где $J(K)$ – мера сходства между кластеризациями, составляющими множество K:

$$J(K)=\frac{\frac{1}{L}\sum_{i=1}^{L}\left(\sum_{j=1}^{k_i}\left|K_j^{(i)}\right|^2\right)-\frac{1}{C_L^2}\sum_{i_1=1}^{L-1}\sum_{i_2=i_1+1}^{L}\left(\sum_{j_1=1}^{k_{i_1}}\sum_{j_2=1}^{k_{i_2}}\left|K_{j_1}^{(i_1)}\cap K_{j_2}^{(i_2)}\right|^2\right)}{\frac{1}{L}\sum_{i=1}^{L}\left(\sum_{j=1}^{k_i}\left|K_j^{(i)}\right|^2\right)},$$

где k_i – количество кластеров в i-й кластеризации, $i=1,...,L$; $\left|K_j^{(i)}\right|$ – количество элементов j-го кластера в i-й кластеризации, $j=1,...,k_i$; C_L^2 – число сочетаний из L элементов множества K по 2. При $J(K)=0$ кластеризации множества K полностью совпадают, при $J(K)=1$ кластеризации полностью различны.

Список литературы

1. Смирный М.Ф., Зубова Л.Г., Зубов А.Р. Экологическая безопасность терриконовый ландшафтов Донбасса: Монография. – М.: Изд-во ВНУ им. В Даля. – 2006. – 232 с.
2. Сарычева Л.В. Пространственно-временной подход в задачах кластеризации // Искусственный интеллект. – 2006. – № 3. – С. 644-653.
3. Сарычева Л.В. Компьютерный эколого-социально-экономический мониторинг регионов. Математическое обеспечение. – Днепропетровск: НГУ. – 2003. – 222 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КРУГЛЫХ ПЛАСТИН, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ОДНОРОДНЫХ И НЕОДНОРОДНЫХ ОСНОВАНИЯХ, С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА MATLAB

Е.В. Запорожец, В.Б. Запорожец, С.Н. Горлач
(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»)

Изгиб жестких круглых пластин постоянной, а также переменной толщины, при различных случаях симметричного опирания и нагружения изучен довольно подробно [1-3 и др.]. В меньшей мере изучено поведение таких пластин, расположенных на различных упругих основаниях [2 - 7 и др.]; в этих работах основное внимание уделено изгибу бетонных или железобетонных круглых плит (пластин) постоянной толщины, свободно лежащих на однородных основаниях. Даже для случаев линейных задач, когда для описания изгиба пластин применима линейная теория, практически отсутствуют справочные сведения, позволяющие рассчитать пластины (плиты) постоянной и переменной толщины, расположенные на основании с различными неоднородностями и загруженные сложными нагрузками. Одним из методов, который может быть эффективно использован при расчете таких пластин, является метод конечных элементов (МКЭ).

Существует много отечественных и зарубежных программных продуктов, реализующих МКЭ. Из зарубежных одними из наиболее популярных являются

ANSYS и ABAQUS [8]. В нашей стране для расчета сложных строительных конструкций чаще всего используется программный комплекс Лира.

Применение универсальных пакетов, которые реализуют МКЭ, имеет несколько нюансов, которые необходимо учитывать:

1. Пользователь выбирает конечные элементы (КЭ) из имеющейся в пакете библиотеки. При этом все особенности создания самого КЭ неизвестны. А ведь от того, какая теория использована при создании КЭ, как осуществляется интегрирование при получении матриц жесткости и какой метод используется при отыскании решения систем уравнений, существенно зависят конечный результат вычислений и необходимые для этого ресурсы (технические и человеческие).

2. Остаются в тени алгоритмы реализации МКЭ, а это также может влиять на полученный результат.

В связи с вышесказанным пользователь сталкивается с необходимостью решения большого количества задач при исследовании поведения интересующей его конструкции, так как возникают вопросы, связанные с выяснением возможностей используемого программного комплекса и его поведением при решении этой и аналогичных задач. Поэтому, нами было принято решение получить свои круглый и кольцевой КЭ, а затем создать специализированный пакет программного обеспечения, который бы реализовывал МКЭ и позволял гибко применять его для решения задач, связанных с изучением поведения круглых и кольцевых пластин постоянной и переменной толщины при различных симметричных условиях опирания и различных симметричных распределенных нагрузках, расположенных как на однородных малосвязных основаниях, так и на основаниях, имеющих различные симметричные неоднородности.

При получении КЭ использовалась теория изгиба тонких круглых пластин, которая учитывает геометрическую нелинейность. Кроме того, особенностью указанных КЭ является то, что при получении матриц жесткости используется не численное интегрирование, как это делается в большинстве современных пакетов, а аналитическое. Это позволяет уменьшить количество КЭ, необходимых для обеспечения требуемой точности получаемых результатов. Эти КЭ позволяют также сразу учесть работу малосвязного основания. Ни один из известных нам пакетов не использует КЭ такого вида. Таким образом, применение полученных КЭ, позволило создать очень гибкий программный продукт, позволяющий решать разнообразные геометрически линейные и нелинейные задачи изгиба круглых и кольцевых пластин, как расположенных на упругом малосвязном основании, так и без него. Упомянутые КЭ описаны в работах [9, 10].

При выборе инструментальной среды программирования для реализации МКЭ существенную роль играет способность пакета легко работать с матричными данными. По нашему мнению, этому требованию лучше всего отвечает система Matlab. На основе этой системы и был сознан пакет программ для исследования поведения вышеупомянутых круглых пластин. Алгоритмы, которые в нем реализованы, описаны в работе [11]. Эти алгоритмы позволяют рассмотреть поведение жестких и гибких круглых и кольцевых пластин, как расположенных на упругом однородном или неоднородном основании, так и без основания. При наличии основания возможно учесть нарушение контакта между отдельными элементами пластины и основанием.

В работах [9-10, 12] приведены некоторые результаты исследования поведения круглых пластин, расположенных на однородных и неоднородных основаниях. Эти исследования показали эффективность применения системы Matlab при моделировании поведения различных круглых пластин постоянной и переменной толщины, расположенных на разнообразных малосвязных основаниях, под воздействием различных нагрузок.

Список литературы

1. Бидерман В.Л. Механика тонкостенных конструкций. Статика. – М: Машиностроение, 1977. – 488 с.
2. Вайнберг Д.В., Вайнберг Е.Д. Расчет пластин. – К.: Будівельник, 1970. – 436 с.
3. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. – М.: Физматгиз, 1966. – 636 с.
4. Власов В.З., Леонтьев Н.Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. – М.: Физматгиз, 1960. – 491 с.
5. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании. – М.: Стройиздат, 1984. – 679 с.
6. Жемочкин Б.Н., Синицын А.П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. – М.: Госстройиздат, 1962. – 239 с.
7. Коренев Б.Г., Черниговская Е.И. Расчет плит на упругом основании. – М.: Госстройиздат, 1962. – 356 с.
8. «Компьютерный инжиниринг»: серия докладов в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации»/ – Санкт-Петербург, 2012. – Вып.2 – 93 с. (Электронный ресурс) / Способ доступа: URL: http://www.csr-nw.ru/upload/file_content_1243.pdf
9. Запорожец Е.В. Расчет методом конечных элементов симметричного изгиба круглых гибких пластин на упругом основании и без основания // Theoretical Foundations of Civil Engineering (Polish-Ukrainian seminar. Dnepropietrovsk–Warsaw).2003.–№11.–С. 107-112.
10. Запорожец Е.В. Деформирование круглой гибкой пластины при односторонней и двусторонней связи между ней и упругим основанием // Теоретичні основи будівництва. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА. – 2004. – № 12. – С. 665 – 670.
11. О.В. Запорожець. Алгоритм визначення напружено-деформованого стану круглої гнучкої пластини при однобічній та двобічній в’язі між нею та пружною основою // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, – 2009. — № 6/7. — С. 83-88.
12. Запорожец Е.В., Красовский В.Л. Расчет методом конечных элементов осесимметричного изгиба пластин на упругом основании //Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, 2002. – № 5. – С. 16-23.