

УДК 004.942:004.91

## ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ

**Ниджрес Моатаз Талал, Нуриев Н.К.**

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, e-mail: nijres@mail.ru*

Результатом данной работы является разработка редактора курсов в виде веб-приложения для подготовки студентов, позволяющего оценить и визуализировать уровень проектно-конструктивных способностей (АВС) студента. Система предоставляет преподавателям удобный инструмент для создания курсов, позволяет следить за подготовкой студентов и автоматически оценивать знания и навыки студентов по всем критериям (познавательный-информационный, эмоционально-ценностный, конструктивно-алгоритмирующий, потребностно-мотивационный, моделирующий, самореализации, деятельностный), просматривать результаты оценки студентов в текстовом и графическом виде. Кроме того, результаты оценки знаний студента (POL, CHL) сравниваются с пирамидой Блума. Для выполнения поставленных задач система имеет удобный интерфейс. Компетентность студента в некоторой деятельности определяется как умение и навыки студента на базе своих знаний разрешать проблемы до определенной сложности. Мы кластеризуем множество студентов внутри одной области деятельности и разделяем их на компетентных и некомпетентных студентов, строим квалиметрические шкалы: пятимерную и трехмерную. Обе эти шкалы опираются: 1) на закономерность «решение проблем в три операции»; 2) параметры <A, B, C, POL, CHL, S>, определяющие вероятность успешности; 3) экспертную оценку сложности проблем, решаемых на практике; 4) результаты тестов на полноту и целостность владения знаниями.

**Ключевые слова:** проектно-конструктивные способности (АВС), уровень подготовки, визуализация, компетентность, точность результата тестирования, качество измерения, качество процедуры, продолжительность тестирования, сложность теста

## WEB APP FOR ADAPTIVE LEARNING BASED ON DESIGN ABILITIES

**Nidzhres M.T., Nuriev N.K.**

*Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: nijres@mail.ru*

The result of this work is the development of a course editor in the form of a web application for preparing students to assess and visualize the level of student design and construction abilities (ABC). The system provides teachers with a convenient tool for creating courses, allows you to follow students' training and automatically evaluate students according to all criteria (cognitive-informational, emotional-value-based, constructive-algorithmizing, need-motivational, modeling, self-realization, activity-based), view student assessment results in textual and graphic form. In addition, the Results, student knowledge assessment (POL, CHL) are compared with the Bloom pyramid. To complete the tasks, the system has a convenient interface. The competence of a student, in a certain field of activity, is interpreted as his ability and skills to solve problems up to a certain complexity based on his knowledge, i.e. there is a certain invisible barrier of complexity, overcoming which it can be considered competent. For clustering people from one field of activity, i.e. dividing them into competent and incompetent students, it is necessary to build qualitative scales. In this case, you can build two scales: five-dimensional and three-dimensional. Both of these scales are based on the following information: 1. Based on the established fundamental pattern of «solving problems in three operations». 2. Based on the identified set of parameters <A, B, C, POL, CHL, S>, which determines the probability of success in solving problems. 3. Based on the methodology of expert assessment of the complexity of problems that a specialist can (able) solve in practice. 4. Based on the results of tests for the completeness and integrity of knowledge ownership.

**Keywords:** design and construction ability (ABC), the level of training, visualization, competence, test result accuracy, measurement quality, procedure quality, test duration, test complexity

Цель исследования: реализовать разработанный комплекс программных средств в дистанционном образовании на основе проектно-конструктивных способностей (АВС). Определить время тестирования на основании сложности вопросов, использовать пространственную модель достижения критериев для визуализации проектно-конструктивных способностей (АВС) из семи блоков и сравнения со шкалой Блума.

### Материалы и методы исследования

Проблемы дидактики не могут быть разрешены в рамках только педагоги-

ки, так как сегодня студент занимается учебной деятельностью в реально-виртуальном образовательном пространстве (преимущественно в техногенной среде), поэтому многие процессы учебной деятельности и диагностики должны быть формализованы, а затем автоматизированы. Для решения таких задач приходится наряду с педагогическими методами привлекать инженерные методы. В связи с этим в дидактике возникла новая методология, т.е. новый раздел науки об организации учебной деятельности с использованием инженерных методов и средств. Эту методологию назвали дидактической

инженерией [1, 2]. Многие проблемы, рассматриваемые в рамках дидактической инженерии, решаются с привлечением методов математического моделирования и численных методов [2, 3].

Для оценки качества подготовки в данной работе мы применяем один из наиболее современных способов на основе ABC-способностей. В настоящем исследовании мы опираемся на определение мониторинга качества по проектно-конструктивным способностям (ABC), предложенное Н.К. Нуриевым и Л.Н. Журбенко, которые считали, что в любой сфере компетенцию инвариантно поддерживает триада проектно-конструктивных способностей (ABC) определенного уровня развития, иначе говоря, ABC-способности и знания выступают как вспомогательные средства [4, 5]. При этом А, В, С представляют собой формализационные, конструктивные и исполнительские способности.

В научных исследованиях по системному анализу инженерной деятельности было установлено, что вероятность успешности инженера в решении проблемы относительно той или иной компетенции обычно зависит от следующих условий: уровень развития проектно-конструктивных способностей, глубина познаний, сложность решаемых проблем. Эта закономерность формально описывается следующим образом:  $P(\text{Успех}) = P(A, B, C, POL, CHL, S)$ , здесь POL, CHL – параметры, характеризующие глубину знаний студента, А, В, С – уровни развития формализационных, конструктивных, исполнительских способностей [6], S – сложность решаемой задачи. Учитывая приведенную закономерность, рассмотрим шкалу качества владения компетенцией (КВК) [6] (рис. 1).

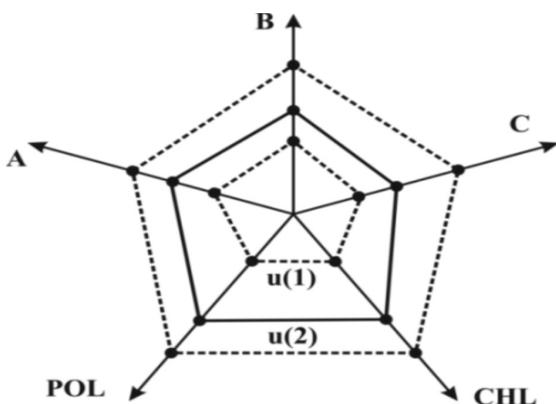


Рис. 1. Шкала качества владения компетенцией [6]

На этой шкале видно, что показатели качества владения компетенцией у инженеров  $u(1)$  и  $u(2)$  различаются. При этом, в отличие от инженера  $u(1)$ , инженер  $u(2)$  с большей вероятностью решит проблему сложности S. Заметим, что статистика эти данные не опровергает.

Базируясь на этой статистически не опровергаемой закономерности, сформулируем цель обучения студентов в рамках дидактической системы с технологией подготовки в метрическом компетентностном формате [6] (рис. 2).

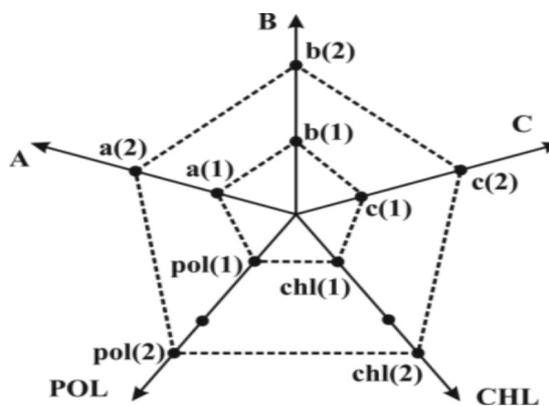


Рис. 2. Два профиля развития студента на шкале КВК [6]

Можно сформулировать цель следующим образом: требуется развить студента через обучение (в рамках компетенции) от профиля  $A(1) - B(1) - C(1) - CHL(1) - POL(1)$  до профиля  $A(2) - B(2) - C(2) - CHL(2) - POL(2)$  [3].

*Пространственная модель для достижения критериев*

Используя пространственную модель, определим значения следующих критериев (рис. 3).

При построении пространственной модели в качестве базовых были использованы А, В и С способности. А способности моделирует ось X, В способности моделирует ось Y, С способности моделирует ось Z. Тогда каждая точка первой четверти пространства будет отвечать достижению определенной способности. Например, точка A ( $x_1, y_1, z_1$ ) показывает достижение в данный момент величины  $x_1$  по А-способностям,  $y_1$  по В способностям,  $z_1$  по С-способностям. Тогда по этой модели имеем: достижение критерия.

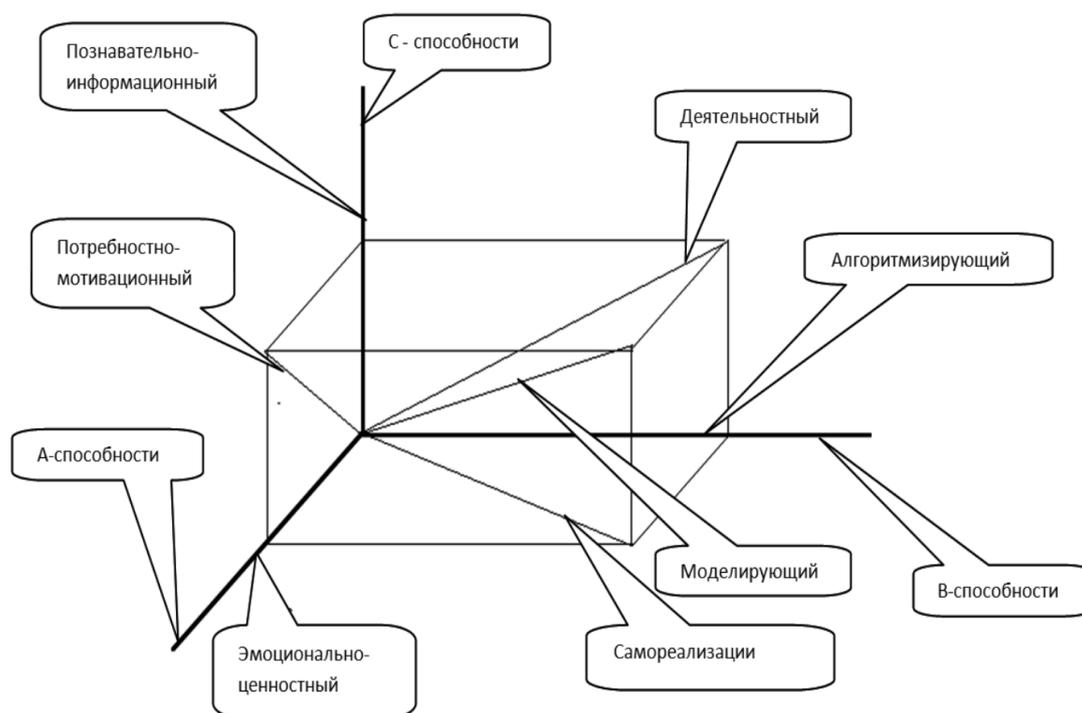


Рис. 3. Пространственная модель [3]

Также рассчитываются следующие критерии:

$$A \text{ (Эмоционально-ценностный) критерий: } A_{\text{студ}} = \sum_{i=1}^n s_{\text{студ},i,1}.$$

$$B \text{ (Конструктивный) критерий: } B_{\text{студ}} = \sum_{i=1}^n s_{\text{студ},i,2}.$$

$$C \text{ (Познавательно-информационный) критерий: } C_{\text{студ}} = \sum_{i=1}^n s_{\text{студ},i,3}.$$

$$A\text{--}B \text{ (Самореализации) критерий: } \sqrt{A_{\text{студ}}^2 + B_{\text{студ}}^2}.$$

$$A\text{--}C \text{ (Потребностно-мотивационный) критерий: } \sqrt{A_{\text{студ}}^2 + C_{\text{студ}}^2}.$$

$$B\text{--}C \text{ (Деятельностный) критерий: } \sqrt{B_{\text{студ}}^2 + C_{\text{студ}}^2}.$$

$$A\text{--}B\text{--}C \text{ (Моделирующий) критерий: } \sqrt{A_{\text{студ}}^2 + B_{\text{студ}}^2 + C_{\text{студ}}^2}.$$

#### Алгоритм вычисления оценки ABC-способностей

Создавая курс, позволяющий преподавателю рассчитывать ABC-способности студентов, следует в первую очередь оценить его сложность по А, В, и С критериям [6, 7]. Для этого преподавателю сначала следует оценить по каждому из этих критериев задачи и тесты, созданные им. Далее студент проходит поэтапно все разделы, отвечая на вопросы предложенного теста и решая все представленные задачи. Все это оценивается преподавателем по А, В и С критериям, что позволяет рассчитать непосредственно уровни владения ABC-способностями студентов после прохождения ими курса [6].

Заметим, что любой курс можно разбить на произвольное количество разделов, для каждого из которых возможно определение сложности по А, В, С критериям. Если представим, что  $n$  – это общее количество разделов в курсе, то его сложность будет описана матрицей размерностью  $n \times 3$ , в которой номер раздела определяется номером строки, критерий – номером столбца, сложность раздела по критерию – значениями элементов. При этом столбцы соответствуют непосредственно критериям А, В, С, то есть первый столбец соответствует критерию А и т.д. Опираясь на содержание раздела и учитывая степень сложности

вопросов и задач, преподаватель рассчитывает каждый из критериев. Допустим, значение элемента  $s_{2,3}$  описывает сложность по критерию  $C$  из второго раздела курса.

$$S = \begin{pmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} & s_{1,3} \\ s_{2,1} & s_{2,2} & s_{2,3} \\ \dots & & \\ s_{n,1} & s_{n,2} & s_{n,3} \end{pmatrix}.$$

Следовательно,

$$A = \sum_{i=1}^n s_{i,1}, B = \sum_{i=1}^n s_{i,2}, C = \sum_{i=1}^n s_{i,3}.$$

Рассмотрим ситуацию, когда каждый раздел с номером  $k$  имеет два теста  $POL$  и  $CHL$ , в которых  $m_k$  вопросов, а также блок задач, содержащий  $w_k$  задач. Тогда каждый раздел мы можем описать с помощью векторов  $P_k, H_k$  длины  $m_k$ , и матрицей  $T_k$  размерностью  $w_k \times 3$ . Каждый компонент вектора  $P_k$  содержит сложность вопроса теста  $POL$ , а  $H_k$  – сложность вопроса теста  $CHL$ . Номер строки элемента матрицы  $T_k$  соответствует номеру задачи в разделе, а номер столбца соответствует сложностям по критериям  $A, B, C$  соответственно.

$$P_k = (p_{k_1}, p_{k_2}, \dots, p_{k_{m_k}}), H_k = (h_{k_1}, h_{k_2}, \dots, h_{k_{m_k}}),$$

$$T_k = \begin{pmatrix} t_{k1,1} & t_{k1,2} & t_{k1,3} \\ t_{k2,1} & t_{k2,2} & t_{k2,3} \\ \dots & & \\ t_{kp_k,1} & t_{kp_k,2} & t_{kp_k,3} \end{pmatrix}.$$

Значения данных  $T_k$  определяются преподавателем при оценке им задач при заполнении раздела [8]. Вектора  $P_k, H_k$  определяются экспертами. Пусть вопросы теста  $POL$  раздела  $k$  оценены  $n_k$  экспертами. И каждый эксперт оценил  $i$  вопрос теста  $POL$  в  $n$ -м разделе. Тогда  $R_{k_i} = (r_1, \dots, r_{n_k})$  вектор с оценками данного вопроса. Тогда значение сложности данного вопроса  $p_{k_i} = (R_{k_i}) = (r_j)$ .

Сложность раздела по критериям  $A, B, C$  является суммой сложностей задач данного раздела по соответствующему критерию и впоследствии рассчитывается следующим образом:

$$s_{i,j} = \sum_{c=1}^{w_i} t_{ic,j}.$$

Студент должен пройти все разделы для прохождения курса. После прохождения каждого раздела студент оценивается по каждому из критериев.

$$S_{\text{студ}} = \begin{pmatrix} s_{\text{студ}1,1} & s_{\text{студ}1,2} & s_{\text{студ}1,3} \\ s_{\text{студ}2,1} & s_{\text{студ}2,2} & s_{\text{студ}2,3} \\ \dots & & \\ s_{\text{студ}n,1} & s_{\text{студ}n,2} & s_{\text{студ}n,3} \end{pmatrix}.$$

В каждом разделе студент дает ответы на вопросы теста и решает задачи, проверяемые впоследствии преподавателем. После прохождения раздела курса получают  $m_k$ -элементные векторы оценок  $a_k, b_k$  из  $m_k$  элементов, и  $c_k$  из  $w_k$  элементов.  $a_k, b_k$  – соответствуют оценкам на ответы вопросов тестов,  $c_k$  – оценкам ответов на задачи соответственно. Компоненты  $a_{k_i}$  и  $b_{k_i}$  принимают дискретные значения 0 или 1, при этом 0 соответствует неверному ответу на вопрос с номером  $i$ , а 1 – верному. Компоненты  $c_{k_i}$  принимают значения из отрезка  $[0, 1]$ , при этом 0 соответствует неверному решению на задачу с номером  $i$ , а 1 – полностью верному. По каждому из критериев результаты раздела вычисляются по следующей формуле:

$$s_{\text{студ}k,i} = \sum_{j=1}^{w_i} c_{kj} \cdot t_{kj}.$$

Таким образом, после прохождения всех разделов курса имеем матрицу оценок студентов по критериям А,В,С размерности  $n \times 3$

$$S_{\text{студ}} = \begin{pmatrix} S_{\text{студ}1,1} & S_{\text{студ}1,2} & S_{\text{студ}1,3} \\ S_{\text{студ}2,1} & S_{\text{студ}2,2} & S_{\text{студ}2,3} \\ \dots & \dots & \dots \\ S_{\text{студ}n,1} & S_{\text{студ}n,2} & S_{\text{студ}n,3} \end{pmatrix}.$$

Общая оценка за  $n$ -й раздел  $S_{\text{студ}k}$  вычисляется следующим образом:

$$POL_k = \frac{\sum_{i=1}^{m_k} a_{k_i} \cdot p_{k_i}}{\sum_{i=1}^{m_k} p_{k_i}}, \quad CHL_k = \frac{\sum_{i=1}^{m_k} b_{k_i} \cdot h_{k_i}}{\sum_{i=1}^{m_k} h_{k_i}},$$

$$S_{\text{студ}k} = 0.6 \cdot POL_k \cdot CHL_k + 0.4 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{w_k} c_{k_i}}{w_k}.$$

Для раздела вычисляется оценка  $Q = \sqrt{POL_k \cdot CHL_k}$  и по ней строится пирамида Блума. Соответствия значений  $Q$  и уровня по пирамиде Блума представлены в табл. 1.

**Таблица 1**

Соответствия значений и уровня по пирамиде Блума

Уровень	Значение Q
Знание	0,6
Понимание	0,67
Использование	0,74
Анализ	0,81
Синтез	0,88
Оценка	0,94

Если по каждому из критериев  $A, B, C$  результат студента превышает пороговое значение, общая оценка за раздел не менее 60%, т.е.

$$\frac{S_{\text{студ},j}}{S_{i,j}} \geq 0.6,$$

то раздел считается пройденным. В зависимости от результата для каждого из критериев определяется уровень студента (табл. 2).

**Таблица 2**

Уровень студента

Уровень	Минимальный процент
Посредственный	60%
Удовлетворительный	70%
Хороший	80%
Высокий	90%

Если же студент получит менее 60% хотя бы по одному критерию, то раздел не считается пройденным и студент проходит данный раздел заново.

После прохождения раздела для студента рассчитываются уровни владения  $A_{\text{студ}}$ ,  $[B]_{\text{студ}}$ ,  $C_{\text{студ}}$  способностями для данного курса на основании семи блоков. После прохождения всех разделов вычисляются уровни умения и знания студента владения  $ABC$   $POL$   $CHL$  способностями для данного курса, После этого представляются результаты студента для  $POL$  и  $CHL$  по пирамиде Блума (рис. 4).

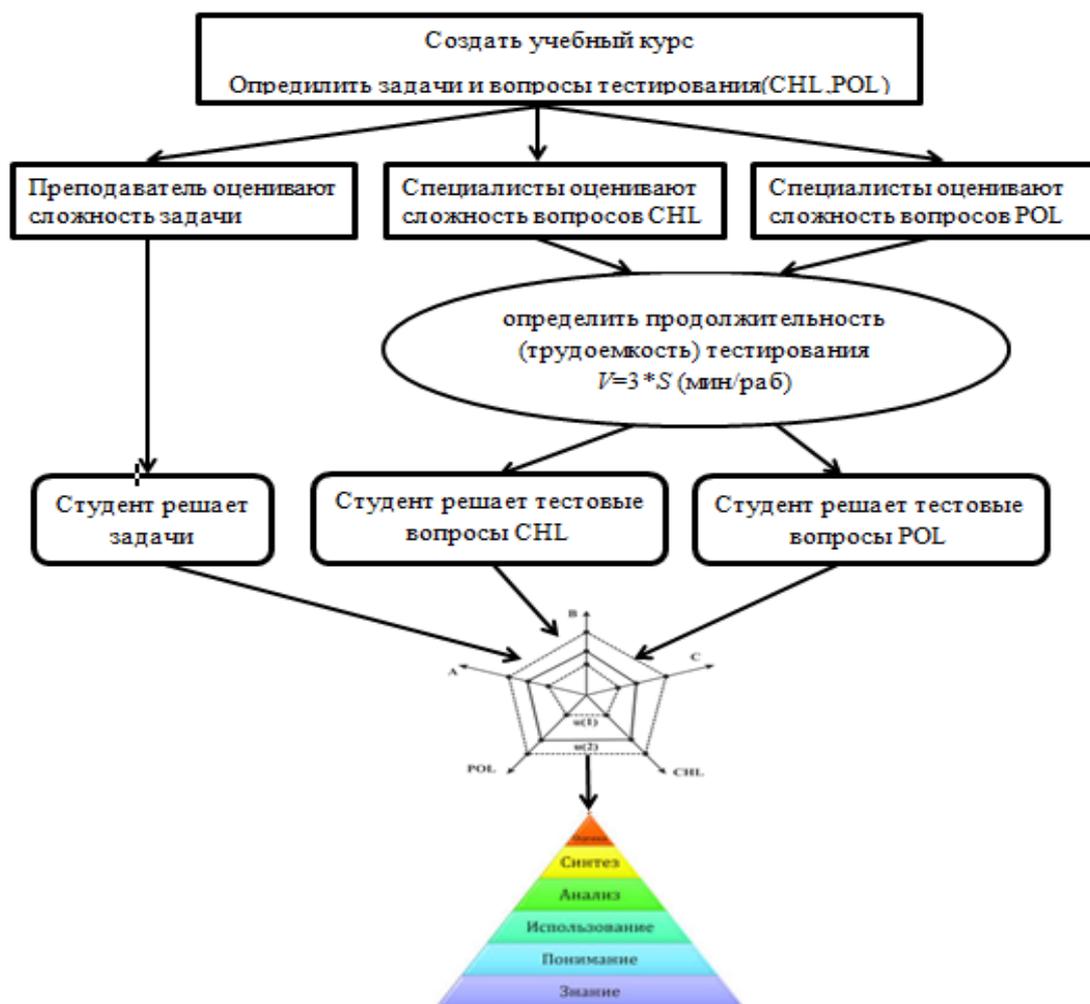


Рис. 4. Схема организации учебных курсов

#### Реализация и обзор (практическая часть)

Для разработки данного веб-приложения использовался язык программирования Java и веб-фреймворк Play. Для хранения данных была выбрана база данных SQLite. Для оформления данного веб-приложения использовался HTML и CSS фреймворк bootstrap, также использовалась библиотека jQuery. Также использовался визуальный редактор текста skeditor. Для визуализации результатов использовалась библиотека chart.js. При реализации данного веб-приложения использовалась среда разработки IntelliJ Idea.

В данном веб-приложении есть четыре типа пользователей: администратор, преподаватель, студент и эксперты. Среди них максимальными возможностями системного контроля обладает администратор. Этот тип пользователя имеет возможность присвоить учительский статус учетным за-

писям. Он создается, когда система развернута со стандартным логином и паролем, которые должны быть изменены в целях безопасности. (рис. 5).

Администратор назначает преподавателя, задача которого – создание и редактирование курсов, открытие доступа студентам к своим курсам. Также преподаватель проверяет выполненные студентами задания и контролирует их результаты. Он не имеет доступа к курсам других преподавателей [9]. Каждый курс необходимо разделить на темы, которые включают в себя: Теоретический материал, Тест POL, CHL, Набор задач. Для заполнения лекций, теста или задач имеется визуальный текстовый редактор с возможностью добавления мультимедиа-материалов. Также для каждой темы необходимо указать количество вопросов в тесте, количество задач. Для каждой задачи в тесте указывается сложность для каждого из параметров A, B, C (рис. 6).

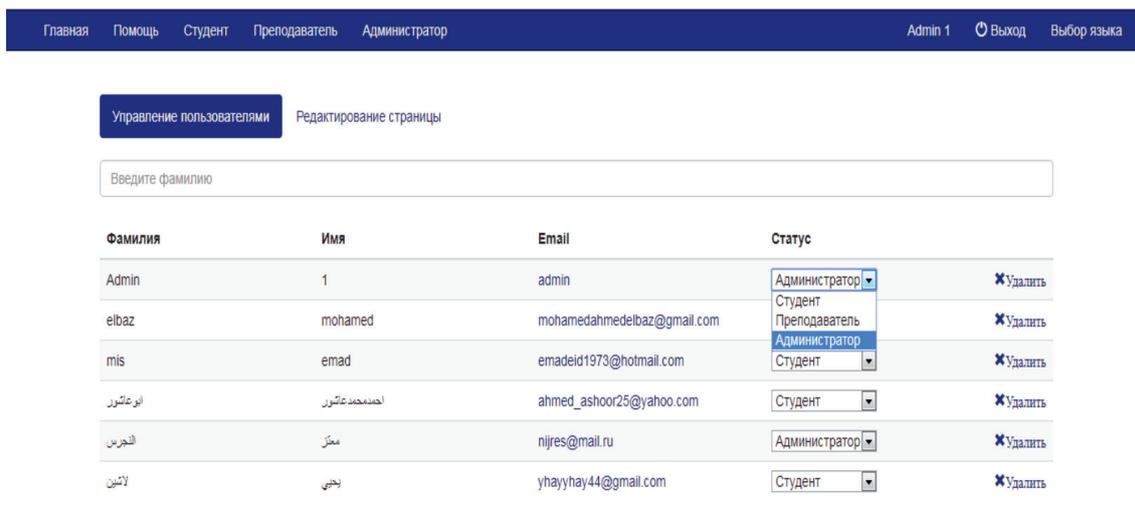


Рис. 5. Окно определения пользователя

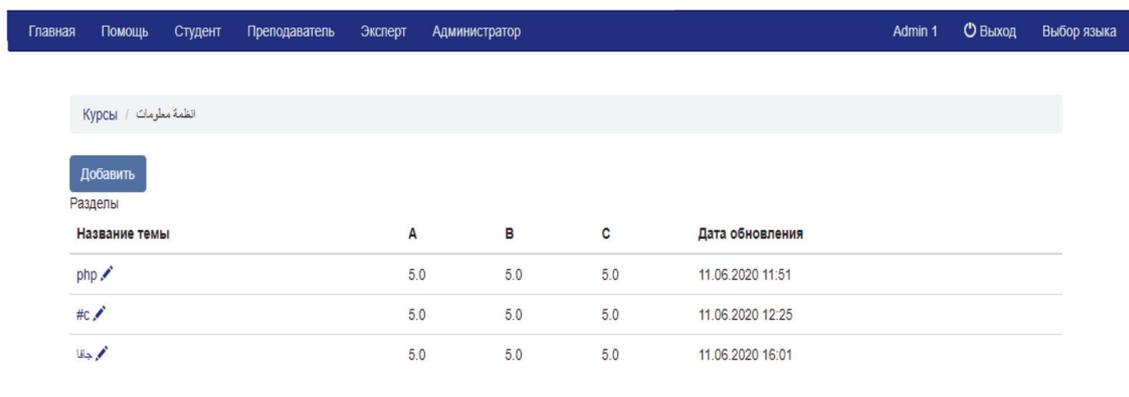


Рис. 6. Окно редактирования темы

Сложность тестов POI и CHL определяется экспертом, вопросы и ответы направляются эксперту, и эксперт оценивает сложность  $S$  (трудоемкость в мин/раб) теста [8]. Чтобы получить реальную сложность тестирования и определения подходящего времени, учитель отправляет вопросы и ответы как минимум пяти экспертам, а затем система выбирает наименьшее время и задает для студентов продолжительность (трудоемкость) тестирования  $V = 3 * S$  (мин/раб) (табл. 3) [8].

Таблица 3

Наблюдаемые частоты, полученные в ходе тестирования [6]

№	Вопросы	Ответы	Сложность (мин/раб.)
1	Вопрос	Ответ	1
2	Вопрос	Ответ	3
3	Вопрос	Ответ	2
4	Вопрос	Ответ	4
...	...	...	
10	Вопрос	Ответ	4
Сложность (трудоемкость) теста $S = 30$			

Далее необходимо выбрать студентов для прохождения данного курса и открыть им доступ. Студенты затем проходят тесты и решают задачи. Далее преподаватель проверяет правильность решения задач и подсчитывает результаты для данной темы. Если оценка студента меньше пороговой, то для того, чтобы попытаться повторно пройти тест, ему необходимо вернуться к предыдущим темам, связанным с данной по соответствующему критерию. Студент и преподаватель могут просмотреть визуализацию и описание этих результатов (рис. 7, табл. 4).

A: 80.0%  
B: 80.0%  
C: 80.0%

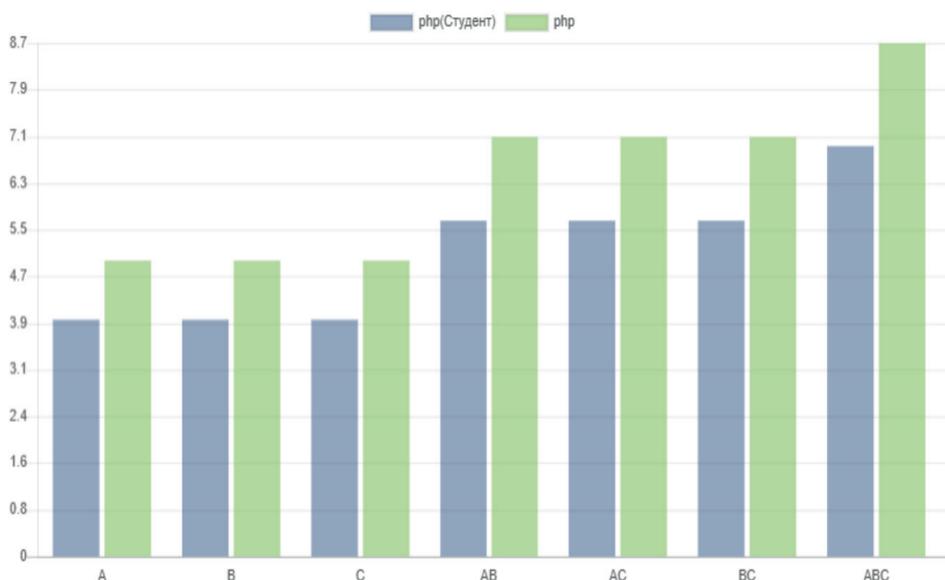


Рис. 7. Промежуточное окно визуализации результатов

После завершения курса вы можете просмотреть визуализированные общие результаты, а также ответы ученика на тест и задания (рис. 8).

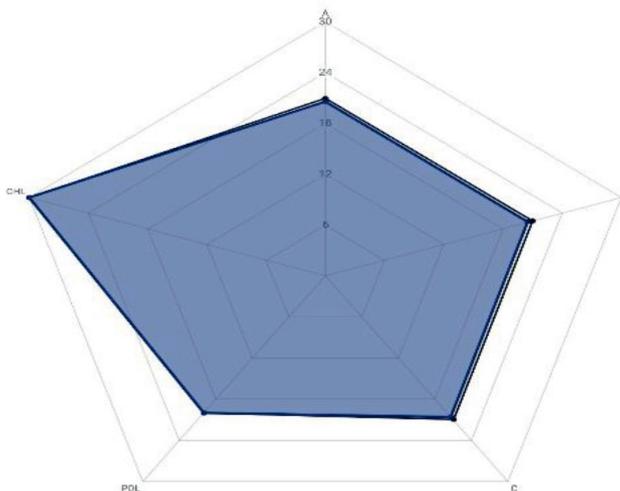


Рис. 8. Оценка по шкале качества владения компетенцией

Таблица 4

Промежуточное окно визуализации результатов

Уровень хорошо						
А (Эмоционально-ценностный критерий)	В (Конструктивный критерий)	С (Познавательный-информационный критерий)	АВ (Самореализации) критерий	АС (Потребностно-мотивационный) критерий	ВС (Деятельностный) критерий	АВС (Моделирующий) критерий
Студент имеет возможность в некоторых случаях оценить красоту научных теорий и идей, роли научной символики и значения, возможности формализации научного стиля для решения практических задач. Имеет достаточную самостоятельность. Своевременно выполняет задачи, адекватно оценивает собственные достижения в области решения научных задач	Студент имеет следующие качество: умение алгоритмизировать для решения большинства проблем, практических задач	Студент имеет следующие качество: хорошее знание научных теорий, и символов, и аксиоматики, знает историю науки	Студент имеет следующие качества: хорошо развитые умения определять личные достоинства и недостатки в сфере научно-информационной культуры, определять резервы дальнейшего развития [4] научно-информационной культуры, целенаправленно регулировать развитие научно-информационной культуры	Студент имеет следующие качества: потребность в саморазвитии, необходимость применения научных методов и моделей для приложений, профессиональное осознание важности научной информационной культуры	Студент имеет следующие качества: хорошую способность применять теоретические и практические знания на практике: умение перевести прикладную задачу на научном языке большинство прикладных задач, умение самостоятельно и правильно поставить задачу и выбрать научные методы [4] исследований, умение построить научно-информационную модель для изучения его.	Студент имеет достаточные развитые умения анализа, прогнозирования



Рис. 9. Оценка по шкале пирамиды Блума уровня знаний студента в POL и CHL

После этого общий результат теста POL и CHL представляется в соответствии с пирамидой Блума (рис. 9).

### Заключение

Разработан редактор курсов в виде веб-приложения для адаптивной подготовки студентов, позволяющий оценить и визуализировать уровень АВС-способностей студента. Система предоставляет преподавателям удобный инструмент для создания курсов, позволяет оценивать студентов автоматически по всем критериям, просматривать результаты оценки студентов в текстовом и графическом виде, определить время тестирования на основании сложности вопросов, оценка знания студента (POL, CHL) сравнивается с пирамидой Блума. Для выполнения поставленных задач система имеет удобный интерфейс.

### Список литературы

1. Чошанов М.А. Дидактика и инженерия. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 248 с.
2. Галимянов А.Ф., Исмагилова К.К., Старыгина С.Д. Метрики начальной культуры программирования студен-

тов // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Education Technology & Society)». 2014. № 17:4. С. 645–654.

3. Аль-Хашеди А.А., Обади А.А., Муршед Ф.А. Проектирование программного обеспечения умной образовательной системы на примере обучения решения систем линейных уравнений // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 20.1. С. 102–105.

4. Исмагилова К.К. Формирование математической культуры в современной профессиональной школе гуманитарного профиля. 2010. 27 с.

5. Обади А.А., Аль-Хашеди А.А., Муршед Ф.А. Проектирование программного обеспечения смартобразовательной системы на примере решения алгебраических и трансцендентных уравнений // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 10.

6. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Гибадуллина Э.А. Дидактическая инженерия: проектирование систем обучения нового поколения // Интеграция образования. 2016. 20.3 (84).

7. Печень Е.А., Старыгина С.Д. Дидактическая инженерия: модель построения оптимального расписания для поточного тестирования // Образовательные технологии и общество. 2017. № 20.4. С. 430–442.

8. Ниджрес Моатаз Талал. Модель организации процесса тестирования // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 3. С. 153–163.

9. Гарифьянов Н.Ф., Нуриев Н.К. Дидактическая инженерия: практика реализации // Образовательные технологии и общество. 2016. № 19.4. С. 385–396.