

ством стимулирования учения. Именно под влиянием результатов данной проверки у студентов возникает адекватная самооценка, критическое отношение к своим достижениям. Кроме обратной связи студент-преподаватель во время контрольной проверки возникает также и определенный настрой на повторение школьного материала.

Вторым звеном контроля качества обучения является текущая проверка в процессе завершения каждой изучаемой темы (кинематика, динамика и др.), при помощи тестов, составленных по задачникам, авторами которых являются Волькенштейн В.С. и Иродов Е.И. На данном этапе разработаны тесты различного уровня сложности для контроля правильности выбора индивидуальной образовательной траектории студента. В системе контроля знаний предусмотрен базовый уровень (обязательный для всех), средний и повышенный уровень сложности задач, содержащихся в тесте.

Контроль усвоения теоретического материала на протяжении семестра имеет целью активизацию учебной деятельности студентов и прогнозирование результатов сессии. Тест состоит из 100 заданий с четырьмя вариантами ответа. Методика конструирования теста соответствует классической теории. Ранжированные в соответствии с результатами тестирования списки студентов представляются на информационном стенде кафедры. Для желающих улучшить свои показатели, через некоторое время проводится повторное тестирование.

При проведении лабораторных работ тестовые технологии контроля качества обучения применяются на этапе допуска к выполнению лабораторной работы и на этапе сдачи отчета по работе. Эти тесты в зависимости от лабораторной работы содержат от 5 до 10 тестовых заданий открытого типа.

Заключительный этап тестового контроля качества обучения представляет собой тестирование по всем темам раздела. Успешное прохождение студентом этого теста дает ему допуск к экзамену, проводимому в традиционной форме.

Проводимая на физико-техническом факультете Кубанского государственного университета работа по организации контроля качества обучения традиционными способами и с помощью описанных тестов позволяет:

- студентам-первокурсникам адаптироваться к условиям обучения в вузе, отличающимся от школьного тем, что экзамены и зачеты предусмотрены лишь в конце семестра;
- организовать индивидуальные траектории обучения с учетом индивидуальных особенностей студентов;
- стимулировать работу студентов, выби-

рая оптимальную частоту и уровень сложности контрольных проверок;

- активизировать познавательную деятельность студентов и пробудить дух состязательности;
- контролировать процесс обучения и прогнозировать результаты сессии.

## УСЛОВИЯ ПРОЧНОСТИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНО-УПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ

**Ершов В.И.**

*РАЕ, Москва*

Для общего случая напряженного состояния при наличии всех компонент тензора напряжений

$$T_{ii} = \|\sigma_{ij}\|_{3, i,j=1}^3, \quad (1)$$

в проблеме оценки прочности материала имеется шестимерная задача, которую сопоставляют с известной одномерной экспериментальной задачей. Эта методологически сложная задача с приемлемой точностью решается в частных случаях на ограниченной области определения функции, но другого пути нет из-за отсутствия иных надежных экспериментальных данных. Для пластичных материалов наиболее приемлемой является энергетическая теория прочности, однако, она не может быть применена в существующем виде для нелинейно-упругих материалов. Решение вопроса об условиях прочности зависит исключительно от уровня эксперимента для пространственного и плоского напряженных состояний. В общем случае для одной точки следует рассматривать шесть условий прочности (рассматриваем же мы шесть уравнений состояния в обобщенном законе Гука). Каждую компоненту тензора напряжений необходимо сравнивать с соответствующей для неё функцией допускаемых напряжений:

$$\sigma_{ij} \leq [\sigma_{ij}] \quad (2)$$

Каждая программа испытаний образцов дает одну точку для каждой из шести функций  $[\sigma_{ij}]$ .

Совокупность точек, полученных во всех экспериментах, даст в численном виде все функции допускаемых напряжений. Для тензора напряжений общего вида с шестью компонентами эта экспериментальная задача трудно выполнима.

Не нарушая общности, рассматривают эксперимент по главным направлениям, работая с тремя главными напряжениями (вектор-столбец):

$$T_H = \left\| \sigma_i \right\|_{i=1}^3. \quad (3)$$

Три условия прочности имеют вид:

$$\sigma_i \leq [\sigma_i]. \quad (4)$$

Пусть в момент наступления опасного состояния главные напряжения равны соответственно  $\sigma_1^0, \sigma_2^0, \sigma_3^0$ . Для любого из главных напряжений назначаем коэффициент запаса. Пусть нам задано значение коэффициента запаса  $n_1$  для  $\sigma_1^0$ . Тогда получим значение  $[\sigma_1]$  ( $t=t_{adm}$ ) функции главных допускаемых напряжений для данной программы испытаний, соответствующее моменту времени  $t=t_{adm}$ :

$$[\sigma_1](t=t_{adm}) = \sigma_1^0 / n_1. \quad (5)$$

где  $t_{adm}$  — момент времени испытаний, для которого рассматриваемое напряжение будет принято за допускаемое.

В зависимости от программы испытаний назначаем значения двух других допускаемых напряжений. Заметим, что по функциям  $[\sigma_i]$  можно найти функции  $[\sigma_{ij}]$ .

Рассмотрим важный распространенный частный случай плоского напряженного состояния, когда действуют нормальные напряжения  $\sigma_x$  и касательные напряжения  $\tau_y$ . В соответствии с (1) условия прочности имеют вид:

$$\sigma_x \leq [\sigma_x]; \tau_y \leq [\tau_y]. \quad (6)$$

Если нет экспериментальных данных, то можно предположить, что функции  $[\sigma_x], [\tau_y]$  связаны между собой уравнением эллипса, большей полуосью  $a$  которого является традиционное допускаемое нормальное напряжение  $[\sigma]$ , а меньшей полуосью  $b$  — традиционное касательное допускаемое напряжение  $[\tau]$ .

Переходя к полным напряжениям  $p$  с учетом (6), имеем условие прочности:

$$p \leq [p]; ([p]) = \sqrt{[\sigma_x]^2 + [\tau_y]^2}. \quad (7)$$

С учетом того, что  $\tau_y/\sigma_x = [\tau_y]/[\sigma_x]$ , получим из [7] после преобразований:

$$[p] = [\sigma] \sqrt{1 + \left( \frac{[\tau_y]}{[\sigma_x]} \right)^2} + 1 / \left( \left( \frac{[\sigma]}{[\tau]} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_x}{\tau_y} \right)^2 \right)} \quad (8)$$

Условия прочности (6) и (7) равносильны. Для конкретного значения  $[\sigma] / [\tau] = 2$  условие прочности (7) преобразуется в условие прочности по третьей теории, а при  $[\sigma] / [\tau] = \sqrt{3}$  оно преобразуется в условие прочности по четвертой теории прочности. Рассмотрим последний случай. В условии (7) имеем:

$$p = \sqrt{\sigma_x^2 + \tau_y^2} = \sigma_x \sqrt{1 + (\tau_y / \sigma_x)^2}$$

$$[p] = [\sigma] \sqrt{1 + (\tau_y / \sigma_x)^2} / (1 + 3(\tau_y / \sigma_x)^2)}$$

Сопоставляя  $p$  и  $[p]$ , сокращаем на  $\sqrt{1 + (\tau_y / \sigma_x)^2}$  и получаем условие прочности по четвертой теории прочности:

$$\sqrt{(\sigma_x^2 + 3\tau_y^2)} = [\sigma].$$

При других соотношениях между  $[\sigma]$  и  $[\tau]$  результаты не совпадают.

Для трёхмерного случая возможна аппроксимация функции допускаемых напряжений каноническим уравнением эллипсоида и сферы, но это не снимает остроты вопроса о необходимости эмпирических поверхностей.

Предлагаемая теория методологически корректна и при наличии более полных экспериментальных данных может быть с успехом использована в конкретных задачах расчета на прочность конструкций из нелинейно-упругих материалов.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Китаев А.Б., Михайлов А.В.

*Пермский государственный университет,  
г. Пермь, Россия*

Основной вид природного риска на реках Пермского края — это наводнения, которые являются одним из наиболее часто повторяющихся бедствий, а по площади охватываемых территорий и наносимому ущербу превосходят все другие чрезвычайные ситуации. Но к ним добавляется еще один вид риска, связанный с техногенными нагрузками на водные объекты, — опасность разрушения гидротехнических сооружений (ГТС), что также может привести к формированию наводнения.

В результате обобщения и корректировки материалов инвентаризации гидротехнических сооружений Пермского края на 1 января 2010 года получены следующие данные.

Всего по краю водохранилищ и прудов — 1371 ГТС, из них: спущено 152 (11,1%), действующих — 1219 (88,9%).

По объемам водохранилища (пруды) делаются следующим образом:

1. Водоохранилища объемом 1 млн. м<sup>3</sup> и более — 38 ГТС, 3 спущено.

2. Пруды объемом от 500 тыс. м<sup>3</sup> до 1 млн. м<sup>3</sup> — 22 ГТС, из них 3 спущено.