



ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 37.09:539.3/4
DOI 10.20339/AM.07-24.052

В.А. Костин*,
д-р техн. наук, профессор
e-mail: VAKostin@kai.ru
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ
Н.Л. Валитова,
канд. техн. наук, доцент
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

НЕСКОЛЬКО РЕКОМЕНДАЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТОЧНЫХ НАУК (НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»)

Наш мозг обладает потрясающими способностями. Предлагаемая статья, основанная на трудах известных педагогов-механиков, нейрофизиологов, а также психологов и специалистов по точным наукам, по замыслу авторов является кратким «руководством по эксплуатации» заложенного в головах обучаемых потенциала применительно к математике и естествознанию.

Рассказываем о поиске эффективных методов усвоения материала, в частности, используя понятия фокусированного и рассеянного внимания. Рассматриваем эффективность деятельности подхода в образовании на примере участия студентов в реальных проектах. Обращаем внимание на роль качественного анализа структуры дифференциальных уравнений в понимании физики процесса. В качестве основного инструмента при подготовке к экзамену нами предлагается вспоминание материала в противовес механическому повторению.

Ключевые слова: сознание, перестройка, память, порция информации, вспоминание, общая картина.

A FEW RECOMMENDATIONS FOR STUDYING EXACT SCIENCES (CASE OF STRENGTH OF MATERIALS DISCIPLINE)

Vladimir A. Kostin*, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Kazan National Research Technical University n.a. A.N. Tupolev – KAI, e-mail: VAKostin@kai.ru

Natalia L. Valitova, Cand. Sci. (Engineering), Docent, Kazan National Research Technical University n.a. A.N. Tupolev – KAI

Our brain has amazing abilities. The proposed article, based on the works of famous mechanics educators, neurophysiologists, as well as psychologists and specialists in the exact sciences, is, according to the authors, a brief 'operation manual' for the potential inherent in the minds of students in relation to mathematics and natural science.

We talk about the search for effective methods of mastering material, in particular, using the concepts of focused and diffuse attention. We consider the effectiveness of the approach in education using the example of student participation in real projects. We draw attention to the role of qualitative analysis for the structure of differential equations in understanding the physics of the process. We offer recall of material as a main tool in preparing for an exam, as opposed to mechanical repetition.

Keywords: consciousness, restructuring, memory, piece of information, recall, overall picture

Введение

Принято считать (например, в [1; 2]), что для лучшего усвоения сопромата надо делать больший акцент на механизме (картине) качественных изменений в теле под нагрузкой, а аппарат математики следует рассматривать только как вспомогательный инструмент для характеристики невидимых глазу деформаций и напряжений. Не по-

этому ли от студентов после сдачи экзамена по математическому анализу можно часто слышать фразу: «Сдал, слава богу, и забыл!».

В предлагаемой статье, не отрицая роли качественных характеристик процесса деформирования материалов и конструкций, предлагается использовать сформированный при изучении высшей математики необходимый характер мышления и знания для более глубокого и легкого

изучения типичных и естественных случаев механики деформирования твердого тела.

Практика преподавания показывает, что большинству студентов логичность математического мышления недоступна. Им необходимо изменить способ своего мышления, а для этого нужно еще и тренировать свой мозг. Тогда им откроются новые пути совершенствования навыков и методов усвоения знаний — прежде всего тех, что связаны с математикой. Далее в статье мы остановимся на математике и одновременно познакомимся с простыми, но эффективными методиками обучения, которые известны психологам и педагогам [3; 4], но мало применяются при организации обучения в технических вузах.

Статья предназначена для преподавателей, которые обучают студентов, любящих конструкции и конструирование летательных аппаратов (ЛА), но ненавидящих математику и точные науки (теоретическую механику, сопротивление материалов, строительную механику, аэродинамику, расчет ЛА на прочность и т.д.).

Для того чтобы сосредоточиться на математике, необходимо освоить некоторые мыслительные приемы, которые будут полезны для всех. Как правило, проблемы начинаются из-за отсутствия интереса или убежденности в недостаточности личных способностей.

Благодаря специалистам-нейрофизиологам известно, что мозг создан для выполнения сложнейших расчетов. Именно эти расчеты позволяют нам ловить мяч, раскачиваться на стуле, обходить ямы на дороге и т.д. [5]. Мы, сами того не ощущая, производим непростые вычисления и решаем сложные уравнения совершенно бессознательно. Таким образом, чутье и способность к математике есть у каждого человека, но ему необходимо пройти весь известный путь (арифметика, алгебра, высшая математика), чтобы научиться составлять и решать соответствующие дифференциальные уравнения движения, т.е. совершать этот путь в процессе моделирования сознательно.

Что нужно и чего не хватает нашим студентам, по мнению авторов статьи? Главной проблемой для многих остается математика — цифры и уравнения просто неприятны, и их хотелось бы избегать любой ценой. Это распространенный тип мышления многих людей, любящих авиационную технику и авиацию, но считающих, что математика и точные науки не для них.

Можно ли перестроить сознание студента, который считает математику бесполезной? Механика (и сопромат в том числе) не просто написана на языке математики, она формирует образ и мышление, необходимые специалисту независимо от того, будет он заниматься аэродинамикой, прочностью или термодинамикой. Из своего опыта: обучаясь в аспирантуре на мехмате КГУ, я (В.А. Костин) чув-

ствовал, что по мере погружения в математику дела с механикой (пластинки и оболочки) шли легче. Если студент хорошо освоил математику и точные науки, то изложенное ниже поможет ему совершенствоваться в дальнейшем. Если он уверен, что не имеет способности к точным наукам, то предложенные подходы помогут ему упростить дальнейшую учебу.

Действительно, поиск решения в математике и естественных науках часто требует больше затрат, чем сфокусированный поиск решения в сферах, связанных с языком, биологией, людьми и обществом. Математические идеи зачастую более абстрактны и закодированны (формализованный язык уравнений и формул). Абстрактность и закодированность переводит проблему на более высокий, а порой и многократно более высокий уровень сложности.

Итак, *цель данной работы* можно сформулировать как поиск эффективных методов усвоения материала, преподаваемого в основном в виде формул и уравнений, путем перестройки сознания, а *решаемые задачи* — как освоение современных методов мышления, включая развитие памяти. Рассмотрим их по порядку.

Основная часть

Введение в механику твердого тела.

Мышление сфокусированное и рассеянное

Механика деформируемого твердого тела — наука о равновесии и движении реальных тел с учетом изменения расстояний между частицами в процессе движения. Различают одномерные, двумерные и трехмерные задачи. Предметом исследования сопротивления материалов являются одномерные задачи. И именно с них начинается, как правило, в технических вузах изучение вопросов прочности.

Основные соотношения механики деформируемого твердого тела строятся применительно к трехмерным телам. Когда установлена полная система уравнений, можно говорить о теории упругости. На мехмате КФУ начинают именно с теории упругости, а затем переходят к сопротивлению материалов как к частности, связанной с большим количеством гипотез. После изучения теории упругости и при переходе к сопротивлению материалов боязни математики у студентов, естественно, нет.

Наши студенты согласно программе идут от более простого (сопротивление материалов) к более сложному, т.е. теории упругости, постепенно знакомясь с основными понятиями, характерными для курса.

Учебной программой курса сопротивления материалов предусмотрено следующее: введение в дисциплину; базовые понятия напряжений и деформаций; постановки задач

прочности, статически определимой и статически неопределимой системы; энергетические методы сопротивления материалов, понятие расчетной модели.

Погружение в предмет идет, как правило, без особого напряжения со стороны студентов. Затруднения заключаются (появляются) в необходимости стыковки физической сущности и математической формы. Например, простейшая

дифференциальная зависимость $y' = \frac{dy}{dx}$ и ее интерпретация

в механике как $Q = \frac{dM}{dx}$. Возможны и разные буквы при обозначениях в сопротивлении материалов и теории упругости. Но студенты это быстро схватывают. Проблема, со слов студентов, в другом. Как быстро понять и усвоить большое количество сложного материала в ограниченное время учебного семестра и достаточно короткой сессии?

По мнению психологов, чтобы изучать математику и обращаться с ней творчески, **нужно научиться использовать сфокусированный и рассеянный способы мышления**, т.к. наш мозг находится в двух состояниях – сфокусированном и рассеянном [5; 6]. Он переключается из одного состояния в другое, не используя их одновременно. Когда вы сосредотачиваете внимание на проблеме, ваше сознание поворачивает мыслительный рычажок и вновь возникает мысль.

Процессы в мозгу, когда мы изучаем математику и точные науки, одинаковые. Способность переключать внимание – сначала ухватить деталь изучаемой общей картины, а потом возвращаться к предмету полного понимания происходящего. Когда читатель впервые просматривает главу учебника по сопротивлению материалов, ему полезно пробежать глазами весь объем главы, взглянуть не только на эпюры, схемы нагружения, но и заголовки маленьких разделов и даже вопросы в конце текста. На первый взгляд такой подход кажется нелогичным – ведь студент как следует не изучил материал. Однако это помогает упорядочить мысль, в мозгу остаются «крючки», которые потом, при тщательном изучении текста, облегчают понимание материала.

Для усвоения новых понятий и решения задач важна не только начальная концентрация внимания, но и последующая расфокусированность взгляда, когда мы позволяем мозгу отвлечься от предмета и смотреть на мир гораздо шире. Психологи советуют делать перерывы между изучением методики, что поможет переместить нужную информацию из рабочей памяти в долговременную.

Хорошо учиться – значит творить. Роль мотивации

В истории КАИ известен ряд плодотворных периодов, когда студентам удавалось пройти путь от исполнителей

готовых упражнений и примеров к конструированию реальных объектов, т.е. творчеству. Это работа в СКБ спортивной авиации над рекордными планерами КАИ-12, КАИ-14, КАИ-17, КАИ-19 под руководством будущего генерального конструктора Симонова М.П., а в новейшей истории – участие в создании вертолетов Ансат и Актай.

Привлечение к преподаванию, например, сотрудников КБ вертолетного завода позволяет уйти от хрестоматийных балок и рам к расчетам простых элементов, характерных для реальных конструкций, в частности, шпангоутов, хвостовой и концевой балок, трансмиссии как валопровода и т.д.

Нейропсихолог Роберт Билдер (Калифорнийский университет) пишет о том, что главный «ингредиент» – просто действуй, а творчество – вопрос количества.

Это всё подтверждается при участии студентов в реальных проектах – появляется мотивация, такая как публикации статей в журналах, хорошие оценки.

Укрощение уравнений

При освоении математики и других точных наук один из главных шагов – создание понятийных порций, т.е. ментальных связок, объединяющих отдельные фрагменты информации через общий смысл. Когда идея зафиксирована в виде порций, нам не нужно держать в памяти мелкие детали: у вас есть общее представление – порция, и этого достаточно.

Пример. Рассмотрим уравнение движения для колебательной системы и его качественный анализ:

$$m \frac{d^2v}{dt^2} = -c \frac{dv}{dt} - kv = F(t), \quad (1)$$

где m – масса груза, c – мера сопротивления воздуха, k – упругая сила, $F(t)$ – внешняя сила. Для большей наглядности это уравнение часто записывают так:

$$m \frac{d^2v}{dt^2} = +c \frac{dv}{dt} + kv = F(t),$$

Получилось линейное однородное дифференциальное уравнение второго порядка.

С чего начинается решение? Прежде всего в таких случаях нужно несколько упростить задачу. Попробуем убрать силу сопротивления и внешнюю силу, т.е. будут учитываться только сила инерции и упругость. Получим однородное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$m \frac{d^2v}{dt^2} + kv = 0. \quad (2)$$

Итак, что мы сделали? Рассмотренная первоначально модель (1) оказалась достаточно сложной, и непонятно, как

с ней работать. Поэтому мы упростили явление и получили другую более простую модель.

Общее решение (2) будет:

$$x(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t.$$

Так, упростив модель, мы получили решение. И хотя в реальной жизни непременно будет воздействие силы сопротивления, данное решение подходит для ситуации, когда сила сопротивления очень слабая, а само решение является основой для всех колебательных движений, причем продолжающихся бесконечно долго (нет сопротивления). Далее решаем задачу уже с учетом силы сопротивления:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = 0.$$

Проходя цикл за циклом все случаи (с силой сопротивления и без нее, с внешней нагрузкой) мы постепенно приближаемся к пониманию явления.

Разделяя сложные задачи на составляющие, мы фактически формируем интуицию инженера. Затем, постепенно усложняя модель, начинаешь понимать или даже чувствовать каждый новый элемент, вводимый в уравнение. Главное, начинаешь понимать, как это работает.

И все-таки известные реплики: «Не надо математики, вы мне на пальцах покажите!» – продолжают довольно часто звучать, особенно у лиц, работающих на авиационных предприятиях и «знающих», что им действительно нужно. Диагноз прост – нет навыков решения дифференциальных уравнений. С другой стороны, хочется напомнить, что, например, уравнения типа краевого эффекта имеют очень красивое решение в гиперболических функциях и не требуют в большинстве случаев особо изощренного ума – нужны просто знания и навыки.

Кстати, очень важно обращать внимание на размерности слагаемых и формул, учить проверять правильность решения, анализируя размерность.

Без формирования цифровых компетенций невозможно создание алгоритмов и компьютерных программ.

Важность запоминания

Без памяти невозможно знание. Попытка вспомнить материал, который вы изучаете, т.е. практика извлечения данных из памяти, гораздо эффективнее простого перечитывания [7].

Перечитывание может быть полезно лишь в одном случае: если при этом делаются значительные перерывы, так что занятия становятся упражнениями по интервальному повторению материала.

Кроме того, эффективным методом запоминания является умение мыслить **математическими аналогиями** [8]. Элементы аналогии:

- ◆ Расстояние s и φ – угол поворота.
- ◆ Линейная скорость v и ω – угловая скорость.
- ◆ Линейное ускорение a и ε – угловое ускорение.
- ◆ Масса M и I_{zz} – осевой момент инерции тела.

Это подчеркивает важность роли **понимания**. Оно похоже на суперклей, который позволяет держать вместе нужные отпечатки в памяти. Создавать стойкие понятийные порции информации помогают практические занятия. Практические упражнения делают сознание более живым и гибким, как и требуется в жизни.

Работа в семестре Как выбрать время для занятий?

Мысли текут примерно так: сейчас начну заниматься, только сначала проверю Twitter и почту. Незаметно проходит час. Приступаю к работе. А сайты открыты на рабочем столе, звонят друзья и т.д. и т.п. Психологи предлагают разделить домашние занятия на малые отрезки, занимаясь интенсивно, но короткими периодами. Эта система тайм-менеджмента 1980-х годов. Предполагается, что таймер будет выставляться на период до 25 минут. Как только таймер запущен, вы в игре. Никаких вылазок в интернет, телефонных разговоров или смс-переписок. Оппоненты метода говорят, что работа по таймеру – это стресс. Однако исследователи выяснили нечто примечательное и неожиданное. Если заниматься в условиях легкого стресса, то вы легче сосредотачиваетесь, к тому же будете легче переносить тяжелые стрессы.

Итого. Самообразование – один из самых эффективных способов обучения, поскольку усиливает способность мыслить независимо. Специалисты отмечают, что при изучении материала усидчивость более важна, чем ум. Если вам не даются основы изучаемого предмета, не отчаивайтесь. Медленно думающие студенты, к общему удивлению, часто усваивают фундаментальные знания лучше, чем их более понятливые сокурсники. Здесь уместно привести фрагмент разговора Гельвеция и Дидро.

Гельвеций. Лестница, отделяющая людей по их умственным способностям – выдумка.

Дидро. Она может быть не так длинна, как многие думают...

Экзамены и тесты

Студентов, изучающих математику и точные науки, традиционно учат начинать с самых простых задач. Такой подход основан на представлении, что выполнение простых задач придаст вам уверенности для решения более сложных, а также создаст некоторый задел поло-

жительных ответов. Часто это срывается. Но психологи считают, что лучше начинать со сложных задач, а при заминке быстро переходить к простым. Такой подход полезен потому, что загружает в память первую самую сложную задачу, а затем переключается с нее на другие. Возможно, многие замечали, что правильное решение приходит в голову после экзамена. Когда отвлекаешься мыслями от задачи, внимание переключается и рассеянное мышление, которому наконец перепала доля свободы, выдает нужное решение, – но, увы, слишком поздно.

Одна из причин экзаменационного ступора – то, что студенты лихорадочно бросаются решать задачу раньше, чем в ней разобрались. Надо научиться останавливаться на несколько секунд перед выполнением задания. Не поддаваться стрессу и контролировать его.

Литература

1. Горбунов В.Ф. Изучай сопротивление материалов самостоятельно: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 162 с.
2. Евграфова И.В. Междисциплинарные связи курсов общей физики и высшей математики в технических вузах: автореф. дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2010.
3. Дойдж Н. Пластичность мозга. Потрясающие факты о том, как мысли способны менять структуру и функции мозга. М.: Эксмо, 2010. 544 с.
4. Колвин Джефф. Талант ни при чем! Что на самом деле отличает выдающихся людей? / пер. с англ. Е. Каплуновой. М.: Альпина Бизнес Букс, 2012. 251 с.
5. Оакли, Б. Думай как математик: как решать любые задачи быстрее и эффективнее. 4-е изд. / пер. с англ. М.: Альпина Паблшер, 2023. 283 с.
6. Де Боно. Латеральное мышление. Мн.: Попурри, 2012. 384 с.
7. Дуэк Кэррол. Гибкое сознание: новый взгляд на психологию развития взрослых и детей / пер. с англ. Светланы Кировой. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 389 с.
8. Космодемьянский А.А. Теоретическая механика и современная техника. Изд. 2-е, доп. М.: Просвещение, 1975. 248 с.

Заключение

Данная статья базируется на многочисленных исследованиях и многочисленных публикациях ученых – механиков и психологов, детально исследующих процесс мышления, формирования памяти и некоторых организационных моментов, необходимых для продвижения этого багажа в жизнь. К сожалению, известно, что преподаватели технических вузов достаточно негативно относятся к педагогике и психологии. Данная статья есть попытка более серьезно посмотреть на достижения этих наук, используя приемы, открытые нейробиологами, применительно к математике и точным наукам.

В качестве примера в заголовке назван сопромат как известная в мире дисциплина и, кроме того, входящая в педагогическую практику одного из авторов статьи. Очевидно, что всё изложенное можно распространить на любые точные науки.

References

1. Gorbunov, V.F. *Izuchay soprotivlenie materialov samostoiatel'no* [Study the strength of materials yourself]. Irkutsk, IrGTU Publ., 2008. 162 p.
2. Evgrafova, I.V. [Interdisciplinary connections of courses in general physics and higher mathematics in technical universities: Abstract Cand. Diss. of Pedagogy. St. Petersburg, 2010.
3. Doidge, N. *The Brain That Changes Itself: Stories of Personal Triumph from the Frontiers of Brain Science*. N. Y.: Viking Press, 2007 [Rus. ed.: *Doidge, N. Plastichnost' mozga. Potriasaiushchie fakty o tom, kak mysl' sposobny meniat' strukturu i funktsii mozga*. Moscow, Eksmo Publ., 2010. 544 p.].
4. Colvin, G. *Talent Is Overrated. What Really Separates World-Class Performers from Everybody Else*. Portfolio, 2010. 256 p. [Rus. ed.: *Colvin, G. Talant ni pri chem! Chto na samom dele otlichaet vydaiushchisia liudey?* Moscow: Alpino Business Books Publ., 2012. 251 p.].
5. Oakley, B. *A Mind for numbers: How to excel at Math and Science (even if You flunked Algebra)*. Penguin, 2014. 336 p. [Rus. ed.: *Oakley, B. Dumay kak matematik: kak reshat' liubye zadachi bystree i effektivnee*. Moscow: Alpina Publisher Publ., 2018. 284 p.].
6. De Bono, E. *Lateral Thinking: A Textbook of Creativity*. Penguin UK, 2009. 272 p. [Rus. ed.: *De Bono, E. Laternal'noye myshlenie*. Minsk: Popurri Publ., 2012. 384 p.].
7. Dweck Carol, S. *Mindset: The New Psychology of Success*. Ballantine Books; Reprint edition, 2007. [Rus. ed.: *Dweck Carol, S. Gibkoe soznanie: novyi vzgliad na psihologiiu vzroslyh i detei*. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber Publ., 2013. 389 p.].
8. Kosmodemyansky, A.A. *Teoreticheskaia mekhanika i sovremennaia tekhnika* [Theoretical mechanics and modern technology]. Moscow: Prosveshcheniye, 1975. 248 p.