

DOI: 10.17117/na.2017.02.03.290

<http://ucom.ru/doc/na.2017.02.03.290.pdf>

Поступила (Received): 13.02.2017

Широков А.С.
Смещение опор двухпролетной неразрезной фермы,
загруженной сосредоточенной силой

Shirokov A.S.
The displacement of the support of the two-span
continuous truss, loaded with a concentrated force

Приводится вывод формулы для смещения опоры статически определимой плоской балочной фермы с одной промежуточной подвижной опорой. Усилия в стержнях находятся методом вырезания узлов, смещение – с помощью интеграла Мора. Для обобщения решения на произвольное число панелей применяется метод индукции и операторы системы Maple

Ключевые слова: ферма, прогиб, формула Мора, Maple

Deduce the formula for the offset supports are statically determinate flat girder, with one intermediate movable support. The forces in the rods are found with method of cutting of knots, displacement – using the Mohr's integral. To generalize the solution for an arbitrary number of panels the method of induction and operators of Maple are used

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

Широков Александр Сергеевич

Студент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Shirokov Aleksandr Sergeevich

Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Под действием нагрузки ферма получает не только вертикальный прогиб, но и смещение подвижных опор. В исследуемой двухпролетной статически определимой конструкции их две. Информация о смещении опор важна для практики. Неконтролируемое смещение может вызвать катастрофические последствия для конструкции. Для определения горизонтального смещения одной из опор (например, левой) определим усилия в ферме под действием нагрузки и усилия от единичной силы в направлении исследуемого смещения. Все преобразования выполним в символьной форме в системе Maple по программе [1]. Ранее аналогичные аналитические решения по этой же программе были получены для плоских [2-12] и пространственных ферм [13-15].

Обозначим n_0 число панелей в каждом пролете. Расчет усилий показал, что исследуемая схема фермы обладает скрытой особенностью. При четном числе панелей n_0 определитель системы уравнений обращается в ноль [16].

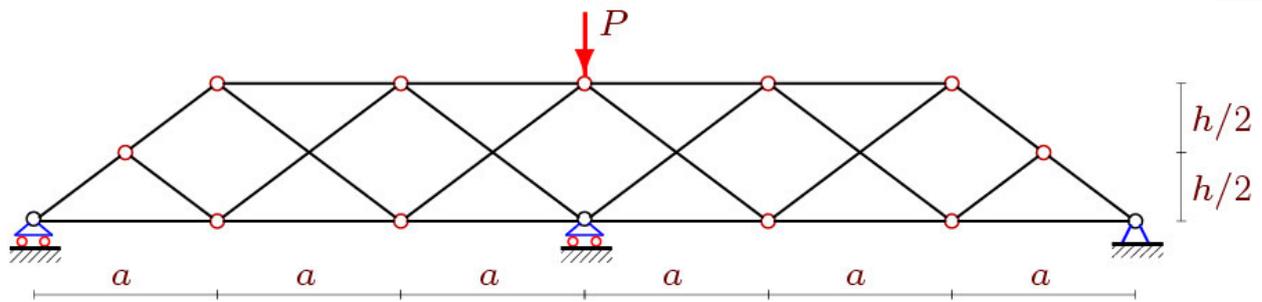


Рис. 1. Ферма при k=2

Примем $n_0 = 2k - 1$. Горизонтальное перемещение левой опоры находим с помощью интеграла Мора: $\Delta = \sum_{i=1}^{m-4} S_i N_i l_i / (EF)$, где S_i – усилия в стержнях фермы от действия внешней вертикальной нагрузки P в середине пролета, N_i – усилия в стержнях от действия единичной горизонтальной силы, приложенной к подвижной опоре, l_i – длины стержней, $m = 8k + 2$ – число стержней вместе с четырьмя стержнями, моделирующими опоры (два – неподвижную правую и два стержня на подвижные). Опорные стержни предполагаются жесткими, поэтому суммирование ведется до $m-4$. Последовательно увеличивая число панелей в ферме, получаем ряд коэффициентов 1, 5, 13, 25, 41, 61, 85, 113 при выражении Pa^2 / h в формуле для перемещения. С помощью оператора rfg_findrecur системы Maple выводим рекуррентное уравнение для искомого общего члена последовательности: $A_k = 3A_{k-1} - 3A_{k-2} + A_{k-3}$. Решение этого уравнения дает оператор rsolve. В итоге имеем рабочую формулу:

$$\Delta EF = P(2k^2 - 2k + 1)a^2 / h.$$

Как и следовало ожидать, с увеличением высоты фермы h смещение уменьшается. На рисунке 2 кривые зависимости (1) построены при $a=10$ м. Введено обозначение для относительного смещения $\Delta' = \Delta EF / P$.

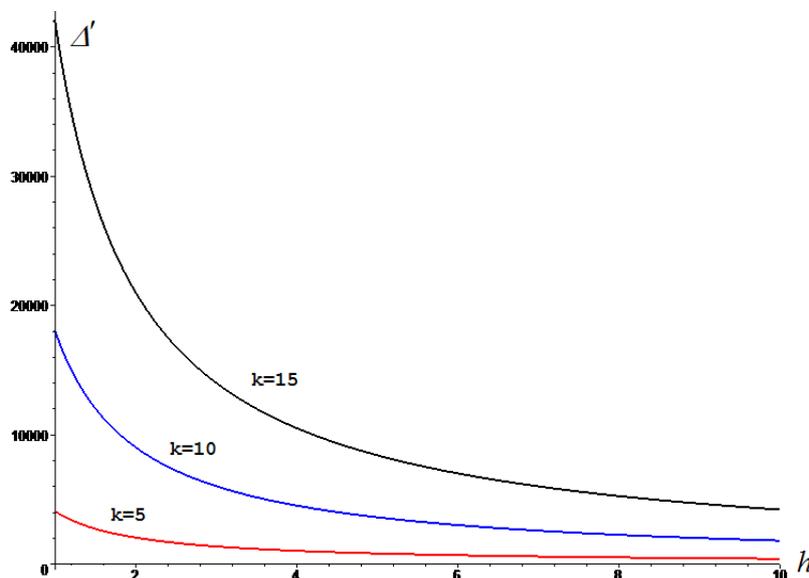


Рис. 2. Зависимость прогиба от количества пролетов

Обзоры некоторых аналитических решений полученных с помощью программы [1] и метода индукции содержатся в [17-18], расчет фермы «Пятигорск» по формуле Качурина – в [19].

Список используемых источников:

1. Кирсанов М. Н. *Maple и Maplet. Решения задач механики*. СПб.: Изд-во Лань, 2012. 512 с.
2. Кирсанов М.Н. *Статический анализ и монтажная схема плоской фермы*//Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2016. № 5 (39). С. 61-68.
3. 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.
4. Кирсанов М.Н. *Аналитический расчет балочной фермы с решеткой типа «Butterfly»*//Строительная механика и расчет сооружений. 2016. № 4 (267). С. 2-5.
5. Кирсанов М.Н. *О влиянии наклона подвижной опоры на жесткость балочной фермы* // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 35-44.
6. Kirsanov M. *An inductive method of calculation of the deflection of the truss regular type* // *Architecture and Engineering*. 2016. Т. 1. № 3. С. 14-17.
7. Кирсанов М.Н. *Оценка прогиба и устойчивости пространственной балочной фермы*//Строительная механика и расчет сооружений. 2016. № 5 (268). С. 19-22.
8. Кирсанов М.Н. *Сравнительный анализ жесткости двух схем арочной фермы*//Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 9 (36). С. 44-55.
9. Кирсанов М.Н. *Анализ прогиба фермы пространственного покрытия с крестообразной решеткой*//Инженерно-строительный журнал. 2016. № 4 (64). С. 52-58.
10. Кирсанов М.Н. *Зависимость прогиба решетчатой фермы от числа панелей* // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 4 (44). С. 150-157.
11. Кирсанов М.Н. *Расчет прогиба симметричной балочной фермы в аналитической форме*//Строительная механика и конструкции. 2016. Т. 2. № 13 (13). С. 5-9.
12. Кирсанов М.Н., Васьков М.И. *О зависимости прогиба составной балочной фермы с параллельными поясами от числа панелей при загрузке верхнего пояса*//Моделирование и механика конструкций. 2016. № 4. С. 3.
13. Кирсанов М.Н. *Аналитическое выражение для прогиба балочной фермы со сложной решеткой*//Моделирование и механика конструкций. 2016. № 4. С. 4.
14. Кирсанов М.Н. *Расчет пространственной стержневой системы, допускающей мгновенную изменчивость* //Строительная механика и расчет сооружений. 2012. № 3. С. 48-51.
15. Кирсанов М.Н. *Аналитический расчет пространственной стержневой системы*//Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2012. № 1. С. 49-53.
16. Ибрагимова Е.Р., Кирсанов М.Н. *Формула для смещения опор двухпролетной неразрезной фермы, нагруженной распределенной нагрузкой*//Научный альманах. 2016. № 10-3 (24). С. 368-371.
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. Марутян А.С., Григорьян М.Б. *Минимальная высота стальных ферм и их перекрестных систем, включая модули покрытий и перекрытий типа «Пятигорск»*// Современная наука и инновации. 2013. № 1. С. 52- 62.