

получены только при прямом взаимодействии преподавателя и студента. Кроме того, необходимость использования любых средств обучения, в том числе дистанционных и электронных, должно сочетаться с содержанием изучаемого материала и методиками обучения, применяемыми преподавателем. Нарушение последнего условия зачастую приводит к значительному ухудшению знаний студентов и, как следствие, ухудшению качества подготовки специалистов. Таким образом, сама необходимость использования любых средств обучения, как инструментов донесения определенных знаний до студентов, должна определяться исключительно преподавателем предметником и должна сочетаться с его методами преподавания с учетом специфики читаемых курсов.

В последнее время большую популярность приобрели тестовые методы контроля знаний и индивидуальные задания для студентов. Следует отметить, что индивидуальные задания и особенно тесты должны регулярно обновляться. В противном случае часто возникают сомнения в самостоятельности выполнения работы студентом и достоверности оценивания. Порой удивляет, как студент, имея весьма посредственные знания предмета, успешно справляется с довольно сложными тестами. К сожалению, использование информационно-коммуникационных технологий помогает не только студентам, заинтересованным в знаниях. Наиболее достоверные результаты дают индивидуальные беседы со студентами и индивидуальные контрольные задания, предлагаемые во время аудиторных занятий. Однако осуществление этих форм контроля требуют больших затрат учебного времени. Тестирование не требует больших затрат времени, но достоверность результатов ниже и требует регулярного обновления тестов. Учитывая, что подготовка тестов довольно трудоемкий процесс, их целесообразнее применять для самоконтроля и самооценки студентами своих знаний.

В последнее время в УО «Мозырский государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина» в преподавании различных курсов также наблюдается тенденция к внедрению различных форм дистанционного обучения и дистанционной поддержки читаемых курсов. В частности, внедрена система дистанционной поддержки курсов и дистанционного обучения Moodle. Доступ к ней может быть получен по адресу <http://moodle.mspu.by/>. Нами начата также разработка дистанционной поддержки читаемых курсов на базе данной системы. Эта система активно используется многими учебными заведениями. Однако, по нашему мнению, данная система не может рассматриваться отдельно от аудиторной части изучения дисциплин и является лишь ее дополнением. Основная цель разработки дополнения любого курса является более активное привлечение студентов к самостоятельной работе в рамках данной дисциплины. Кроме того, отдельные части данного курса могут быть использованы при чтении смежных дисциплин на различных факультетах.

**Н.П. ЮРКЕВИЧ, Г.К.САВЧУК**  
БНТУ (г.Минск, Беларусь)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ABAQUS STUDENT EDITION В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

Подготовка инженерных кадров в системе высшего образования требует внедрения в учебный процесс современных технологий, используемых в практических приложениях. Поэтому при изучении курса общей физики целесообразно использовать прикладные программные комплексы и разрабатывать такие методики обучения, которые позволяли бы студентам знания физических законов и закономерностей, процессов и явлений применять осознанно. Одним из таких программных комплексов мирового уровня в области конечно-элементных расчетов является ABAQUS/CAE.

С предоставлением в Интернете свободного доступа к безлицензионной версии Abaqus Student Edition появилась возможность разработки новых подходов преподавания курса общей физики, которые позволяют существенно повысить не только заинтересованность студентов в изучении физических процессов, но и подготовить высококвалифицированных специалистов с хорошей фундаментальной базой.

При изучении в курсе общей физики закономерностей деформированного состояния материалов была поставлена задача расчета и анализа в сечениях двумерных балок из стали различной геометрической формы эквивалентных напряжений по Мизесу, а также величин смещений.

Размеры изучаемых балок составляли: длина 10,0 м, ширина 1,0 м, расстояние между двумя наиболее удаленными точками дуг окружностей для балки непрямоугольной формы 3,0 м.

Входными характеристиками для расчетов являлись: модуль Юнга  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па, коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$  и плотность стали  $\rho = 7800$  кг/м<sup>3</sup>. Один из концов балок был жестко закреплен, на другой подавалась нагрузка в горизонтальном и вертикальном направлениях величиной по 1000 Н.

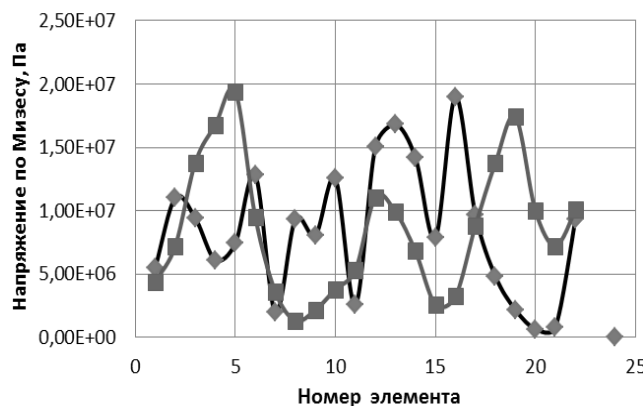
Для заданных условий модели балок разбивались на 22 конечных элемента, в которых рассчитывались смещения при деформировании и эквивалентные напряжения по Мизесу. В общем случае эквивалентное напряжение по Мизесу определяется следующим образом:

$$\sigma_M = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$  – нормальные и тангенциальные напряжения вдоль осей X, Y и Z.

Напряжение по Мизесу является инвариантом, так как не зависит от ориентации сечения. Используется для изотропных материалов, имеющих вязкий характер разрушения, к которым относится большинство металлов. Материал начинает повреждаться, когда максимальная величина эквивалентного напряжения по Мизесу становится равной пределу текучести. Расчет показал, что максимальные и минимальные эффективные напряжения по Мизесу равны: для балки прямоугольной формы  $\sigma_{Mmax} = 18,98$  МПа,  $\sigma_{Mmin} = 673$  кПа, для балки непрямоугольной формы со сторонами в виде дуг окружностей  $\sigma_{Mmax} = 19,40$  МПа,  $\sigma_{Mmin} = 1,34$  МПа. В таблице приведены данные по пределам текучести и прочности для стали марки 35, с которыми студенты должны сравнить расчетные значения и сделать выводы.

На рисунке 1 на основе расчетных данных построены зависимости эквивалентных напряжений по Мизесу от номера узла конечно-элементной сетки для балок исследуемых форм. Для корректного анализа сравниваются величины эффективных напряжений по Мизесу в соответственных узлах балок: 1 и 32, 2 и 31, 3 и 30 и т.д. по всем 22 узлам.



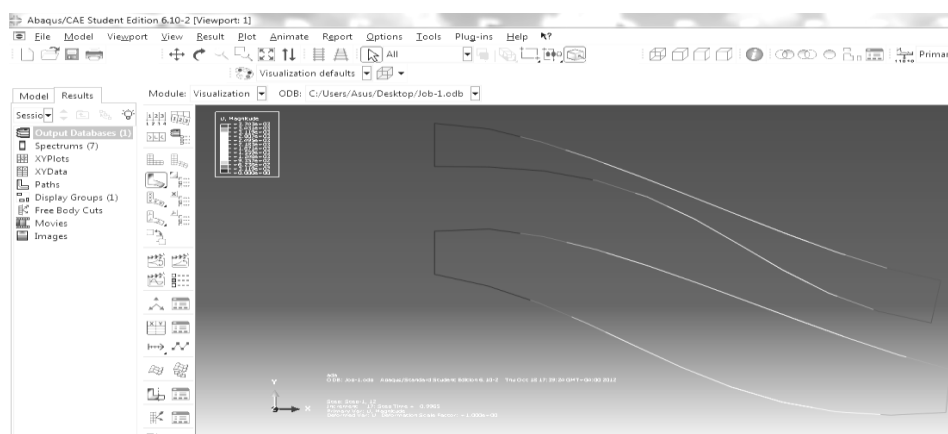
◆ – балка прямоугольной формы; ■ – балка со сторонами в виде дуг окружности

**Рисунок 1. – Величина эквивалентного напряжения по Мизесу в соответствующих узлах конечно-элементной сетки**

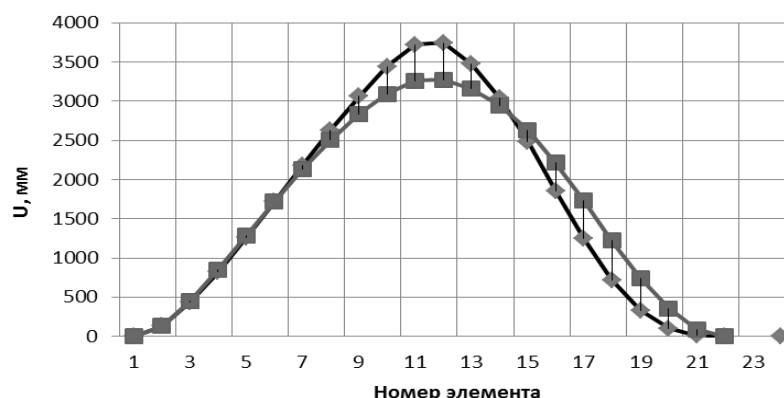
Таблица – Механические характеристики стали по ГОСТ 1050-88

Марка стали 35, Температура 20 °С	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел прочности $\sigma_{пр}$ , МПа
Сортовой прокат, режим термообработки – нормализация	315	530
Сортовой прокат до 16 мм, режим термообработки – закалка, отпуск	430	630–780
Сортовой прокат от 16 до 40 мм, режим термообработки – закалка, отпуск	380	600–750

На рисунках 2, 3 показаны деформирования стальных балок и смещение в соответственных узлах конечно-элементной сетки, рассчитанные при помощи Abaqus Student Edition. Полученные зависимости студенты должны проанализировать и сделать выводы.



**Рисунок 2. – Деформирование балок из стали и смещение в узлах конечно-элементной сетки**



◆ – балка прямоугольной формы; ■ – балка со сторонами в виде дуг окружности  
**Рисунок 3. – Величина смещений в узлах конечно-элементной сетки**

Таким образом, студенты, используя программный комплекс Abaqus Student Edition, получают опыт применения в конкретных практических приложениях знаний,

полученных в курсе общей физики, что имеет важное значение для инженерно-технических специальностей.