема измеримости образовательных стандартов высшего профессионального образования // Образование и наука. 2016. № 1 (130). С. 21–33.

10. Handbook On Formative and Summative Evaluation of Student Learning / B. S. Bloom [at all]. New York : McGraw-Hill, 1971. 232 p.

11. Taxonomy of Education Objective / The Classification of Education Goals ; B. S. Bloom [at all]. New York, 1971.

12. *Павлова Е. В., Исламгулова Г. Ф.* Образовательная среда вуза как фактор профессионального становления студентов // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 1, № 5. С. 26–29.

13. *Крылов Д. А., Нуриев Н. К., Старыгина С. Д.* Дидактическая инженерия как методология техногенной образовательной среды // Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2015. № 7 (16). С. 62–64.

14. Проектирование квазиинтеллектуальных образовательных систем нового поколения / Н. К. Нуриев [и др.] // Образовательные технологии и общество. 2006. Т. 9, № 4. С. 246–259. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=9254428 (дата обращения: 09.06.2016).

15. *Nuriyev N. K., Starygina S. D.* Didactic system of the intellectual-active development of the engineers // The 8th Congress of the International Society for Analysis, its Applications, and Computation. M. : PFUR, 2011. P. 445.

16. *Нуриев Н. К., Старыгина С. Д.* Проектирование smart-системы для поддержки обучения «двойной диплом» // Вестник Казанского государственного технологического университета. 2012. № 19. С. 253–257. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=18216184 (дата обращения: 09.06.2016).

17. *Nuriyev N. K., Nuriyev A. N.* Designing of the software web component of the didactic systems of the engineering education // International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). 2013. P. 354–358.

18. Nuriyev N. K., Starygna S. D. New didactic systems of the engineering education // International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). 2013. P. 342–347. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=21916345 (дата обращения: 09.06.2016).

19. *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. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=24870585 (дата обращения: 09.06.2016).

20. *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.

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

22. *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. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=19467380 (дата обращения: 09.06.2016).

Поступила 20.06.16; принята к публикации 01.07.16; опубликована онлайн 30.09.16.

Об авторах:

Нуриев Наиль Кашапович, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68), доктор педагогических наук, профессор, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-9557-5493**, nurievnk@mail.ru

Старыгина Светлана Дмитриевна, доцент кафедры информатики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68), кандидат педагогических наук, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3401-6452**, svetacd_kazan@mail.ru

Гибадуллина Эндже Анваровна, студент кафедры информатики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68), **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9626-0904**, rainy_happiness@bk.ru

Заявленный вклад авторов:

Нуриев Наиль Кашапович разработал функциональную модель инженера, критерии эффективности, метрическую шкалу качества владения компетенцией, модель дидактической системы нового поколения.

Старыгина Светлана Дмитриевна разработала технологии подготовки в метрическом компетентностном формате и техники диагностики. Разработала программное обеспечение поддержки процессов подготовки и диагностики.

Гибадуллина Эндже Анваровна участвовала в обсуждении материалов статьи. Сделала верстку и форматирование работы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Dyakonov GS, Zhurakovskiy VM, Ivanov VG, Kondratyev VV, Kuznetsov AM, Nuriyev NK. Podgotovka inzhenera v realnoy-virtualnoy srede operezhayushchego obucheniya [Training engineer in real-virtual environment of preemptive learning]. Kazan; 2009. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=19570264 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

2. Starygina SD, Nuriyev NK. Matematicheskaya model rascheta tsiklov ustoychivoy kompetentnosti spetsialistov v oblasti programmnoy inzhenerii [A mathematical model for calculating the cycles of steady competence of specialists in software engineering]. *Vestnik Chuvashskogo universiteta* = Chuvash University Bulletin. 2006; 5:276-279. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=11784936 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

3. Nuriyev NK, Starygina SD, Akhmetshin DA. Didakticheskaya inzheneriya: proektirovaniye programmnogo obespecheniya tekhnogennoy sotsialno-obrazovatelnoy sredy vuza [Didactic engineering: designing software man-made socio-educational environment of higher school]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* = Journal of University of Technology. 2015; 24:109-113. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=25375637 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

4. Starygina SD, Nuriyev NK. Didakticheskaya inzheneriya: proektirovaniye EOR dlya podgotovki inzhenerov v metricheskom kompetentnostnom formate [Didactic Engineering: design of an electronic resource to train engineers in the metric format competency]. *Obrazovatelnye tekhnologii i obshchestvo* = Education Technology & Society. 2016; 1(19):567-577. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=25516611 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

5. Nuriyev NK, Zhurbenko LN, Shakirov RF, Khayrullina ER, Starygina SD, Abutalipov AR. Metodologiya proyektirovaniya didakticheskikh sistem novogo pokoleniya [The methodology of designing a new generation of teaching systems]. Kazan, 2009. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=21251311 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

6. Nuriyev NK, Starygina SD. Tsifrovaya model deyatelnostnogo potentsiala inzhenera [Digital model of the activity of engineer building]. *Alma-Mater* = Alma Mater. 2011; 10:49-55. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=17046041 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

7. Nuriyev NK. Spetsifika podgotovki konkurentosposobnykh spetsialistov v oblasti programmnoy inzhenerii [Specifics of training competitive specialists in the field of software engineering]. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2005; 3:172-176. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=12158732 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

8. Nuriyev NK, Zhurbenko LN. Intellektualnaya orientatsiya spetsialista i zakonomernosti razvitiya ego proektno-konstruktivnykh sposobnostey [Intellectual orientation of specialist and regularities of development of his designing skills]. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2006; 3:13-18. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=11715020 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

9. Shikhov YuA, Shikhova OF, Kasatkin AA. Problema izmerimosti obrazovatelnykh standartov vysshego professionalnogo obrazovaniya [The problem of standards measurability in higher education]. *Obrazovaniye i nauka* = Education and Science. 2016; 1(130):21-33. (In Russ.)

10. Bloom BS, Hastings JT, Madaus GF, et al. Handbook On Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York: McGraw-Hill; 1971.

11. Bloom BS, et al. Taxonomy of Education Objective / The Classification of Education Goals. New York, 1971.

12. Pavlova YeV, Islamgulova GF. Obrazovatelnaya sreda vuza kak faktor professionalnogo stanovleniya studentov [Educational environment of higher school as the factor of professional formation of students]. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya* = The Success of Modern Science and Education. 2016; 1(5):26-29. (In Russ.)

13. Krylov DA, Nuriyev NK, Starygina SD. Didakticheskaya inzheneriya kak metodologiya tekhnogennoy obrazovatelnoy sredy [Didactic engineering as the methodology of technological educational environment]. *Yevraziyskiy soyuz uchenykh* = Eurasian Union of Scientists. 2015; 7(16):62-64. (In Russ.)

14. Nuriyev NK, Zhurbenko LN, Starygina SD, Fatykhov RKh. Proektirovaniye kvaziintellektualnykh obrazovatelnykh sistem novogo pokoleniya [Designing a new generation of quasi-intelligent educational systems]. *Obrazovatelnye tekhnologii i obshchestvo* = Educational Technology & Society. 2006; 4(9):246-259. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=9254428 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

15. Nuriyev NK, Starygina SD. Didactic system of the intellectual-active development of engineers. In: The 8th Congress of the International Society for Analysis, its Applications, and Computation. Mosow: PFUR; 2011.

16. Nuriyev NK, Starygina SD. Proektirovaniye smart-sistemy dlya podderzhki obucheniya «dvoynoy diplom» [Designing smart-system to support learning in "double degree diploma"]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* = Journal of Kazan University of Technology]. 2012; 19:253-257. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=18216184 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

17. Nuriyev NK, Nuriyev AN. Designing software web component of the didactic systems of the engineering education. International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). Kazan, 2013.

18. Nuriyev NK, Starygna SD. New didactic systems in engineering education. International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). Kazan, 2013. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=21916345 (accessed 09.06.2016).

19. Nuriyev NK, Starygina SD, Akhmetshin DA. Algoritm otsenki kachestva vladeniya kompetentsiey na osnove pokazatelya glubiny usvoennykh znaniy [Algorithm for evaluating the quality of competence usage based on the indicator of depth of knowledge learned]. *Alma-Mater* = Alma-Mater. 2015; 11:64-67. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=24870585 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

20. Pechenyy YeA, Nuriyev NK, Starygina SD. Ekonomiko-matematicheskiye modeli v upravlenii (podgotovka IT-inzhenerov v metricheskom kompetentnostnom formate) [Economic and mathematical models in management (training IT-engineers in the metric format competency)]. Kazan; 2016.

21. Nuriyev NK, Pashukova YeV. Struktura i soderzhanie virtualnogo kabineta po distsipline «Vychislitelnaya matematika» [The structure and content of virtual office on the subject "Computational Mathematics"]. *Novyye tekhnologii v obrazovanii* = New Technologies in Education. 2009; 3:84-88. (In Russ.)

22. Baron LA, Nuriyev NK, Starygina SD. Chislennyye metody dlya IT inzhenerov [Numerical methods for IT engineers]. Kazan; 2012. Available from: http://elibrary.ru/item.asp?id=19467380 (accessed 09.06.2016). (In Russ.)

Submitted 20.06.16; accepted for publication 01.07.16; published online 30.09.16.

About the authors:

Nail K. Nuriyev, head of Chair of Information Science and Applied Mathematics, Kazan National Reseach Tecnological University (68, Karl Marx St., Kazan, Russia), Dr.Sci. (Pedagogy), professor, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-9557-5493**, nurievnk@mail.ru

Svetlana D. Starygina, associate professor, Chair of Information Science and Applied Mathematics, Kazan National Reseach Tecnological University (68, Karl Marx St., Kazan, Russia), Ph.D. (Pedagogy), **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3401-6452**, svetacd_kazan@mail.ru

Endzhe A. Gibadullina, post graduate student, Chair of Information Science and Applied Mathematics, Kazan National Reseach Tecnological University (68, Karl Marx St., Kazan, Russia), **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9626-0904**, rainy_happiness@bk.ru

Contribution of the authors:

Nail K. Nuriyev developed a functional model of an engineer, criteria of efficiency, metric scale competence of mastering quality the competence, model of the new generation of didactic system.

Svetlana D. Starygina developed technology training in the metric format competency and diagnostic techniques; software support for the preparation and diagnostics.

Endzhe A. Gibadullina participated in the discussion of presented materials and made the layout and the formatting of the article.

All authors read and approved the final manuscript.