УДК 3/8.6 DOI: http://dx.doi.org/10.21686/1818-4243-2017-6-4-13 К.П. Баслык

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Об одном методе сжатия учебного материала специальных дисциплин технического университета

Статья посвящена разработке метода сжатия учебного материала специальных дисциплин технического университета. Актуальность решения проблемы сжатия учебного материала, как и сжатия информации вообще, обусловлена общемировыми тенденииями развития науки и техники, а также требованиями, предъявляемыми действующими образовательными стандартами к программам дисциплин высшего профессионального образования. Произведен обзор работ других авторов, в которых исследовалась задача сжатия учебного материала; отмечена необходимость новых педагогических разработок, практически ориентированных непосредственно на профессиональные дисииплины. На основании анализа современных педагогических технологий и методов инженерии знаний, а также особенностей специальной дисциплины выявлено, что возможность сжатия учебного материала обеспечивается общностью изучаемых вопросов, используемого математического аппарата, подходов и методов при выводе определяющих соотношений, а также практической направленностью предмета и подготовленностью аудитории по естественнонаучным и общетехническим дисциплинам. Разработан метод сжатия, использующий педагогические технологии: построения учебного процесса на крупноблочной и опережающей основе, методического и дидактического реконструирования учебного материала, а также сочетающий дедуктивный и индуктивный способ его изложения. Сжатие достигается за счет структурирования учебного материала дисциплины, при котором отдельные разделы курса объединяются в смысловые группы и читаются параллельно без возможных повторений. Принцип параллельного изложения материала, составляющий основу концепции разработанного метода сжатия, предоставляет возможность реализации его «открытой архитектуры»: оперативной коррекции или расширения содержательной части

предмета без значительного увеличения временных затрат на изложение. Для формализации метода дана его интерпретация на графах. Структура дисциплины моделируется в виде ориентированного взвешенного графа (графа дисциплины) с выраженными двудольными подграфами. Вершины графа представляются учебными элементами. Учебные элементы из одной смысловой группы образуют несмежные вершины двудольного подграфа. Ребра графа моделируют средства математического аппарата, с использованием которых устанавливается связь между вершинами. Веса вершин графа идентифицируются как время. затрачиваемое на изложение материала, отражающего содержание учебных элементов, а веса ребер — как время на установление связей между учебными элементами. Для графа дисциплины определены свойства матрицы смежности, предложен алгоритм построения графа минимального веса, содержащего двудольные подграфы. Приведены примеры реализации метода сжатия, подтверждающие его универсальность: для отдельных разделов дисциплин «Строительная механика», «Теоретические основы метода конечных элементов» и «Проектирование летательных аппаратов» построены двудольные подграфы дисциплин, показан принцип «открытой архитектуры» метода. Проведено тестирование разработанного метода на соответствие требованиям, предъявляемым к современной педагогической технологии. Показано, что логика реализации метода сжатия соответствует предметной логике специальной дисциплины высшего технического учебного заведения, а также логике усвоения учебного материала обучающимися.

Ключевые слова: специальная дисциплина, учебный материал, педагогические технологии, метод сжатия, ориентированный граф.

Konstantin P. Baslyk

Bauman Moscow State Technical University (National research university of technology), Moscow, Russia

A compression method of educational material for special disciplines of technical University

The article is devoted to the development of a compression method of the educational material for special disciplines of the technical University. The urgency of solving the problem of compression of the educational material, as well as compression of the information in general, is due to the world trends in the development of science and technology, as well as the requirements that modern educational standards impose on the programs disciplines of higher professional education. A review of the works of other authors, in which the problem of compression of educational material has been investigated, is made in the article. The need for new pedagogical developments, practically oriented directly to professional disciplines, was noted. The possibility of compressing the teaching material of a special discipline is ensured by the commonality of the questions studied, as well as the using the same mathematical apparatus, approaches and methods in determining the main relations. The practical orientation of the subject and the readiness of the audience

in the natural sciences and general technical disciplines also matter. This is revealed on the basis of the analysis of modern pedagogical technologies and methods of knowledge engineering, as well as special discipline features. The compression method of an educational material, which uses several pedagogical technologies, is developed. The construction of educational process on a large-block basis, the construction of educational process advanced basis, methodical and didactical reconstruction of educational material are used.

Deductive and inductive ways of presentation of educational material are also used. Compression is achieved when structuring the educational material of the discipline. Separate sections of the discipline are combined into semantic groups and read in parallel without possible repetitions. The principle of parallel presentation of the material forms the basis of the concept of the developed method of compression. This principle makes it possible to implement an "open architecture" of the method: there is the possibility of prompt

correction or expansion of the content of discipline without significant increase in time costs for the presentation. An interpretation of the proposed method as the procedure of graphs theory is given. The structure of the discipline is modeled as a directed weighted graph (the graph of discipline) with the separation of bipartite subgraphs. The educational elements are represented as vertices of the graph. The rib of the graph models the means of the mathematical apparatus, which establishes the connection between the vertices. The vertices weight is detected as a time spent on the explanation of element contents. The rib weight is detected as a time that spent on the explanation of connection between such vertices. Non-adjacent vertices form a bipartite subgraph of educational elements from one semantic group. The properties of adjacency matrix for the graph of discipline were defined in the article. There was proposed the algorithm of the forming graph of discipline with minimum of weight which contains the

bipartite subgraphs — semantic groups of elements. Examples of the implementation of the compression method, confirming its universality are given. The bipartite subgraphs of disciplines are constructed for separate sections of disciplines "Building Mechanics", "Theoretical Foundations of the Finite Element Method" and "Design of Flying Machines", the principle of the "open architecture" of the method is shown. The testing of the developed method for compliance with the requirements for modern pedagogical technology was conducted. It is shown that the logic of the implementation of the compression method corresponds to the subject logic of the special discipline of the higher technical educational institution, as well as to the logic of mastering the learning material by the students.

Keywords: special discipline, educational material, educational technologies, method of compression, directed graph.

Введение

Разработка содержательной части программы специальной vчебной дисциплины вполне обоснованно базируется на материале соответствующих учебников, учебных пособий, а также данных справочной литературы. По объему изложенного эти книги, как правило, выходят за рамки содержания аудиторных занятий отдельно взятого предмета. В то же время, подобрать два-три литературных источника, полностью «закрывающих» соответствующий учебный курс, проблематично: круг рассматриваемых в нем вопросов весьма широк, он в значительной мере зависит как от традиций и научных школ вуза (технического университета), так и от ежегодного уровня студенческой аудитории, степени подготовленности среднего студента. Многое зависит от индивидуальных особенностей преподавателя. Таким образом, при преподавании специальной дисциплины учебный материал, как правило, не может быть взят из учебника в готовом виде, а нуждается в переработке и алаптании.

Среди требований, предъявляемых к реализации образовательных программ со стороны действующих образовательных стандартов, имеются ограничения по объему аудиторных занятий, что может создать определенные методические трудности при подготовке материалов лекций, семинаров

и лабораторных работ для любой, в том числе и специальной, дисциплины, изучаемой в вузе.

Еще одна особенность, которая должна быть учтена при подготовке инженера, состоит в том, что период полураспада знаний в профессии составляет 2—3 года [1], где область обновляемых знаний, очевидно, специальные дисциплины.

Как отмечено в [***Периодическое издание вуза — газета], один из путей решения обозначенных проблем — использование приемов сжатия учебных материалов, причем при его реализации необходимо задействовать не только логику предметной области, но и логику восприятия этой дисциплины обучающимися.

В работе [3] также отмечается, что увеличивающиеся информационные потоки должны перерабатываться посредством формирования моделирующей дидактической среды, обеспечивающей представление знаний в структурированной, свернутой и логически упорядоченной форме.

Таким образом, разработка методов сжатия учебного материала специальных дисциплин — важной составляющей программы подготовки современного инженера, является достаточно актуальной проблемой.

В научно-педагогической литературе сжатие учебной информации определяется как ее обобщение, укрупнение, систематизация, генерализация,

а также как структурирование специальным образом и оптимизация ее представления.

Выделяются два направления, по которым может быть достигнуто сжатие учебного материала. Первое направление - это применение методов инженерии знаний, обзор которых приведен в работе [4]. Второй способ реализации сжатия заключается в использовании известных психолого-пелагогических приемов которые базируются на теории содержательного обобщения (Д.Б. Эльконин, В.В. Давыдов) [5], теории укрупнения дидактических единиц (П.М. Эрдниев) [6].

Использованию графов для представления и сжатия учебматериала посвящена статья [7]: в работе предлагается метод построения графа понятий учебного материала, который служит, главным образом, для структурирования и визуализации содержания учебной дисциплины, а также дает возможность нормировать объем учебной информации, передаваемой обучаемому, с целью ее наилучшего восприятия. Сжатие материала достигается за счет укрупнения понятий и применения операции свертки.

В работе [8] обсуждается опыт использования структурно-логических схем в процессе преподавания дисциплины «Информатика» в высшем учебном заведении. Отмечено, что при сжатии материала правильное сочетание способов

Таблииа 1

подачи информации — словесного, символьного и рисуночного, существенно влияет на качество усвоения знаний.

В статье [9] подробно рассмотрена реализация проблемно-модульной технологии (М.А. Чошанов) [10] в условиях образовательной организации среднего профессионального образования, что, по мнению автора, является актуальной задачей, так как эта технология еще недостаточно адаптирована к дисциплинам профессионального цикла в отличие от естественнонаучных предметов. В качестве приема сжатия учебного материала, как составляющей технологии, используется системное квантование.

В уже упоминавшейся работе [4], а также в монографии [11] отмечается: «освоение (педагогической) технологии и ее внедрение гораздо сложнее, чем ее осмысление», «время, отпущенное на реконструкцию педагогического образования, сокращается и необходимы практикоориентированные технологические разработки».

Тогда задачу, решаемую в данной статье, определим как разработку на основе существующих педагогических технологий метода сжатия учебного материала, который мог бы быть применен к возможно более широкому кругу специальных дисциплин технического университета, а также учитывал психо-физиологические особенности восприятия материала этих дисциплин обучающимися.

Содержание метода сжатия учебного материала и примеры его реализации

Проанализируем, какие особенности специальных дисциплин технического университета могут быть использованы для применения приемов сжатия учебного материала, а также определим возможные инструменты известных педа-

Особенности специальных дисциплин и соответствующие приемы пелагогических технологий

Прием педагогической технологии — составляющая, непосредственно используемая для сжатия материала
Технология методического и дидактического реконструирования учебного материала — установление кратчайших логических связей между объектами изучения; Индуктивный метод изложения материала
То же, что в (1)
Крупноблочная технология – возможность объединения объектов изучения
Опережающая технология — включение будущего учебного материала; Индуктивный метод изложения материала
Теория содержательного обобщения — выявление наиболее существенных отношений, служащих основой решения задачи данного вида

гогических технологий [12], с использованием которых это сжатие может быть реализовано. Результаты обзора представлены в таблице 1.

Анализ данных, приведенных в таблице 1, позволяет сделать вывод о том, что в качестве «техники» реализации сжатия наиболее подходят следующие методы инженерии знаний: представление учебной информации в виде графа и фреймовая модель систематизации материала.

Фреймовая модель предполагает создание нескольких ячеек (слотов), для которых допускается их «повторное» использование, возможно, в несколько измененном виде. Сжатие учебного материала будет достигаться, очевидно, за счет более скоростного повторного изложения видоизмененного слота. Например, фреймовую модель представления материала удобно использовать в такой дисциплине как «Строительная механика». В ней слот вида:

(<кинематика деформирования>, <деформационные соотношения>, <соотношения упругости>, <уравнения равновесия>, <разрешающие уравнения>)

достаточно часто применяется в соответствующей литературе, усложняясь при рассмотрении от стержней к оболочкам [13].

Граф (в дальнейшем «граф дисциплины») — это совокупность двух множеств: множес-

примеры вершин и реоер графа дисциплины			
Инженерная дисциплина	Смежные вершины графа	Инцидентное ребро графа	
Строительная механика	Уравнения равновесия элемента тонкостенной конструкции;	Прием фиктив- ной поперечной	
	Уравнение устойчивости элемента тонкостенной конструкции	нагрузки	
Проектирование	Минимум массы изделия как целевая функция, функциональные параметры как ограничения; Проектные параметры изделия	Метод оптими- зации	
Конструирова- ние	Расчетные нагрузки на корпус отсека конструкции; Выбор материала для изготовления	Механические свойства и техно- логичность конс- трукционных	

Плимены велиции и небен глафа лисциплины

Таблица 2

тва вершин, то есть учебных элементов, и связывающих эти учебные элементы множества ребер.

В настоящей статье предлагается метод сжатия, основывающийся на анализе предметной составляющей учебного материала, то есть на характерных особенностях вершин и ребер графа конкретной дисциплины, но которые, однако, могут быть выделены в любом специальном учебном курсе технического университета.

Если рассматривается дисциплина машиностроительной специальности, то в качестве вершин и ребер графа дисциплины могут быть, например, объекты, приведенные в таблице 2.

Проанализируем, используя понятия и определения теории графов [14, 15], каким минимальным набором свойств должен быть наделен граф дисциплины, чтобы в дальнейшем формализовать метод сжатия учебного материала, который он отображает. Также следует предусмотреть возможность обработки соответствующего графа с использованием ЭВМ.

Вполне подходящим решением, на наш взгляд, будет использовать граф-модель информационно-логической системы, а, точнее, граф алгоритмов [15]. Это ориентированный и взвешенный граф, в

котором веса имеют не только вершины, но и ребра.

материалов

В качестве весов, очевидно, при решении задачи сжатия учебного материала целесообразно использовать время его изложения. Для вершин – это время, затрачиваемое на объяснение понятий, определений и других семантических единиц, непосредственно связанных с учебным элементом - вершиной, а для ребер - время, которое требуется отвести на вывод и преобразование формул, применение методик, то есть на установление связи между учебными элементами.

Для примера рассмотрим вторую строку таблицы 2. Задача определения минимальной стартовой массы многоступенчатой ракеты при наличии ограничения в виде заданной скорости Циолковского в конце активного участка траектории представлена в виде двух вершин и инцидентного им ребра. В простейшей постановке она сводится, вообще говоря, к определению относительных конечных масс ступеней ракеты [16].

Тогда вершину 1 идентифицируем как постановку задачи определения минимума целевой функции — величины, обратной относительному весу полезного груза ракеты, при наличии ограничения — скорости Циолковского, то есть как формулировку задачи не-

линейного программирования. Целевую функцию (в дальнейшем «функция 1») можно выразить через значения относительных конечных масс и коэффициенты конструктивного качества ступеней ракеты [16], а именно:

$$f_{1} = \frac{1}{\mu_{\text{nr}}} = \prod_{i=1}^{n} \frac{1}{\mu_{\text{nr}(i)}} = \prod_{i=1}^{n} \frac{1 - \alpha_{\kappa(i)}}{\mu_{\text{nr}(i)} - \alpha_{\kappa(i)}}.$$
 (1)

Здесь безразмерные массовые коэффициенты $\mu_{\text{nr}(i)}$, $\mu_{\kappa(i)}$ и $\alpha_{\kappa(i)}$ для ракетной ступени номер «i» означают относительную массу полезного груза, относительную конечную массу и коэффициент массового совершенства соответственно; n — число ступеней ракеты.

Вершину 2 определим как блок-схему программы, реализующей какой-либо численный метод решения поставленной задачи оптимизации [17]. Тогда инцидентное вершинам 1 и 2 ребро — это необходимый математический аппарат, который применительно к решаемой задаче может быть определен как:

- формулировка необходимого условия экстремума функции Лагранжа, то есть получение системы нелинейных уравнений;
- воспроизведение общей схемы метода Ньютона решения системы нелинейных уравнений;
- вывод соотношений для векторов и матриц, используемых в методе Ньютона.

Теперь, исходя из опыта чтения лекций по дисциплине «Основы ракетно-космической техники», можно присвоить весам вершин и ребер следующие ориентировочные значения: «вершина 1» — 0,25 академического часа; «вершина 2» — 0,25 академического часа; «ребро» — 1,0 академического часа.

Отметим, что в качестве связи между вершинами графа дисциплины могло быть вы-



Рис. 1. Общая схема метода сжатия материала учебной дисциплины

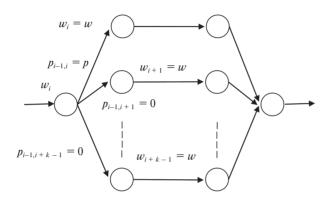


Рис. 2. Двудольный подграф, идентифицирующий смысловую группу учебных элементов: назначение весов вершин и инцидентных им ребер

брано и другое ребро: например, метод полного перебора вектора параметров оптимизации [17], то есть значений относительных конечных масс ступеней ракеты.

Предлагаемый в статье метод сжатия учебного материала состоит в том, что необходимо выстраивать структуру дисциплины так, чтобы это позволило избегать повторений одних и тех же параграфов при изложении, и, наоборот, дало бы возможность читать параллельно разделы, напрямую не относящиеся к основному рассматриваемому материалу, но вполне совместимые между собой при создании искусственной связи между ними, как показано на рис. 1.

Также, при необходимости, целесообразно использовать как дедуктивный (от целого к составляющим его элементам), так и индуктивный (от частного к общему) путь изложения учебного материала.

Задача сжатия учебного материала по методу, схематично показанному на рисунке 1, с точки зрения теории графов — это построение графа дисциплины с выраженными двудольными подграфами. Эта проблема соответствует, например, задаче построения эффективной информационной системы с распараллеливанием обработки [14].

Предлагается следующий алгоритм построения такого графа:

Шаг 1. Задать веса учебные элементов — вершин;

Шаг 2. Задать веса всех возможных ребер графа дисциплины, инцидентных вершинам;

Шаг 3. Объединить, учебные элементы — вершины в смысловые группы, которые можно начать «проходить» одновременно. Некоторые смысловые группы будут, очевидно, состоять только из одного элемента. Вершины, которые не являются единственными в своих смысловых группах,

образуют в последующем слои двудольных подграфов;

Шаг 4. Приравнять вершин (например, их число равно k), входящих в одну смысловую группу, осреднив их значения, а также обнулив веса инцидентных им ребер, за исключением ребер, инцидентных первой вершине из группы. Здесь принимается следующее допущение: считаем, что временные затраты на учебные элементы, которые могут читаться параллельно, равны между собой, а время на установление связей между такими элементами затрачивается однократно (рис. 2);

Шаг 5. Отметить корневую вершину;

Шаг 6. Используя по одному (первому) элементу из смысловой группы, построить дерево минимального веса, содержащего все вершины, начиная от корневой вершины, до последней висячей вершины;

Шаг 7. Последовательно обходя смысловые группы, добавлять в слои двудольных подграфов оставшиеся вершины и инцидентные им ребра.

Остановимся на реализации шага 6 алгоритма. Это задача построения суграфа [15] минимального веса для взвешенного ориентированного графа дисциплины **G**.

Для представления графа **G** используем матрицу смежности **S** [14], которая обладает следующими свойствами:

 $\mathbf{S}_{n \times n} = \{s_{ij}\},$ где n — число смысловых групп;

 $\forall j \neq 1 \; \exists \; m = 1, \; ..., \; n : s_{ij} \neq 0 -$ условие связанности графа;

 $s_{ij} = p_{ij}$, где p_{ij} — вес ориентированного ребра $(v_i, v_j) \in \mathbf{G}$, соединяющего вершины v_i и v_j ; $\lceil (v_i, v_j) \notin \mathbf{G}$,

$$s_{ji} \neq 0,$$

 $i = j,$
 $s_{ij} = 0.$

Обозначим также через w_i , i = 1, ..., n — веса соответствующих вершин.

Тогда «Шаг 6» алгоритма представляется следующим об-

разом: обходя последовательно столбцы матрицы S, начиная со второго, оставить в каждом столбце по одному ребру минимального веса. Доказательство этого шага вполне очевидно: это суграф, так как в него входят все вершины; он действительно является деревом, так как в каждую вершину входит только одно ребро; замена елинственного в столбце ребра минимального веса на другое увеличивает суммарный вес дерева.

Если в столбце матрицы S имеются одинаковые элементы, то можно оставлять любой из них: суммарный вес построенного суграфа при этом не увеличивается.

Сделаем некоторые замечания относительно содержания «Шага 4». В принятом допущении об однократном учете весов ребер в двудольном подграфе графа дисциплины заключен, своего рода, принцип «открытой архитектуры» метода: содержательная часть дисциплины, то есть набор учебных элементов вершин, может расширяться без существенного увеличения временных затрат на его освоение.

Следует отметить, что приведенная выше интерпретация метода сжатия на графе дисциплины не ставит в данной статье целью решение задачи автоматического проектирования ее курса, но, в то же время, формализует идеологию и раскрывает возможности предложенного полхола.

Для иллюстрации предложенного метода рассмотрим несколько примеров. Первый из них относится к учебной дисциплине «Строительная механика», где при получении определяющих соотношений часто используются вариационные принципы [13, 18]. Тогда при рассмотрении выражения для энергии упругой деформации, а, точнее, ее вариации δU , целесообразно привести общую структуру



Рис. 3. Иллюстрация применения метода сжатия к материалу дисциплины «Строительная механика»

деформационных соотношений Кирхгофа-Лява, записанную в виде [18]. Это позволит сразу же вывести соотношения для обобщенных внутренних сил тонкостенных конструкций (рис. 3), а также получить выражения не только мембранных, смешанных и изгибных жесткостей, но и приведенных температурных сил.

Отметив, что, если в качестве координатной поверхности (или координатной линии) принимается серединная поверхность (нейтральная линия), получают более простые выражения для внутренних сил, что облегчает поиск аналитического решения при расчете балок, пластин и оболочек. Тогда подробная реализация фрагмента, показанного на рис. 3, имеет вид:

$$\begin{split} \delta U &= \iiint_V (\delta \mathbf{e}_{(z)})^\mathsf{T} \mathbf{\sigma}_{(z)} dV = \\ &= \iiint_V \delta (\mathbf{e} - z \cdot \mathbf{k})^\mathsf{T} (\mathbf{C}_{(z)} (\mathbf{e} - z \cdot \mathbf{k}) - \mathbf{\sigma}_{\tau}) dV = \\ &= \iiint_V \delta \mathbf{e}^\mathsf{T} (\mathbf{C}_{(z)} \mathbf{e} - z \cdot \mathbf{C}_{(z)} \mathbf{k} - \mathbf{\sigma}_{\tau}) + \\ &+ \delta \mathbf{k}^\mathsf{T} (-z \cdot \mathbf{C}_{(z)} \mathbf{e} + z^2 \cdot \mathbf{C}_{(z)} \mathbf{k} + z \cdot \mathbf{\sigma}_{\tau}) \bigg) dV = \\ &= \begin{bmatrix} \int_0^t (\delta \mathbf{e}^\mathsf{T} \mathbf{N} + \delta \mathbf{k}^\mathsf{T} \mathbf{M}) dx - \mathsf{для} & \mathsf{балок}, \\ \iint_S (\delta \mathbf{e}^\mathsf{T} \mathbf{N} + \delta \mathbf{k}^\mathsf{T} \mathbf{M}) dS - \mathsf{для} & \mathsf{пластин} & \mathsf{и} & \mathsf{оболочек}, \end{bmatrix} \end{split}$$

$$\mathbf{N} = \mathbf{\bar{B}} \cdot \mathbf{\varepsilon} + \mathbf{\bar{C}} \cdot \mathbf{\kappa} - \mathbf{N}_{\mathrm{T}}; \qquad (2)$$

$$\mathbf{M} = \overline{\mathbf{C}} \cdot \boldsymbol{\varepsilon} + \overline{\mathbf{D}} \cdot \boldsymbol{\kappa} - \mathbf{M}_{\mathrm{T}} \tag{3}$$

– векторы обобщенных внутренних сил; ϵ , κ — векторы деформаций растяжения и изгиба координатной поверхности; z — координата по нормали, отсчитываемая от координатной поверхности.

В формулах (2) и (3) матрицы и векторы

$$(\overline{\mathbf{B}}, \overline{\mathbf{C}}, \overline{\mathbf{D}}) = \begin{bmatrix} \iint\limits_{F} (1, -z, z^{2}) \cdot \mathbf{C}_{(z)} dF, \\ \int\limits_{-e}^{F} (1, -z, z^{2}) \cdot \mathbf{C}_{(z)} dz; \\ \end{bmatrix}$$
$$(\mathbf{N}_{T}, \mathbf{M}_{T}) = \begin{bmatrix} \iint\limits_{F} (1, -z) \cdot \mathbf{\sigma}_{T(z)} dF, \\ \int\limits_{-e}^{F} (1, -z) \cdot \mathbf{\sigma}_{T(z)} dZ \end{bmatrix}$$

$$\left(\mathbf{N}_{\scriptscriptstyle \mathrm{T}},\mathbf{M}_{\scriptscriptstyle \mathrm{T}}\right) = \begin{bmatrix} \iint\limits_{F} (1,-z) \cdot \mathbf{\sigma}_{\scriptscriptstyle \mathrm{T}(z)} dF, \\ \iint\limits_{H-e} (1,-z) \cdot \mathbf{\sigma}_{\scriptscriptstyle \mathrm{T}(z)} dz \end{bmatrix}$$

представляют собой выражения для приведенных жесткостей и температурных сил балки и пластины/оболочки соответственно; F — площадь поперечного сечения балки; - - координата нижней лицевой поверхности; H – толщина пластины/оболочки.

Дополнительное сжатие представленного материала будет достигнуто, если в качестве самостоятельной проработки курса предложить обучающимся получить окончательные выражения для жесткостей и температурных составляющих внутренних сил, а также провести вывод аналогичных соотношений для модели деформирования Тимошенко [18]. Подграф, отображающий данный учебный материал, представлен на рис. 4.

Второй пример – из области дисциплины «Теоретические основы метода конечных элементов (МКЭ)» [19, 20]. Предположим, что рассматривается такой раздел курса как «Алгоритм получения матрицы жесткости и вектора приведенных узловых сил конечного элемента (КЭ)». Тогда одно-

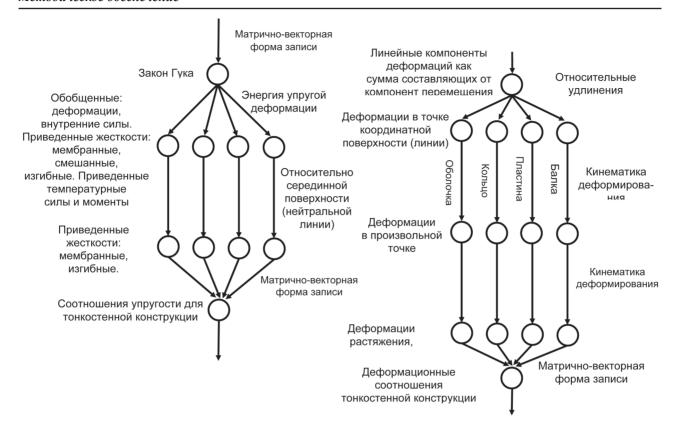


Рис. 4. Подграф графа дисциплины «Строительная механика»

временно с этим материалом целесообразно определить общий вид матриц теплопроводности, теплоемкости и вектора приведенных узловых потоков, исходящих из узлов КЭ. Соответствующий подграф графа дисциплины показан на рис. 5.

После того, как будет установлена аналогия между матрицами масс и теплоемкости (рис. 5), можно продолжить параллельное изложение материала, распространив методику построения несогласованной матрицы масс на задачу формирования аналогичной матрицы теплоемкости.

Обратимся еще к одному примеру, а именно, к уже рассмотренной задаче проектирования многоступенчатой ракеты. Вершину 2 и ребро подграфа дисциплины оставим без изменений, вершину 1 переименуем в вершину 1.1, а в эту смысловую группу внесем также вершину 1.2, которая вместе с ограничением по заданной скорости Циолковского будет представлять собой уже не «функцию 1» (см. фор-

мулу (1)), а более сложную целевую «функцию 2», выраженную через безразмерные массовые характеристики отсеков

и некоторые проектно-баллистические параметры (ПБП) летального аппарата [21]. Теперь для этого материала можно ре-

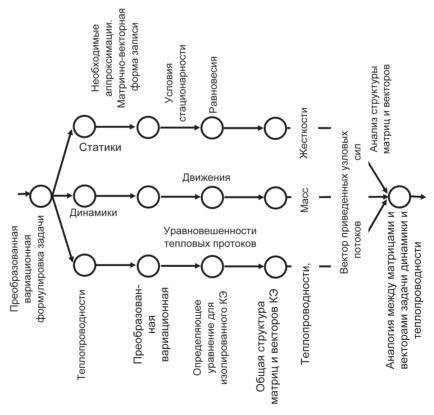


Рис. 5. Подграф графа дисциплины «Теоретические основы МКЭ»

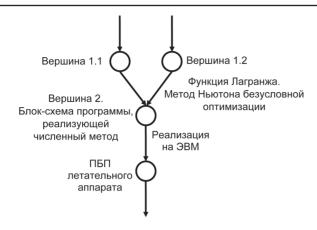


Рис. 6. Подграф графа дисциплины «Проектирование летательных аппаратов»

ализовать предлагаемый метод сжатия, как это проиллюстрировано на рис. 6.

Проведем тестирование предложенного метода сжатия учебного материала, сопоставив требования, предъявляемые к современной педагогической технологии [22], и возможности метода. Данные, приведенные в таблице 3, на наш взгляд, подтверждают его состоятельность.

Концептульность метода заключается в его «открытой архитектуре» (таблица 3), то есть в реализации принципа параллельного изложения материала или многозадачности. Многозадачность при изложении материала вполне соответствует предметной логике специальной дисциплины, а именно, широкому кругу рассматриваемой в ней вопросов, как это отмечено во «Введении».

С другой стороны, многозадачность задействует ассоциативное мышление студентов, что облегчает изучение пред-

 Таблица 3

 Качества современных педагогических технологий и их отображение в предложенном методе сжатия

Качества современных	Отоброжения в мотого ожетия
педагогических технологий	Отображение в методе сжатия
Системность (наличие у множества свойств и качеств, отсутствующих у составляющих его компонентов)	Практическая направленность на технический объект
Концептуальность (наличие глобальной цели)	«Открытая архитектура» двудольных подграфов графа дисциплины, то есть возможность расширения содержательной части образовательного контента без существенного увеличения затрат на его освоение
Развивающий характер	Установление межпредметных связей
Структурированность (наличие системообразующих связей)	Представление дисциплины в виде графа
Алгоритмичность (разделение на содержательные участки)	Выделение двудольных подграфов из графа дисциплины
Вариативность и гибкость (возможность изменения последовательности, порядка, цикличности элементов алгоритма)	Замена (перемещение по слоям) цепей внутри двудольного подграфа
Воспроизводимость (возможность применения педагогической технологии в других условиях и другими субъектами)	Инвариантность предложенного метода сжатия относительно вида учебной дисциплины

мета. Эта же многозадачность позволяет при возникновении конфликтной ситуации — непонимания излагаемого материала, попробовать отыскать ответ среди других учебных элементов этого же подграфа и соответствующих связей между ними.

Представленные выше примеры реализации также демонстрируют, что разработанный метод сжатия может быть применен к достаточно широкому кругу специальных дисциплин технического университета.

Заключение

Работая с научно-педагогической литературой, можно отметить, что большинство новых педагогических технологий было, если не разработано, то точно впервые опробовано в средней школе, особенно в классах с углубленным изучением ряда предметов. Являясь выпускником математического класса, автор статьи сам непосредственно знаком с технологией изучения математики по системе «листков» (Н.Н. Константинов, С.Г. Роман).

Возможно, причина здесь в том, что при подготовке будущего инженера определяющим является, все же, научно-технический уровень и актуальность содержания учебного материала, а не способы его подачи. В данной статье автор старался решить также и задачу устранения этого дисбаланса.

В заключение отметим некоторые особенности предложенного метода сжатия учебного материала специальных дисциплин: при его реализации широко используется индуктивный подход к изложению, что, безусловно, требует достаточно высокого уровня подготовленности аудитории в плане освоения предшествующих дисциплин; ввиду отсутствия повторений предполагается и хорошая посещаемость аудиторных занятий студентами.

Успешное развитие карьеры научно-технического работника, инженера, невозможно без непрерывного самостоятельного повышения его профессионального и образовательного уровня, что вполне соответствует роли, которая в предложенном методе отводится установлению внутри- и межпредметных связей в процессе приобретения новых знаний.

Литература

- 1. Сафонов Л.И. Демографические вызовы экономике и рынку труда в Российской Федерации в условиях глобализации. В кн.: Запесоцкий А.С. (научный ред.) Диалог культур в условиях глобализации: XI Международные Лихачевские научные чтения, 12-13 мая 2011 г. Т.1. СПб.: СПбГУП. 2011. 592 с.
- 2. **** Периодическое издание вуза газета.
- 3. Ткаченко Е.В., Манько Н.Н., Штейнберг В.Э. Дидактический дизайн инструментальный подход // Образование и наука. 2006. № 1. С. 58-67.
- 4. Неудахина Н.А. О возможностях практического внедрения технологии визуализации учебной информации в вузе // Известия Алтайского государственного университета. 2013. № 2-2 (78). С. 35–38.
- 5. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М.: ИНТОР. 1996. 544 с.
- 6. Эрдниев П.М. Укрупнение дидактических единиц как технология обучения. М.: Просвещение. 1992. 256 с.
- 7. Тазетдинов А.Д. Технология структурирования и визуализации учебной информации в репетиторских системах // Информационно-управляющие системы. 2009. № 1. С. 60–65.
- 8. Коробкова К.В., Коробков Р.И. Использование «сжатия» информации в процессе формирования информационно-компьютерной компетентности студентов университета. В кн.: Хапаева С.С. (ред.) Проблемы распространения передового педагогического опыта по использованию ТИК в учебно-воспитательном процессе: Сборник материалов. М.: ООО «Диона». 2007. 81 с.
- 9. Чибаков А.С. Проблемно-модульная технология в профессиональном обучении высокотехнологичным профессиям и специальностям // Мир науки. 2016. Т. 4. № 2. С. 48 / URL: http://mir-nauki.com/PDF/10PDMN216.pdf
- 10. Чошанов М.А. Гибкая технология проблемно-модульного обучения: Методическое пособие. М.: Народное образование. 1996. 160 с.
- 11. Штейнберг В.Э. Теория и практика дидактической многомерной технологии. М.: Народное образование. 2015. 350 с.
- 12. Буланова-Топоркова М.В., Духавнева А.В., Кукушин В.С. (ред.), Сучков Г.В. Педагогические технологии: Учебное пособие для студентов педагогических специальностей. М.: ИКЦ «МарТ». 2004. 336 с.
 - 13. Балабух Л.И., Алфутов Н.А., Усюкин В.И.

References

- 1. Safonov L.I. Demograficheskie vyzovy ekonomike i rynku truda v Rossiyskoy Federatsii v usloviyakh globalizatsii. In.: Zapesotskiy A.S. (ed.) Dialog kul'tur v usloviyakh globalizatsii: XI Mezhdunarodnye Likhachevskie nauchnye chteniya, 12-13 May 2011. Vol.1. Saint Petersburg: SPbGUP. 2011. 592 p. (In Russ.)
- 2. **** Periodicheskoe izdanie vuza gazeta (In Russ.)
- 3. Tkachenko E.V., Man'ko N.N., Shteynberg V.E. Didakticheskiy dizayn instrumental'nyy podkhod. Obrazovanie i nauka. 2006. No. 1. P. 58–67. (In Russ.)
- 4. Neudakhina N.A. O vozmozhnostyakh prakticheskogo vnedreniya tekhnologii vizualizatsii uchebnoy informatsii v vuze. Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. No. 2-2 (78). P. 35–38. (In Russ.)
- 5. Davydov V.V. Teoriya razvivayushchego obucheniya. Moscow: INTOR. 1996. 544 p. (In Russ.)
- 6. Erdniev P.M. Ukrupnenie didakticheskikh edinits kak tekhnologiya obucheniya. Moscow: Prosveshchenie. 1992. 256 p. (In Russ.)
- 7. Tazetdinov A.D. Tekhnologiya strukturirovaniya i vizualizatsii uchebnoy informatsii v repetitorskikh sistemakh. Informatsionno-upravlyayushchie sistemy. 2009. No. 1. P. 60–65. (In Russ.)
- 8. Korobkova K.V., Korobkov R.I. Ispol'zovanie «szhatiya» informatsii v protsesse formirovaniya informatsionno-komp'yuternoy kompetentnosti studentov universiteta. In.: Khapaeva S.S. (ed.) Problemy rasprostraneniya peredovogo pedagogicheskogo opyta po ispol'zovaniyu TIK v uchebnovospitatel'nom protsesse: Sbornik materialov. Moscow: OOO «Diona». 2007. 81 p. (In Russ.)
- 9. Chibakov A.S. Problemno-modul'naya tekhnologiya v professional'nom obuchenii vysokotekhnologichnym professiyam i spetsial'nostyam. Mir nauki. 2016. Vol. 4. No. 2. P. 48 / URL: http://mir-nauki.com/PDF/10PDMN216.pdf (In Russ.)
- 10. Choshanov M.A. Gibkaya tekhnologiya problemno-modul'nogo obucheniya: Metodicheskoe posobie. Moscow: Narodnoe obrazovanie. 1996. 160 p. (In Russ.)
- 11. Shteynberg V.E. Teoriya i praktika didakticheskoy mnogomernoy tekhnologii. Moscow: Narodnoe obrazovanie. 2015. 350 p. (In Russ.)
- 12. Bulanova-Toporkova M.V., Dukhavneva A.V., Kukushin V.S. (ed.), Suchkov G.V. Pedagogicheskie tekhnologii: Uchebnoe posobie dlya studentov pedagogicheskikh spetsial'nostey. Moscow: IKTs «MarT». 2004. 336 p. (In Russ.)
 - 13. Balabukh L.I., Alfutov N.A., Usyukin V.I.

Строительная механика ракет. М.: Высшая школа. 1984. 391 с.

- 14. Горбатов В.А. Основы дискретной математики. М.: Высшая школа. 1986. 311 с.
- 15. Евстигнеев В.А. Применение теории графов в программировании. М.: Наука. 1985. 352 с.
- 16. Феодосьев В.И. Основы техники ракетного полета. М.: Наука. 1979. 496 с.
- 17. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. Киев: Вища школа. 1983. 512 с.
- 18. Попов Б.Г. Расчет многослойных конструкций вариационно-матричными методами. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1993. 294 с.
- 19. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир. 1975. 541 с.
- 20. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир. 1979. 392 с.
- 21. Ковалев Б.К. Развитие ракетно-космических систем выведения. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 400 с.
- 22. Селевко Г.К. Педагогические технологии на основе дидактического и методического усовершенствования УВП. М.: НИИ школьных технологий. 2005. 288 с.

Stroitel'naya mekhanika raket. Moscow: Vysshaya shkola. 1984. 391 p. (In Russ.)

- 14. Gorbatov V.A. Osnovy diskretnoy matematiki. Moscow: Vysshaya shkola. 1986. 311 p. (In Russ.)
- 15. Evstigneev V.A. Primenenie teorii grafov v programmirovanii. Moscow: Nauka. 1985. 352 p. (In Russ.)
- 16. Feodos'ev V.I. Osnovy tekhniki raketnogo poleta. Moscow: Nauka. 1979. 496 p. (In Russ.)
- 17. Beyko I.V., Bublik B.N., Zin'ko P.N. Metody i algoritmy resheniya zadach optimizatsii. Kiev: Vishcha shkola. 1983. 512 p. (In Russ.)
- 18. Popov B.G. Raschet mnogosloynykh konstruktsiy variatsionno-matrichnymi metodami. Moscow: Izdvo MGTU im. N.E. Baumana. 1993. 294 p. (In Russ.)
- 19. Zenkevich O. Metod konechnykh elementov v tekhnike. Moscow: Mir. 1975. 541 p. (In Russ.)
- 20. Segerlind L. Primenenie metoda konechnykh elementov. Moscow: Mir. 1979. 392 p. (In Russ.)
- 21. Kovalev B.K. Razvitie raketno-kosmicheskikh sistem vyvedeniya. Moscow: MGTU im. N.E. Baumana. 2014. 400 p. (In Russ.)
- 22. Selevko G.K. Pedagogicheskie tekhnologii na osnove didakticheskogo i metodicheskogo usovershenstvovaniya UVP. Moscow: NII shkol'nykh tekhnologiy. 2005. 288 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Константин Петрович Баслык МГТУ имени Н.Э. Баумана (НИУ), Москва, Россия Эл. noчта: kbaslyk@gmail.com Тел. (916) 586 61 80

Information about the author

Konstantin P. Baslyk

Tel.: (916) 586 61 80

Bauman Moscow State Technical University (National research university of technology), Moscow, Russia E-mail: kbaslyk@gmail.com