

*shhestvennogo razvitija. [Theory and Practice of Social Development]*. 2014. № 18. P. 202–204. (In Russian)

15. Barnet R. Improving higher education: total quality care. *SRHE and Open University Press*, 1992. (Translated from English)

16. Fedorov V. A., Tretyakova N. V. Quality management of educational institutions in protecting students' health: conceptual and structural-functional innovations. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2015. № 6 (150). P. 134–143. (Translated from English)

17. Geodegebuure L. C. J., Maassen P. A. M., Westerheijden D. F. Quality assessment in higher education. Peer review and performance indicators: quality assessment in British and Dutch higher education /eds.: Leo C. J. Geodegebuure, Peter A. M. Maassen, Don F. Westerheijden. Utrecht: Lemma. P. 29. (Translated from English)

18. Jacobsson P. A plea for more consistent definition of quality in education and research. *Quality and communication for improvement: proceedings 12<sup>th</sup> European AIR Forum, Universit  Claude Bernard Ecole Normale Supérieure Lyon, France, September 9–12, 1990*. Enschede: EAIR, a European Higher Education Society; Utrecht: Lemma. P. 59–84. (Translated from English)

19. Kamalova L. A., Raykova E. The Quality and Criteria of Evaluation of Educational Work at the Universities of Russia at the Contemporary Stage. *IEJME – Mathematics Education*. 2016. № 11 (1). P. 71–79. (Translated from English)

20. Krokhnina J. A., Aleksandrova N. A., Buldakova N. V. Monitoring Technology: the Qualimetric Foundations of the Educational Process of the University. *The International Journal of Environmental and Science Education (IJESE)*. 2016. № 11 (14). P. 7215–7225. (Translated from English)

21. Simonova M. V., Ilyukhnina L. A., Romantsev G. M., Zeer E. F., Khamaturov F. T. Approaches to Monitoring of Competences and Qualifications. *IEJME – Mathematics Education*. 2016. № 11 (7). P. 2745–2760. (Translated from English)

22. Westerheijden D. F. Peers, performance and power: quality assessment in the Netherlands. Peer review and performance indicators: quality assessment in British and Dutch higher education. Utrecht: Lemma. P. 183–207. (Translated from English)

23. Westerheijden D. F. Systems of quality assessment in European higher education: paper presented to the 4-th EAIE Conference, Berlin, 5–7 November. 1992. (Translated from English)

УДК 378.146

### Нуриев Наиль Кашапович

доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань (Россия).

E-mail: nurievnk@mail.ru

**Старыгина Светлана Дмитриевна**

кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань (Россия).

E-mail: svetacd\_kazan@mail.ru

## **ДИДАКТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ: ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ В ТЕХНОГЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ<sup>1</sup>**

**Аннотация.** Целью статьи является описание организации учебной деятельности в техногенной среде, в рамках которой решаются задачи дидактики с использованием педагогических, психологических, инженерных методов.

**Методология и методики** исследования основаны на системном анализе деятельности инженера; моделях Л. С. Выготского «зон ближайшего развития» и «развивающего обучения» Л. Н. Занкова; использовании педагогических и психологических закономерностей, а также методов таксономии, дидактической инженерии, теории вероятностей и математической статистики.

**Результаты.** Построена модель подготовки инженера в метрическом компетентностном формате, которая предусматривает быстрое развития проектно-конструктивных способностей студента на фоне усвоенных им знаний. Установлены параметры, определяющие успешность инженерной деятельности. Спроектирована дидактическая система с технологией быстрого развития компетенций будущего инженера.

**Научная новизна.** Предложена функциональная модель инженера. Установлены параметры, определяющие вероятность успешности будущего специалиста, сконструирована таксонометрическая шкала для оценки качества владения компетенцией, разработана модель системы обучения в метрическом компетентностном формате, предложены методики оценки сложности тестов и учебных курсов.

**Практическая значимость.** Подготовлено учебное пособие «Экономико-математические модели в управлении» для подготовки IT-инженеров в метрическом компетентностном формате, которое внедрено в учебный процесс и развернуто в web-сети ([www.myknitu.ru](http://www.myknitu.ru)).

**Ключевые слова:** дидактическая инженерия, подготовка инженера, полнота знаний, целостность знаний, компетентность, надежность подготовки.

DOI: 10.17853/1994-5639-2016-9-61-79

Статья поступила в редакцию 18.05.2016

Принята в печать 12.10.2016

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 15-07-05761).

**Nail K. Nuriev**

*Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of Department of Information Science and Applied Mathematics, Kazan National Research Technological University, Kazan (Russia).*

*E-mail: nurievnk@mail.ru*

**Svetlana D. Starygina**

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Information Science and Applied Mathematics, Kazan National Research Technological University, Kazan (Russia).*

*E-mail: svetacd\_kazan@mail.ru*

## **DIDACTIC ENGINEERING: TRAINING OF ENGINEERS IN TECHNOGENIC EDUCATIONAL ENVIRONMENT**

**Abstract.** *The aim of the article is to describe the organization of training activities in the man-made environment wherein the problems of didactics with pedagogical, psychological, engineering methods are solved.*

*Methods* are based on the system-based analysis of engineering activities, on the models of L. S. Vygotsky's «zone of proximal development», «developmental education» by L. N. Zankov; the application of pedagogical and psychological patterns and taxonomic methods, didactic engineering, theory of probability and mathematical statistics.

*Results.* The model of training of engineers is constructed in the metric competence-based format, which provides a rapid development of the project and constructive student abilities of students based on their knowledge. The parameters defining the success of engineering activity are found out. The didactic system with the technology of rapid development of a future engineer is designed.

*Scientific novelty.* The functional model of an engineer is proposed. The parameters for determining the success probability of an engineer are defined; the scale for quality evaluation of competence acquisition is designed; the model of learning in the metric competence-based format is developed; the methods for assessing the complexity of the tests and training courses are proposed.

*Practical significance.* The textbook «Economic and Mathematical Models in Management» for the training of IT-engineers in the metric competence-based format is developed. The textbook is introduced into an educational process and implemented in the web-network ([www.myknitu.ru](http://www.myknitu.ru)).

**Keywords:** didactic engineering, engineer training, knowledge completeness, knowledge integrity, competence, reliability of preparation.

DOI: 10.17853/1994-5639-2016-9-61-79

Received 15.05.2016

Accepted for printing 12.10.2016

## **Введение**

Традиционная социальная образовательная среда (СОС) развития студентов через внедрение технических средств обучения (ТСО) трансформировалась в техногенную образовательную среду (ТОС). Главным признаком перехода обучения в ТОС стало то, что студент до 80% своего активного времени проводит в виртуальном пространстве, т. е. оцифрованный модельный мир стал для него основной сферой общения и обучения. Однако до сих пор значительного скачка в качестве подготовки инженеров не произошло [2, 13, 16]. К основным причинам, которые тормозят образовательный процесс, можно отнести следующие.

Во-первых, произошла массовая замена учебных материалов бумажного формата, используемых при аудиторной работе в СОС, на электронный вариант ТОС, который без активного участия преподавателя становится пассивным и теряет свою значимость. Это приводит к ограничению доступности учебного материала по сложности, формату представления и т. д. Следовательно, появляется дополнительный барьер освоения учебного материала [13]. Очевидно, что для основной массы студентов этот барьер оказался непреодолимым препятствием, поэтому они перестали заниматься и развиваться в профессиональном плане. В этой ситуации преподавателю остается только снизить планку требований.

Во-вторых, быстрое развитие техники и информационных технологий привело к тому, что далеко не все преподаватели способны эффективно работать в ТОС [4]. Несмотря на их компетентность в предметной области, в операционном пространстве ТОС они чувствуют себя неуверенно и, как правило, слабее студента.

В-третьих, на обучающихся отрицательно воздействуют компьютерные игры. Безусловно, игры способствуют развитию студента, но они не должны занимать большую часть рабочего времени, поскольку студент начинает заметно отставать в освоении требуемых по программе компетенций.

Из всего сказанного следует, что в ТОС могут быть эффективными только специально созданные для этой среды автоматизированные дидактические системы интенсивного обучения. Очевидно, что эти системы должны быть построены на принципиально новой основе с внедрением фундаментальных закономерностей педагогики, психологии, дидактики и инженерии. Многие функции преподавателя в них должны быть заменены элементами искусственного интеллекта.

## 1. Фундаментальная закономерность «решение проблем в три операции»

По своему функциональному назначению будущий инженер должен быть готов к успешному разрешению потока профессиональных проблем.

В ходе предпринятого нами исследования была установлена следующая фундаментальная закономерность, которую мы назвали «решение проблем в три операции». Суть этой закономерности состоит в следующем. Любую проблему человек решает через свою деятельность в три макрооперации: первая (А) операция – формализация проблемы с трансформацией ее в задачу или задачи; вторая (В) – конструирование алгоритмов (планов) решения этих задач; третья (С) – исполнение этих планов в реальной / виртуальной среде [5–8, 17, 18].

Опираясь на эту закономерность и используя аппарат структурного системного анализа (SADT), мы построили функциональную модель инженера (рис. 1).

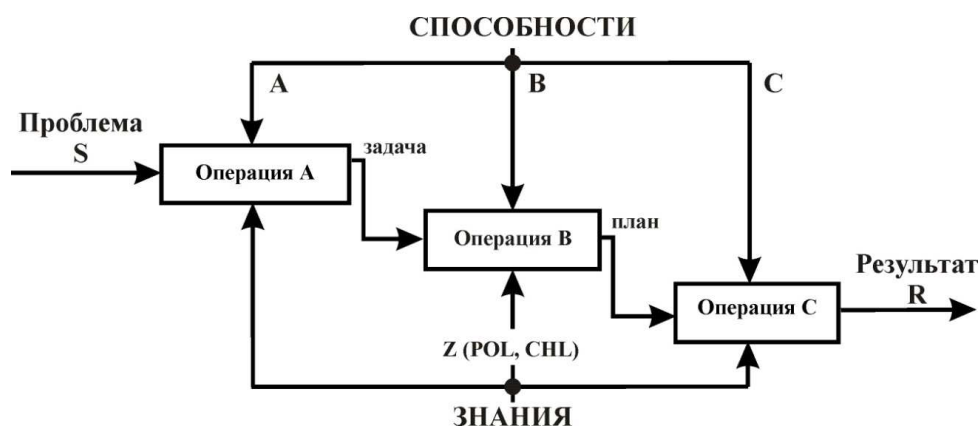


Рис. 1. Функциональная модель инженера:

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 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 полных (**POL**) и целостных (**CHL**) знаний.

## 2. Метрики успешности инженера в профессиональной деятельности

Очевидно, при решении инженером проблем результат **R** 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**:

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

По сути, значения метрик **a**, **b**, **c**, **pol**, **chl** являются характеризующими индексами компетентности инженера. На поле изменения параметров **A**, **B**, **C**, **POL**, **CHL** может быть построена метрическая шкала качества владения компетенцией (КВК). Шкалу КВК можно использовать для идентификации всех инженеров на компетентных и некомпетентных специалистов (рис. 2), т. е. на основе этой шкалы можно построить таксономическую систему [12, 14, 15], а также, например, можно оцифровать известную таксономию Блума.

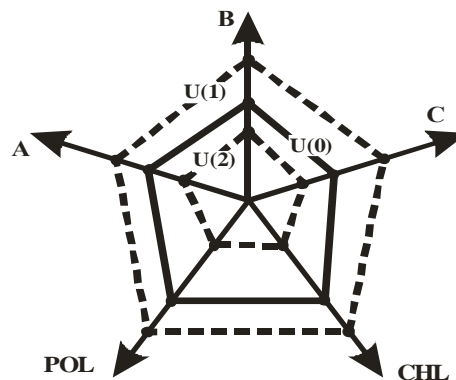


Рис. 2. Шкала качества владения компетенцией

На рис. 2 профиль **U (0)** нанесен по оценке экспертов, которые считают, что у компетентного инженера профиль должен быть не меньше **U (0)**. Тогда, согласно экспертной оценке, инженер с профилем **U (1)** идентифицируется как компетентный, а с профилем **U (2)** как некомпетентный. Такую шкалу КВК можно построить в рамках любой компетенции.

### 3. Корреляция знаний и умений

Умение инженера решать проблемы из компетенции **К** можно рассматривать как реализацию **АВС**-способностей на фоне его знаний – знания и умения взаимосвязаны. На практике установлено: когда речь идет об умении решать несложные проблемы, зависимость между ними почти линейная, т. е. коэффициент корреляции близок к единице [7]. Поэтому судить об умении инженера разрешать несложные проблемы исходя из оценки качества его знаний, т. е. из результатов его тестовых ответов, эвристически обосновано. В то же время по мере роста сложности проблем коэффициент корреляции между знаниями инженера и его умениями резко уменьшается, и результаты традиционного теста становятся ненадежным способом проверки. Как следует из статистики, проблему оценки качества умений в зависимости от результатов оценки качества знаний можно решить, но тест в этом случае должен быть построен по другому принципу проверки, т. е. оценка знаний должна проходить по технике «жесткого» теста [11], которая состоит в следующем.

1. В рамках компетенции **К** создаются две базы вопросов (База 1, База 2), которые позволяют диагностировать наличие знаний инженера с позиции их полноты (**POL**) и целостности (**CHL**) в рамках этой компетенции. База 1 содержит вопросы, позволяющие проверить знания фактов, понятий, определений и т. д. База 2 содержит вопросы, которые дают возможность выяснить знания методологии: связей, способов, методов, методик, технологий.

2. Тестируемый инженер 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 инженер отвечает на вопросы из Базы 2, позволяющие установить значение параметра **CHL** = **chl**. Например, тестируемый из 10 вопросов ответил правильно на 8. Показатель **CHL** =  $0,8 \in [0,1]$ .

4. Вычисляется значение **Q** – оценки качества владения компетенцией:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{POL} \times \mathbf{CHL}.$$

Например, **Q** =  $0,7 \times 0,8 = 0,56 \in [0,1]$ .

Из проведенного ранее корреляционного анализа [6] следует, что в этом случае по результатам тестирования инженер владеет компетенцией с показателем качества **Q** = 0,56, т. е. на 56% с надежностью не менее 0,85.

#### 4. Экспертная оценка сложности теста и его продолжительности

Сложность теста **T** (трудоемкость в минутах / работы) оценивается экспертом: устанавливается за сколько минут непрерывной работы он сам способен ответить на все вопросы теста. Методика оценки метрики сложности следующая:

1) оценивается трудоемкость ответа эксперта на один вопрос из теста, например, ему требуется 1 мин/раб;

2) если тест содержит пять вопросов одинаковой сложности, случайным образом отобранных из базы, тогда по оценке эксперта сложность теста **S (T)** = 5 мин/раб.

Очевидно, если эксперту для ответа на пять вопросов теста необходимо 5 минут его работы, то тестируемому необходимо гораздо больше. При этом следует подчеркнуть, что в нашей модели величина вероятности **P** (успех) успешного ответа на тест зависит от трех факторов: полноты (**POL**), целостности (**CHL**) знаний и темперамента (**TMP**) тестируемого:

$$p \text{ (успех)} = P \text{ (POL, CHL, TMP)}$$

В табл. 1 приводятся среднестатистические данные, полученные от студентов (будущих IT-инженеров) при испытаниях на тестах сложности от 5 мин/раб до 15 мин/раб эксперта. Сравнение производится при прочих равных условиях.

Таблица 1

Продолжительность тестирования в зависимости от темперамента

Темперамент (TMP)	Сложность T (S), мин/раб	Продолжительность теста для студента
Холерик	15	<b>S (T)</b> × 2,1
Сангвиник	15	<b>S (T)</b> × 2,2
Флегматик	15	<b>S (T)</b> × 2,7
Меланхолик	15	<b>S (T)</b> × 3

#### 5. Основное требование к дидактической системе в ТОС

При проектировании дидактической системы электронного обучения инженеров обязательно должен соблюдаться принцип доступности учебного материала: его сложность должна соответствовать уровню развития **АВС**-способностей студента, форма представления учебной информации – виду его мышления, темп обучения – его темпераменту и т. д. Ра-



зумеется, это соответствие должно быть достигнуто с учетом того, что быстрое развитие **АВС**-способностей студента происходит только на предельно допустимых по сложности режимах его работы.

Следовательно, основное требование к дидактической системе может быть сформулировано так: для быстрого развития **АВС**-способностей студента на базе усвоенных им знаний дидактическая система электронного обучения должна обеспечить доступность обучения на предельных режимах возможностей этого студента.

Формально данное требование можно детализовать и представить как схему из частных требований к проектируемой системе (рис. 3).

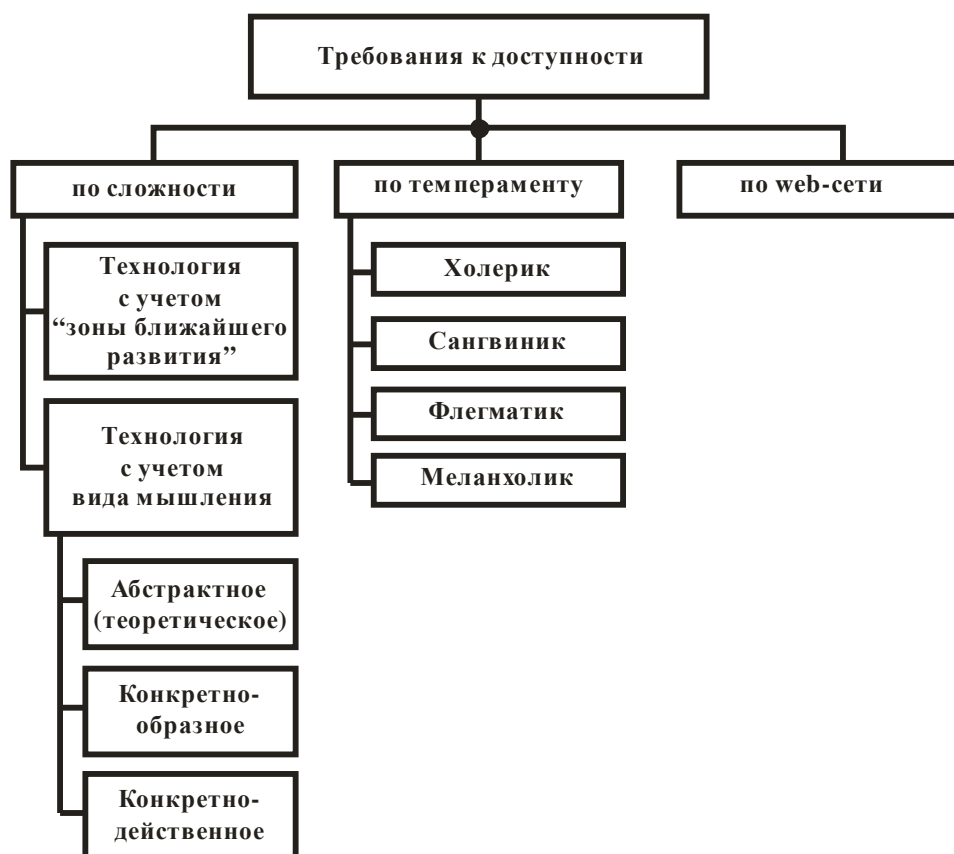


Рис. 3. Требования к дидактической системе электронного обучения

Дидактическая система электронного обучения в ТОС должна обеспечить доступность одновременно по сложности, виду мышления, темпераменту, дистанции и времени. Очевидно, что на практике спроектиро-

вать такую систему, удовлетворяющую все требования доступности, удастся только при «эволюционном» развитии системы. Это означает, что необходимо ее согласованное развитие со smart-системами по трем компонентам: содержанию, технологиям обучения и диагностики, программному обеспечению.

## 6. Модель дидактической системы нового поколения

На основе функциональной модели инженера и требований доступности нами была создана функциональная модель дидактической системы нового поколения с технологией подготовки в ТОС в метрическом компетентностном формате (рис. 4).

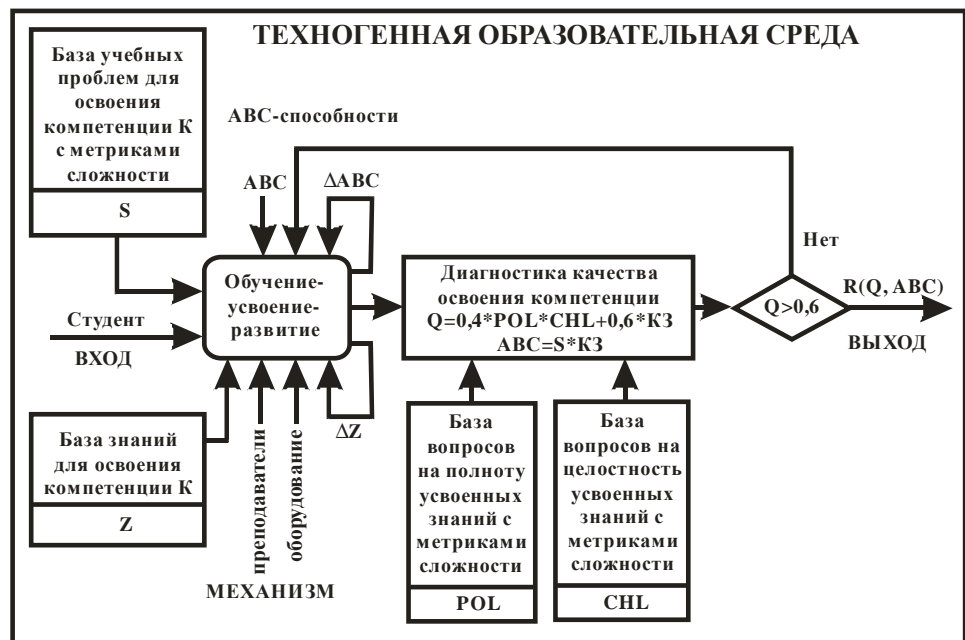


Рис. 4. Функциональная модель дидактической системы подготовки инженеров в метрическом компетентностном формате (МКФ)

Цель подготовки в МКФ – быстрое повышение глубины усвоенных знаний и уровней развития **ABC**-способностей студента в рамках компетенции **К**. В формализованном виде цель подготовки можно отразить на шкале KBK (см. рис. 2): студент за отпущенное по стандарту время из профиля U (2) должен развиваться до профиля U (1).

Средством достижения цели является дидактическая система, функционирующая в ТОС. Она работает следующим образом. Допустим, учеб-

ный курс состоит из  $n$ -разделов. Каждый раздел укомплектован, т. е. содержит теоретический, практический, диагностический материалы (с оценкой их сложности), которые осваиваются студентом. При этом в рамках каждого раздела студент через свою учебную деятельность наращивает (в метрических единицах) уровни развития **АВС**-способностей на  $\Delta\text{АВС}$  и углубляет знания на  $\Delta\text{Z}$ . По окончании раздела он проходит диагностику, т. е. сдает тесты на полноту и целостность: метрические показатели **POL**, **CHL** изменяются от 0 до 1. Преподаватель оценивает качество выполненного задания: метрический показатель **K3** = (0 до 1). Автоматически оценивается качество развития в рамках раздела: метрический показатель  $Q = 0,4 \times \text{POL} \times \text{CHL} + 0,6 \times \text{K3}$ . Отдельно соотносятся уровни развития **АВС**-способностей с графической интерпретацией достижений: метрический показатель  $\text{АВС} = S \times \text{K3}$ . Эвристически найденный минимальный порог допустимого качества владения компетенцией в рамках раздела берется равным 60%. Если показатель качества развития превышает 0,6, то можно переходить к освоению следующего раздела.

## **7. Решение противоречия между доступностью учебного материала по сложности и скоростью развития**

Изначально инженерия базируется на ремесле. Инженер в активном режиме взаимодействует со сложными информационными системами. Он должен иметь определенные навыки и знать, как оперировать в техногенной среде. Как известно, это требует высокого уровня развития **АВС**-способностей, глубоких и больших объемов усвоенных знаний в инженерных компетенциях. На практике при создании высокоэффективных дидактических систем для подготовки инженеров педагоги сталкиваются с фундаментальной закономерностью, установленной известным психологом Л. С. Выготским: «Обучение только тогда хорошо, когда оно идет впереди развития» (в зоне ближайшего развития – ЗБР) [1]. Из этой закономерности следует, что обучение, усвоение компетенции и развитие **АВС**-способностей должны быть синхронизированы не только во времени, но и по сложности изучаемого материала. Академиком Л. В. Занковым экспериментально было доказано, что при достижении синхронности эти два взаимосвязанных процесса происходят быстро [9]. В противном случае появляется проблема доступности курса из-за возникшего противоречия между желаниями обучающегося и его интеллектуальными возможностями (недостатком уровня развития **АВС**-способностей и глубины усвоенных им знаний). Это не позволяет ему овладеть компетенцией на требуемом качественном уровне.

Для разрешения обозначенного противоречия построим модель организации учебного материала таким образом, чтобы обучение студента было синхронизировано с его ЗБР. Следует особо подчеркнуть, что специально организованная техногенная среда вуза позволяет автоматизировать процессы синхронизации, диагностики качества усвоенных знаний и умений через внедрение элементов искусственного интеллекта.

Допустим, учебный курс определенной сложности, предназначенный для освоения какой-либо компетенции **К**, состоит из четырех тем. Выделим три уровня сложности материала, сгруппированных в разделы. Разделы 1.1–1.4 – первого уровня, разделы 2.1–2.4 и 3.1–3.4 соответственно второго и третьего уровней сложности (рис. 5).

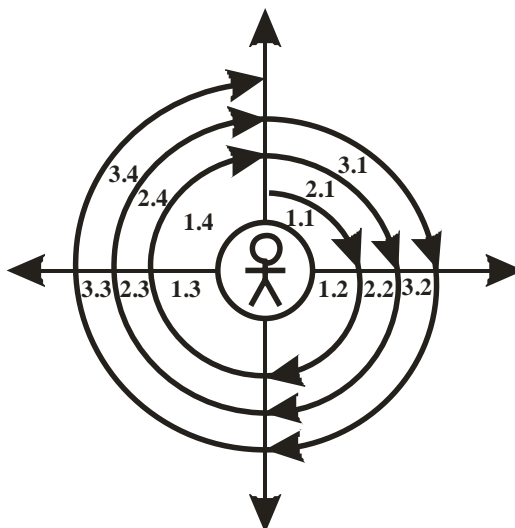


Рис. 5. Структура организации разделов в многоуровневом учебном материале

Усвоение знаний и развитие **АВС**-способностей студента происходит по спирали согласно последовательности уровней сложности материала. Разделы 1.1, 2.1, 3.1 составляют первую тему изучаемого материала; 1.2, 2.2, 3.2 – вторую и т. д. Сложность материалов разделов 1.1–1.4 должна соответствовать ЗБР студента.

Алгоритм организации индивидуальной (ИНД) работы студента FAM (фамилия студента) при подготовке в МКФ с учетом его ЗБР приводится на рис. 6.

Оптимальное количество уровней сложности, на которое разбивается традиционный курс (для того, чтобы студент на требуемом качествен-

ном уровне овладел компетенцией), зависит от множества факторов: сложности учебного курса, количества часов по учебному плану, уровня развития **АВС**-способностей, глубины усвоенных знаний и т. д. Влияние этих факторов еще предстоит формализовать и оценить.

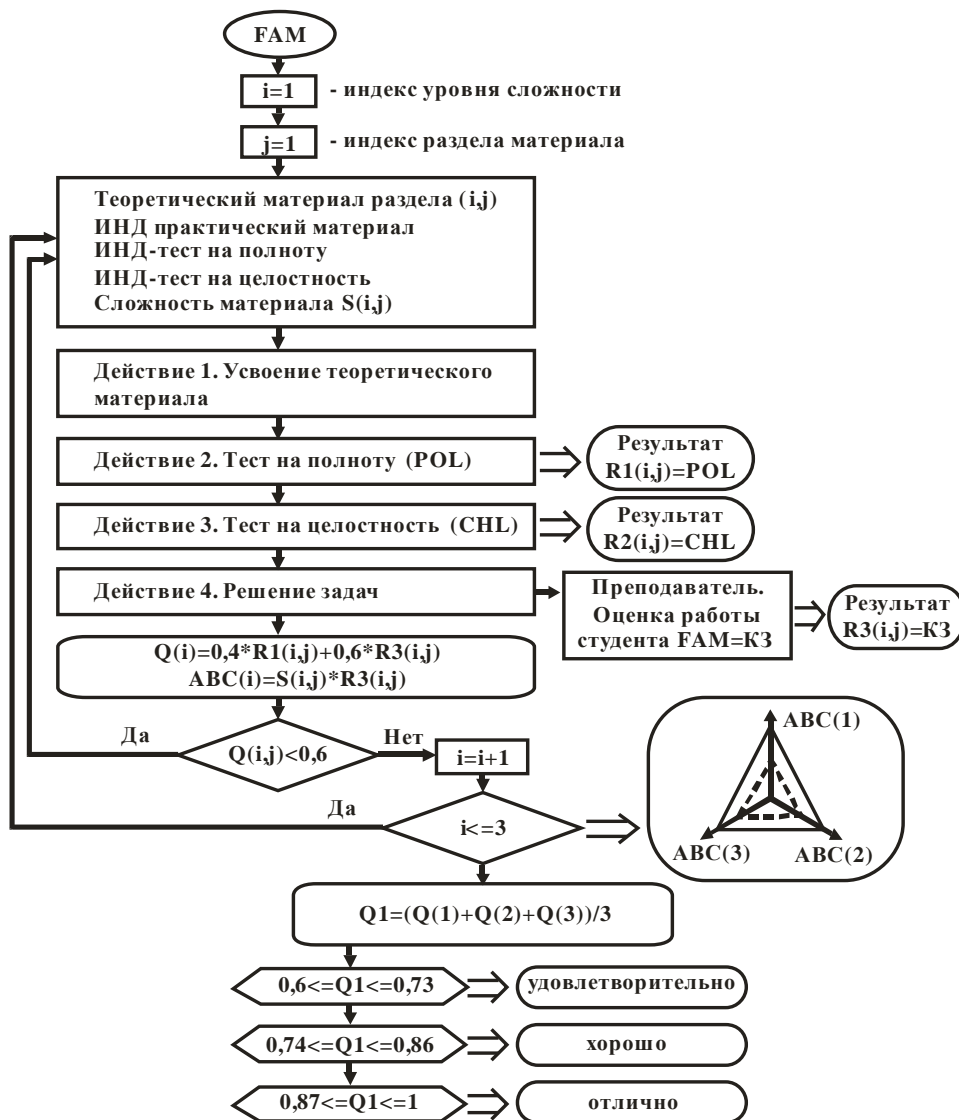


Рис. 6. Схема организации учебной работы IT-инженера в МКФ с учетом ЗБР

Обучение в многоуровневой техногенной среде происходит по принципу «гонки с преследованием»: «сильные» студенты быстро проходят

нижние уровни и замедляются только на верхних уровнях сложности материала, а «слабые» постепенно их догоняют. Данные статистики свидетельствуют об успешности такого принципа обучения.

Как показывает опыт, при освоении сложного курса через двухуровневую дидактическую систему результат оказывается на 16% выше, чем у одноуровневой системы [10]. Однако необходимо решить проблему оценки сложности учебного курса в практическом плане.

Существуют две категории курсов: практико-ориентированные и теоретико-ориентированные. Расчет сложности этих курсов будет происходить по разным методикам.

В практико-ориентированных курсах сложность овладения компетенцией будет оцениваться на основе сложности задач, предлагаемых студентам для самостоятельной работы. При этом сложность курса должна оставаться в рамках требований, предусмотренных учебным планом.

Приведем пример расчета сложности многоуровневого курса, состоящего из 4 тем и 12 разделов. В каждом разделе содержится 12 блоков заданий для самостоятельной работы.

В табл. 2 показана структура организации блоков с заданиями и экспертными оценками их сложности.

Таблица 2

Структура организации блоков задач с оценкой их сложности

Уровни сложности заданий	Курс (12 разделов, 12 блоков)			
	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4
	Блок (1,1) Сложность SP (1,1)	Блок (1,2) Сложность SP (1,2)	Блок (1,3) Сложность SP (1,3)	Блок (1,4) Сложность SP (1,4)
	Блок (2,1) Сложность SP (2,1)	Блок (2,2) Сложность SP (2,2)	Блок (2,3) Сложность SP (2,3)	Блок (2,4) Сложность SP (2,4)
	Блок (3,1) Сложность SP (3,1)	Блок (3,2) Сложность SP (3,2)	Блок (3,3) Сложность SP (3,3)	Блок (3,4) Сложность SP (3,4)

Каждый блок содержит множество вариантов однородных задач. Через SP (i, j) обозначена сложность задач в блоке, где i – номер уровня сложности, а j – номер темы. Сложность блока задач оценивается преподавателем-экспертом по следующей методике: эксперт сам решает один вариант задач и отмечает, за какое время непрерывной работы ему удалось их решить. Например, вариант 5 из блока 1,1 эксперт может решить за 30 мин/раб, т. е. SP (1,1) = 30. Как показывает опыт, студенту после освоения раздела курса требуется на решение своего варианта задач в пять

раз больше времени непрерывной работы, т. е. его сложность (трудность решения задач)  $SC(1,1) = 5 \times SP(1,1) = 150$ . Аналогичным способом оценивается сложность задач из остальных блоков.

В результате сложность многоуровневого практико-ориентированного курса в целом можно оценить по формуле:  $SK = \sum_i \sum_j SP(i, j)$ , т. е. SK получена как сумма элементов табл. 2: суммирование происходит по индексам  $i$  и  $j$ .

По учебному плану для освоения курса отводится определенное время на самостоятельную работу студента (СРС). Например, при изучении дисциплины «Вычислительная математика» оно составляет 108 часов. Исходя из этого, предлагаем в практико-ориентированных курсах следующий вариант разделения времени студента: 40% для самостоятельного освоения теоретического материала, 60% – для самостоятельного решения своего варианта задач, предусмотренных программой курса, т. е. всего для выполнения своего варианта заданий студенту отводится 64,8 час/раб, а сложность практико-ориентированного курса не должна превышать  $5 \times SK < 64,8$  ч/раб.

## 8. Проблема формирования учебного материала, доступного по виду мышления

Формирование материала для электронного обучения с учетом видов мышления является одной из самых сложных задач.

Всех студентов можно условно разделить на три устойчивых класса: формализаторы, конструктивисты, исполнители [4].

*Формализаторы* при «решении проблем в три операции» специализируются на первой из них – формализации, в то время как остальным эта процедура удается заметно хуже. Причина этого явления, по-видимому, кроется в виде мышления [3]. Формализаторы, как правило, обладают абстрактным (теоретическим) мышлением и оперируют общими понятиями, широкими категориями. Они прекрасно воспринимают электронный материал в формате концептуальных моделей, умеют преобразовать сложные проблемы в конкретные задачи.

*Конструктивистам* свойственно конкретно-образное мышление. Они легко воплощают концептуальные модели в конкретные образы, успешно усваивают знания в формате эскизных проектов, умеют строить детальные планы решения сложных задач.

*Исполнители* как носители конкретно-действенного мышления могут реализовывать сложные планы в среде, легко усваивают знания, представленные в виде инструкций, планов, алгоритмов. Они отличаются выраженной наблюдательностью и внимательностью к деталям.

Как правило, в группе студентов присутствуют представители с разными видами мышления. Из статистических данных следует, что эвристический закон распределения (гистограмма) их количества в группе по определенному направлению подготовки практически устойчив [4]. Следует особо отметить, что часть студентов не относится к определенному типу. На рис. 7 приводятся усредненные статистические данные, собранные за 10 лет подготовки студентов по направлению «Информационные системы и технологии».

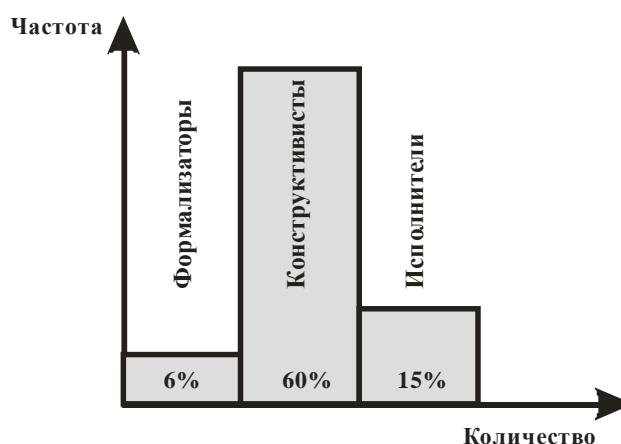


Рис. 7. Распределение студентов по виду мышления

Из требования доступности материала по виду мышления следует, что электронные образовательные ресурсы ТОС должны быть спроектированы так, чтобы по формату представления удовлетворяли всех участников обучения.

### Заключение

Из проведенного на методологическом уровне анализа следует два основных вывода:

1) вероятность успешности разрешения инженером проблемы определенной сложности зависит от уровня развития его **А**-формализационных, **В**-конструктивных, **С**-исполнительских способностей и от глубины усвоенных им знаний;

2) быстрое развитие **АВС**-способностей и «углубление» знаний студента в рамках компетенции можно реализовать только путем обучения через его «зоны ближайшего развития».

На технологическом уровне можно сделать следующие выводы:

1) предложенная многоуровневая автоматизированная подготовка инженеров в МКФ позволяет реализовать обучение, основанное на идеях



Выготского – Занкова, т. е. вести обучение на верхнем пределе возможностей студента. Проблема доступности курса решается за счет синхронизации сложности изучаемого материала с его ЗБР. Доступность по сложности способствует быстрому развитию **АВС**-способностей;

2) для обеспечения доступности по сложности учебной дисциплины необходимо, чтобы учебный материал был представлен в форматах, соответствующих разным видам мышления студентов.

*Статья рекомендована к публикации  
д-ром физ.-мат. наук, проф. В. А. Гапонцевым*

### **Литература**

1. Выготский Л. С. Педагогическая психология. Москва: Педагогика, 1991. 386 с.
2. Карпова Е. В., Матвеева Е. П. Роль формального и практического содержания математических дисциплин в формировании инженерного мышления студентов // Педагогическое образование в России. 2016. № 6. С. 50–55.
3. Маклаков А. Г. Общая психология. Санкт-Петербург: Питер, 2008. 583 с.
4. Нуриев Н. К., Журбенко Л. Н., Шакиров Р. Ф., Хайрулина Э. Р., Старыгина С. Д., Абуталипов А. Р. Методология проектирования дидактических систем нового поколения. Казань: Центр инновационных технологий, 2009. 456 с.
5. Нуриев Н. К., Старыгина С. Д. Цифровая модель деятельностиного потенциала инженера // Альма-Матер. 2011. № 10. С. 49–55.
6. Нуриев Н. К., Старыгина С. Д. Эскизный проект дидактической системы природосообразно развивающего обучения // Альма-Матер. 2013. № 3. С. 51–55.
7. Нуриев Н. К., Старыгина С. Д., Ахметшин Д. А. Алгоритм оценки качества владения компетенцией на основе показателя глубины усвоенных знаний // Альма-Матер (Вестник высшей школы). 2015. № 11. С. 64–67.
8. Нуриев Н. К., Старыгина С. Д., Ахметшин Д. А. Дидактическая инженерия: проектирование программного обеспечения техногенной социально-образовательной среды вуза // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 24. С. 109–114.
9. Обучение и развитие / под ред. Л. В. Занкова. Москва: Педагогика, 1975. 440 с.
10. Печеный Е. А., Нуриев Н. К., Старыгина С. Д. Экономико-математические модели в управлении (подготовка IT-инженеров в метрическом компетентностном формате): учебное пособие. Казань: Центр инновационных технологий, 2016. 224 с.
11. Старыгина С. Д., Нуриев Н. К. Дидактическая инженерия: проектирование ЭОР для подготовки инженеров в метрическом компетентностном формате // Образовательные технологии и общество (Education Technology & Society) [Электрон. ресурс]. 2016. V. 19. № 1. С. 567–577. Режим доступа: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html> (дата обращения 18.06.2016).

12. 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.
13. Asadullin R. M., Teregulov F. S., Koletvinova N. D. & Egamberdieva N. M. Fundamental and Applied Education – A New Look // Iejme-mathematics Education. 2016. № 11 (1). P. 23–33. (Translated from English)
14. Bloom B. S. and others. Taxonomy of Education Objective: The Classification of Education Goals. New York, 1956.
15. Bloom B. S., Hastings J. T., Madaus G. F. and others. Handbook On Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York: McGraw-Hill, 1971. 232 p.
16. Kalimullin A. M., Masalimova A. P. Editorial: Actual Issues of National Education: Theory and Practice // Iejme-mathematics Education. 2016. № 11 (1). P. 1–2.
17. Nuriev N. K., Nuriev 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. Nuriev N. K., Starygina S. D. New didactic systems of the engineering education // International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). 2013. P. 345–350.

## References

1. Vygotsky L. S. Pedagogicheskaya psikhologiya. [Pedagogical psychology]. Moscow: Publishing House Pedagogika. [Pedagogy]. 1991. 386 p. (In Russian)
2. Karpova E. V., Matveeva E. P. The role of the formal and practical content of mathematical subjects in the formation of engineering thinking of students. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. [Pedagogical Education in Russia]*. 2016. № 6. P. 50–55. (In Russian)
3. Maklakov A. G. Obshchaya psikhologiya. [General psychology]. Saint-Petersburg: Publishing House Piter, 2008. 583 p. (In Russian)
4. Nuriyev N. K., Zhurbenko L. N., Shakirov R. F., Khayrullina E. R., Starygina S. D., Abutalipov A. R. Metodologiya proyektirovaniya didakticheskikh sistem novogo pokoleniya. [The methodology of designing a new generation of teaching systems]. Kazan: Centr innovacionnyh tehnologij. [Centre for Innovative Studies]. 2009. 456 p. (In Russian)
5. Nuriyev N. K., Starygina S. D. Digital model of the activity of engineer building. *Al'ma-Mater. [Alma Mater]*. 2011. № 10. P. 49–55. (In Russian)
6. Nuriyev N. K., Starygina S. D. Draft project of didactic system of developing training prirodosoobraznosti. *Al'ma-Mater. [Alma Mater]*. 2013. № 3. P. 51–55. (In Russian)
7. Nuriyev N. K., Starygina S. D., Akhmetshin D. A. Algorithm for evaluating the quality of the competence of ownership based on the indicator of depth of knowledge learned. *Al'ma-Mater. [Alma Mater]*. 2015. № 11. P. 64–67. (In Russian)
8. Nuriyev N. K., Starygina S. D., Akhmetshin D. A. Didactic Engineering: designing software man-made socio-educational environment of high school.

*Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. [Bulletin of Technological University].* 2015. № 24. P. 109–114. (In Russian)

9. Zankov L. V. Obucheniye i razvitiye. [Education and development]. Moscow: Publishing House Pedagogika. [Pedagogy]. 1975. (In Russian)

10. Pechenyi Ye. A., Nuriyev N. K., Starygina S. D. Ekonomiko-matematicheskiye modeli v upravlenii (podgotovka IT-inzhenerov v metrichekom kompetentnostnom formate). [Economic and mathematical models in management (training IT-engineers in the metric format competency)]. Kazan: Centr innovacionnyh tehnologij. [Centre for Innovative Studies]. 2016. 224 p. (In Russian)

11. Starygina S. D., Nuriyev N. K. Didactic Engineering: design of an electronic resource to train engineers in the metric format competency. *Obrazovatel'nye tehnologii i obshchestvo. [Education Technology & Society].* 2016. Vol. 19. № 1. Available at: [http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v19\\_i1/pdf/16.pdf](http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v19_i1/pdf/16.pdf). (In Russian)

12. Shikhov YU. A., Shikhova O. F., Kasatkin A. A. The problem of standards measurability in higher vocational education. *Obrazovaniye i nauka. [Education and Science].* 2016. № 1 (130). P. 21–33. (In Russian)

13. Asadullin R. M., Teregulov F. S., Koletvinova N. D. & Egamberdieva N. M. Fundamental and Applied Education – A New Look. *IEJME-Mathematics Education.* 2016. № 11 (1). P. 23–33. (Translated from English)

14. Bloom B. S. and others. Taxonomy of Education Objective: The Classification of Education Goals. New York, 1956. (Translated from English)

15. Bloom B. S., Hastings J. T., Madaus G. F. and others. Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York: McGraw-Hill, 1971. 232 p. (Translated from English)

16. Kalimullin A. M., Masalimova A. P. Editorial: Actual Issues of National Education: Theory and Practice. *IEJME-Mathematics Education.* 2016. № 11 (1). P. 1–2. (Translated from English)

17. Nuriev N. K., Nuriev 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. (Translated from English)

18. Nuriev N. K., Starygina S. D. New didactic systems of the engineering education. *International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL).* 2013. P. 345–350. (Translated from English)