DOI: 10.17117/na.2016.10.03.380

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.03.380.pdf>

Поступила (Received): 23.10.2016

Крамченков Н.Е.

Анализ горизонтального смещения подвижной опоры балочной фермы под действием равномерной нагрузки

Kramchenkov N.E.

Analysis of horizontal displacement of the movable support girder, under the action of a uniform load

Дан вывод и анализ формулы для горизонтального смещения подвижной опоры балочной фермы с параллельными поясами, треугольной решеткой и произвольным числом панелей. Использован интеграл Максвелла – Мора, метод индукции и операторы пакета компьютерной математики Maple 15

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

The derivation and analysis of formulas for the horizontal displacement of the movable support girder-beams with parallel belts, a triangular lattice and an arbitrary number of panels is obtained. The integrals of Maxwell – Mohr, method of induction and the operators of the computer mathematics package Maple 15 are used

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

Крамченков Николай Евгеньевич

Студент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Kramchenkov Nikolay Evgenyevich

Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

В балочной ферме с треугольной решеткой и параллельными поясами (рис. 1) при равномерном нагружении узлов верхнего пояса возникает горизонтальное смещение подвижной опоры. Под действием нагрузки ферма прогибается, а подвижная опора начинает смещаться в горизонтальном направлении. Эта величина может быть существенной при эксплуатации конструкции. Зависимость смещения от числа панелей, нагрузки и размеров фермы необходима для правильного выбора параметров проектируемой фермы. Ранее аналогичные зависимости были получены методом индукции в [1–11] для плоских и в [12–17] для пространственных ферм.

Усилия в стержнях определяются в системе компьютерной математики Maple, на основе программного кода [18]. Для вычисления прогиба применяется формула Максвелла – Мора [19]:

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

где $S_i^{(1)}$ – усилия в стержнях фермы от действия единичной горизонтальной нагрузки, приложенной к опоре, $S_i^{(P)}$ – от внешней распределенной нагрузки, l_i – длина стержня i , EF – жесткость (одинаковая для всех стержней), $m=8n+2$ – число всех стержней конструкции, включая три опорные (26 стержней в ферме на рисунке 1).

Рис. 1. Ферма при $n=3$

В результате обобщения последовательности решений десяти ферм с использованием оператора `rsolve` системы Maple для решения рекуррентных уравнений выводится формула: $EF\Delta = P(1 - 4n^2 - 2n/3 + 8n^3/3)a^2/b$.

Зависимость прогиба, отнесенного к $EF/(PL)$, от числа панелей при $L=an=100$ м дана на рисунке 2.

Рис. 2. Зависимость смещения от числа панелей

Фермы с меньшей высотой получают большее смещение, зависимость от числа панелей практически линейная. Обзоры некоторых аналитических решений для плоских ферм даны в работах [20-22].

Список используемых источников:

1. Kirsanov M. An inductive method of calculation of the deflection of the truss regular type. *Architecture and Engineering*. 2016. No. 3. Vol. 1. Pp. 14–17.
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 решетчатой фермы // *Моделирование и механика конструкций*. 2015. № 2 (2). С. 5.
4. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет многорешетчатой фермы // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2014. № 6 (257). С. 2–6.
5. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба решетчатой балочной фермы распорного типа // *Инженерно-строительный журнал*. 2015. № 5 (57). С. 58–65.
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., Андреевская Т.М. Анализ влияния упругих деформаций мачты на позиционирование антенного и радиолокационного оборудования // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 5 (40). С. 52–58.
13. Кирсанов М.Н. Статический расчет и анализ пространственной стержневой системы // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 6. С. 28–34.
14. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет пространственной стержневой регулярной структуры с плоской гранью // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2015. № 2 (259). С. 2–6.
15. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба фермы прямоугольного пространственного покрытия // *Инженерно-строительный журнал*. 2015. № 1 (53). С. 32–38.
16. 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.
17. Кирсанов М.Н. Изгиб, кручение и асимптотический анализ пространственной стержневой консоли // *Инженерно-строительный журнал*. 2014. №5(49). С. 37–43.
18. Кирсанов М. Н. *Marple и Marplet. Решения задач механики*. СПб.: Изд-во Лань, 2012. 512 с.
19. Потапов В. Д., Александров А. В., Косицын С. Б., Долотказин Д. Б. *Строительная механика. В 2 книгах. Книга 1. Статика упругих систем М.: Высшая школа, 2007. 511 с.*
20. Кийко Л.К. Аналитическая оценка прогиба арочной фермы под действием ветровой нагрузки // *Научный вестник*. 2016. № 1 (7). С. 247–254.
21. Тиньков Д.В. Анализ точных решений прогиба регулярных шарнирно-стержневых конструкций // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2015. №6. С. 21–28.
22. Тиньков Д.В. Сравнительный анализ аналитических решений задачи о прогибе ферменных конструкций // *Инженерно-строительный журнал*. 2015. №5(57). С. 66–73.

© 2016, Крамченков Н.Е.

Анализ горизонтального смещения подвижной опоры балочной фермы под действием равномерной нагрузки

© 2016, Kramchenkov N.E.

Analysis of horizontal displacement of the movable support girder, under the action of a uniform load