DOI: 10.17117/na.2016.06.02.312

<http://ucom.ru/doc/na.2016.06.02.312.pdf>

Поступила (Received): 25.06.2016

Ягудин Р.Д.

Аналитическое исследование смещения опоры балочной фермы с параллельными поясами

Yagudin R.D.

Analytical study of the displacement of the support girders with parallel chords

Решетка статически определимой фермы состоит из неравносторонних треугольников. Разыскивается формула для смещения подвижной опоры фермы под действием нагрузки в середине пролета. Решение методом индукции обобщается на произвольное число панелей. Аналитические преобразования выполнены в системе Maple. **Ключевые слова:** ферма, подвижная опора, индукция, Maple

The lattice of a statically determinate truss consists of non isosceles triangles. The formula for the displacement of the movable support of the truss under load at Midspan is obtained. The solution by induction can be generalized to an arbitrary number of panels. All analytical conversions are performed in the system Maple

Key words: truss, a movable support, induction, Maple

Ягудин Руфат Дамирович

Студент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Yagudin Rufat Damirovich

Student

National research university "MPEI"
Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Особенность фермы на рисунке 1 – несимметричное расположение раскосов. При $a=b$ ферма имеет стандартную, наиболее распространенную в практике решетку [1,2], для которой аналитические выражения зависимости прогиба от числа панелей получены методом индукции с использованием программы, написанной на языке системы компьютерной математики Maple [3]. Этот же подход использован и для более сложных плоских [4-11] и пространственных ферм [12-14], в задаче о вантовой системе [15] и при анализе деформаций свайного фундамента [16].

Рис. 1. Ферма при $n=4$

Метод применялся и в задаче о жесткости гироскопической подвески [17], при построении линий влияния в плоских фермах [18-19] и в ферме с учетом ползучести материала [20]. Обзоры некоторых работ по этой теме (плоские фермы) можно найти в [21].

Расчет усилий по программе [3] начинается с задания координат узлов (шарниров) фермы. Приведем соответствующий фрагмент программы применительно к рассматриваемой ферме:

```
> for i to 2*n+1 do
> x[i]:=(a+b)*(i-1): y[i]:=0:
> od:
> for i to n do
> x[i+2*n+1]:=x[i]+a: y[i+2*n+1]:=h:
> x[i+3*n+1]:=x[i+n]+b:y[i+3*n+1]:=h:
> od:
```

Порядок соединения стержней задают специальные векторы. Так, например, задаются стержни нижнего пояса:

```
> for i to 2*n do N[i]:=[i,i+1]; od:
```

Матрица системы уравнений равновесия узлов заполняется в цикле, решение удобно получить методом обратной матрицы. Система решается дважды: для нагрузки P и для единичной горизонтальной силы, приложенной к подвижной опоре. Последовательное решение (в символьной форме) задачи о прогибе с использованием формулы Максвелла – Мора дает последовательности коэффициентов, общие члены которых можно найти в системе Maple (оператор `rsolve`). В итоге получаем следующее решение

$$EF\Delta = -(A_n a^2 + n^2 ab + B_n b^2) / h, \text{ где } A_n = n(n+1)/2, B_n = n(n-1)/2.$$

Рис. 2. Смещение при $a = 2L / (3n)$, $b = L / (3n)$, $L = 10$ м

Жесткости стержней одинаковы. На рисунке 2 зависимость прогиба $\Delta' = \Delta EF / P$ от числа панелей при разных высотах h (в метрах). В [22] решена задача для фермы с симметричной треугольной решеткой.

Список используемых источников:

1. Жакетов Д.Д., Яцков В.Б. Прогиб плоской балочной фермы с треугольной решеткой // Наука и образование в XXI веке. Ч. 7. Тамбов: Консалтинговая компания Юком, 2014. С. 34-36.
2. Вальтер А.М. Прогиб плоской балочной статически определимой фермы с треугольной решеткой // Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты. Ч. 1. Тамбов, 2015. С. 53-54.
3. Кирсанов М.Н. *Maple и MapleT. Решения задач механики.* СПб.: Лань, 2012. 512 с.
4. Кирсанов М.Н. Математическая модель балочной фермы с элементами упрочнения // Инженерно-строительный журнал. 2015. №4(56). С. 38-44.
5. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба решетчатой балочной фермы распорного типа // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5(57). С. 58-65.
6. Кирсанов М.Н. Аналитическое исследование деформаций плоской фермы арочного типа // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова 2015. № 3 (31). С. 42-48.
7. Кирсанов М.Н. Расчет жесткости стержневой решетки // Вестник машиностроения. 2015. № 8. С. 49-51.
8. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет решетчатой фермы // Моделирование и механика конструкций. 2015. № 2 (2). С. 5.
9. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета плоской балочной фермы с произвольным числом панелей // Строительная механика и конструкции. 2016. №1. С. 19-24.
10. Кирсанов М.Н. Точные формулы для расчета прогиба и усилий в стержнях типовой фермы «Молодечно» с произвольным числом панелей // Инженерно-строительный журнал. 2016. №1(61). С. 33-41.
11. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет регулярной балочной фермы с произвольным числом панелей со сложной решеткой // Строительная механика и расчет сооружений. 2016. № 3. С. 16-19.
12. Кирсанов М.Н. Особенности аналитического расчета пространственных стержневых систем // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. №5. С. 11-15.
13. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет и оптимизация пространственной балочной фермы // Вестник МЭИ. 2012. № 5. С. 5-8.
14. Кирсанов М.Н. Изгиб, кручение и асимптотический анализ пространственной стержневой консоли // Инженерно-строительный журнал. 2014. №5(49). С. 37-43.
15. Кирсанов М.Н. Статический расчет вантовой системы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 1. № 3. С. 89-93.
16. Кирсанов М.Н. Дискретная модель свайного фундамента // Инженерно-строительный журнал. 2015. №3(55). С. 3-9.
17. Кирсанов М.Н. Жесткость торсионной подвески микромеханического волнового твердотельного гироскопа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015. № 3. С. 18-22.
18. Dong X., Kirsanov M.N. The dependence of the deflection of the truss from the position of the load for an arbitrary number of panels // Вестник научных конференций. 2016. № 1-4 (5). С. 6-7.
19. Jiang H., Kirsanov M. N. An analytical expression for the influence line of the truss // Вестник научных конференций. 2016. № 1-5(5). С.10-11.
20. Кирсанов М.Н. Оптимизация пространственной фермы с учетом ползучести материала // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2001. № 10. С. 11.
21. Тиньков Д.В. Анализ точных решений прогиба регулярных шарнирно-стержневых конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. №6. С. 21-28.
22. Комарова А.Р. Аналитическое исследование горизонтального смещения опоры балочной фермы // Научный альманах. 2016. N 4-3(18). С.251-253.

© 2016, Ягудин Р.Д.

Аналитическое исследование смещения опоры балочной фермы с параллельными поясами

© 2016, Yagudin R.D.

Analytical study of the displacement of the support girders with parallel chords