DOI: 10.17117/na.2016.06.02.250

<http://ucom.ru/doc/na.2016.06.02.250.pdf>

Поступила (Received): 18.06.2016

Кузнечихин А.А.**Формула для прогиба арочной фермы треугольного очертания с произвольным числом панелей при загрузении верхнего пояса в зависимости от перераспределения площадей сечений стержней****Kuznechikhin A.A.****The formula for deflection of the arched truss triangular shape with an arbitrary number of panels under the loading of the upper zone, depending on the redistribution of the areas of the sections**

Дается вывод формулы для прогиба статически определимой плоской симметричной фермы. Усилия определяются методом вырезания узлов в системе компьютерной математики Maple. Для вычисления прогиба используется интеграл Мора. Решение обобщается на произвольное число панелей методом индукции

Ключевые слова: ферма, деформация, индукция, Maple, интеграл Мора

Кузнечихин Андрей Александрович

Студент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

The derivation of the formula for deflection of statically determinate planar symmetric truss is given. The forces in rods are determined by the cut nodes in the system of computer mathematics Maple. For calculation of deflection is used the Mohr' integral. The solution is generalized to an arbitrary number of panels by the method of induction

Key words: truss, deformation, induction, Maple, Mohr' integral

Kuznechikhin Andrew Aleksandrovich

Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

В [1] автором получена формула для прогиба статически определимой фермы (рис. 1) со стержнями постоянного сечения. Для определения усилий в стержнях использована компьютерная программа [2], написанная в системе Maple. В настоящей работе ставится задача учета распределения площадей сечений стержней по трем различным группам стержней. Для определения прогиба

необходимо воспользоваться формулой Максвелла-Мора $\Delta = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{m_j} S_i s_i l_i / (EF_j)$,

где $F_j = F / k_j$ – площади сечений отдельных групп стержней (поясов и решетки), S_i – усилия в стержнях от нагрузки, распределенной по узлам нижнего пояса, s_i – усилия в стержнях от действия единичной вертикальной силы,

приложенной к среднему узлу нижнего пояса, l_i – длины стержней, $m = \sum_{j=1}^3 m_j = 8n + 4$ – число стержней, $n = 2n_0$.

Рис. 1. Ферма при $n=4$

Решения для плоских ферм этим же методом ранее получены в [3-11], для пространственных – в [12-15]. В обзорах [16-18] можно также найти решения на основе метода индукции. При построении линий влияния [19-21] метод индукции имеет более сложную форму (индукция по двум параметрам).

Результатом индуктивного анализа явилась следующая формула

$$EF \Delta = P(A_{n_0} a^3 k_1 + B_{n_0} b^3 k_2 + C_{n_0} c^3 k_3) / b^2,$$

где $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, $b = H / (2n_0 + 1)$, $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. Коэффициент k_1 относится к горизонтальным стержням решетки длиной a , k_2 – вертикальным, k_3 – к стержням поясов. Коэффициенты получены из решения рекуррентных уравнений оператором rsolve системы Maple:

$$C_{n_0} = n_0(7n_0 + 3 + 20n_0^3) / 12, B_{n_0} = n_0(2n_0 + 1 + 4n_0^2), A_{n_0} = n_0(2n_0 + 1).$$

Пусть общая нагрузка на ферму не зависит от числа панелей $P = P_{sum} / (2n + 1)$. Для относительного прогиба $\Delta' = EF \Delta / P_{sum}$ кривые полученной зависимости имеют вид (рис. 2, размеры в метрах):

Рис. 2. Зависимость прогиба от n при $L = an_0 = 10$ м, $H = 1$ м

Список используемых источников:

1. Кузнечихин А.А. Формула для прогиба арочной фермы треугольного очертания при загрузении верхнего пояса // Вестник научных конференций. 2015. № 2-3(2). Ч. 3. С. 73-74.
2. Кирсанов М.Н. Maple и Maplet. Решения задач механики. СПб.: Изд-во Лань, 2012. 512 с.
3. Кирсанов М.Н. Статический расчет вантовой системы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 1. № 3. С. 89-93.
4. Кирсанов М.Н. Жесткость торсионной подвески микромеханического волнового твердотельного гироскопа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015. № 3. С. 18-22.
5. Кирсанов М.Н. Математическая модель балочной фермы с элементами упрочнения // Инженерно-строительный журнал. 2015. №4(56). С. 38-44.
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. Аналитический расчет балочной фермы со сложной решеткой // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. № 3. С. 7-11.
8. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба решетчатой балочной фермы распорного типа // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5(57). С. 58-65.
9. Кирсанов М.Н. Расчет жесткости стержневой решетки // Вестник машиностроения. 2015. № 8. С. 49-51.
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. 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.
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., Андреевская Т.М. Анализ влияния упругих деформаций мачты на позиционирование антенного и радиолокационного оборудования. Инженерно-строительный журнал. 2013. №5(40). С. 52-58.
15. Кирсанов М.Н. Напряженное состояние и деформации прямоугольного пространственного стержневого покрытия // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2016. №1(41). С. 93-100.
16. Тиньков Д.В. Анализ точных решений прогиба регулярных шарнирно-стержневых конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. №6. С. 21-28.
17. Тиньков Д.В. Сравнительный анализ аналитических решений задачи о прогибе ферменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5(57). С. 66-73.
18. Кийко Л.К. Аналитическая оценка прогиба арочной фермы под действием ветровой нагрузки // Научный вестник. 2016. № 1 (7). С. 247-254.
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. 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.
21. 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.

© 2016, Кузнечихин А.А.

Формула для прогиба арочной фермы треугольного очертания с произвольным числом панелей при загрузении верхнего пояса в зависимости от перераспределения площадей сечений стержней

© 2016, Kuznechikhin A.A.

The formula for deflection of the arched truss triangular shape with an arbitrary number of panels under the loading of the upper zone, depending on the redistribution of the areas of the sections