

ред. В. Д. Симоненко, М. В. Ретивых. – Брянск: Изд-во Брянск. гос. ун-та, 2003. – Кн. 1. – 174 с.

5. Одинцов И. О. Профессиональное программирование. Системный подход. – СПб.: БХВ, 2002. – 512 с.

6. Хуторской А. В. Практикум по дидактике и методикам обучения. – СПб.: Питер, 2004. – 541 с.

7. Frankovisch Jh. Software Quality Assurance [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://sern.ucalgary.ca/courses/seng/621/W97/johnf/sqa-deta.htm>.

8. [http://www.researcher.ru/methodics/teor/a\\_1xitfn.html](http://www.researcher.ru/methodics/teor/a_1xitfn.html)

**А. А. Фролов,  
Ю. Н. Фролова**

## **АЛГОРИТМИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМНОМУ ОБУЧЕНИЮ ОСОЗНАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

В статье рассмотрена основная задача проблемного обучения – усвоение алгоритма конкретной осознанной деятельности и творческая эвристическая реализация шагов этого алгоритма. Построена математическая модель проблемного обучения, допускающая оценку качества как результата обучения, так и его процесса. Показана адекватность модели и пригодность ее для использования в процессе проблемного обучения.

The basic task of a problem education is considered in the article. This objective includes mastering of algorithm of specific deliberate activity and creative heuristic realization these algorithmic steps. A simulator of a problem education, quality estimable of educational process and result was built. Besides adequacy of model and its convenience for use in a process of a problem education were shown.

Деятельность – активное взаимодействие с окружающей действительностью, в ходе которого живое существо выступает как субъект, целенаправленно воздействующий на объект и удовлетворяющий таким образом свои потребности [1, с. 135]. Деятельность животных отличается узко приспособительным характером: они ориентируются лишь на внешнюю, наглядно представляемую сторону явлений. Основной вид человеческой деятельности – труд, разновидностью которого является труд умственный – общественно необходимая теоретическая деятельность. Элементы такой деятельности – мотивы, цели и средства, осознание которых ведет, в частности, к сознательности учения – осознанному отношению к учению, реализуемому через осмысление собственных действий и их результатов в соответствии с целями и мотивами учения [1, с. 136].

Мотивационный процесс носит выраженный стадийный (поэтапный) характер, структура и содержание этапов могут быть осознаны [2, с. 70]. Отсюда вытекает и поэтапность процесса целеполагания. Это указывает на воз-

возможность алгоритмического представления указанных видов осознаваемых и управляемых операций. Например, возможно алгоритмическое описание деятельности оператора как совокупности дискретных единиц деятельности и правил, определяющих порядок их следования [1]. Оператором может быть субъект трудовой и учебной деятельности при условии ее осознанности.

Следует отметить, что алгоритм обычно воспринимается в виде совокупности *предписаний*, в то время как в сущности своей он отражает *законы* человеческого мышления. Поэтому противопоставление алгоритмического и эвристического подходов к решению задач в принципе неправомерно. Алгоритм на уровне *подхода* однозначно определяет порядок следования дискретных единиц деятельности. Реализация же этих единиц всегда носит сугубо личностный характер, не допускающий категоричной точности рекомендаций. Согласно «Большому психологическому словарю» [1], в современном понимании эвристика представляет собой «науку о продуктивном мышлении». В то же время структура продуктивного мышления, тем более – в его предельном варианте – научного мышления, достаточно четко алгоритмизирована [4]. Деятельностное наполнение каждого шага этого алгоритма, как уже было отмечено выше, является исключительно индивидуально-личностным, творческим процессом, не допускающим конкретных предписаний и потому соответствующим устоявшимся представлениям об эвристике. Таким образом, эвристичность непротиворечиво сочетается с системно алгоритмическим характером продуктивного мышления и, соответственно, любой осознанной деятельности, основанной на таком мышлении.

Все сказанное, безусловно, относится и к такому виду деятельности, как обучение – особенно к его проблемной форме. Проблемное обучение – система методов и средств, обеспечивающих возможности творческого участия обучающегося в процессе формирования творческого мышления, и вытекающей из него практической исследовательской деятельности, соответствующей познавательным интересам личности. Поэтому проблемное обучение должно представлять собой естественное сочетание алгоритмизированной деятельности, соответствующей структуре продуктивного мышления [4] или ее фрагментам, с эвристическим мышлением обучающегося в рамках каждого этапа этой структуры.

Эффективность проблемного обучения высока не только для теоретических систем знаний, но и для профессионально-практических при условии осознанности профессионально-практической деятельности.

Таким образом, очевидно, что основной задачей проблемного обучения является усвоение алгоритма конкретной осознанной деятельности (в указанном выше его понимании) в сочетании с формированием навыков творческой эвристической реализации шагов этого алгоритма. Следовательно, необходима разработка подхода, позволяющего формализовать и стандартизировать

процесс проблемного обучения, а также обеспечить корректные измерение и оценку качества хода и результатов такого обучения.

Рассмотрим некоторую осознанную деятельность, реализующуюся в соответствии с алгоритмом, содержащим определенное число шагов. Каждому шагу соответствует  $N_i$  вариантов решения. Число перебранных вариантов до выбора варианта решения для данного шага может быть представлено как  $dN_i$ . Тогда характеристикой качества усвоения алгоритма, связанной с вероятностью выбора правильного решения, для каждого шага будет величина  $\frac{dN_i}{N_i}$ . Для всех шагов алгоритма эти величины, соответственно, будут равны  $N$ ,  $dN$  и  $\frac{dN}{N}$ .

Для перебора всех вариантов реализации алгоритма в целом необходимо время  $t$ . Перебранным вариантам решения до выбора варианта решения задачи на основании данного алгоритма соответствует время  $dt$ . Отсюда следует, что при оценке качества усвоения алгоритма величина  $\frac{dN}{N}$  может быть заменена однозначно отражающей ее величиной  $\frac{dt}{t}$ . В отличие от количеств возможных и перебранных решений, время, в течение которого они принимаются, легко измеряется в ходе соответствующего эксперимента.

Перебор вариантов  $dN$  и, соответственно, время решения  $dt$  определяются варьированием обучающимся понимания условия задачи  $dn$ , где  $n$  – число предъявлений задачи (или однотипных и одноуровневых стандартизированных задач) для решения в рамках проблемного обучения. При этом в ходе успешного проблемного обучения число перебранных вариантов решений должно убывать по мере предъявления новых задач после анализа качества предыдущих решений. Это обстоятельство может быть записано в виде уравнения:

$$\frac{dt}{t} = -\lambda dn, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – личностная характеристика обучающегося, являющаяся достаточно постоянной величиной и отражающая его индивидуальные особенности, важные для усвоения алгоритма деятельности. К таковым, например, относятся: специфика координации движений при обучении парикмахерскому искусству и монтажу электрической и электронной техники; специфика умений и навыков записи результатов мыслительной деятельности при решении физических задач или введении определенных понятий; характерный темп мышления при решении задач и т. д. Сюда же входит и уровень предварительной подготовки обучающихся в областях, связанных с проблематикой данного конкретного обучения.

Решение полученного уравнения имеет вид:

$$\ln t = -\lambda n + \ln t_0, \quad (2)$$

где  $\ln t_0$  – постоянная интегрирования. Потенцируя, получаем выражение:

$$t = t_0 e^{-\lambda n}, \quad (3)$$

характеризующее изменение времени принятия решений в соответствии со структурой алгоритма в зависимости от предъявления стандартизированных заданий при условии совместного с обучающимся анализа каждого предыдущего решения перед предъявлением последующего. Однако надо принимать во внимание, что в данном решении при  $n \rightarrow \infty$ ,  $t \rightarrow 0$ , что в принципе невозможно. Должно существовать некоторое минимальное время,  $t_{\min}$ , в течение которого проблемное задание может быть выполнено конкретным обучающимся. Примером может служить собственно время записи алгоритмизированной последовательности мыслительных операций, определяемое скоростью письма, характерной для обучающегося. Тогда качество усвоения алгоритма конкретной осознанной деятельности характеризуется выражением

$$t = t_{\min} + t_0 e^{-\lambda n}. \quad (4)$$

График, соответствующий этой зависимости, представлен на рис. 1.

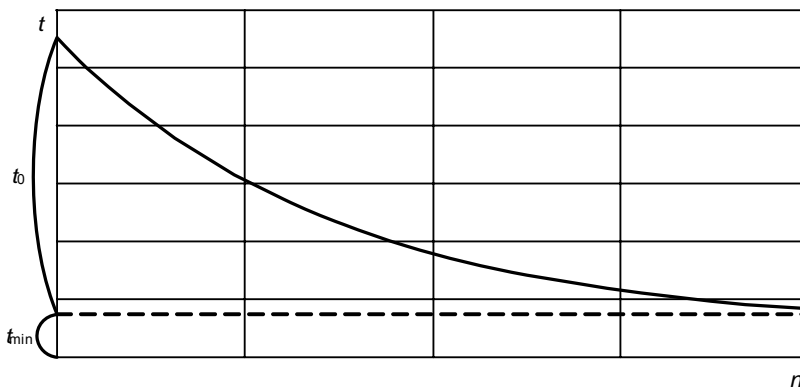


Рис. 1. Зависимость времени выполнения стандартизированного задания в ходе проблемного обучения от числа предъявления таких заданий

Необходимо отметить одну особенность графика, приведенного на рис. 1. Несмотря на тщательный подбор однородных и одноуровневых задач, предлагаемых для проблемного обучения, для конкретных испытуемых некоторые из этих задач вызывают меньшие затруднения, а некоторые – большие. Это приводит к значительному разбросу значений величины  $t$  в процессе измерения ее зависимости от числа предъявлений задач. В связи с этим при математической обработке результатов измерений надо иметь в виду, что указанный разброс значений в существенной степени отражает «диаграммный характер» графиков. Дело в том, что во многих случаях при графическом представлении результатов каких-либо измерений мы имеем дело не с графи-

ками, а с диаграммами состояний исследуемых систем [6, с. 224]. В нашем случае на рис. 1 линии  $t = t(n)$  и  $t = t_{\min}$  соответствуют двум предельным случаям – процессу эффективного усвоения алгоритма рассматриваемой деятельности ранее необученным человеком и приобретению навыка автоматизированного владения алгоритмом [3, с. 160]. Точки поля диаграммы, заключенные между этими двумя линиями, соответствуют реальным состояниям обучающегося в ходе проблемного обучения.

Линия  $t = t(n)$  соответствует предельным значениям величины  $t$ , характерным для модели человека, успешно обучающегося в ходе проблемного обучения. Сущность такой модели состоит в том, что обучающийся каждый раз, выполнив очередное задание, с помощью преподавателя корректирует свои действия, осознанно учитывая допущенные ошибки в использовании алгоритма. В результате состояние такой модели непрерывно, от предъявления к предъявлению стандартизированных задач изменяется в сторону усвоения алгоритма деятельности в целом.

Линия  $t = t_{\min}$  на диаграмме рис. 1 соответствует профессиональному уровню субъекта данной осознанной алгоритмизированной деятельности.

Алгоритм осознанной деятельности представляет собой структуру направляющей, принципиально важной идеи этой деятельности, на фоне которой развивается эвристика в пределах шагов этого алгоритма [1]. Поэтому после того, как построена технология проблемного обучения алгоритмизированной деятельности и оценки качества усвоения структуры соответствующего алгоритма, необходимо оценить качество исполнения шагов алгоритма. Эта задача достаточно сложна, поскольку в пределах шага алгоритма проявляются индивидуальные творческие особенности личности, выражающиеся в специфической для нее эвристичности реализации шага. Кроме того, далеко не во всех видах деятельности результат выполнения шага алгоритма может быть оценен объективно на основе измерения какой-либо величины или совокупности величин. В таких случаях возможна, например, балльная оценка качества выполнения шага, что приводит к субъективности и, соответственно, размытию описания усвоения деятельности в процессе проблемного обучения. Поэтому необходимо формирование предварительного представления о возможном изменении таких оценок в ходе обучения, связанного с предъявлением обучающимся однородных и однотипных, желательно – стандартизированных учебных задач, решение которых основано на алгоритмизированном подходе.

При анализе качества выполнения шагов алгоритма речь идет о переборе возможных решений, поскольку именно здесь действует преимущественно эвристический подход. В данном случае справедливы те же рассуждения, которые привели выше к уравнению (1). Однако здесь величина  $\frac{dN}{N}$  будет отра-

жена в соответствующем уравнении величиной  $\frac{dB}{B}$ , где  $B$  – возможная (суммарная) оценка качества выполнения шагов алгоритма, а  $dB$  – перебранные значения оценки для перебранных вариантов  $dn$  понимания обучающимся условия задачи. Тогда, по аналогии с (1), уравнение для оценки качества выполнения шагов алгоритма может выглядеть следующим образом:

$$\frac{dB}{B} = -\alpha dn$$

Здесь параметр  $\alpha$  отражает личностные особенности затруднений обучающегося в повышении качества выполнения шагов алгоритма (обучаемости [1]). Поэтому, исходя из смысла последнего уравнения, параметр  $\alpha$  должен: а) расти по мере увеличения необразованности ( $U$ ) обучающегося в области предполагаемой деятельности и смежных с ней областях; б) убывать по мере роста (развития) активной реакции ( $R$ ) обучающегося на трудности, возникающие в процессе проблемного обучения (предъявления стандартизированных заданий). Тогда последнее уравнение можно записать в виде:

$$\frac{dB}{B} = -\frac{U}{R}dn \quad (5)$$

Однако необходимо учитывать, что уравнение (1), отражающее, в основном, усвоение структуры алгоритма осознанной деятельности в ходе проблемного обучения, носит общий констатирующий характер, и параметры его решений для конкретных значений  $n$  лишь опосредованно связаны с анализом качества предыдущих решений.

В рассматриваемом же случае (оценки качества выполнения шагов алгоритма) упомянутый анализ направлен на формирование мотивации (характеризующейся величиной  $M$ ) в отношении обучения деятельности и активной реакции ( $R$ ) обучающегося на трудности, возникающие в процессе проблемного обучения. На основании этих соображений и уравнения (5) скорость изменения оценки усвоения качества выполнения шагов алгоритма и сама эта оценка будут связаны уравнением:

$$\frac{dB}{dn} + \frac{U}{R}B = \frac{M}{R} \quad (6)$$

Решение этого неоднородного дифференциального уравнения приводит к выражению для значения оценки качества выполнения шагов алгоритма:

$$B = \frac{M}{U} \left( 1 - e^{-\frac{U}{R}n} \right). \quad (7)$$

Здесь величина  $\frac{R}{U}$  соответствует некоторому значению  $n$ , начиная с которого оценка  $B$  может достигать максимально возможных значений. Это надо понимать

так, что указанное число предъявлений стандартизированных заданий позволяет сформировать у обучающихся качество выполнения шагов алгоритма, обеспечивающее требуемый уровень рассматриваемой осознанной деятельности.

В выражении (7) при  $n = 0$ ,  $B = 0$ . Таким образом, минимальное значение оценки  $B$  в ходе проблемного обучения является нулевым. Это невозможно, поскольку после необходимой предварительной подготовки обучающихся (включающей рассмотрение примеров) выполнение шагов алгоритма не может приводить к нулевому результату. Как и в предыдущем случае, см. уравнение (4), должно существовать некоторое минимальное значение оценки  $B_{\min}$ , соответствующее исходному состоянию обученности данной деятельности. Если это значение сохраняется при последовательном предъявлении стандартизированных заданий и анализе их решений, речь идет о необучаемости конкретного человека данной деятельности в рамках осознания алгоритмизированного процесса. В таком случае возможен либо отказ от данной деятельности ввиду индивидуальных личностных особенностей ее потенциального субъекта либо отказ от осознанности обучения, если данная деятельность необходима.

Из выражения (7) следует, что величина  $\frac{M}{U}$ , характеризующая соотношение мотивации учащегося в отношении обучения данной осознанной деятельности и уровня его необразованности в данной области, имеет смысл максимального достижимого уровня оценки качества выполнения шагов алгоритма  $B_{\max}$ . В итоге выражение (7) может быть представлено в виде:

$$B = B_{\min} + B_{\max}(1 - e^{-an}). \quad (8)$$

График, соответствующий зависимости (8), представлен на рис. 2.

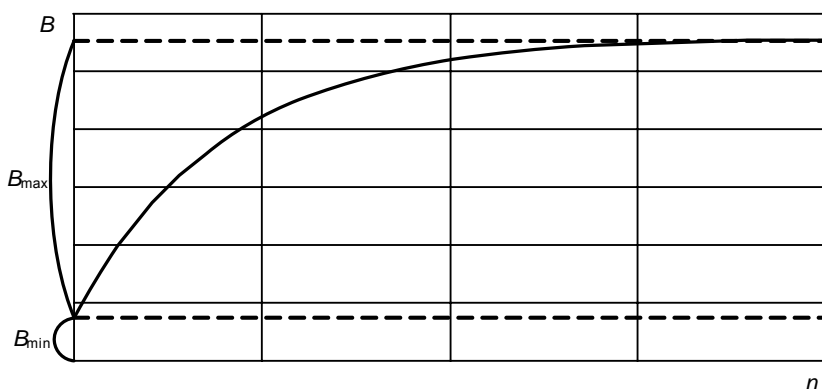


Рис. 2. Зависимость качества выполнения шагов алгоритма в ходе решения стандартизированной задачи от числа предъявления таких задач

Здесь, как и в случае, представленном на рис. 1, мы имеем дело с диаграммой состояний обучающегося в области конкретной деятельности. Линия графика  $B = f(n)$  описывает изменение состояния учащегося в случае успешного проблемного обучения. Линия  $B = B_{\min}$ , как уже было отмечено выше, соответствует необучаемости *данного конкретного обучающегося данной конкретной деятельности* на основе *данной конкретной* методики проблемного обучения, основанной на *осознании* алгоритма процесса и его выполнении. Поле, ограниченное этими линиями на диаграмме рис. 2, соответствует полю реальных состояний обучающегося, возможных в процессе проблемного обучения. Линия  $B = B_{\max}$  соответствует полученному навыку автоматизированного пользования [3, с. 160] алгоритмом деятельности, являющейся предметом проблемного обучения.

Подводя итог, можно предложить реальную эффективную технологию осуществления проблемного обучения любой *осознанной* деятельности, основанной на ее алгоритмизированном представлении в рамках продуктивного мышления, а также технологию оценки хода и качества результата этого обучения.

В качестве примера использования такой технологии авторами настоящей работы было проведено проблемное обучение методике введения определений понятий в соответствии с алгоритмом, описанным в работах [4, 5]. Работа проводилась в группах обучающихся и индивидуально в рамках пилотной выборки, включавшей 50 участников эксперимента. Сюда входили специалисты в разных областях деятельности с высшим профессиональным образованием (в том числе кандидаты и доктора наук), начальным и средним профессиональным образованием, а также учащиеся общеобразовательных школ. Полученные результаты носят предварительный характер, однако позволяют утверждать следующее.

1. Характер (вид) измеренных зависимостей  $t = t(n)$  и  $B = B(n)$  соответствует описанному в настоящей статье (уравнения (4) и (8)). Однако параметры этих зависимостей для перечисленных выше групп (типов) обучающихся существенно различны, и для установления их величин необходимо рассмотрение представительных специализированных выборок.

2. Полностью подтверждается предположение о диаграммном характере графического представления результатов измерений указанных зависимостей, что позволяет надеяться на возможность создания методик коррекции результатов проблемного обучения непосредственно в ходе процесса.

3. Линии  $t = t_{\min}$ ,  $B = B_{\min}$ ,  $B = B_{\max}$  четко выражены и имеют смысл, описанный в настоящей статье.

4. Установлено, что для усвоения структуры алгоритма достаточно в среднем 15 предъявлений стандартизированных заданий (с анализом результатов решений), в то время как для отдельных групп обучающихся (например, учащихся общеобразовательных учреждений) достижение достаточ-



ного качества выполнения шагов алгоритма требует гораздо большего числа предъявлений. Возможно, в таких случаях полезным окажется создание системы дочерних алгоритмов для шагов основного алгоритма, направляющей развитие эвристичности обеспечением структуры правдоподобности рассуждений [1].

5. Порядки значений величин: для успешно обучающихся  $\lambda \sim 10^{-1}$ ,  $\alpha \sim 1$ ; для удовлетворительно обучающихся  $\lambda \sim 10^{-1} - 10^{-2}$ ,  $\alpha \sim 10^{-1}$ .

Таким образом, предложенная в настоящей статье возможность алгоритмизированного подхода к проблемному обучению осознанной деятельности, а также измерения хода и результата этого обучения, допускающего непосредственную коррекцию процесса, находит экспериментальное подтверждение на примере конкретного вида познавательной деятельности.

Авторы благодарят профессора, доктора физико-математических наук Феликса Ароновича Сидоренко за интерес к работе и помощь в математическом описании процесса.

### Литература

1. Большой психологический словарь / Сост. и общ. ред. Б. Мещеряков, В. Зинченко, – СПб.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2005. – 672 с. (Проект «Психологическая энциклопедия»).

2. Ильин Е. П. Мотивация и мотивы. – СПб.: Изд-во «Питер», 2000. – 458 с. (Серия «Мастера психологии»).

3. Ланда А. Н. Алгоритмизация в обучении // Под общ. ред. Б. В. Гнеденко, Б. В. Бирюкова. – М.: «Просвещение», 1966 – 524 с.

4. Непрерывное образование: региональный аспект. Коллектив. моногр. / Сост. В. Ю. Козлов, И. А. Храмцова; отв. за вып. С. Г. Фролов – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 350 с.

5. Фролов А. А., Фролова Ю. Н. Понятийность как основа единства интеграции и дифференциации научного знания // Понятийный аппарат педагогики и образования: Сб. науч. тр. Вып. 5 / Отв. ред. Е. В. Ткаченко, М. А. Галагузова. – М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2007. – 592 с.

6. Фролов А. А. Ограничение кристаллов силицидов и германидов при выращивании из расплава // Рост кристаллов. – М.: Наука, 1989. Т. 17. – С. 216–237.