DOI: 10.17117/na.2016.09.02.046

<http://ucom.ru/doc/na.2016.09.02.046.pdf>

Поступила (Received): 27.09.2016

Савиных А.С.

Формула для расчета смещения подвижной опоры плоской статически определимой фермы

Savinykh A.S.

The formula to calculate the displacement of the movable support of flat statically determinate truss

Приведен аналитический расчет деформации балочной фермы под действием сосредоточенной силы в середине пролета. С помощью системы компьютерной математики Maple получено решение для произвольного числа панелей. Использован оператор rsolve для решения рекуррентных уравнений

Ключевые слова: ферма, рекуррентное уравнение, Maple, формула

The analytical calculation of the deformation of the girder beam under the action of a concentrated force at Midspan is presented. Using the computer algebra system Maple, found the solution for arbitrary number of panels. The operator rsolve for solving recurrence equations is used

Key words: truss, the recurrence equation, Maple, formula

Савиных Алена Сергеевна

Студент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Savinykh Alena Sergeevna

Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Рассмотрим ферму балочного типа (рис. 1). Для расчета смещения опоры (а эта величина имеет значение для определения эксплуатационных характеристик сооружения) по формуле Максвелла – Мора

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

усилия в стержнях фермы найдем по программе [1], записанной на языке системы компьютерной математики Maple. В (1) введены обозначения: S_i – усилия в стержнях фермы от действия внешней нагрузки, N_i – усилия в стержнях от действия единичной горизонтальной силы, приложенной к подвижной опоре, l_i – длины стержней, m – число стержней вместе с тремя опорными. В случае, когда ферма содержит $6k-2$ стержней по длине верхнего пояса, число стержней $m=16k-4$, а число узлов (шарниров) $8k-2$. Это соотношение числа шарниров

и числа стержней обеспечивает необходимое условие статической определимости конструкции.

Решения будем искать в символьной форме, обобщая результат методом индукции на произвольное число стержней. Аналогичные расчеты для плоских статически определимых решетчатых ферм содержатся в [2–6], плоских – в [7–11], вантовой системы – в [12], пространственных – в [13–18]. Вывод уравнений линий влияния приведен в [19].

Приведем фрагмент Maple-программы, задающей координаты шарниров (начало координат в левой опоре) исследуемой фермы:

```
> n:=2*k-1;
> m3:=4*n+5;
> for i to 3*n+2 do # Верхний пояс
> x[i]:=a*i-a: y[i]:=h:
> od:
> for i to n do
> x[i+3*n+2]:=3*a*i-a:
> y[i+3*n+2]:=0:
> od:
```

Опорные узлы (моделируются стержнями):

```
> x[m3-2]:=0: y[m3-2]:=0: #Опора левая подвижная
> x[m3-1]:= x[3*n+2]: y[m3-1]:=0: #Опора правая 1
> x[m3]:= x[3*n+2]+1: y[m3]:=h: #Опора правая 2
```

Рис. 1. Ферма при $k=2$

В результате индукции по 12 фермам было получено следующее обобщение: $EF\Delta = (3k-1)^2 Pa^2 / h$. Кривые зависимости смещения $\Delta' = EF\Delta / P$ от числа k , определяющего число панелей, при $L=15$ м, $a=L/k$ даны на рис. 2.

Обзор аналитических исследований ферм с применением метода индукции можно найти в [20–22].

Рис. 2. Смещение опоры

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. Al-Shahrabi A. M., Kirsanov M.N. Line of influence of the deflection for cantilever truss // Вестник научных конференций. 2016. № 2–1(6). С. 6–7.
20. Тиньков Д.В. Анализ точных решений прогиба регулярных шарнирно-стержневых конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. №6. С. 21–28.
21. Тиньков Д.В. Сравнительный анализ аналитических решений задачи о прогибе ферменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5(57). С. 66–73.
22. Кийко Л.К. Аналитическая оценка прогиба арочной фермы под действием ветровой нагрузки // Научный вестник. 2016. № 1 (7). С. 247–254.

© 2016, Савиных А.С.

Формула для расчета смещения подвижной опоры
плоской статически определимой фермы

© 2016, Savinykh A.S.

The formula to calculate the displacement of the
movable support of flat statically determinate truss