



# ДИДАКТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ КАК МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ В РЕАЛЬНО-ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ<sup>1</sup>

СТАРЫГИНА Светлана Дмитриевна, *доцент, кандидат педагогических наук, доцент, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики, Казанский национальный исследовательский технологический университет, svetacd\_kazan@mail.ru*

НУРИЕВ Наиль Кашапович, *профессор, доктор педагогических наук, профессор, доктор педагогических наук, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики, Казанский национальный исследовательский технологический университет, nurievnk@mail.ru*

**Дидактическая инженерия — это методология (теория, практика, диагностика) организации деятельности по решению дидактических задач. В целом, в рамках этой методологии с использованием инженерных методов создаются дидактические системы нового типа, а также средства (технологии) обучения и диагностики качества подготовки, функционирующие в реально-виртуальной среде.**

**На базе системного анализа разработана обобщённая функциональная модель деятельности человека по решению проблем, выявлены ключевые способности, установлена зависимость успешности результата решения проблемы от уровней развития ключевых способностей, сложности проблемы и глубины знаний.**

**Основываясь на результатах исследований Яна Коменского, Л.С. Выготского, Л.В. Занкова, решена проблема доступности курса по сложности путём синхронизации скорости развития ключевых способностей и темпа обучения.**

---

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



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

## Введение

Как следует из разных источников, впервые попытки применить инженерный подход к дидактике были сделаны в 1990-е годы в европейских странах на примере дидактики математики (Douady, Artigue & Perrin-Glorian, 1991; Artigue, 1992). В России в 2005 году И.И. Логинов проанализировал состояние дидактического знания и предложил в дидактике выделить область знания — дидактическую инженерию, определяющую основные принципы организации процесса обучения. Весомый вклад в разработку основ дидактической инженерии, в том числе и в России, внёс наш соотечественник профессор Техасского университета М.А. Чошанов.

Сегодня образовательное пространство уже базируется на техногенной реально-виртуальной среде, которая позволяет многократно интенсифицировать целенаправленное развитие способностей обучаемого через обучение. В целом разумная интеграция педагогики, психологии, инженерии, информационных технологий в образовании объективно зарождает новую методологию обучения, которую называют дидактической инженерией. Следует особо подчеркнуть, что в рассматриваемом случае, за счёт адаптации технологий из инже-

нерии и информационных технологий в дидактических целях, дидактическая инженерия как методология, то есть как наука об организации деятельности в педагогике, сформировалась раньше, чем единая область педагогических знаний.

## Сложность проблем и умение их решать

Очевидно, что один человек отличается от другого не только набором компетенций, которыми он обладает, но и качеством их обладания, то есть умением разрешать проблемы большой сложности в рамках этих компетенций. В любой области деятельности можно заранее оценить сложность решения любых проблем в метрических единицах, например на основе заключений экспертов. Исходя из этого, объективной мерой уровня развития способностей человека можно считать сложность проблем, которые он умеет решать. Из сказанного следует, что на практике в системах образования можно сформировать специальные базы учебных проблем с указанием их сложности [1–4], а затем через умения их надёжно судить об уровне развития специальных способностей обучающегося. Таким образом, в системах дидактической инженерии можно и нужно внедрить категорию «Сложность про-



блем с метриками их сложности», так как впоследствии это даёт возможность объективно оценить потенциал будущего специалиста. Разумеется, что введение в дидактическую систему понятия учебной проблемы с измеренной сложностью порождает целый ряд сопутствующих вопросов. Например, таких как: какие специальные способности необходимо развивать, чтобы научиться разрешать проблемы; как измерить уровень развития этих способностей; как измерить глубину усвоенных знаний, которые в качестве ресурсов необходимы для развития специальных способностей и разрешения проблем. В целом можно сказать, что введение в дидактическую систему понятия учебной проблемы с измеренной сложностью порождает новую метрико-ориентированную технологию обучения, которая является неотъемлемой частью методологии «Дидактическая инженерия».

## Функциональная модель решения проблемы человеком

В ходе системного анализа деятельности человека по решению проблем была 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 взаимосвязанных и следующих друг за другом операции. Первая операция (операция А) – формализация проблемы, то есть человек в меру развития своих способностей (умений), а также глубины знаний преобразует (в когнитивной сфере) решаемую проблему в аналог известной для него задачи. Вторая операция (операция В) — конструирование плана решения задачи, то есть человек на основе своих способностей и знаний (в целом ментальной своей модели) формирует

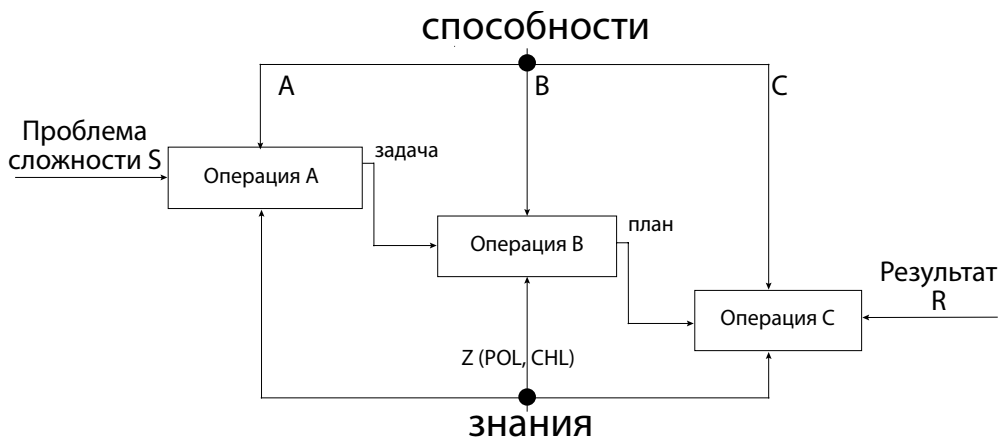


Рис. 1. Функциональная модель решения проблемы человеком



план решения этой задачи. Третья операция (операция С) — исполнение этих планов в реальной (виртуальной) среде. Таким образом, любой человек при решении проблемы проходит путь: проблема; задача; план решения; исполнение решения; результат.

Опираясь на эту фундаментальную закономерность и используя методологию структурного системного анализа (SADT — *Structured Analysis and Design Technique*), была построена функциональная модель решения проблемы человеком (рис. 1).

В модели приняты обозначения:  $S$  — величина сложности проблемы;  $A, B, C$  — соответственно величины уровней развития формализационных, конструктивных, исполнительских способностей инженера в рамках какой-то компетенции;  $POI, CHL$  — величины полноты и целостности усвоенных знаний человека в рамках какой-то компетенции;  $R$  — результат решения проблемы (изменяется от неудачного до успешного);  $Z$  — величина глубины усвоенных знаний, характеризуемая двумя параметрами  $POI$  и  $CHL$ .

Модель функционирует следующим образом: через когнитивную сферу человека проблема сложности  $S$  преобразуется в успешный результат  $R$  с вероятностью  $P$  (усп.), в зависимости от уровня развития его  $ABC$ -способностей и глубины  $Z$  его знаний. Поэтому, вероятность  $P$  (усп.) трансформации проблемы сложности  $S$  в успешный результат  $R$

формально можно записать как функциональную (стохастическую) зависимость, то есть  $P$  (усп.) =  $F(A, B, C, POI, CHL, S)$ . Как следует из статистических данных, на качественном уровне можно утверждать, что чем выше уровень развития  $ABC$ -способностей человека на фоне его знаний глубиной  $Z$ , тем выше вероятность успешного им решения проблемы сложности  $S$ . Разумеется, при фиксированных значениях  $A, B, C, POI, CHL$  с увеличением сложности  $S$  проблемы эта вероятность  $P$  (усп.) будет уменьшаться. Таким образом, в общем случае можно утверждать, что шанс успешно разрешить проблему конкретным человеком зависит от уровня развития его  $ABC$ -способностей, глубины его знаний в области решаемой проблемы и от сложности самой проблемы.

### **Построение квалиметрических шкал для оценки компетентности специалиста**

Компетентность специалиста в какой-то области деятельности трактуется как его умение и навыки на базе своих знаний разрешать проблемы до определённой сложности, то есть имеется некий незримый барьер сложности, преодолев который специалист может считаться компетентным. Для кластеризации людей из одной области деятельности, то есть разделения их на компетентных и некомпетентных специалистов, необходимо построить квалиметрические шкалы. В рассматриваемом случае мож-



но построить две шкалы: пятимерную и трёхмерную. Обе эти шкалы строятся исходя из следующей информации:

1. Основываясь на установленную фундаментальную закономерность «решение проблем в три операции».
2. На основе выявленного комплекса параметров  $\langle A, B, C, POL, CHL, S \rangle$ , определяющего вероятность успешности при разрешении проблем.
3. Опираясь на методику экспертной оценки сложности проблем, которые специалист может (способен) разрешить на практике.
4. Основываясь на результатах тестов на полноту и целостность владения знаниями.

Пятимерная шкала качества владения компетенцией (КВК(5)) представлена на рис. 2, а трёхмерная шкала качества владения компетенцией (КВК(3)) — на

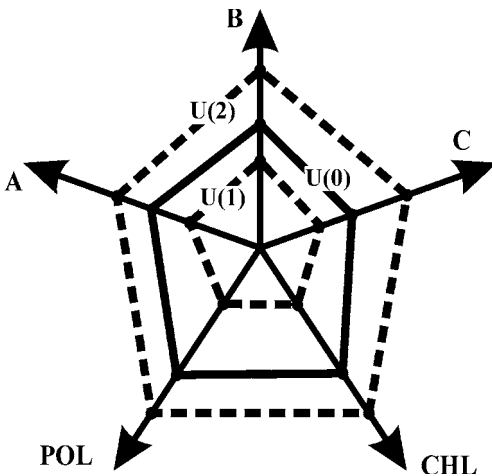


Рис. 2. Шкала КВК(5)

рис. 3. Обе эти шкалы построены на пучке векторов.

Векторы  $A, B, C$  соответственно определяют направления развития формализационных, конструктивных и исполнительских способностей, а векторы  $POL, CHL$  характеризуют глубину усвоенных знаний в определённой области деятельности (компетенции). На этих шкалах требуемый барьер сложности (например, исходя из стандарта) определяется экспертом в рамках рассматриваемой компетенции. На рисунках эти экспертные профили обозначены через  $U(0)$ . Специалисты, профиль которых «больше» (например, профиль  $U(2)$ ) или «близко» к профилю  $U(0)$ , классифицируются как компетентные.

Эти две шкалы получаются из практических соображений, то есть как показывает опыт, эксперты часто, исхо-

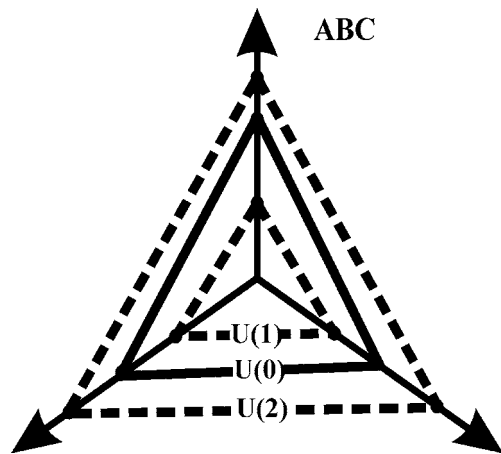


Рис. 3. Шкала КВК(3)



дя из качества выполненных проектов (результатов работы специалиста), не могут по отдельности оценить уровни развития А-формализационных, В-конструктивных, С-исполнительских способностей специалиста, но могут по сложности их проекта оценить их АВС-способности в совокупности. Это обстоятельство приводит к необходимости использования второй шкалы (КВК(3)), в которой АВС-способности инженера оцениваются в комплексе.

### **Дидактическая инженерия как инновационная методология**

Как уже отмечалось, в ряде работ [2, 5, 6] методологию можно рассматривать как науку об организации, ведении и оценке результатов какой-либо деятельности. В этом контексте дидактическая инженерия как методология призвана ответить на вопросы: как проектировать эффективные, надёжные, самоактуализируемые дидактические системы и технологии, а также поддерживающее их в виртуальном пространстве программное обеспечение. С этой точки зрения (на стратегическом уровне) дидактическую инженерию можно представить как общее руководство по ведению в особом формате совокупности взаимосвязанных работ, включающих: анализ, проектирование, конструирование дидактических объектов (учебников, учебных пособий, уроков, реальных и виртуальных учебных курсов, систем

диагностики, технологий, методик и т.д.). Эти объекты в комплексе позволяют добиться эффективного результата обучения, используя системно (в интеграции) достижения педагогики, психологии с программной инженерией и информационными технологиями. Следует особо отметить, что именно такая интеграция породила качественно новую методологию, которую назвали дидактической инженерией, в рамках которой уже имеется возможность разрабатывать обучающие «умные» системы, то есть smart-системы [7]. Очевидно, в этом направлении у дидактической инженерии неограниченные возможности для развития.

### **Фундаментальные закономерности «зона ближайшего развития», «зона предельно допустимой трудности»**

Из статистики следует, что современный обучаемый более 50% своего активного времени проводит в виртуальной среде, то есть мир, как правило, для него уже стал виртуально-реальным в отличие от преподавателя, у которого мир только немного становится виртуальным. Поэтому для обучаемого техногенная образовательная среда (ТОС) стала «родной», как бы природосообразной. Разумеется, чтобы в техногенной среде заниматься деятельностью, требуются высокий уровень развития АВС-способностей и обладание глубокими, в больших объёмах усвоенными знаниями. Очевидно, достичь высокого уровня развития можно только



через интенсивное высокоэффективное обучение. На практике при проектировании таких дидактических систем для быстрой подготовки обучаемых педагоги сталкиваются с двумя фундаментальными закономерностями, которые являются «тормозами» быстрого развития через обучение.

Первая фундаментальная закономерность (Л.С. Выготский [8]) гласит, что обучение только тогда хорошо, когда проходит впереди развития (обучение через «зону ближайшего развития»). Вторая фундаментальная закономерность (Л.В. Занков [9]) утверждает, что наиболее быстрое развитие происходит в «зоне предельно допустимой трудности».

В целом эти две закономерности «ограничивают» возможную предельную скорость развития обучаемого по его природе. Поэтому в дидактических системах на проектном уровне должна быть заложена возможность для каждого обучаемого природосообразно развиваться через обучение на собственных предельных режимах.

Следует отметить, что проблема доступности учебного курса по сложности возникает перед каждым обучаемым, поэтому возникает задача синхрони-

зации скорости развития АВС-способностей (на фоне усвоения знаний) со сложностью и с темпом обучения. Разумеется, предельные скорости развития АВС-способностей у каждого индивидуальны, также различаются уровни их развития и глубина усвоенных ими знаний. Всё это приводит к необходимости проектирования многоуровневых по сложности курсов, развёрнутых в дидактических системах, работающих в реально-виртуальной среде или в так называемых оцифрованных дидактических системах с технологией подготовки в метрическом компетентностном формате.

### Обсуждение и заключение

По мнению авторов, по крайней мере такие школьные курсы, как математика, физика, информатика, должны быть построены на основе методологии «Дидактическая инженерия». Это можно будет сделать в разных вариантах путём адаптации к образовательной системе школы. В целом авторы уверены, что это позволит вывести обучаемых на высокий темп развития ключевых способностей через их подготовку и станет надёжным «мостом», соединяющим школу с высшей образовательной системой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.



2. 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.
3. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Цифровая модель деятельностного потенциала инженера // Альма-Матер. — 2011. — № 10. — С. 49–55.
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. Старыгина С.Д., Нуриев Н.К. Дидактическая инженерия как метрико-ориентированная методология инженерного образования // Educational Technology & Society — 2014 (<http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>) — V. 17. — № 3. — С. 569–582. — ISSN 1436–4522.
6. Крылов Д.А., Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Дидактическая инженерия как методология техногенной образовательной среды // Евразийский союз учёных (ЕСУ). — 2015. — № 7(16). Часть 4. — С. 62–64.
7. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д. Проектирование smart-системы для поддержки обучения «двойной диплом» // Вестник Казанского государственного технологического университета. — 2012. — № 19. — С.253–257.
8. Выготский Л.С. Педагогическая психология. — М.: Педагогика, 1991. — С. 386.
9. Обучение и развитие; под ред. Л.В. Занкова. — М.: Педагогика, 1975.