В промежуточном поверхностном слое изделия под действием высоких температур происходит дегидратация компонентов с образованием свободного оксида кальция. В процессе последующей автоклавной обработки происходит взаимодействие оксида кальция с оксидом кремния с образованием силиката кальция. В результате химического взаимодействия образуется монолитный материал с высокой прочностью сцепления глазурного слоя с основой без микротрещин в поверхностном слое.

Плазменную обработку производили плазменной горелкой ГН-5р электродугового плазмотрона УПУ-8 при мощности 15 кВт и расходе плазмообразующего газа – аргона – 2,0 м^3/ч.

Прочность сцепления глазурного слоя с основой составляла 4,3 МПа, морозостойкость – более 40 циклов замораживания–оттаивания. Глазурное покрытие обладало высокими эстетико-потребительскими свойствами. Разработанная технология рекомендуется к широкому промышленному внедрению.

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНОГО ПЛАНА ВУЗА НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Воробьёва Н.А., Носков С.И.

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, e-mail: is041@inbox.ru

Активное внедрение в вузы федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (далее – ФГОС ВПО) обусловливает необходимость приведения образовательного процесса в соответствие новым требованиям. В этой связи особенно актуальной становится традиционно важная задача обеспечения надлежащего качества формирования учебного плана – документа, являющегося основой образовательной программы. По сути учебный план представляет собой таблицу, разработанную для каждого направления подготовки, в которой отражена трудоемкость каждого элемента (дисциплины, вида практики и так далее) с разбивкой по семестрам и видам занятий, а также форма контроля в каждом семестре.

Поскольку формирование учебного плана требует учета множества ограничений (требования ФГОС ВПО, содержательные требования к порядку изучения дисциплин (междисциплинарные связи)), то многие исследователи рекомендуют использование методов математического моделирования. Авторами предложен алгоритм формирования учебного плана на основе решения задачи целочисленного линейного программирования, где вектор неизвестных – целочисленные трудоемкости каждого элемента образовательной программы в разрезе семестров, ограничения – требования к учебному плану, целевая функция – выбранный критерий оптимальности. В качестве критерия оптимальности предложена минимизация числа семестров, отводимых под освоение каждого элемента. Если формирование такой последовательности с учетом всех ограничений невозможно, минимизируется суммарное число нарушений междисциплинарных связей.

Введем следующие обозначения:

r – нормативный срок освоения образовательной программы, лет;

p – число семестров в учебном году в вузе, единиц;

$e = p \cdot r$ – общее число семестров, отводимое под освоение образовательной программы, единиц;

f – трудоемкость образовательной программы в учебном году, зачетных единиц;

n – число всех видов элементов, единиц;

$(d^i_{\min}; d^i_{\max})$ – соответственно нижняя и верхняя границы трудоемкости i-го элемента, ;

y_{ij} – трудоемкость i-го элемента в j-м семестре, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,e}$;

σ_{ij} – признак выполнения элемента:

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } i\text{-й элемент выполняется в } j\text{-м семестре, т.е. } y_{ij} \neq 0 \\ 0, \text{ если } i\text{-й элемент не выполняется в } j\text{-м семестре, т.е. } y_{ij} = 0 \end{cases}$$

$z_{ABl} = 1$ – «штраф» за нарушение междисциплинарной связи между A и B в семестре l.

Трудоемкость освоения образовательной программы за учебный год равна

$$\sum_{j=1+p(l-1)}^{p\cdot l} \sum_{i=1}^{n} y_{ij} = f, \quad l = \overline{1,r}. \qquad (1)$$

Трудоемкость A-го элемента изменяется в установленных пределах:

$$d^A_{\min} \le \sum_{j=1}^{e} y_{Aj} \le d^A_{\max}. \qquad (2)$$

Если в соответствии с заданной междисциплинарной связью изучение B-й дисциплины может начинаться одновременно с изучением A-й дисциплины, то

$$\sigma_{Bj} - \sum_{l=1}^{j} \sigma_{Al} \le 0, \quad j = \overline{1,e}. \qquad (3)$$

Вектор неизвестных записывается как

$$x = (y_{11},..., y_{1e}, y_{21},..., y_{2e},..., y_{n1},..., y_{ne}, \sigma_{11},..., \sigma_{1e}, \sigma_{21},..., \sigma_{2e},..., \sigma_{n1},..., \sigma_{ne}). \qquad (4)$$

Оптимальным считается решение задачи x^*, при котором

$$L = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{e} \sigma_{ij} \to \min. \qquad (5)$$

Если соблюдение ограничений (1) – (3) невозможно, то (3) заменяется на

$$\sigma_{Bj} - \sum_{l=1}^{j} \sigma_{Al} - z_{ABj} \le 0, \quad j = \overline{1, p\cdot r}. \qquad (6)$$

В этом случае минимизируется сумма «штрафов» z:

$$L = \sum_{l=1}^{e}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j>i}^{n} z_{ijl} \to \min. \qquad (7)$$

Данный перечень ограничений является неполным, он представлен в качестве иллюстративного примера. К преимуществам сведения задачи формирования учебного плана к задаче целочисленного линейного программирования можно отнести возможность «безболезненной» для алгоритма замены ограничений или критерия оптимальности, а также возможности решения данной задачи с помощью средств вычислительной техники.

ТРЕХМЕРНЫЙ КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОИЗВОЛЬНЫХ ОБОЛОЧЕК ПРИ УЧЕТЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

Гуреева Н.А., Клочков Ю.В., Николаев А.П.

Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия, Волгоград, e-mail: natalya@gureeva.yandex.ru

Изложен в смешанной формулировке МКЭ алгоритм получения на шаге нагружения матрицы деформирования объемного шестигранного конечного элемента с узловыми неизвестными в виде приращений перемещений и приращений деформаций.

Для численной реализации алгоритма использован функционал, полученный из условия равенства возможной и действительной работ внешних и внутренних сил на шаге нагружения.

Для реализации метода конечных элементов в смешанной формулировке в геометрически нелинейной постановке получен функционал на шаге нагружения из условия равенства возможной и действительной работ внешних и внутренних сил.

Для расчета произвольных оболочек на шаге нагружения разработан объемный шестигранный конечный элемент в смешанной формулировке МКЭ с узловыми неизвестными в виде приращений перемещений и приращений деформаций.

1. Геометрия оболочки. Положение произвольной точки M^0 срединной поверхности оболочки в декартовой системе координат определяется радиус-вектором

$$\mathbf{R}^0 = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\left(x, y\right)\mathbf{k}\,, \qquad (1)$$

где $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$, $\mathbf{k}$ – орты декартовой системы координат; x, y, z –координаты точки M^0.

Векторы локального базиса точки M^0, касательные к срединной поверхности, определяются выражениями

$$\mathbf{a}_1^0 = \mathbf{R}^0,_x = \mathbf{i} + z,_x\,\mathbf{k};\quad \mathbf{a}_2^0 = \mathbf{R}^0,_y = \mathbf{j} + z,_y\,\mathbf{k}. \qquad (2)$$

Базисный вектор точки M^0, нормальный к срединной поверхности, определяется векторным произведением

$$\mathbf{a}_3^0 = \frac{\mathbf{a}_1^0 \times \mathbf{a}_2^0}{\left|\mathbf{a}_1^0 \times \mathbf{a}_2^0\right|}. \qquad (3)$$

Выражения базисных векторов (2), (3) можно представить в матричном виде

$$\left\{\mathbf{a}^0\right\} = \left[M\right]\left\{\mathbf{i}\right\};\quad \left\{\mathbf{i}\right\} = \left[M\right]^{-1}\left\{\mathbf{a}^0\right\}, \qquad (4)$$

где $\left\{\mathbf{a}^0\right\}^T = \left\{\mathbf{a}_1^0\ \ \mathbf{a}_2^0\ \ \mathbf{a}_3^0\right\}$; $\left\{\mathbf{i}\right\}^T = \left\{\mathbf{i}\ \ \mathbf{j}\ \ \mathbf{k}\right\}$.

Производные векторов (2), (3) с учетом (4) можно представить в матричном виде разложением по векторам локального базиса точки M^0 [2]

$$\left\{\mathbf{a}^0,_x\right\} = \left[m\right]\left\{\mathbf{a}^0\right\};\quad \left\{\mathbf{a}^0,_y\right\} = \left[n\right]\left\{\mathbf{a}^0\right\}, \qquad (5)$$

где $\left\{\mathbf{a}^0,_x\right\}^T = \left\{\mathbf{a}_1^0,_x\ \ \mathbf{a}_2^0,_x\ \ \mathbf{a}_3^0,_x\right\}$;

$\left\{\mathbf{a}^0,_y\right\}^T = \left\{\mathbf{a}_1^0,_y\ \ \mathbf{a}_2^0,_y\ \ \mathbf{a}_3^0,_y\right\}$.

Рассмотрим точку M^{0t}, расположенную на расстоянии t от срединной поверхности. Ее положение определяется радиус-вектором

$$\mathbf{R}^{0t} = \mathbf{R}^0 + t\mathbf{a}_3^0. \qquad (6)$$

Векторы локального базиса точки M^{0t} определяются дифференцированием (6)

$$\begin{aligned} \mathbf{g}_1^0 &= \mathbf{R}^{0t},_x = \mathbf{R}^0,_x + t\mathbf{a}_3^0,_x = \mathbf{a}_1^0\left(1 + tm_{31}\right) + \mathbf{a}_2^0 tm_{32} + \mathbf{a}_3^0 tm_{33};\\ \mathbf{g}_2^0 &= \mathbf{R}^{0t},_y = \mathbf{R}^0,_y + t\mathbf{a}_3^0,_y = \mathbf{a}_1^0 tn_{31} + \mathbf{a}_2^0\left(1 + tn_{32}\right) + \mathbf{a}_3^0 tn_{33}; \quad (7)\\ \mathbf{g}_3^0 &= \mathbf{R}^{0t},_t = \mathbf{R}^0,_t + \left(t\mathbf{a}_3^0\right),_t = \mathbf{a}_3^0. \end{aligned}$$

2. Перемещения и деформации. При реализации шагового нагружения произвольная точка срединной поверхности рассматривается в трех положениях: исходном M^{0t}, деформированном после j шагов нагружения M^t (вектор перемещения $\mathbf{V}$) и соседнем – после $(j + 1)$-го шага нагружения M^{t*} (вектор перемещения $\mathbf{w}$).

Перемещение точки M^{0t} за j шагов нагружения определяется вектором

$$\mathbf{V} = v^1\mathbf{a}_1^0 + v^2\mathbf{a}_2^0 + v^3\mathbf{a}_3^0 = \left\{\mathbf{a}^0\right\}^T\left\{v\right\}, \qquad (8)$$

где $\left\{v\right\}^T = \left\{v^1\ \ v^2\ \ v^3\right\}$.

Производные вектора (8) с учетом (5) определяются выражениями

$$\begin{aligned} \mathbf{V},_x &= f_1^1\mathbf{a}_1^0 + f_1^2\mathbf{a}_2^0 + f_1^3\mathbf{a}_3^0;\\ \mathbf{V},_y &= f_2^1\mathbf{a}_1^0 + f_2^2\mathbf{a}_2^0 + f_2^3\mathbf{a}_3^0; \qquad (9)\\ \mathbf{V},_t &= v,_t^1\,\mathbf{a}_1^0 + v,_t^2\,\mathbf{a}_2^0 + v,_t^3\,\mathbf{a}_3^0, \end{aligned}$$

где $f_1^1, f_1^2, f_1^3, f_2^1, f_2^2, f_2^3$ – функции компонент вектора $\mathbf{V}$ и их производных.

Положение точки M^t в деформированном состоянии оболочки можно представить в виде

$$\mathbf{R}^t = \mathbf{R}^{0t} + \mathbf{V}. \qquad (10)$$