DOI: 10.17117/na.2016.06.02.279

Поступила (Received): 22.06.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.06.02.279.pdf>

Петриченко Е.А.

О прогибе консольной фермы с крестообразной решеткой в зависимости от перераспределения площадей стержней и числа панелей

Petrichenko E.A.

On the deflection of the cantilever truss with cross bars lattice, depending on the redistribution of the areas of members and number of panels

Методом индукции по числу панелей с помощью формулы Максвелла-Мора получено аналитическое выражение для прогиба упругой статически определимой фермы. Усилия определяются методом вырезания узлов в системе компьютерной математики Maple
Ключевые слова: ферма, деформация, индукция, Maple

By induction on the number of panels and by the formula of Maxwell-Mora obtained an analytic expression for the elastic deflection of statically determinate truss. The forces in rods are determined by the cut nodes in the system of computer mathematics Maple
Key words: truss, deformation, induction, Maple

Петриченко Елизавета Александровна
Студент
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Petrichenko Elizaveta Aleksandrovna
Student
National research university "MPEI"
Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Задача о прогибе консольной фермы (рис. 1) при одинаковых сечениях стержней фермы решена автором в аналитической форме [1]. Прогиб разыскивался по формуле Максвелла – Мора, усилия в стержнях вычислялись по программе [2], написанной в системе компьютерной математики Maple.

Рис. 1. Ферма при $n=5$

Ранее прогиб фермы в аналитической форме разыскивался по той же программе методом индукции в плоских фермах [3-8], пространственных [9-12], в вантовой системе [13]. Метод применим и для анализа подвески гироскопа с произвольным числом связей [14] и для вывода уравнений линий влияния [15-17]. Без особых изменений аналитический подход годится и для задач с учетом реологии материала [18-20]. Примеры вывода формул в системе Maple для прогиба плоских ферм можно найти в обзорах [21-23].

Воспользуемся формулой Максвелла-Мора, записанной для случая разных поперечных сечений стержней: $\Delta = P \left(\sum_{i=1}^{m_1} \frac{S_i^2 l_i}{EF_1} + \sum_{i=1}^{m_2} \frac{S_i^2 l_i}{EF_2} + \sum_{i=1}^{m_3} \frac{S_i^2 l_i}{EF_3} \right)$, где EF_i – жесткости стержней, S_i – усилия в стержнях от действия единичной силы P , l_i – длины стержней. Сумма разделена на три. Первая относится к стержням поясов, вторая – стоек, третья – раскосов, $m_1 + m_2 + m_3 = 4n + 1$ – общее число стержней фермы с n панелями без учета трех опорных стержней, принятых недеформируемыми. Результатом анализа последовательности решений 10 ферм явилась следующая формула

$$EF\Delta = P(A_n a^3 k_1 + B_n b^3 k_2 + C_n c^3 k_3) / b^2,$$

где $A_n = n(1 + 2n^2) / 3$, $C_n = n$, $B_n = (1 - (-1)^n) / 2$, $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. Площади сечений отдельных групп стержней выражены через некоторую величину F : $F_i = F / k_i$. Коэффициент k_1 относится к горизонтальным стержням поясов, k_2 – к стойкам, k_3 – к раскосам (диагональным элементам). Введем относительный прогиб $\Delta' = EF\Delta / P$. График зависимости $\Delta'(n)$ представлен при разных сочетаниях жесткостей на рисунке 2.

Рис. 2. Прогиб при $L = an = 30\text{ м}$, $b = 3\text{ м}$

Анализ решения показывает, что для большого числа панелей перераспределение площадей меньше влияет на прогиб, чем при малых n .

Список используемых источников:

1. Петриченко Е.А. О прогибе консольной фермы с крестообразной решеткой // Вестник научных конференций. 2015. № 2-3(2). С. 110-111.
2. Кирсанов М. Н. Maple и Maplet. Решения задач механики. СПб.: Изд-во Лань, 2012. 512 с.
3. Кирсанов М.Н. Математическая модель балочной фермы с элементами упрочнения // Инженерно-строительный журнал. 2015. №4(56). С. 38–44.
4. 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.
5. Кирсанов М.Н. Расчет жесткости стержневой решетки // Вестник машиностроения. 2015. № 8. С. 49-51.
6. Кирсанов М.Н. Формула для расчета прогиба балочной фермы с произвольным числом панелей // Научный журнал. 2016. № 6 (7). С. 6 – 8
7. 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.
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. Особенности аналитического расчета пространственных стержневых систем // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. №5. С. 11-15.
10. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет и оптимизация пространственной балочной фермы // Вестник МЭИ. 2012. № 5. С. 5-8.
11. 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.
12. Леонов П.Г., Кирсанов М.Н. Аналитический расчет и анализ пространственной стержневой конструкции в системе Maple // Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО-2014. 2014. С. 239-242.
13. Кирсанов М.Н. Статический расчет вантовой системы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 1. № 3. С. 89-93.
- Кирсанов М.Н. Жесткость торсионной подвески микромеханического волнового твердотельного гироскопа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015. № 3. С. 18-22.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Тиньков Д.В. Оптимальная геометрия плоской балочной раскосной фермы с учетом линейной ползучести материала // Инженерно-строительный журнал. 2016. №1(61). С. 25–32.
18. Кирсанов М.Н. Оптимизация пространственной фермы с учетом ползучести материала // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2001. № 10. С. 11.
19. Кирсанов М.Н. Оптимальная высота балочной фермы с учетом линейной ползучести материала // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2000. № 5. С. 141.
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.