

DOI: 10.17117/na.2016.08.01.261

<http://ucom.ru/doc/na.2016.08.01.261.pdf>

Поступила (Received): 24.08.2016

Васильченко Д.И. Формула для смещения опоры балочной фермы типа Больмана

Vasilchenko D.I. The formula for displacement of the support of the Bollman's type girder

Для горизонтального смещения опоры статически определимой фермы с растянутыми раскосами и произвольным числом панелей методом индукции получена точная формула. В расчетах использована формула Максвелла-Мора и система компьютерной математики Maple

Ключевые слова: ферма, опора, смещение, Maple

For the horizontal displacement of the supports of statically determinate truss with stretched braces and any number of panels by induction the explicit formula is obtained. The formula of Maxwell-Mohr and the system of computer mathematics Maple are used in the calculations

Key words: truss, support, displacement, Maple

Васильченко Данил Игоревич

Студент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Vasilchenko Daniil Igorevich

Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Плоские фермы с удлиненными раскосами, составляющими сплошную решетку (фермы Больмана, рис. 1), были широко распространены в 19–20 веках в США при строительстве железнодорожных мостов [1].

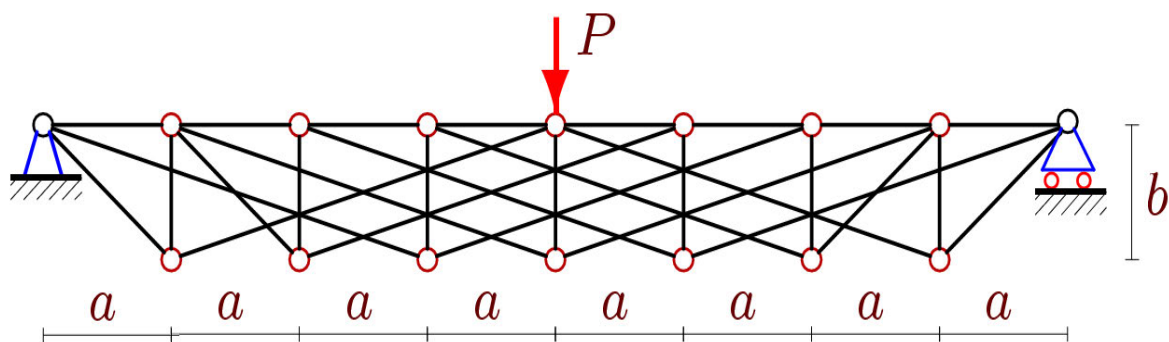


Рис. 1. Ферма при $n=4$

Основное их достоинство – растянутые раскосы, не подверженные эффекту потери устойчивости. Несмотря на то, что конструкция существует и в теории и на практике уже давно, аналитического расчета ее при произвольном

числе панелей на данный момент не существовало. Расчет фермы при конкретном числе панелей не представляет особый интерес, такой расчет не может точно или даже приближенно дать оптимальное число панелей для снижения деформативности. Уменьшение же прогиба (повышение жесткости) особенно важно для железнодорожных мостов, где специфика рельсового транспорта не допускает больших вертикальных перемещений. Но если численные расчеты прогиба для ферм тип Больмана еще существуют, то расчета горизонтального смещения подвижной опоры нет ни в аналитическом виде, ни в численном. В настоящей работе ставится задача определения смещения опоры под действием нагрузки в середине пролета. Задача решается в символьном виде методом индукции с применением системы компьютерной математики Maple. Используется хорошо апробированный алгоритм составления уравнений равновесия [2–4]. Смещение определяется по формуле Максвелла – Мора: $\Delta = \sum_{i=1}^{m-3} S_i N_i l_i / (EF)$, где S_i – усилия в стержнях фермы от действия внешней нагрузки P в середине пролета, N_i – усилия в стержнях от действия единичной горизонтальной силы, приложенной к подвижной опоре, l_i – длины стержней, $m = 8n + 8$ – число стержней вместе с тремя стержнями, моделирующими опоры (два – неподвижную левую и один – подвижную правую). Опорные стержни приняты жесткими, поэтому суммирование в формуле Максвелла – Мора ведется до $m-3$. Индукция по шести фермам при $n = 1, \dots, 6$, дает следующий результат: $EF\Delta = PA_n a^2 / b$, где $A_n = (n+1)^2$. Кривые зависимости относительного прогиба $\Delta' = \Delta EF / P$ для фиксированного пролета $L = an = 15$ м, где L – длина половины пролета, изображены на рис. 2. Очевидно, что кривые выходят на горизонтальную асимптоту L^2 / b .

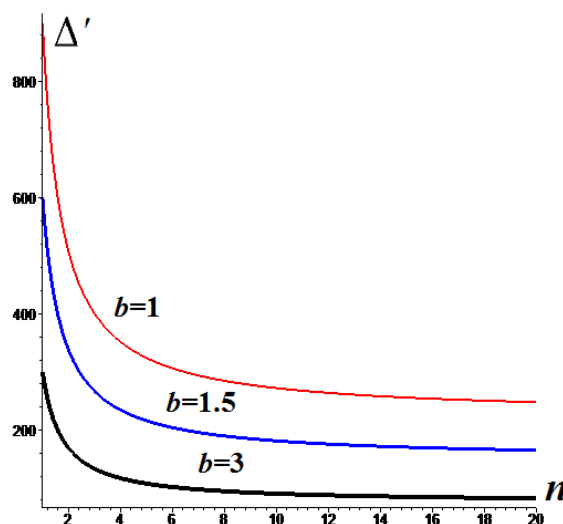


Рис. 2. Зависимость прогиба от числа панелей

С увеличением высоты фермы h горизонтальная жесткость фермы растет. Контроль за горизонтальным смещением необходим для предотвращения разрушения катков подвижной опоры. Аналитические решения по такому же алгоритму для плоских статически определимых ферм получены в [5–14],

пространственных – в [15–19], вантовой – в [20]. Линии влияния методом индукции по двум параметрам построены в [21].

Список используемых источников:

1. Гордон Дж. Конструкции или почему не ломаются вещи. М.: Мир, 1980. 230 с.
2. 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.
3. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба решетчатой балочной фермы распорного типа // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 5 (57). С. 58–65.
4. Кирсанов М.Н. Расчет жесткости стержневой решетки // Вестник машиностроения. 2015. № 8. С. 48–51.
5. 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.
6. 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.
7. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет многорешетчатой фермы // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 6 (257). С. 2–6.
8. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет решетчатой фермы // Моделирование и механика конструкций. 2015. № 2 (2). С. 5.
9. 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.
10. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета плоской балочной фермы с произвольным числом панелей // Строительная механика и конструкции. 2016. Т. 1. № 12. С. 19–24.
11. Кирсанов М.Н. Сравнительный анализ жесткости двух схем арочной фермы // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 9 (36). С. 44–55.
12. Кирсанов М.Н. Скрытая особенность и асимптотические свойства одной плоской балочной фермы // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 4 (255). С. 9–13.
13. 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.
14. Кирсанов М.Н. Индуктивный анализ влияния погрешности монтажа на жесткость и прочность плоской фермы // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 31. № 5. С. 38–42.
15. Кирсанов М.Н. Статический расчет и анализ пространственной стержневой системы // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 6. С. 28–34.
16. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет пространственной стержневой регулярной структуры с плоской гранью // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. № 2 (259). С. 2–6.
17. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба фермы прямоугольного пространственного покрытия // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 1 (53). С. 32–38.
18. 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.
19. 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.
20. Кирсанов М.Н. Статический расчет вантовой системы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 1. № 3. С. 89–93.
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.