DOI: 10.17117/na.2016.09.02.042

Поступила (Received): 08.09.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.09.02.042.pdf>**Пережилова Е.Д.****Точное решение задачи о смещении подвижной опоры фермы с произвольным числом панелей****Perezhilova E.D.****Exact solution to the displacement of the movable truss support with an arbitrary number of panels**

Усилия в стержнях фермы получены методом вырезания узлов из решения системы уравнений равновесия, составленных для всей фермы. Смещение определяется по формуле Максвелла-Мора. Все преобразования выполнены в системе Maple с применением метода индукции по числу панелей

Ключевые слова: ферма, прогиб, формула Максвелла-Мора, Maple

Пережилова Екатерина Дмитриевна

Студент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

The forces in the rods of the truss obtained by cutting nodes from the solution of a system of equilibrium equations written for the whole truss. The offset is determined by the formula of Maxwell-Mohr. All conversions are performed in the system Maple using the method of induction on the number of panels

Key words: truss, deflection, Maxwell-Mohr' formula, Maple

Perezhilova Ekaterina Dmitriyevna

Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Под действием вертикальной нагрузки подвижная опора балочной фермы смещается. Это смещение может быть значительным и влиять на эксплуатационные характеристики конструкции. Выведем аналитическую зависимость смещения опоры фермы на рисунке 1 в зависимости от числа условных панелей, определяемых числом k . Ферма состоит из $n=2k-1$ ячеек периодичности, взаимно пересекающихся по трем стержням верхнего пояса и состоящих из пяти горизонтальных стержней и пяти раскосов. Всего в ферме $8n+4$ стержня, включая три опорные и $4n+1$ узел (шарнир). Система статически определима. Усилие в стержнях найдем методом вырезания узлов в символьном виде, пользуясь программой [1]. Для обобщения результата на произвольное число панелей применим метод индукции, ранее использованный в аналогичных задачах для решетчатых ферм [2–6], плоских [7–11], вантовой системы [12] и пространственных фермах разной конфигурации [13–18].

Рис. 1. Схема фермы при $k=3$

В программу необходимо ввести данные о координатах узлов. Приведем соответствующий фрагмент программы (начало координат в подвижной опоре).

Рис. 2. Нумерация узлов и стержней фермы при $k=2$

```
> for i to 3*n+2 do x[i]:=a*i-a: y[i]:=0: od:
> for i to n do
> x[i+3*n+2]:=3*a*i-a: y[i+3*n+2]:=-h:
> od:
```

Рис. 3. Зависимость смещения от числа панелей при $a=10$ м

Прогиб определяем по формуле Максвелла – Мора

$$\Delta = \sum_{i=1}^{m-3} S_i N_i l_i / (EF),$$

где S_i – усилия в стержнях фермы от действия внешней нагрузки P , N_i – усилия в стержнях от действия единичной горизонтальной силы, приложенной к подвижной опоре, l_i – длины стержней, EF – жесткость стержней. Индукция по 8 фермам с последовательно увеличивающимся числом k дает следующий результат: $EF\Delta = P(3k-1)^2 a^2 / h$. На рисунке 3 приведены соответствующие кривые. Как и следовало ожидать, рост смещения для малых высот больше.

В [19–21] даны обзоры аналитических исследований ферм с применением метода индукции и системы Maple.

Список используемых источников:

1. Кирсанов М. Н. Maple и Maplet. Решения задач механики. СПб.: Изд-во Лань, 2012. 512 с.
2. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет регулярной балочной фермы с произвольным числом панелей со сложной решеткой // Строительная механика и расчет сооружений. 2016. № 3 (266). С. 16–19.
3. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет многорешетчатой фермы // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 6 (257). С. 2–6.
4. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба решетчатой балочной фермы распорного типа // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 5 (57). С. 58–65.
5. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет решетчатой фермы // Моделирование и механика конструкций. 2015. № 2 (2). С. 5.
6. Кирсанов М.Н. Расчет жесткости стержневой решетки // Вестник машиностроения. 2015. № 8. С. 48–51.
7. Kirsanov M.N. Analytical calculation, marginal and comparative analysis of a flat girder // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2016. № 1 (29). С. 84–105.
8. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета плоской балочной фермы с произвольным числом панелей // Строительная механика и конструкции. 2016. Т. 1. № 12. С. 19–24.
9. Кирсанов М.Н. Сравнительный анализ жесткости двух схем арочной фермы // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 9 (36). С. 44–55.
10. Кирсанов М.Н. Скрытая особенность и асимптотические свойства одной плоской балочной фермы // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 4 (255). С. 9–13.
11. Кирсанов М.Н. Индуктивный анализ влияния погрешности монтажа на жесткость и прочность плоской фермы // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 5(31). С. 38–42.
12. Кирсанов М.Н. Статический расчет вантовой системы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 1. № 3. С. 89–93.
13. Кирсанов М.Н., Андреевская Т.М. Анализ влияния упругих деформаций мачты на позиционирование антенного и радиолокационного оборудования // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5 (40). С. 52–58.
14. Кирсанов М.Н. Статический расчет и анализ пространственной стержневой системы // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 6. С. 28–34.
15. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет пространственной стержневой регулярной структуры с плоской гранью // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. № 2 (259). С. 2–6.
16. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба фермы прямоугольного пространственного покрытия // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 1 (53). С. 32–38.
17. Кирсанов М.Н. Напряженное состояние и деформации прямоугольного пространственного стержневого покрытия // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 1 (41). С. 93–100.
18. Кирсанов М.Н. Изгиб, кручение и асимптотический анализ пространственной стержневой консоли // Инженерно-строительный журнал. 2014. №5(49). С. 37–43.

19. Тиньков Д.В. Анализ точных решений прогиба регулярных шарнирно-стержневых конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. №6. С. 21-28.
20. Тиньков Д.В. Сравнительный анализ аналитических решений задачи о прогибе ферменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5(57). С. 66-73.
21. Кийко Л.К. Аналитическая оценка прогиба арочной фермы под действием ветровой нагрузки // Научный вестник. 2016. № 1 (7). С. 247-254.

© 2016, Пережилова Е.Д.

Точное решение задачи о смещении подвижной
опоры фермы с произвольным числом панелей

© 2016, Perezhilova E.D.

Exact solution to the displacement of the movable
truss support with an arbitrary number of panels