DOI: 10.17117/na.2016.06.02.188

<http://ucom.ru/doc/na.2016.06.02.188.pdf>

Поступила (Received): 24.06.2016

Агеев Е.А.

К выбору сечений простой равномерно загруженной по нижнему поясу балочной фермы

Ageev E.A.

On the selection of cross-sections of a simple uniformly loaded on the bottom flange truss

В аналитической форме решена задача о прогибе статически определимой плоской фермы с параллельными поясами в зависимости от распределения площадей сечений стержней. Для обобщения результата на произвольное число панелей использован метод индукции и система Maple

Ключевые слова: ферма, прогиб, жесткость, индукция, Maple

Агеев Евгений Александрович

Студент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

In analytical form the problem of the deflection of statically determinate flat trusses with parallel belts depending on the distribution of section areas of the rods is solved. To summarize the result for an arbitrary number of panels used induction method and the Maple system

Key words: truss, deflection, stiffness, induction, Maple

Ageev Evgeny Aleksandrovich

Student

National research university "MPEI"

Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Точная формула для прогиба статически определимой фермы (рис. 1) в зависимости от числа панелей получена в [1] для случая одинаковых поперечных сечений стержней поясов и решетки. Использована формула Максвелла – Мора и алгоритм [2] нахождения усилий в стержнях, ориентированный на систему компьютерной математики Maple. Ранее этим же методом решались аналогичные задачи для плоских [3-7] и пространственных [8-11] ферм, торсионных твердотельного гироскопа [12], вантовой конструкции [13], свайного фундамента [14] и для построения линий влияния прогиба плоских ферм [15-17].

Рис. 1. Ферма при $n=3$

Метод может быть использован и для оценки прогиба ферм с учетом ползучести материала [18-20]. В [21, 22] содержатся обзоры некоторых работ по точным решениям для плоских ферм, полученных методом индукции. В данной работе решение [1] обобщается на случай разных поперечных сечений стержней фермы.

Выражение для прогиба по Максвеллу – Мору, запишем для случая разных поперечных сечений стержней: $\Delta = \left(\sum_{i=1}^{m_1} \frac{S_i N_i l_i}{EF_1} + \sum_{i=1}^{m_2} \frac{S_i N_i l_i}{EF_2} + \sum_{i=1}^{m_3} \frac{S_i N_i l_i}{EF_3} \right)$, где EF_i – жесткости стержней, S_i – усилия в стержнях от действия внешней нагрузки, N_i – усилия в стержнях от действия единичной вертикальной силы, приложенной к центральному узлу фермы, l_i – длины стержней. Сумма разделена на три, первая относится к поясам, вторая – к стойкам, третья – к раскосам длиной $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. Здесь $m_1 + m_2 + m_3 = 6n + 1$ – общее число стержней фермы с n панелями. Площади сечений отдельных групп стержней выражены через некоторую произвольную величину F : $F_i = F / k_i$, $i=1, 2, 3$. Результатом анализа последовательности решений для десяти ферм с применением операторов `rgf_findrecur` и `rsolve` явилась следующая общая формула: $EF \Delta = P(A_n k_1 a^3 + B_n k_2 b^3 + C_n k_3 c^3) / (2b^2)$. Здесь коэффициенты: $C_n = n^2$, $B_n = 2n^2 + \cos(\pi n)$, $A_n = n^2(1 + 5n^2) / 6$ совпадают с решением [1]. Для того, чтобы проанализировать характер изменения прогиба в зависимости от числа панелей n , зададим, как и в [1], постоянную длину фермы: $L = an$, где L длина половины пролета. Введем относительный прогиб $\Delta' = EF \Delta / P_{sum}$, $P = P_{sum} / (2n - 1)$. График этой зависимости дан на рис. 2.

Рис. 2. Зависимость прогиба от числа панелей $L = an = 40\text{м}$, $b = 10\text{м}$

Интересно отметить, что кривые могут пересекаться и имеют явно выраженный минимум. Это подсказывает, что конструкция имеет резервы для

оптимизации – рациональный выбор поперечных сечений позволяет уменьшить прогиб или получить меньший прогиб при меньшем расходе материала.

Список используемых источников:

1. Агеев Е.А. Прогиб простой равномерно загруженной по нижнему поясу балочной фермы // Вестник научных конференций. 2015. № 3-3(3). С. 9-10.
2. Кирсанов М.Н. Математическая модель балочной фермы с элементами упрочнения // Инженерно-строительный журнал. 2015. №4(56). С. 38–44.
3. 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.
4. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета плоской балочной фермы с произвольным числом панелей // Строительная механика и конструкции. 2016. №1. С. 19-24.
5. 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.
6. 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.
7. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет решетчатой фермы // Моделирование и механика конструкций. 2015. № 2 (2). С. 5.
8. Кирсанов М.Н. Особенности аналитического расчета пространственных стержневых систем // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. №5. С. 11-15.
9. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет и оптимизация пространственной балочной фермы // Вестник МЭИ. 2012. № 5. С. 5-8.
10. Кирсанов М.Н. Изгиб, кручение и асимптотический анализ пространственной стержневой консоли // Инженерно-строительный журнал. 2014. №5(49). С. 37–43.
11. 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.
12. Кирсанов М.Н. Жесткость торсионной подвески микромеханического волнового твердотельного гироскопа // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015. № 3. С. 18-22.
13. Кирсанов М.Н. Статический расчет вантовой системы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 1. № 3. С. 89-93.
14. Кирсанов М.Н. Дискретная модель свайного фундамента // Инженерно-строительный журнал. 2015. №3(55). С. 3–9.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. Тиньков Д.В. Оптимальная геометрия плоской балочной раскосной фермы с учетом линейной ползучести материала // Инженерно-строительный журнал. 2016. №1(61). С. 25–32.
19. Кирсанов М.Н. Оптимизация пространственной фермы с учетом ползучести материала // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2001. № 10. С. 11.
20. Кирсанов М.Н. Оптимальная высота балочной фермы с учетом линейной ползучести материала // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2000. № 5. С. 141.
21. Кийко Л.К. Аналитическая оценка прогиба арочной фермы под действием ветровой нагрузки // Научный вестник. 2016. № 1 (7). С. 247-254.
22. Тиньков Д.В. Анализ точных решений прогиба регулярных шарнирно-стержневых конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. №6. С. 21-28.