DOI: 10.17117/na.2016.04.03.241

<http://ucom.ru/doc/na.2016.04.03.241.pdf>

Поступила (Received): 04.04.2016

Глушков П.В. Аналитический расчет прогиба составной балочной фермы

Glushenkov P.V.
Analytical calculation of the deflection of composite girder

Методом индукции с применением системы Maple получена формула для прогиба составной фермы в зависимости от числа панелей, размеров и нагрузки. Построены графики найденной зависимости, выявлены некоторые особенности
Ключевые слова: составная ферма, деформация, индукция, Maple

With the use of Maple and method of induction the formula for deflection of a composite truss depending on the number of panels, sizes and loads is obtained. Graphs of the functions found, and some peculiarities are given
Key words: composite truss, deformation, induction, Maple

Глушков Павел Викторович
Студент

Национальный исследовательский университет
«МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Glushenkov Pavel Viktorovich
Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Аналитические оценки прогиба конструкций имеют большое практическое и теоретическое значение при разработке и эксплуатации сооружений. Безусловно, численные решения с использованием стандартных пакетов для расчета напряженно-деформированного состояния систем, принимающие во внимание различные тонкие особенности конструкции (вес отдельных элементов, неравномерность нагрузки и пр.) совершенно необходимы для принятия окончательного решения о пригодности разрабатываемой или эксплуатируемой конструкции, однако на этапе предварительного проектирования аналитические решения имеют первостепенное значение. Особенно важны те решения, в которых в число параметров входит число панелей. Это позволяет выбирать необходимые характеристики системы из значительно большего объема информации.

Рассмотрим достаточно распространенную схему фермы с раскосной решеткой (рис. 1).

Рис. 1. Ферма с тремя панелями ($n=2$) в половине пролета

Для оценки жесткости фермы вычислим прогиб от действия простейшей нагрузки – сосредоточенной силы в центральном сочленяющем узле. Используем метод индукции, хорошо зарекомендовавшем себя в подобных задачах при расчете плоских [1-6], пространственных упругих конструкций [7-9] и ферм с учетом ползучести [10]. Метод достаточно универсален и применим также для оценки жесткости торсионов гироскопов [11] и осадки свайного фундамента [12]. Формулы для прогиба в зависимости от числа панелей аналогичных составных ферм выведены в [13,14]. Усилия в стержнях определяем по алгоритму [15]. В этот алгоритм заложен метод вырезания узлов. Программа написана на языке символьной математики Maple.

Рис. 2. Зависимость прогиба от числа панелей n

Для определения прогиба воспользуемся формулой Максвелла – Мора, которая в данном случае имеет более простой вид: $\Delta = P \sum_{i=1}^m S_i^2 l_i / (EF)$, где EF – жесткость стержней, S_i – усилия в стержнях от нагрузки $P=1$, l_i – длины стержней, $m = 8n + 2$ – число стержней фермы. Четыре опорные стержня приняты жесткими и в сумму не входят. В результате индукции получаем формулу

$$EF\Delta = P \frac{Aa^3 + Cc^3 + Bb^3}{2b^2},$$

где $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, $A = n(n+1)(2n+1)/3$, $B = n$, $C = n+1$. График полученной зависимости построен на рисунке 2 при общей длине половины пролета $L = an = 10$ м. Принято обозначение $\Delta' = \Delta EF / P$.

Следует отметить интересный эффект пересечения кривых, построенных при различных значениях высот фермы (2, 3 и 4 м). Этот эффект указывает на возможность оптимизации конструкции: если при некотором числе панелей и разных высотах прогиб одинаковый, то, очевидно, проектировщик может выбрать ферму с меньшей высотой, что приводит к экономии материала. Другая особенность кривых – наличие минимальной точки, была замечена ранее [1-6] и также может быть использована для оптимизации размеров фермы в случае, если ее высота фиксирована.

Список используемых источников:

1. Тиньков Д.В. Анализ точных решений прогиба регулярных шарнирно-стержневых конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. №6. С. 21-28.
 2. 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.
 3. Кирсанов М.Н. Математическая модель балочной фермы с элементами упрочнения // Инженерно-строительный журнал. 2015. №4(56). С. 38-44.
 4. Кирсанов М.Н. Индуктивный анализ влияния погрешности монтажа на жесткость и прочность плоской фермы // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 5(31). С. 38-42.
 5. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет решетчатой фермы // Моделирование и механика конструкций. 2015. № 2 (2). С. 5.
 6. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет балочной фермы с увеличенным подферменным пространством // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. № 5 (262). С. 21-25.
 7. Кирсанов М.Н. Изгиб, кручение и асимптотический анализ пространственной стержневой консоли // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 5 (49). С. 37-43.
 8. 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.
 9. Кирсанов М.Н. Напряженное состояние и деформации прямоугольного пространственного стержневого покрытия // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2016. №1(41). С. 93-100.
 10. Тиньков Д.В. Оптимальная геометрия плоской балочной раскосной фермы с учетом линейной ползучести материала // Инженерно-строительный журнал. 2016. №1(61). С. 25-32.
 11. Кирсанов М.Н. Жесткость торсионной подвески микромеханического волнового твердотельного гироскопа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015. № 3. С. 18-22.
 12. Кирсанов М.Н. Дискретная модель свайного фундамента // Инженерно-строительный журнал. 2015. №3(55). С. 3-9.
 13. Афанасьев В.А., Бойко О.О. Прогиб составной плоской балочной фермы с параллельными поясами // Актуальные вопросы образования и науки. Ч. 10. Тамбов: Консалтинговая компания Юком, 2014. С. 15-16.
 14. Шикин К.С., Китаев С.С. Деформация составной балочной фермы шпренгельного типа // Актуальные вопросы образования и науки. Ч. 7. С. 154-155.
- Кирсанов М. Н. Maple и MapleT. Решения задач механики. СПб.: Лань, 2012. 512 с.