DOI: 10.17117/na.2016.06.02.305

<http://ucom.ru/doc/na.2016.06.02.305.pdf>

Поступила (Received): 30.06.2016

Хоанг Х.Ч.**Зависимость смещения подвижной опоры фермы
типа "Butterfly" от числа панелей****Hoang H.Ch.****The dependence of the displacement of the movable support of the
truss type "Butterfly" from the number of panels**

Выполнен аналитический расчет балочной статически определимой упругой фермы под действием нагрузки, приложенной к узлам верхнего пояса. Решение методом индукции обобщается на произвольное число панелей. Аналитические преобразования выполнены в системе Maple
Ключевые слова: ферма, подвижная опора, индукция, Maple

Performed analytical calculation of the elastic beam type statically determinate trusses under the action of the loads applied to the nodes of the upper belt. The solution by induction can be generalized to an arbitrary number of panels. Analytical conversions are performed in the system Maple
Key words: truss, a movable support, induction, Maple

Хоанг Хью Чиен

Студент

Национальный исследовательский университет
«МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Hoang Huu Chien

Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Под действием вертикальных нагрузок подвижная опора фермы балочного типа подвергается смещению [1,2]. Найти зависимость величины смещения от числа панелей в аналитической форме можно методом индукции, апробированном на плоских [3-10] и пространственных фермах [11-13]. В общем, метод индукции совместно с системой компьютерной математики [14,15] позволяет получать решения для произвольных регулярных конструкций [16-19]. В настоящей работе используем программный код и алгоритм [14], записанный на языке компьютерной математики Maple. В [20-21] приведены решения о смещении опор балочных ферм.

Рассмотрим схему статически определимой фермы с решеткой типа "бабочка" (*butterfly*). Ферма допускает расчет усилий методом сечений или методом вырезания узлов. Однако, метод Риттера плохо поддается алгоритмизации, а метод вырезания узлов при большом числе стержней подвержен накоплению ошибок. Выход из этого тупика состоит в получении формулы для расчетных величин методом индукции. Для расчета необходимо пронумеровать шарниры и стержни фермы (рис. 2) и задать координаты узлов.

Рис. 1. Ферма при $n=2$

Приведем соответствующий фрагмент программы в случае $a=b$:

```
> for i to 2*n+1 do x[i]:=d*i-d: y[i]:=0: od:
> for i to 2*n do
> x[2*i+2*n]:=d*i-a-b:
> x[2*i+2*n+1]:=x[2*i+2*n]+b:
> od:
> for i to 4*n do y[i+2*n+1]:=h: od:
```

Здесь обозначено $d=3*a$: Для того, чтобы найти смещение необходимо рассчитать усилия в стержнях фермы от действия заданной нагрузки (обозначим эти усилия S_i) и от действия горизонтальной единичной силы в правой опоре (усилия N_i). Воспользуемся формулой Максвелла-Мора $\Delta = \sum_{i=1}^m \frac{S_i N_i l_i}{EF}$, где EF – жесткость стержней, l_i – длины стержней.

Рис. 2. Нумерация шарниров и стержней фермы при $n=3$

Рис. 3. Смещение в зависимости от числа панелей при $a=2$ м

Метод индукции дает следующий результат

$$\Delta EF = -P \frac{Aa^3 + Gg^3 + Cc^3}{ha},$$

где

$$A = 12n(1 + 4n^2), \quad G = 2n(1 + 4n^2), \\ C = 2n(3 + 4n^2), \quad g = \sqrt{(a+b)^2 + h^2}, \quad c = \sqrt{a^2 + h^2}.$$

На рисунке 3 приведены графики этой зависимости.

Обзор некоторых работ по аналитическим решениям для плоских статически определимых ферм методом индукции содержится в [22,23].

Список используемых источников:

1. Комарова А.Р. Аналитическое исследование горизонтального смещения опоры балочной фермы // Научный альманах. 2016. N 4-3(18). С. 251-253.
2. Заборская Н.В. О горизонтальном смещении опоры плоской балочной фермы // Перспективы развития науки и образования. Ч. 9. Тамбов, 2015. С. 58-60.
3. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба решетчатой балочной фермы распорного типа // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5(57). С. 58-65.
4. Кирсанов М.Н. Математическая модель балочной фермы с элементами упрочнения // Инженерно-строительный журнал. 2015. №4(56). С. 38-44.
5. 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.
6. Кирсанов М.Н. Расчет жесткости стержневой решетки // Вестник машиностроения. 2015. № 8. С. 49-51.
7. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет решетчатой фермы // Моделирование и механика конструкций. 2015. № 2 (2). С. 5.
8. 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.
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. Аналитический расчет регулярной балочной фермы с произвольным числом панелей со сложной решеткой // Строительная механика и расчет сооружений. 2016. № 3. С. 16-19.
11. Кирсанов М.Н. Особенности аналитического расчета пространственных стержневых систем // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. №5. С. 11-15.
12. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет и оптимизация пространственной балочной фермы // Вестник МЭИ. 2012. № 5. С. 5-8.
13. Кирсанов М.Н. Изгиб, кручение и асимптотический анализ пространственной стержневой консоли // Инженерно-строительный журнал. 2014. №5(49). С. 37-43.
14. Кирсанов М.Н. Maple и MapleT. Решения задач механики. СПб.: Изд-во Лань, 2012. 512 с.
15. Голоскоков Д. П. Практический курс математической физики в системе Maple. СПб.: Изд-во ПаркКом, 2010. 644 с.
16. Кирсанов М.Н. Дискретная модель свайного фундамента // Инженерно-строительный журнал. 2015. №3(55). С. 3-9.
17. Кирсанов М.Н. Статический расчет вантовой системы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 1. № 3. С. 89-93.
18. Кирсанов М.Н. Жесткость торсионной подвески микромеханического волнового твердотельного гироскопа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015. № 3. С. 18-22.
19. 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.
20. Комарова А.Р. Аналитическое исследование горизонтального смещения опоры балочной фермы // Научный альманах. 2016. N 4-3(18). С.251-253.

21. Заборская Н.В. О горизонтальном смещении опоры плоской балочной фермы // Перспективы развития науки и образования. Ч. 9. Тамбов, 2015. С. 58-60.
22. Тиньков Д.В. Анализ точных решений прогиба регулярных шарнирно-стержневых конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. №6. С. 21-28.
23. Кийко Л.К. Аналитическая оценка прогиба арочной фермы под действием ветровой нагрузки // Научный вестник. 2016. № 1(7). С. 247-254.

© 2016, Хоанг Х. Ч.

*Зависимость смещения подвижной опоры фермы
типа "Butterfly" от числа панелей*

© 2016, Hoang H.Ch.

*The dependence of the displacement of the movable
support of the truss type "Butterfly" from the number
of panels*