

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА УСВОЕННЫХ НА ЗАНЯТИИ УЧЕБНЫХ ПОНЯТИЙ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ЦИПФА

Т. И. Бугаева,

доцент кафедры инженерной и компьютерной педагогики

Донецкий национальный университет, канд. пед. наук

e-mail: bugaeva_tatyana@mail.ru

В статье рассматривается один из вероятностных законов распределения, как универсальное средство познания и преобразования педагогической действительности. Показано использование закона Ципфа для определения оптимального количества учебных понятий, которые необходимо усвоить на занятии, с учетом критерия их ценности. Обосновано, что этот закон дает возможность не только научно выделять зоны значимости учебных понятий, которые изучаются на занятии, но и доказательно вычислять их взаимозависимый количественный состав.

Ключевые слова: усваивание материала (material assimilation), учебное понятие (educational concept), зоны значимости учебных понятий (zones of the importance of educational concepts), закон Ципфа (the law of Zipfa).

Актуальность темы исследования. Социально-педагогическая значимость исследуемой проблемы определяется решением сложной дидактической проблемы – определение оптимального количества усвоенных на занятии учебных понятий. Актуальность проблемы для нахождения эффективных путей усвоения учебного материала на занятии, заостряет внимание на поиске новых эффективных способов решения педагогических задач, в частности расчетов оптимального количества базовых и обслуживающих учебных понятий, которые должны усвоить учащиеся (студенты) на одном занятии. Рационально использовать образовательные ресурсы в учебном процессе можно только с применением выявленных закономерностей и законов, которые являются базой к выявлению оптимального распределению сил преподавателя и обучаемых, заранее нацеливают субъекты учебной деятельности на вероятные трудности, дают возможность продуктивно использовать время, отведенное на усвоение нового материала.

История и постановка проблемы в общем виде. Длительное время анализ законов, по которым осуществляется сложное отображение взаимоотношений между педагогами и их воспитанниками не попадали в зону

внимания ученых. Множество психолого-педагогических закономерностей, среди которых активизация внимания обучаемого, его произвольное и непроизвольное запоминание информации, формирование у него абстрактных понятий, продуктивная учебная деятельности и процесс логического построения мыслительной деятельности, – все это долгое время оставалось вне поля заинтересованности ведущих исследователей педагогической сферы.

Впервые эти вопросы были рассмотрены выдающимися психологами прошлого столетия – Л. С. Выготским и А. Н. Леонтьевым, которые совершенно по-новому раскрыли деятельностные возможности человека и определили инновационный подход в изучении сознательных процессов личности в учебной деятельности [5; 7]. В пятидесятые годы XX века появившаяся в то время наука – кибернетика, ввела новое понятие «саморегулирование», и сделала центральным предметом своего изучения структуру саморегулирующих систем. Приблизительно в это же время, и в математике появились такие же прогрессивные идеи, очерченные в виде теории информации и теории случайных процессов.

Существенные открытия были сделаны и в физиологии. Центральное для этой науки понятие «рефлекторная дуга» было заменено на новое понятие «рефлекторное кольцо», а идея рефлекса обогатилась и дополнилась новыми взглядами П. К. Анохина, который выдвинул идею функциональных систем. Также был сделан решающий шаг и в развитии физиологии рефлексов: М. А. Бернштейном была разработана так называемая «физиология активности», которая вплотную подошла к научному анализу физиологических механизмов наиболее сложных и активных форм человеческой деятельности.

В конце 60-х годов прошлого века американские психологи П. Линдсей и Д. Норман опубликовали свою базовую работу «Переработка информации у человека» [6], благодаря которой было положено начало научному подходу в исследовании эффективного усвоения учебного материала на занятии.

Перечисленные достижения родственных наук подтолкнули и педагогов-исследователей к анализу процессов переработки учебной информации у обучаемых. Так, И. П. Подласый разработал основы теории диагностики и

экспертизы педагогических проектов, в рамках которой была подробно разработана диагностика обученности учащихся [9; 10]. Исследователи Т. М. Канивец и Л. И. Лутченко систематизировали основы педагогического оценивания [3; 8]. Их центральная идея была в попытке подойти к переработке, получаемой на занятии информации как к сложной активной деятельности, построенной на вероятностных законах. Другие педагоги-исследователи начали изучать проблему понимания учебного текста и определения его сложности. Попробовали выделить показатели трудности учебного материала, а именно: информативность, абстрактность учебных понятий и сложность их структуры. Даже разработали рекомендации для повышения понятности учебного материала, но проблеме соотнесения учебных понятий по уровням их значимости, соотношению базовых, обслуживающих и второстепенных учебных понятий было не достаточно отведено внимание в работах этих ученых. Поэтому нами была выбрана тема статьи, связанная с использованием закона, который дал бы возможность не только вычислить количественный состав базовых учебных понятий при их усвоении на занятии, но, и показал бы связи этих понятий с второстепенными или, как их называют, обслуживающими понятиями. **Целью статьи** является показ использования закона Ципфа для определения оптимального количества учебных понятий на занятии с учетом их полного усвоения по критерию значимости.

Сущность закона Ципфа

Для процессов согласованности элементов учебной деятельности чаще всего применяют классические законы распределения (например, закон нормального распределения) и численные методы обработки информации (например, метод транспортной задачи, метод углового преобразования Фишера и др.), но иногда для процессов количественного определения учебных объектов используют и ненормальные (то есть не Гауссовы) законы распределения. К ним можно отнести так называемый *закон Ципфа*.

В конце 40-х годов прошлого столетия профессор-лингвист и филолог Гарвардского университета *Джордж Кингсли Ципф* (George Kingsley Zipf, 1902–1950 гг.), собравши огромный статистический материал, попробовал

показать, что распределение слов естественного языка подчиняется одному простому закону, который можно сформулировать следующим образом: «Если к какому-нибудь довольно большому тексту составить список всех слов, которые встречались в нем, потом расположить эти слова в порядке убывания их частоты в этом тексте, и пронумеровать их в порядке от 1 (порядковый номер наиболее часто встречающегося слова) до r , то для любого слова произведение его порядкового номера (ранга) в таком списке на его частоту в тексте будет величиной постоянной, и она имеет приблизительно одинаковое значение для любого слова из этого списка». Аналитически закон Ципфа может быть выражен в виде формулы:

$$f r = c,$$

где f – частотность слова в тексте; r – ранг (порядковый номер) слова в списке; c – эмпирическая постоянная величина.

Полученная зависимость графически отображается гиперболой. Позднее *Б. Мандельброт* предложил ее теоретическое обоснование. Он исходил из того, что можно сравнивать письменный язык с кодированием, причем все знаки должны иметь определенную «стоимость». Исходя из требований минимальной стоимости сообщений, *Б. Мандельброт* математическим путем дошел до аналогичного закона Ципфа в виде подобной зависимости [11, с. 47]:

$$f r^\gamma = const,$$

где γ – величина (близкая к единице), которая может меняться в зависимости от свойств текста.

Определение количества усвоенных на занятии учебных понятий на основе закона Ципфа-Бредфорда

Учебные понятия как ментальные конструкции являются важнейшими компонентами непрерывного изменения и расширения познавательной структуры индивидуума, который развивается. Под термином «учебное понятие» понимают базовую, фундаментальную смысловую единицу учебного материала, которая выступает не только в виде ментальных конструкций и смысловых образований, которые обусловлены направлением человеческой

мысли в этой предметной области совместно с их духовными установками, но и в виде значения слов, символов (формул) и других объектов, используемых в среде профессионалов и специалистов.

Большинство педагогов-исследователей вместо термина «учебное понятие» используют другое формализованное, тождественное ему словосочетание: показатель *информационно-смысловых элементов текста* (в другой редакции: *информационно-содержательных элементов текста* – ИСЭТ). Они определяются в форме суждений как завершенные по смыслу простейшие предметные структуры, при расчленении которых теряется их содержание (смысл). ИСЭТ – это не понятие (в широком смысле слова) и не предложение, это простые суждения, из которых составляются понятия. В одном предложении может содержаться несколько ИСЭТ [10, с. 437]. Исходя из того, что и учебные понятия, и ИСЭТ практически тождественно отображают одно и то же структурное образование, мы для удобства рассмотрения в дальнейшем будем использовать только дефиницию ИСЭТ.

В качестве примера конкретного использования показателя информационно-смысловых элементов текста, можно привести *формулу подсчета дидактического объема усвоения учебного материала* с учетом цели обучения, полученную эмпирическим путем в 1989 году В. П. Беспалько [2, с. 86]:

$$Q = (N \Delta\beta H \gamma) / (1 - K_\tau),$$

где N – количество ИСЭТ, $\Delta\beta$ – средний прирост качества усвоения по уровню и степени абстракции материала, H – средний объем формальной информации в одном ИСЭТ (в битах, одно слово несет информацию в 12–14 бит), γ – степень осознанности материала ($\gamma = 1, 2, 3$, где число показывает уровень аргументации выбора ориентировочной основы действия: 1 – в пределах одной задачи, 2 – в пределах одной или нескольких близких дисциплин, 3 – в пределах широких межпредметных связей многих дисциплин), K_τ – коэффициент усвоения материала: $K_\tau = \tau_{уч} / \tau_{спец}$, где $\tau_{уч}$ – среднее время выполнения тестовой пробы ученика (студента), $\tau_{спец}$ – среднее время выполнения тестовой пробы квалифицированным специалистом.

С точки зрения проблемы выяснения закономерностей относительно

согласованности педагогических объектов был установлен тот факт, что некоторые переменные внутри какой-нибудь сферы знаний могут распределяться согласно закону Ципфа. Частным его случаем является закон, который был сформулирован английским химиком и библиографом *С. Бредфордом*. Он непосредственно связан не с распределением слов в тексте, а с распределением документов внутри какой-нибудь тематической отрасли.

С точки зрения дидактики, в содержании любого учебного материала принято выделять две части. К первой части относится информация, которая непосредственно составляет содержание предмета, предметные знания, или СОДЕРЖАНИЕ-1. Вторая часть – СОДЕРЖАНИЕ-2 – это информация, которая обслуживает СОДЕРЖАНИЕ-1 (например, знания из других учебных курсов, изложение, толкование, объяснение). Это так называемые фоновые знания, информация о применении и использовании СОДЕРЖАНИЯ-1 в других дисциплинах, в жизни и т. п.

Инженерия знаний в текстовых источниках знаний (в том числе и в учебниках, учебных пособиях, лекционном материале и т.п.) выделяет первичный материал наблюдений, систему научных понятий, субъективные взгляды автора и отношение его личного опыта, а также некоторые «общие места», или, так называемую, «воду». Согласно этому можно говорить о наличии в учебном материале занятия совместно с СОДЕРЖАНИЕМ-1 и СОДЕРЖАНИЕМ-2 также и СОДЕРЖАНИЕ-3, которое отвечает, в основном, за знания типа «вода», назовем эту информацию *периферийной*. Наша практика составления семантических предметных моделей показывает, что СОДЕРЖАНИЕ-3 иногда, особенно в учебниках для общеобразовательных курсов, может достигать чрезвычайно больших объемов.

По сути дела, именно СОДЕРЖАНИЕ-1 (назовем эту информацию – *ключевой, базовой*) и составляет семантическую модель предметной области, которую мы назовем «*Зоной значимости-1*», соответственно СОДЕРЖАНИЕ-2 и СОДЕРЖАНИЕ-3 назовем «*Зоной-2*» и «*Зоной-3*». Однако эти знания, например, в учебнике не выделены специально, они распределены по всему учебнику, переплетаются с другими знаниями, они не формализованы.

Нашей задачей является определение количества новых базовых (ключевых) ИСЭТ, которые должны быть усвоены учениками (студентами) относительно их общего количества на одном занятии, включая уже изученные. Используем для этого закономерность Ципфа-Бредфорда.

Сущность ее относительно нашей задачи состоит в том, что если все ИСЭТ расположить по убыванию количества их значимости, то число ИСЭТ в полученном списке можно разбить на три указанные выше зоны таким образом, что количество базовых ИСЭТ в каждой из этих зон была бы одинакова (механизм определения рейтинга значимости ИСЭТ можно найти в работах [1; 15]). При этом в первую зону, так называемую *зону ядра*, входят только базовые (ключевые) ИСЭТ, которые являются основой рассмотрения заданной темы дисциплины (курса). Количество этих главных ИСЭТ в зоне ядра небольшая. *Вторую зону* образует то же количество базовых ИСЭТ, совместно с частично обслуживающими ИСЭТ заданной предметной сферы, причем их общее количество существенным образом возрастает в сравнении с количеством первой зоны. К ним относят и число ИСЭТ, которые являются *объединительными с ИСЭТ базового ядра*; это могут быть уже изученные информационно-смысловые единицы, без каких ИСЭТ базового ядра усвоить очень сложно, а иногда и невозможно. *Третья зона* – самая большая по количеству *разноплановых ИСЭТ*; она объединяет большинство информационно-смысловых единиц текста, содержания которых очень далеки от рассматриваемой темы занятия. Кроме того, вместе базовыми ИСЭТ, совместно с объединительными ИСЭТ второй зоны, сюда входят еще и *ИСЭТ второстепенного плана*, которые не имеют прямого отношения к ИСЭТ базового ядра – это понятия общего характера, коммуникационные элементы, общеобслуживающие компоненты базового ядра и т. п. (так называемые ИСЭТ типа «вода»).

Таким образом, при одинаковом количестве базовых ИСЭТ по определенной теме занятия в каждой зоне общее количество ИСЭТ разной категории резко возрастает при переходе от одной зоны к другой. Используя идеи Ципфа-Бредфорда было установлено, что количество ИСЭТ в третьей зоне будет приблизительно во столько раз больше по сравнению со второй зоной, во

сколько раз количество ИСЭТ второй зоны больше относительного количества ИСЭТ первой зоны.

Обозначим P_1 как общее количество ИСЭТ в 1-й зоне, P_2 – во 2-й, P_3 – общее количество ИСЭТ в 3-й зоне. Если принять параметр a как отношение общего количества ИСЭТ 2-й зоны относительно количества общих ИСЭТ 1-й зоны, то закономерность, которая была подмечена С. Бредфордом, может быть записана следующим способом:

$$P_1 : P_2 : P_3 = 1 : a : a^2,$$

или

$$P_3 : P_2 = P_2 : P_1 = a.$$

Эту зависимость и называют *законом Ципфа-Бредфорда*. Так, если расположить базовые ИСЭТ по убыванию числа их значимости, то, согласно закону Ципфа-Бредфорда, их можно разбить на три группы, которые содержат их равное количество. Из теории мы знаем, что на одном занятии качественно можно усвоить приблизительно 7 базовых ИСЭТ, что занимают первые 7 мест в полученном списке (см. [4 с. 223]). Тогда для того, чтобы удвоить количество усвоенных базовых ИСЭТ на одном занятии, нам придется добавить к имеющимся 7 еще $7*a$ общих ИСЭТ. Если принять $a = 5$ (это значение найдено экспериментальным путем для некоторых тематических областей), то количество этих наименований станет равняться 35. Тогда общее количество всех ИСЭТ будет составлять $7 + 35 = 42$, что, конечно, значительно больше, чем 7 начальных. При попытке же усвоить втрое большее количество базовых ИСЭТ, нам придется охватить уже $7 + 5 * 7 + 25 * 7 = 217$ общих ИСЭТ! Это свидетельствует о том, что при увеличении интенсивности изучения нового материала, «шумовой фон» возрастает вдвое, то есть трудности этой процедуры, возрастают в 6 раз, а при увеличении интенсивности в три раза – трудности возрастают в 31 раз!

Поэтому интенсификация учебного процесса относительно усвоения базовых знаний (в виде учебных понятий) всегда сопровождается большими трудностями и препятствиями со стороны второстепенного («шумового») материала.

Выводы

Итак, моделирование, основанное на переработке получаемой на занятии информации, как сложной активной деятельности обучаемых, построено на вероятностных законах, и оно имеет только первые шаги своего становления. Еще не обоснованы критерии оптимальной сложности усвоения учебных понятий, не определены методы измерения трудностей их усвоения. Но применение некоторых специфических методик и законов распределения дает основания и надежду их эффективного использования. Среди них достойное место занимает закон Ципфа-Бредфорда, позволяющий не только научно выделять зоны значимости учебных понятий, которые изучаются на занятии, но и обоснованно вычислять их взаимозависимый количественный состав. Это дает мощный инструмент педагогу-исследователю для расчета напряженности работы обучаемого на занятии, при усваивании им новых информационно-смысловых элементов текста.

Список литературы

1. **Атанов Г. А.** Моделирование учебной предметной области, или предметная модель обучаемого / Геннадий Алексеевич Атанов // Educational Technology & Society. – 2000. – № 3 (3). – С. 111–124.
2. **Беспалько В. П.** Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1989. – 192 с.
3. **Канівець Т. М.** Основи педагогічного оцінювання: Навч.-метод. посіб. / Т. М. Канівець. – Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2012. – 102 с.
4. **Коляда М. Г.** Комп'ютаційна педагогіка: навчальний посібник / Михайло Георгійович Коляда. – К : УМО НАПН України, 2013. – 321 с.
5. **Леонтьев А. Н.** Деятельность. Сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. – М. : Academia, 2005. – 352 с.
6. **Линдсей П.** Переработка информации у человека / П. Линдсей, Д. Норман. – М. : Мир, 1974. – 538 с.
7. **Выготский Л. С.** Педагогическая психология / Л. С. Выготский; под ред. В. В. Давыдова. – М. : Педагогика-Пресс, 1996. – 536 с.
8. **Лутченко Л. І.** Основи педагогічного оцінювання: Навч.-метод. посіб. / Л. І. Лутченко, Н. О. Пасічник. – Кіровоград : Лисенко В. Ф, 2012. – 72 с.
9. **Підласий І. П.** Діагностика та експертиза педагогічних проєктів. – К. : Україна, 1998. – 343 с.
10. **Подласый И. П.** Продуктивная педагогика : Книга для учителя / И. П. Подласый. – М. : Народное образование, 2003. – 496 с.
11. **Чурсин Н.** Популярная информатика / Николай Чурсин. – К. : Техника, 1982. – 86 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА УСВОЕННЫХ НА ЗАНЯТИИ УЧЕБНЫХ ПОНЯТИЙ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ЦИПФА

Бугаева Татьяна Ивановна,

доцент кафедры инженерной и компьютерной педагогики,

Донецкий национальный университет, Украина,

кандидат педагогических наук,

e-mail: bugaeva_tatyana@mail.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается один из вероятностных законов распределения, как универсальное средство познания и преобразования педагогической действительности. Показано использование закона Ципфа для определения оптимального количества учебных понятий, которые необходимо усвоить на занятии, с учетом критерия их ценности. Обосновано, что этот закон дает возможность не только научно выделять зоны значимости учебных понятий, которые изучаются на занятии, но и доказательно вычислять их взаимозависимый количественный состав.*

Ключевые слова: усваивание материала, учебное понятие, зоны значимости учебных понятий, закон Ципфа.

DEFINITION OF OPTIMUM QUANTITY OF THE EDUCATIONAL CONCEPTS ACQUIRED ON EMPLOYMENT ON THE BASIS OF LAW ZIPFA

Bugayova Tetyana,

Donetsk national university, Ukraine,

The senior lecturer of the Engineering and Computational Pedagogic Department,

Ph. D.,

e-mail: bugaeva_tatyana@mail.ru

Abstract. In article one of likelihood laws of distribution, as a universal remedy of knowledge and transformation of the pedagogical validity is considered. Use of the law of Zipfa for definition of optimum quantity of educational concepts which are necessary for acquiring on employment, taking into account criterion of their value is shown. It is proved that this law gives the chance not only to allocate scientifically zones of the importance of educational concepts which are studied on employment, but also is proved to calculate their interdependent quantitative structure.

Keywords: material assimilation, educational concept, zones of the importance of educational concepts, the law of Zipfa.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. **Atanov G. A.** Modeling of educational subject domain, or subject model of the trainee / Gennady Alekseevich Atanov // Educational Technology & Society. – 2000. – № 3 (3) – P. 111–124.
2. **Bespalko V. P.** Century of the Item Composed pedagogical technology / V. P. Bespalko. – M. : pedagogics, 1989. – 192 p.
3. **Kanivets T. M.** Of the Basis of pedagogical estimation : the Uchebno-methodical grant / T. M. Kanivets. – Nizhyn : the publisher of software Lysenko V. F, 2012. – 102 p.
4. **Koliada M. G.** Computational pedagogic : the manual / Mihajlo Georgijovich Koliada. – K. : UMO NAPN Ukraine, 2013. – 321 p.
5. **Leontev A. N.** Activity. Consciousness. The person / A. N. Leontev. – M. : Academia, 2005. – 352 p.
6. **Lindsej P.** Processing of the information at the person / P. Lindsej, D. Norman. – M. : «World», 1974. – 538 p.
7. **Vygotsky L. S.** Pedagogical psychology / L. S. Vygotsky; under V. V. Davidov's edition. – M. :

Pedagogics-press, 1996. – 536 p.

8. **Lutchenko L. I.** Of the Basis of pedagogical estimation : the Uchebno-methodical grant / L. I. Lutchenko, N. A. Pasichnik. – Kirovograd : Lysenko V. F, 2012. – 72 p.

9. **Podlasyj I. P.** Diagnostics and examination of pedagogical projects. – K. : «Ukraine», 1998. – 343 p.

10. **Podlasyj I. P.** Productive pedagogics : the Book for the teacher / I. P. Podlasyj. – M. : National education, 2003. – 496 p.

11. **Chursin N.** Popular computer science / Nikolay Chursin. – K. : Technics, 1982. – 86 p.

***Bugaeyova Tetyana
Ivanivna***

Ph. D. of pedagogical sciences, the Senior lecturer of the Engineering and Computational Pedagogic Department, Donetsk National University.

Teatralnyy ave., 13, room 108a, Donetsk, 83100, Ukraine,

tel.:+380 66 491 41 21

E-mail: bugaeva_tatyana@mail.ru

Website: <http://donnu.ru>