

- 16 вузов (за исключением Вольного института, который закрывается в 2010 г.).
- 14 средне - специальных учебных заведения.
- 13 учреждений дополнительного образования [2].

Анализ направлений подготовки в вышеуказанных учреждениях показал, что:

1) Подготовка квалифицированных специалистов по управлению многоквартирными домами осуществляется только в Псковском государственном политехническом институте (с 2007 г.) по очной форме обучения, и частичная подготовка в филиале Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета по очной и заочной формам обучения.

2) В средне - специальных учебных заведениях подготовка и переподготовка по данному направлению не осуществляется.

3) В учреждениях дополнительного образования подготовка и переподготовка по данному направлению не осуществляется.

Анализ официальных сайтов г. Пскова и администрации Псковской области показал, что на них размещена информация, дающая лишь общее представление о ходе реформы ЖКХ и способах управления многоквартирными домами. Так же описана пошаговая процедура создания ТСЖ, то есть показано, как создать товарищество, но отсутствует информация как эффективно им управлять.

Анализ прочих доступных интернет – ресурсов, а именно портала ЖКХ г. Пскова, показал, что на нём отражена общая информация:

- О структуре и функциях управления содержанием жилищным фондом.
- О наименованиях и количестве управляющих организаций и ТСЖ.
- О процедуре ТСЖ и т.д.

К числу достоинств портала можно отнести то, что на нём есть возможность через интернет-приёмную задать любой вопрос по теме портала, на который специалисты дадут бесплатный ответ, но в целом, представлена общая информация о том, как создать ТСЖ, но нет подробной информации о том, как эффективно самостоятельно управлять.

Таким образом, на основании проведённого анализа, можно сделать вывод о недостаточном развитии информационно-образовательной среды в сфере управления многоквартирными домами г. Пскова, которая не даёт чёткого и полного представления для широкого заинтересованного круга лиц о том, как эффективно управлять многоквартирными домами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Субботина В.Н. Эффективное управление жилым домом. – М. : Эксмо, 2008.
2. www.pskovgorod.ru

П.И. САФРОНОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ FEAP И FEAPrv ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ

Рассматриваются возможности программ FEAP И FEAPrv для решения методом конечных элементов задач строительной механики, теории упругости и сопротивления материалов.

За последние несколько десятилетий метод конечных элементов прошел путь от специализированного метода расчета конструкций до универсального метода решения задач, описываемых системами уравнений в частных производных. В настоящее время существует большое количество программ, предназначенных для решения разнообразных задач методом конечных элементов. Все эти программы можно разделить на два класса.

К первому классу относятся программы, распространяемые на коммерческой основе, обладающие широким спектром возможностей и имеющие официальные сертификаты соответствия нормативным требованиям. К программам этого класса относятся следующие продукты: ANSYS, NASTRAN, COSMOS/M, SCAD, LIRA и многие другие.

Представителями второго класса являются свободно распространяемые программы, обладающие более узким спектром возможностей, не имеющие официальных сертификатов и разработанные одним автором или небольшой группой авторов. Часто программы этого класса являются приложением к печатному изданию. В качестве примера можно привести программы RADIUS [1] и FEPC [2].

Из программ второго класса особого внимания заслуживает программа FEAPrv. Эта программа создана Робертом Тейлором (R. L. Taylor), профессором инженерно-строительного факультета университета Беркли, Калифорния, США. Впервые концепция программы и исходный текст основных модулей были опубликованы в [3]. Готовая к выполнению программа впервые стала доступна пользователям как составная часть [4] и [5].

Существует коммерческий аналог программы FEAPrv, который называется FEAP. Эта программа отличается более широкими возможностями и обновлением на регулярной основе.

Программы FEAP и FEAPrv непрерывно развиваются с 1976 года. Большой вклад в развитие этих программ внесли: профессор Juan C. Simo (стратегия решения нелинейных задач, учет конечных деформаций для объемных элементов на основе функционалов Ху-Васидзу), профессор Adnan Ibrahimbegovic (большие перемещения балок и оболочек), профессор Sanjay Govindjee (динамическое распределение массивов и поддержка параллельных вычислений на многопроцессорных системах). С 1976 года общее идейное руководство разработкой этих программ осуществляет профессор Olek Zienkiewicz.

В настоящее время программа FEAPrv широко используется во всем мире в образовательных и исследовательских целях. К достоинствам программы FEAPrv следует отнести обширные библиотеки конечных элементов и материалов, развитый входной язык, доступность исходных кодов и возможность добавления в программу новых возможностей.

Состав библиотек конечных элементов программ FEAP и FEAPrv представлен в таблице 1. В таблице 1 используются следующие обозначения: символ «D» обозначает постановку задачи в перемещениях; символ «M» обозначает смешанную постановку задачи [7]; символ «E» обозначает расширенную постановку задачи [6]; символ «L» обозначает линейную постановку задачи и символ «N» обозначает нелинейную постановку задачи. Пользователь имеет возможность добавлять в библиотеку новые элементы.

Для конечных элементов различных типов могут использоваться различные модели материалов, которые объединяются в библиотеку моделей материалов. Состав библиотеки материалов для текущих версий программ FEAP и FEAPrv представлен в таблице 2. В таблице 2 используются следующие обозначения: символ «I» обозначает изотропную модель материала; символ «O» обозначает ортотропную модель материала; символ «D» обозначает модель материала с повреждениями; символ «G» обозначает пластическую модель материала и символ «X» обозначает возможность добавить любую модель материала путем написания пользователем соответствующего программного модуля.

Таблица 1

Библиотеки конечных элементов программ FEAP и FEAPpv

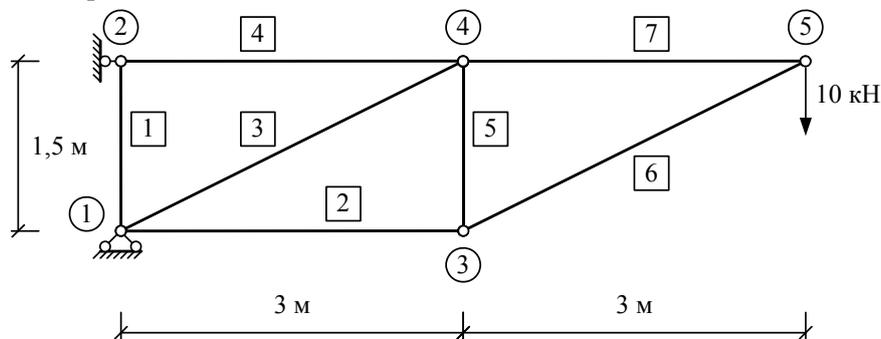
Название конечного элемента (КЭ)	FEAP			FEAPpv		
	Размерность задачи			Размерность задачи		
	1	2	3	1	2	3
КЭ объемный (D)		LN	LN		LN	L
КЭ объемный (M)		LN	LN		LN	
КЭ объемный (E)		LN	LN		L	
КЭ фермы	LN	LN	LN	LN	LN	LN
КЭ рамы		LN	LN		LN	L
КЭ плиты		L			L	
КЭ оболочки		LN	LN		LN	L
КЭ мембраны		LN	LN			
КЭ для задач теплопроводности		L	L		L	L
КЭ для задач конвекции		L	L		L	L

Таблица 2

Библиотеки моделей материалов программ FEAP и FEAPpv

Название модели материала	FEAP		FEAPpv	
	Постановка задачи		Постановка задачи	
	линейная	нелинейная	линейная	нелинейная
Упругий материал	IO	I	IO	X
Вязкоупругий материал	I	ID	I	
Пластичный материал	IG	I	I	
Материал пользователя	X	X	X	X

Для того чтобы проиллюстрировать особенности входного языка программ FEAP и FEAPpv, рассмотрим расчет простейшей фермы, конечно-элементная модель которой представлена на рис. 1.



- - номера узлов конечных элементов $E = 2.0601 \cdot 10^8 \text{ кН/м}^2$
 □ - номера конечных элементов $F = 0.002 \text{ м}^2$

Рис. 1. Конечно-элементная модель простейшей фермы

Входной файл для расчета этой фермы приведен на листинге 1. Первая строка входного файла содержит ключевое слово FEAP и название решаемой задачи. Вторая строка содержит основные параметры решаемой задачи: общее количество узлов конечных элементов, общее количество конечных элементов, количество наборов характеристик используемых материалов, размерность системы координат, максимальное количество степеней свободы в узле и максимальное количество узлов в элементе.

Последующие секции входного файла описывают при помощи команд входного языка используемую модель материала и тип конечных элементов (команды MATErial и TRUSSs), координаты узлов (COORDinates), узлы конечных элементов и соответствующий набор характеристик материала (ELEMENTs), граничные условия (BOUNDary) и приложенные силы (FORCEs).

```
FEAP *** Simple truss analysis  
5 7 1 2 2 2
```

```
MATERial 1  
TRUSS  
ELAStic isotropic 2.0601e+8  
CROSS section 0.002
```

```
COORdinates  
1 0 0.0 0.0  
2 0 0.0 1.5  
3 0 3.0 0.0  
4 0 3.0 1.5  
5 0 6.0 1.5
```

```
ELEMents  
1 0 1 1 2  
2 0 1 1 3  
3 0 1 1 4  
4 0 1 2 4  
5 0 1 3 4  
6 0 1 3 5  
7 0 1 4 5
```

```
BOUNDary restraints  
1 0 1 1  
2 0 1 0
```

```
FORCe  
5 0 0.0 -10.0
```

```
END
```

```
BATCh  
TANGent  
FORM  
SOLV  
DISPlacement all  
STREss all  
END
```

```
STOP
```

Листинг 1. Исходные данные для расчета фермы

Следующая часть входного файла описывает алгоритм решения поставленной задачи. В отличие от многих аналогичных программ, в программах FEAP и FEAPrv пользователь может сам определять алгоритм решения задачи при помощи концепции командного языка. Команды входного языка связаны с набором подпрограмм, каждая из которых выполняет один или несколько основных шагов в процессе решения конечно-элементной задачи. В рассматриваемом входном файле используются команды формирования симметричной матрицы жесткости (TANGent), формирования вектора невязок разрешающего уравнения (FORM), решения системы уравнений (SOLV), вывода перемещений узлов конечных элементов (DISPlacement) и вывода внутренних усилий и/или напряжений в конечных элементах (STREss). Текущая версия программы FEAP предусматривает использование 98 команд, в текущей версии FEAPrv доступно 52 команды.

Результаты расчета сохраняются в выходном файле, фрагменты которого приведены на листинге 2.

FEAP *** Simple truss analysis

Solution date: Thu Jun 10 12:08:44 2010

2.2 Revision a
08 January 2009

Input Data Filename: truss5.txt

Number of Nodal Points - - - - - : 5

Number of Elements - - - - - : 7

Spatial Dimension of Mesh - - - - - : 2

Degrees-of-Freedom/Node (Maximum) - : 2

Number Element Nodes (Maximum) - : 2

Number of Material Sets - - - - - : 1

Number Parameters/Set (Program) - : 200

Number Parameters/Set (Users) - : 50

M a t e r i a l P r o p e r t i e s

Material Set 1 for Element Type: TRUSS

T r u s s E l e m e n t

M e c h a n i c a l P r o p e r t i e s

Truss & Frame Analysis

Modulus E 2.06010E+08

Poisson ratio 0.00000

Density 0.00000E+00

1-Gravity Load 0.00000E+00

2-Gravity Load 0.00000E+00

3-Gravity Load 0.00000E+00

C r o s s S e c t i o n P a r a m e t e r s

Area 2.00000E-03

Formulation : Small deformation.

Material density is zero.

Nodal Coordinates

node 1 Coord 2 Coord

1 0.000E+00 0.000E+00

2 0.000E+00 1.500E+00

3 3.000E+00 0.000E+00

4 3.000E+00 1.500E+00

5 6.000E+00 1.500E+00

E l e m e n t s

Elmt Mat Reg 1 Node 2 Node

1 1 0 1 2

2 1 0 1 3

3 1 0 1 4

4 1 0 2 4

5 1 0 3 4

6 1 0 3 5

7 1 0 4 5

N o d a l B. C.

Node 1-b.c. 2-b.c.

1 1 1

2 1 0

Nodal Forces

node 1 Force 2 Force

5 0.000E+00 -1.000E+01

N o d a l D i s p l a c e m e n t s

Node 1 Coord 2 Coord 1 Displ 2 Displ

1 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00

2 0.0000E+00 1.5000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00

3 3.0000E+00 0.0000E+00 -1.4562E-04 -1.0259E-03

4 3.0000E+00 1.5000E+00 2.9125E-04 -9.8953E-04

```
5 6.0000E+00 1.5000E+00 4.3687E-04 -2.5980E-03
Truss Element
Elmt Matl 1-coord 2-coord 3-coord Force Strain
1 1 0.000E+00 7.500E-01 0.000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
2 1 1.500E+00 0.000E+00 0.000E+00 -2.00000E+01 -4.85413E-05
3 1 1.500E+00 7.500E-01 0.000E+00 -2.23607E+01 -5.42709E-05
4 1 1.500E+00 1.500E+00 0.000E+00 4.00000E+01 9.70827E-05
5 1 3.000E+00 7.500E-01 0.000E+00 1.00000E+01 2.42707E-05
6 1 4.500E+00 7.500E-01 0.000E+00 -2.23607E+01 -5.42709E-05
7 1 4.500E+00 1.500E+00 0.000E+00 2.00000E+01 4.85413E-05
```

Листинг 2. Результаты расчета фермы

Программы FEAP и FEAPrv могут успешно использоваться в учебных курсах сопротивления материалов, строительной механики, теории упругости и подобных для демонстрации значения различных типов конечных элементов и моделирования различных алгоритмов решения задач.

Программы FEAP и FEAPrv могут успешно использоваться в исследовательских целях для решения задач, которые требуют разработки новых алгоритмов решения или расширения возможностей существующих алгоритмов.

Программы FEAP и FEAPrv могут решать статические и динамические задачи строительной механики в линейной и нелинейной постановках. При использовании программы FEAPrv все данные хранятся в оперативной памяти. Это обстоятельство определяет размер решаемых задач, который не может превышать нескольких десятков тысяч неизвестных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сеницын С.Б. Строительная механика в методе конечных элементов стержневых систем. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 320 с.
2. Hutton D.V. Fundamentals of finite element analysis. – New York : McGraw-Hill, 2004. – 494 p.
3. Zienkiewicz O.C. The finite element method in engineering science. – London : McGraw-Hill, 1971. – 521 p.
4. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The finite element method. Vol. 1. Basic formulation and linear problems. – London, New York : McGraw-Hill, 1989. – 648 p.
5. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The finite element method. – Vol. 2. Solid and fluid mechanics. – London, New York : McGraw-Hill, 1991. – 807 p.
6. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The finite element method. – Vol. 1. The basis. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2000. – 707 p.
7. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The finite element method. – Vol. 2. Solid and structural mechanics. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2000. – 459 p.

В.Б. СТЕПАНОВ, Б.Н. МЕЛЬКОВ, В.В. БЕЛОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ: СТЕПЕНЬ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ – СЦЕПЛЕНИЕ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ – ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ

Железобетонные конструкции зданий и сооружений, испытывающие воздействия силовых нагрузок и агрессивных эксплуатационных сред, подвержены необратимым изменениям структуры и механических характеристик составляющих компонентов – бетона и арматуры.

Подход к определению вклада коррозии арматуры и бетона в работу изгибаемых и сжато – изгибаемых железобетонных конструкций, должен основываться на следующих положениях:

- влияние коррозионной среды на бетон рассматривается как фактор, изменяющий его структуру и деформативно-прочностные свойства;