

УДК 539.3

С. А. ОРЛОВ

Резидент Парка высоких технологий Республики Беларусь

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ МЕХАНИКЕ МАТЕРИАЛОВ

В работе представлены существующие тенденции образовательного процесса технического профиля. Анализируются особенности существующих подходов и их недостатки. Предложены новейшие концепции обучения в области механики материалов и сформулированы требования, которым должно удовлетворять программное обеспечение в техническом образовании. На примере созданного автором инструмента *Mechanics of Materials™ Toolbox for Maple™* продемонстрированы возможности и ключевые преимущества систем компьютерной алгебры вообще, и символично-аналитических решений в механике, в частности.

Обзор существующих образовательных традиций. В последнее время все чаще в печати, да и в целом в средствах массовой информации говорят об инновационных технологиях в университетском образовательном процессе. Часто весьма затруднительно понять, о чем же, собственно, идет речь и каковы примеры действительно эффективных методик, приемов и подходов.

Классическое техническое образование предполагало наличие лекционных, практических и лабораторных занятий. При этом самостоятельная работа студента подразумевала использование учебников и печатных методических указаний, а контроль знаний проводился с помощью коллоквиумов, контролируемых работ, зачетов и экзаменов.

С широким распространением домашних компьютеров и Интернета ситуация стала меняться. Удивительно, но ортодоксальность системы образования, как показывает личный опыт преподавания и опыт старших коллег, вообще говоря, привела к тому, что пионерами изменений стали сами студенты – те из них, которых принято называть пытливыми умами.

Действительно, в сети Интернет стало возможным отыскать колоссальный объем полезной информации, систематизировать ее, обсудить тонкости применения того или иного научного приема или методики на всевозможных форумах и в сообществах и, наконец, получить необходимое знание в требуемом объеме. Этот процесс ударил по сложившейся системе образования в том смысле, что выявил все ее недостатки, связанные с ограниченными материальными ресурсами университетов, с одной стороны, и с другой, с инертностью самой системы и непрофессионализмом профессорско-преподавательского состава.

Поясним сказанное примером. Известно, что каждый лектор обязан представить студентам список литературы для самостоятельной работы. Хоро-

ший лектор всегда предлагает список из мировых брэндов – признанных во всем мире учебников. Обычный лектор предлагает список из книг, имеющих в фондах библиотеки. И, наконец, преподаватель-дилетант предложит студентам использовать собственный конспект лекций и собственное методическое пособие, авторство в котором часто оказывается весьма сомнительным. Студент же оказался полностью свободным в выборе источника приобретения дополнительных знаний с помощью Интернета.

В последнее время все чаще в учебном процессе используются проекторы – устройства для показа слайдов. Самое тягостное состоит в том, что некоторые преподаватели свято верят в то, что применение именно такого инструмента – свидетельство современных подходов к обучению. Представим лекционное занятие, в течение которого на студента обрушивается шквал информации в процессе красочного слайд-сеанса. Запомнить и хоть как-то законспектировать такой объем материала невозможно в принципе. Как результат, эффективность такого занятия близка к нулю (автору статьи неизвестны случаи, когда студентам предоставлялись бы печатные варианты подобной лекции).

Есть категория специалистов, которые поощряют повсеместное применение компьютеров во всех аспектах творческой работы студентов от написания текста до неосмысленных инженерных расчетов в среде, рыночная стоимость которой необыкновенно велика. При этом вопрос чистоты лицензии является чем-то неприличным, о чем говорить не принято. Есть один существенный недостаток в таком подходе: когда лектор и обучаемый студент остаются наедине друг с другом в отсутствии компьютера, оказывается, что обсуждать им нечего.

Удивительно, но все еще присутствует группа специалистов-преподавателей, отвергающая компьютер по двум причинам:

- машина делает все, студент – ничего;
- доверять машине в достаточной степени нельзя.

Истина, как известно, чаще всего находится в некоторой промежуточной точке. Именно, использование компьютера в научно-исследовательской деятельности и в образовательном процессе как виде творческой работы должно быть:

- обоснованным и осмысленным;
- повторяемым и контролируемым;
- эффективным в широком смысле.

Затронутый вопрос представляется весьма актуальным, поэтому остановимся на каждом пункте в отдельности. При этом будем использовать обобщенное понятие пользователь, подразумевая под ним студента, преподавателя или научного работника.

Обоснованное и осмысленное использование компьютера. Если пользователь владеет таблицей умножения, то, наверное, нет никакой необходимости умножать большие числа вручную (сейчас такое положение вещей являет-

ся привычным, но каких-нибудь сорок лет назад такая концепция повергала в шок большинство ученых, не считающих возможным довериться машине). Пользователь должен понимать то, в чем конкретно ему может помочь компьютер. Например, студент, изучающий правила построения эпюр внутренних силовых факторов, должен познакомиться с названными правилами и прежде попробовать решить ряд простейших задач вручную. Затем, получив первоначальные навыки, можно приступить к самоконтролю собственных знаний с помощью программы, предоставляющей исчерпывающее решение. Комфортность, эффективность такого подхода состоит в колоссальной экономии времени получения и закрепления знаний. Особенно это обстоятельство важно в эпоху информационного бума, которую мы переживаем.

Еще пример из математического образования. Известно, что от студента часто требуют механического запоминания таблицы производных и интегралов от стандартного набора функций. Пожалуй, важным является лишь способность к осмыслению понятия, к аналитическому выводу того или иного табличного значения производной или интеграла, а не заучивание табличных значений. Наоборот, при упрощении громоздких выражений, взятии производных и интегралов сложных функций, следовало бы использовать систему компьютерной алгебры и не тратить время на решение пусть творческой, но весьма частной задачи.

Несмотря на кажущуюся очевидность обсуждаемого положения об осмысленности применения компьютера, им часто пренебрегают не только в студенческой практике, но и в научной деятельности. Например, в число защищаемых положений диссертационной работы часто выносятся результаты, полученные с помощью профессионального инженерного программного обеспечения, основанного на методе конечных элементов. Удручает тот факт, что часто выясняется частичное или даже полное незнание самого метода конечных элементов соискателем. При этом по отношению к студенту такое явление очевидно неприемлемо, а по отношению к соискателю на получение высшей научной квалификации оно не только допустимо, но даже ставится в заслугу.

Повторяемость результатов и контроль вычислений. Ошибаются все исследователи, ошибается и машина, придуманная человеком. Правильней было бы сказать так, что программа получает и обрабатывает данные не так, как предполагалось. Ошибка компьютера – это свидетельство внутреннего непонимания между разработчиком программы и пользователем. Диалектически, наличие ошибок – признак деятельности, жизни вообще. В современном комбинаторном мире фразу Р. Декарта «Мыслью – значит существую» следовало бы изменить на «Ошибаюсь – значит существую».

В этой связи пользователь всегда должен иметь некоторую индивидуальную долю уверенности в корректности результата – качественную или количественную. Поэтому идею о том, что компьютер в будущем заменит человека в образовательной и научной деятельности, следует понимать так:

– от человека, пользователя машины потребуются еще большие знания, касающиеся быстрой оценки эффективности и правильности результата;

– смещение акцентов с анализа частных случаев к исследованию поведения системы вообще, исходя из универсальных принципов ее существования. Такое смещение акцентов говорит о качественном скачке – свидетельстве эволюции в научном познании. Например, компьютер может предоставить исследователю множество фактов – результатов вычислений, получение которых вручную было до сих пор попросту невозможным. На основе этих фактов пользователю предстоит сделать заключение о поведении некоторой сложной системы, найти оптимальный набор ее параметров, например, приводящий к минимуму энергии [1]. И, конечно, доказать корректность результата. Таким образом, классы решаемых задач изменятся.

По отношению к исследовательской и образовательной деятельности обсуждаемое положение следует понимать буквально так, что полученный результат должен быть проверен любым доступным способом:

– с помощью аналогичной программы;

– экспериментом;

– качественным анализом или другим приемом, приводящим к ответу на поставленные в задаче вопросы.

Эффективность применения машины. Любое новшество в самом широком смысле имеет ценность лишь тогда, когда приносит пользу. В большинстве случаев, эффективность применения компьютера не требует никаких доказательств – она очевидна. Однако бывают исключения. Пожалуй, следует выделить такие особые случаи:

– когда круг решаемых конкретной программой задач весьма узок, а овладение ей, получение навыков пользования является трудоемким, затратным по времени процессом;

– корректность результата остается под сомнением, существующие инструменты анализа, экспериментальная техника и аналоги отсутствуют.

Первая проблема решается путем увеличения так называемого параметра *usability* – удобство пользования. В самом деле, на рынке присутствует огромное число компьютерных программ, решающих задачи или проблемы, постановки которых понятны неспециалисту или могут быть легко объяснены. Например, сортировка технической документации на промышленном предприятии, учет и движение продуктов в супермаркете, телефонный справочник, почтовые сервисы и прочее. Качественную, удобную в использовании программу может создать лишь программист (или коллектив программистов), примерно одинаково владеющий как технологиями программирования, так и специальными знаниями в некоторой узкой области. Актуальность указанного положения подтверждена тем фактом, что в вузах Белоруссии открываются новые специальности подобного профиля, которые в будущем призваны заполнить крайне востребованную нишу на рынке труда. Например, в Гомель-

ском государственном техническом университете им. П. О. Сухого два года назад открыта специальность, касающаяся информационных технологий в условиях промышленного предприятия. Примечательно, что будущие программисты изучают сложившийся комплекс инженерных дисциплин, таких как механика материалов, теоретическая механика и детали машин.

Второй аспект свидетельствует о том, что предлагаемое программное обеспечение является либо прорывным шагом в развитии информационных технологий, либо свидетельствует о неадекватности или сомнительности результатов.

О символьных и численных результатах. Представим ситуацию, когда программное обеспечение, используемое в учебном процессе, а также сам образовательный процесс удовлетворяет принципам использования компьютера в учебной деятельности, изложенным выше. Но даже в этом случае имеется одно существенное препятствие, ограничивающее и подчас делающее невозможным широкое развитие новых технологий в техническом образовании. Дело в том, что результаты работы существующих программ имеют численный вид, совершенно непригодный для развития навыков аналитического мышления. В самом деле, вспомним закон всемирного тяготения Ньютона:

$$F = G \frac{mM}{R^2},$$

где G – гравитационная постоянная; m , M – взаимодействующие массы; R – расстояние между ними.

Универсальность знаний, заложенных в аналитической форме соотношения, заключается в том, что вместо буквенных символов в указанную формулу могут быть подставлены любые численные значения. Помимо этого может быть исследована конкретная зависимость между отдельными параметрами, входящими в указанную формулу, то есть может быть проведен параметрический анализ.

Теперь представим астронома-практика, наблюдающего за звездами с помощью телескопа. Пусть в некоторых экспериментах им установлен факт взаимодействия двух конкретных масс с силой в 10^{30} Н. Оба результата предоставляют ответ на поставленный вопрос о силе взаимодействия двух точечных масс, однако первый вариант решения является общим – универсальным, второй – частным. Практическая ценность первого результата абсолютна, второго – весьма ограничена.

Возвращаясь к образовательным технологиям, обратим внимание на тот факт, что подавляющее большинство прикладных программ в области естественно-научного образования, за редчайшим исключением, функционируют по принципу астронома-любителя, то есть предоставляют численный вариант решения. С другой стороны, совершенно ясно, каким основным по функциональности требованиям должно удовлетворять программное обеспечение, претендующее на инновационный характер в техническом образовании:

– решать задачи в «книжном» формате – аналитически, в символьной нотации и с подробными комментариями;

– в отличие от учебников, решать придуманные пользователем задачи, а не предлагаемые автором учебника в стационарном виде.

Обобщая, можно сказать так, что современные образовательные технологии предполагают создание следующих инструментов:

– компьютерных программ – «живых», а потому неисчерпаемых учебников и пособий;

– локализацию указанных программ в виде Интернет-сервисов, позволяющих строить сети по управлению учебным процессом и полностью автоматическому контролю базовых знаний.

Заметим, что в таких условиях значительно возрастает уровень профессиональных требований к преподавателю, который обязан владеть не только предметной областью знаний, но также навыками работы с соответствующим программным обеспечением. Важно понимать также, что обсуждаемое положение о необходимости дополнительных навыков в области информационных технологий – не рекомендация, а жесткое требование времени, с которым необходимо считаться.

О символьной алгебре или решение проблемы. В настоящее время на рынке компьютерных средств присутствует лишь одна категория продуктов, отвечающих всем заявленным принципам. Это – системы компьютерной алгебры универсального типа. Лидерами в этом сегменте являются канадская система Maple от Waterloo Maple Inc. и американская система Mathematica от Wolfram Research Inc. Отметим еще один продукт, практически не уступающий указанным выше, – немецкий пакет MuPAD Pro от SciFace Software GmbH & Co KG.

Общей чертой указанных систем является способность к проведению не только численных, но также и символьных преобразований. На сегодняшний день в отмеченных продуктах присутствует огромное число математических сведений: справочные данные, правила преобразования математических выражений, специальные функции, решатели обычных и дифференциальных уравнений и систем уравнений в общем виде.

Таким образом, пользователю остается лишь свести постановку исследовательской задачи к корректной математической формулировке на языке пакета компьютерной алгебры, например, к дифференциальному уравнению с граничными условиями. Важной особенностью является и тот факт, что интерфейс пользователя современных продуктов весьма качественный. Говорят, что порог вхождения в систему невелик. Под порогом вхождения понимается время, затрачиваемое пользователем-новичком на получение основных навыков пользования средой.

Большое значение в сложных расчетах имеет способность пакета к доходчивому графическому представлению результатов или, как говорят, к графической визуализации. Все обсуждаемые пакеты обладают такими возможностями.

Справедливости ради укажем на еще одну группу инструментов, решающих математические задачи. Это системы численной обработки данных. Речь идет, прежде всего, о популярном пакете MATLAB от MathWorks Inc. и о популярном студенческом инструменте MathCAD от PTM. Отличительными или ключевыми особенностями первого пакета являются:

- представление всех данных в матричном виде;
- богатый набор специальных надстроек, расширяющих возможности системы в узкопрофессиональных областях.

Нет сомнений в том, что названные особенности действительно ключевые. Например, коль скоро подавляющее большинство прикладных проблем сводится к решению систем уравнений, а последние, в свою очередь анализируются матричными подходами, то представление даже единственного числа в формате матрицы размерностью 1×1 кажется вполне оправданным.

Библиотека специальных надстроек MATLAB является самой богатой по числу и разнообразию приложений. Действительно, пользователю-новичку, находящемуся перед выбором программы, обрабатывающей математические данные, довольно сложно узнать о том, сможет ли данный конкретный пакет справиться с его индивидуальной задачей из некоторой инженерной области или нет. Наоборот, обзор специальных библиотек MATLAB сразу же позволяет оценить широту решаемых инструментом задач. Вообще говоря, нет ни одной системы математической обработки данных, обладающих таким числом расширений. Известно, что подобный результат был достигнут, собственно, не столько усилиями самой компании MathWorks, сколько их инициативой объединить вокруг пакета талантливых исследователей – специалистов в предметных областях.

Интересен опыт разработчиков пакета MathCAD, которые сделали ставку на показатель usability. С момента ранних версий этот продукт обладал способностью представления данных в «книжной» математической нотации. Например, интеграл во вводном формате этого пакета всегда выглядел как интеграл, а не набор специальных символов, характерных для языков программирования. Поэтому порог вхождения в среду MathCAD самый низкий среди всех систем математической обработки данных, что так привлекает студентов.

И, тем не менее, основываясь на указанных выше обстоятельствах и собственном опыте, следовало бы рекомендовать для широкого университетского образования естественнонаучного и технического толка одну из двух систем: Mathematica или Maple как инструмент универсального профиля, упрощающий обработку математических данных в любой естественнонаучной области.

Mechanics of Materials™ Toolbox for Maple™ – обучающий инструмент в прикладной механике. Попытаемся продемонстрировать реализацию инновационных технологий в образовании на конкретном примере. В качестве последнего рассмотрим созданный автором пакет – надстройку Maple, позволяющую решать широкий круг исследовательских и стандарт-

ных задач в механике материалов (хотелось бы выразить слова признательности профессорам В. З. Аладьеву и М. А. Богдьявичусу за исчерпывающую книгу [4], которая стала настольной книгой автора). Научная основа, реализованная в указанном инструменте, изложена в статье [2, 3]. Его основные характеристики, назначение и отличительные особенности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики продукта Mechanics of Materials™ Toolbox for Maple™

| Характеристика | Описание |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Назначение | Продукт предназначен для решения задач линейного деформирования балок в условиях деформаций растяжения-сжатия, кручения и изгиба |
| Аудитория пользователей | Технические колледжи и университеты, промышленные и консалтинговые компании, студенческое сообщество |
| Особенности, функциональность | Исходные данные могут быть сформулированы в виде букв, чисел и смешанным образом, они могут представлять собой функциональные зависимости произвольного вида; символьно-аналитический – формульный характер решений для балок с числом участков, не превышающих 100; восемь шаблонов для быстрого старта, предоставляющих все основные возможности инструмента и работающих в режиме «заполнил поле – нажал кнопку»; детальные аналитические решения: для каждого из грузовых участков генерируются функции всех внутренних факторов, включая энергию деформации; отсутствие ошибок округления (числовые данные могут быть представлены в виде неокругленных дробей); результаты расчетов являются точными, так как в основе инструмента лежат точные соотношения механики материалов для одномерных тел, приближенные методы, приемы отсутствуют; для удобства пользования пакетом предусмотрена библиотека приложений, демонстрирующая применение инструмента в инженерной практике и при решении исследовательских и стандартных задач |
| Структура | Структурно комплект инструментов состоит из трех пакетов расширения Maple и шестнадцати функций, реализующих численные, графические и символично-аналитические результаты |

Рассмотрим примеры.

Студент, впервые приступающий к изучению механики материалов (сопротивления материалов), сталкивается с необходимостью освоения так называемых правил построения эпюр внутренних силовых факторов. При этом, как известно, возникает ряд трудностей в усвоении простых, казалось бы правил. Причина этих трудностей известна и состоит она отнюдь не в сложной теории – она проста, а в специфике механики деформируемых тел.

Мышление, мировоззрение исследователя должно быть перестроено таким образом, чтобы все внимание оказалось сосредоточенным внутри тела, испытывающего действие внешних нагрузок. Часто это оказывается непростой задачей для студента, привыкшего к принципу абсолютной жесткости – основному постулату теоретической механики.

Итак, после получения первого опыта в построении эпюр внутренних силовых факторов, студент переходит к тому, что называется самоконтролем знаний.

Кроме базового комплекта инструментов Mechanics of Materials for Maple Центральному колледжу штата Айова (США) был предложен, в качестве бесплатного дополнения, интерактивный шаблон «Растяжение-сжатие», позволяющий проводить контроль полученных студентом знаний, снимки экрана (screenshots) с которого представлены на рисунках 1, 2. Суть его использования сводится к проверке найденного студентом решения в аналитическом и графическом представлениях. Снимок с экрана, демонстрирующий точные аналитические выражения внутренних факторов, представлен на рисунке 3.

| Add-Ons #01 | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Simple Tension Tasks Understanding | | | |
| Variant # 25 | Conventional Signs | | |
| It requires to calculate internal factors diagrams: 1. Stretching Forces 2. Stress 3. Stretch 4. Tension Strain | q - Distributed Loading, $\frac{N}{m}$; l - Length, m ; A - Section Area, m^2 ; | | |
| | | | |
| If you would like to get concrete numeric results in diagrams please input a data | | | |
| $q =$ <input type="text" value="1 · 10<sup>3</sup>"/> | $l =$ <input type="text" value="1"/> | $E =$ <input type="text" value="2 · 10<sup>11</sup>"/> | $A =$ <input type="text" value="100 · 10<sup>(-4)</sup>"/> |

Рисунок 1 – Интерактивный шаблон «Понимание простого растяжения-сжатия»

Так, шаг за шагом осваивая базовые правила механики материалов, студент оказывается в состоянии решать задачи исследовательского толка, продиктованные запросами практики сегодняшнего дня. При этом появляются возможности концентрировать внимание не на технике решения простейших вспомогательных задач, а развивается склонность к обобщению, к философско-научному пониманию инженерной проблемы, к осмыслению фундаментальных принципов прикладной механики.

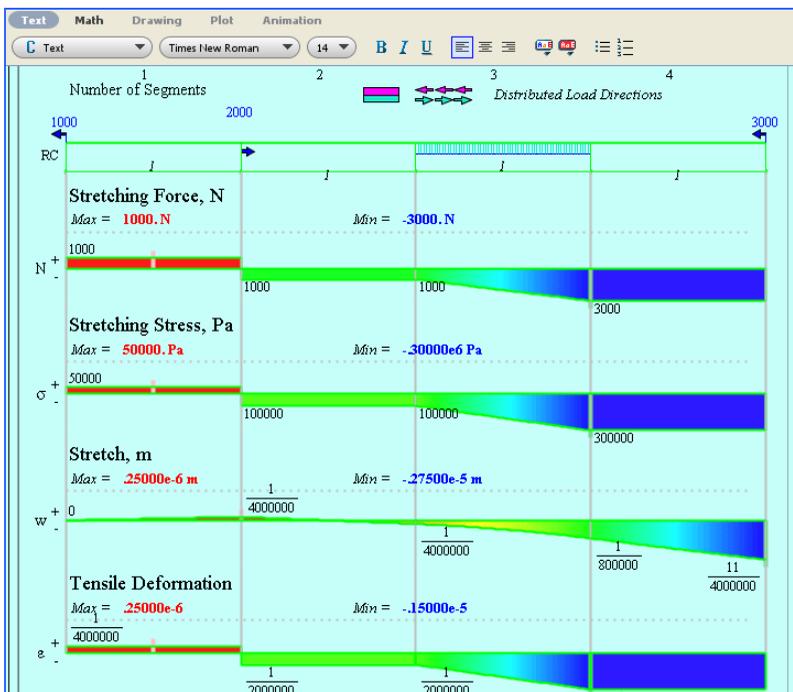


Рисунок 2 – Окно результатов расчетов

| | $-\frac{q l}{EA}$ | $-\frac{q l}{EA}$ | $-\frac{q l}{EA}$ |
|------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Segment 3 | | | |
| Stretching Force | $-2qz - ql$ | $-ql$ | $-3ql$ |
| Stress | $-\frac{2qz + ql}{A}$ | $-\frac{ql}{A}$ | $-\frac{3ql}{A}$ |
| Stretch | $\frac{qz^2 + qlz + \frac{1}{2}ql^2}{EA}$ | $\frac{1}{2} \frac{ql^2}{EA}$ | $-\frac{5}{2} \frac{ql^2}{EA}$ |
| Tension Strain | $-\frac{2qz + ql}{EA}$ | $-\frac{ql}{EA}$ | $-\frac{3ql}{EA}$ |
| Segment 4 | | | |
| Stretching Force | $-3ql$ | $-3ql$ | $-3ql$ |

Рисунок 3 – Аналитическое решение стандартной задачи

В качестве примера укажем на постановку и решение задачи об оптимальном расположении опор при устройстве фундамента [5], выполненную соискателем Республиканского конкурса студенческих научных работ Сибиревым А. А. под руководством автора. Речь идет об аналитическом решении инженерной задачи об оптимальном расположении опор при устройстве фундаментов. Проблема состоит в выпучивании боковин, удерживающих бетонную смесь в процессе заливки так, как показано на рисунке 4.

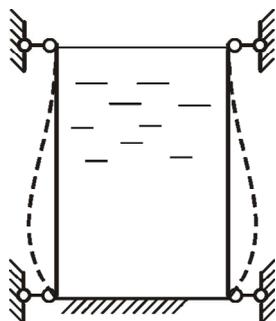


Рисунок 4 – Выпучивание боковин при заливке раствора

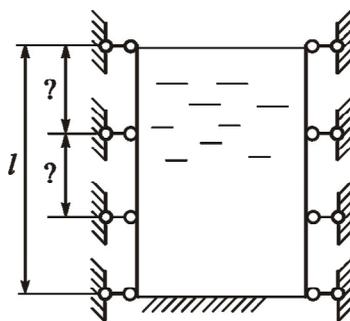


Рисунок 5 – Вариант решения проблемы выпучивания боковин

Давление жидкой смеси моделируется линейно распределенной нагрузкой. В верхней части стенки внешняя распределенная нагрузка имеет нулевое значение, а в нижней ее части – максимальное. Для решения проблемы предлагается установить две дополнительные опоры так, как показано на рисунке 5. Определению подлежат расстояния, на которых следует установить дополнительные опоры.

Таким образом, объектом исследования является расчетная схема (рисунок 6) вытянутой в одном направлении стенки, нагруженной линейно распределенной нагрузкой по закону треугольника. Предметом исследования является энергия деформации нагруженной системы.

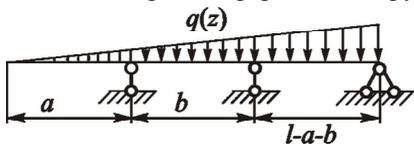


Рисунок 6 – Расчетная схема задачи

Выбор энергии деформации системы в качестве целевой функции очевиден, так как энергетические соотношения в физике вообще и, энергия деформации, в частности, определяют устойчивое стабильное состояние системы [6].

Решение задачи для боковой стенки опалубки с условной высотой в 100 единиц [5], выполненное с помощью комплекта инструментов, выглядит так, как показано на рисунке 7. Иначе, длины участков моделирующей балки распределяются следующим образом: $a = 43,06 \%$; $b = 33,62 \%$; $c = 23,33 \%$ от общей длины балки.

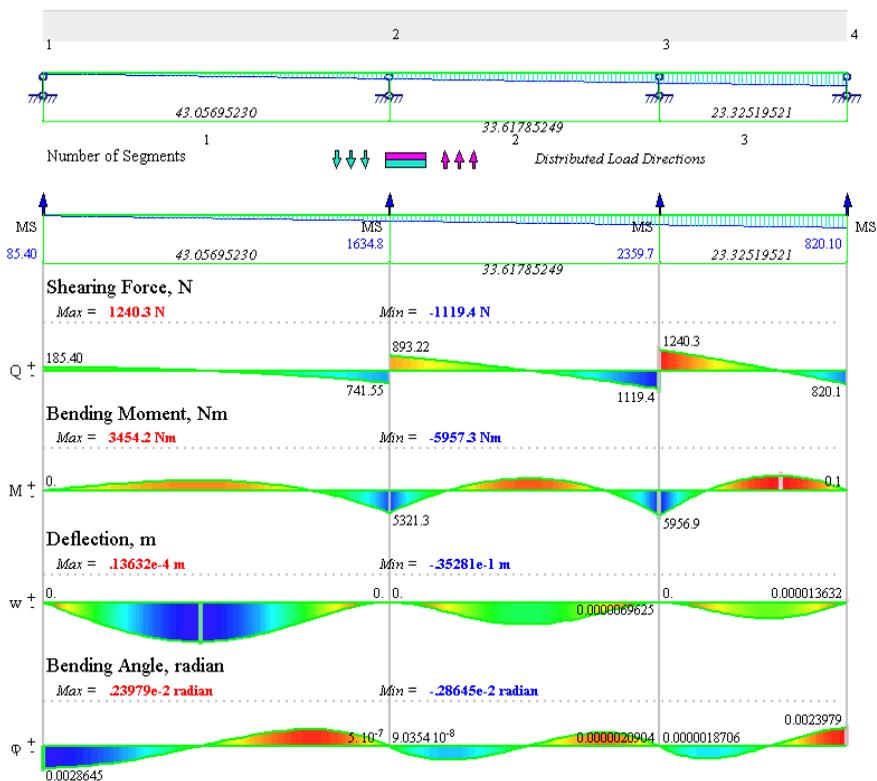


Рисунок 7 – Внутренние факторы и перемещения в оптимизированной балке, моделирующей боковую стенку опалубки

Таким образом, эффективность применения комплекта инструментов в изучении механики материалов доказана практически.

Выводы. В работе сформулированы принципы использования компьютера в научно-исследовательской деятельности и в образовательном процессе как виде творческой работы. Предложен общий вариант решения проблемы современного получения знаний использованием систем компьютерной алгебры. Продемонстрированы возможности обучающей программы нового поколения Mechanics of Materials Toolbox for Maple и доказана практическая эффективность предлагаемого подхода в прикладной механике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Wolfram, S. A new kind of science / S. Wolfram // Wolfram Media, Inc. – 2002. – 1280 p.
- 2 Орлов, С. А. Новый метод расчета в механике стержневых систем / С. А. Орлов // Вестник БелГУТа. – 2004. – № 2 (9). – С. 29–34.

3 Орлов, С. А. Символьно-аналитический подход к анализу задач строительной механики / С. А. Орлов // Строительная наука и техника. – 2010. – № 4. – С. 47–50.

4 Аладьев, В. З. Maple 6: Решение математических, статистических и физико-технических задач / В. З. Аладьев, М. А. Богдявичус. – Москва: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 824 с.

5 Сибилев, А. А. Определение оптимального расположения опор на примере задачи об устройстве фундамента / А. А. Сибилев // Сб. студ. науч. работ.– Гомель: Изд-во УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», 2008. – С. 22–26.

6 Тимошенко, С. П. Механика материалов / С. П. Тимошенко, Дж. Гере. – СПб.: Лань, 2002. – 672 с.

S. A. ARLOU

INNOVATION TECHNOLOGIES IN MATERIAL MECHANICS TEACHING

This paper discusses the current trends in the process of engineering education. The specific features of the present approaches and their drawbacks are analyzed. The advanced training concepts in Mechanics of Materials are proposed and the requirements to be met by software training within engineering education are formulated. By the example of the Mechanics of Materials™ Toolbox for Maple™ tool created by the author there are demonstrated the capabilities and key advantages of the systems of computer algebra in general and symbol-analytical solutions in mechanics in particular.

Получено 26.01.2011

**ISBN 978-985-468-924-1. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 5. Гомель, 2011**

УДК 378.1

А. И. ПОПОВ

Тамбовский государственный технический университет, Россия

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРА ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ ТВОРЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТА ПОСРЕДСТВОМ ОЛИМПИАДНОГО ДВИЖЕНИЯ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ В ВУЗЕ

В работе представлено авторское видение теоретических основ процесса формирования профессионально важных творческих компетенций посредством олимпиадного движения по теоретической механике; обоснован выбор основных методологических подходов, используемых при проектировании инновационных образовательных технологий в олимпиадном движении: аксиологического, гуманистического, интегративного, синергетического, компетентностного, контекстного, диалогового, личностно-деятельностного, системного. Творческая профессиональная деятельность рассматривается как одна из ведущих ценностей личности, коллектива, общества,