DOI: 10.17117/na.2016.04.03.229

Поступила (Received): 03.04.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.04.03.229.pdf>

Абзианидзе Г.В.

Горизонтальные деформации балочной фермы с нисходящими раскосами под действием нагрузки, распределенной по верхнему поясу

Abzianidze G.V.

Horizontal deformation of the girder with down braces under the action of the load distributed on the upper chord

Получена формула для смещения подвижной опоры фермы в зависимости от ее размеров, нагрузки и числа панелей. Использован метод индукции и система компьютерной математики Maple. Для различных высот фермы построены графики найденной зависимости

Ключевые слова: ферма, деформация, индукция, Maple

The formula for the displacement of the movable support of the truss depending on its size, load and number of panels is obtained. The induction method and system of computer mathematics Maple are used. The graphs are drawn for different heights of truss

Key words: truss, deformation, induction, Maple

Абзианидзе Габриел Виссарионович

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Abzianidze Gabriel Vissarionovich

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

В расчетах балочных ферм помимо определения усилий в стержнях обычно находят численное или аналитическое выражение для прогиба. Рассмотрим балочную ферму с симметричной раскосной решеткой (рис. 1). Прогиб подобных ферм в аналитической форме найде в работах [1-4]. Значительно реже (особенно в аналитической форме) определяется достаточно важный эксплуатационный параметр – смещение подвижной опоры под действием нагрузки [5]. Рассмотрим решение этой задачи применительно к нагрузке, действующей по верхнему поясу фермы.

Рис. 1. Ферма с тремя панелями ($n=3$) в половине пролета

Для решения задачи, которое начинается с определения усилий в стержнях фермы, используем алгоритм и программу [6], написанную на языке компьютерной математики Maple. Усилия определяются методом вырезания узлов. Обобщение решения на произвольное число панелей получено методом однопараметрической индукции – по числу панелей. Программа отлажена на решении задач статики плоских [7–9] и пространственных задач [10,11]. В [12–14] с помощью этого алгоритма с использованием двухпараметрической индукции (по числу панелей и номеру загруженного узла) были получены линии влияния в простых статически определимых фермах. Метод применим и для оценки жесткости торсионных подвесок [15] (в упругой стадии работы).

Для определения горизонтального смещения воспользуемся известной в строительной механике формулой Максвелла – Мора: $\Delta = \sum_{i=1}^m S_i s_i l_i / (EF)$, где EF – жесткость, одинаковая для всех стержней фермы, S_i – усилия в стержнях от распределенной по верхнему поясу нагрузки P , s_i – усилия в стержнях от действия единичной горизонтальной силы, приложенной к подвижной опоре, l_i – длины стержней, $m = 8n + 1$ – число стержней фермы без учета трех опорных стержней, моделирующих неподвижные шарниры (они приняты жесткими). На рисунке 1 $n=3, m=25$.

Рис. 2. Зависимость прогиба от числа панелей

Последовательное решение задачи ферм с числом панелей 1,2, 3,...,10 дает ряд коэффициентов в выражении прогиба. Выявить рекуррентное уравнение, которому подчиняются члены этой последовательности может специальный оператор **rgf_findrecur** системы Maple. Решение уравнения дает оператор **rsolve**. Приведем фрагмент программы:

```
> with(genfunc):
> S:=0,3,13,34,70,125,203,308,444,615:
```

```

> N:=nops([S])/2;
> Z:=rgf_findrecur(N,[S],t,n);
> ZZ:=simplify(rsolve ({Z,seq(t(i)=S[i],i=1..N)},t));
> Z:=factor(simplify(evalc(ZZ)));

```

В итоге получаем искомое решение, справедливое для произвольного числа панелей фермы:

$$EF\Delta = PAa^2 / b, (1)$$

где $A = n(n-1)(4n+1)/6$. На рисунке 2 построены графики зависимости (1) при различных значениях высоты фермы $b=3, 4, 6$ м и при общей (зафиксированной) длине пролета $L = an = 10$ м. Принято обозначение $\Delta' = \Delta EF / P$.

В отличие от большинства подобных задач на прогиб фермы [1, 3, 4, 8, 9] полученное решение не обнаруживает экстремальных точек. Однако, найденное выражение может быть использовано в практических расчетах при проектировании и эксплуатации подобных ферм.

Список используемых источников:

1. Агеев В.А. Прогиб простой равномерно загруженной по нижнему поясу балочной фермы // Вестник научных конференций. 2015. № 3-3(3). С. 9-10.
2. Ванин М.В., Каганович А.Ф. О жесткости простой балочной фермы с произвольным числом панелей // Вестник научных конференций. 2016. № 3-6(7). С. 18-19.
3. Безобразова А.А. Прогиб плоской балочной фермы с прямоугольной решеткой // Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности. Ч. 5. Тамбов, 2015. С. 29-30.
4. Сагаян М.М. Прогиб балочной фермы с параллельными поясами и восходящими раскосами в зависимости от числа панелей // Вестник научных конференций. 2015. № 2-3(2). С. 118-119.
5. Заборская Н.В. О горизонтальном смещении опоры плоской балочной фермы // Перспективы развития науки и образования. Ч. 9. Тамбов, 2015. С. 58-60.
6. Кирсанов М.Н. Maple и MapleT. Решения задач механики. СПб.: Изд-во Лань, 2012. 512 с.
7. 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.
8. Кирсанов М.Н. Математическая модель балочной фермы с элементами упрочнения // Инженерно-строительный журнал. 2015. №4(56). С. 38-44.
9. Кирсанов М.Н. Индуктивный анализ влияния погрешности монтажа на жесткость и прочность плоской фермы // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 5(31). С. 38-42.
10. Кирсанов М.Н. Изгиб, кручение и асимптотический анализ пространственной стержневой консоли // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 5 (49). С. 37-43.
11. Кирсанов М.Н. Напряженное состояние и деформации прямоугольного пространственного стержневого покрытия // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2016. №1(41). С. 93-100.
12. 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.
13. 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.
14. Dong Xiaomeng, Kirsanov M.N. The dependence of the deflection of the truss from // Вестник научных конференций. 2016. № 1-4(5). С. 6-7.
15. Кирсанов М.Н. Жесткость торсионной подвески микромеханического волнового твердотельного гироскопа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015. № 3. С. 18-22.

© 2016, Абзианидзе Г.В.

Горизонтальные деформации балочной фермы с нисходящими раскосами под действием нагрузки, распределенной по верхнему поясу

© 2016, Abzianidze G.V.

Horizontal deformation of the girder with down braces under the action of the load distributed on the upper chord