

DOI: 10.17117/na.2017.02.03.246

<http://ucom.ru/doc/na.2017.02.03.246.pdf>

Поступила (Received): 23.02.2017

Белянкин Н.А., Бойко А.Ю. Анализ прогиба плоской статически определимой балочной фермы

Belyankin N.A., Boyko A.Yu. Analysis of the deflection of the flat statically determinate girder

Дается вывод формулы зависимости прогиба симметричной фермы от числа панелей. Усилия в стержнях определяются методом вырезания узлов в системе компьютерной математики Maple. Обобщение решения на произвольное число панелей выполняется методом индукции с использованием возможностей системы Maple
Ключевые слова: ферма, прогиб, формула Максвелла-Мора, Maple

Given the derivation of the dependence of deflection of symmetrical truss of the number of panels. The forces in the rods are determined by cutting out the nodes in the system of computer mathematics Maple. Generalization of the solution for an arbitrary number of panels is carried out by induction using the capabilities of Maple
Key words: truss, deflection, Maxwell-Mohr' formula, Maple

Белянкин Никита Андреевич

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

Belyankin Nikita Andreyevich

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

Бойко Андрей Юрьевич

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

Boyko Andrey Yurievich

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

Derive the formula for the deflection of the truss (Fig. 1) as a function of the number of panels. Earlier this problem was solved for plane trusses in [1 – 8] and spatial [9 – 14].

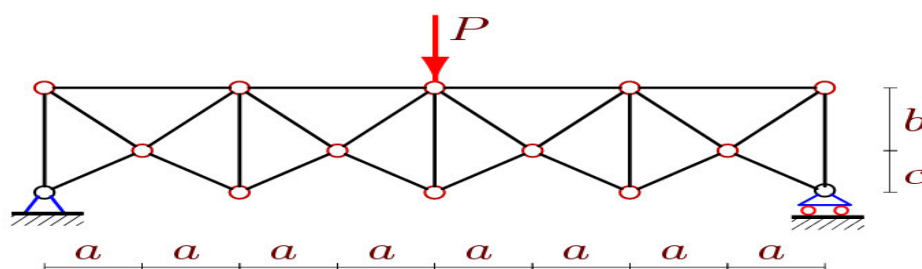


Fig. 1. Truss at n=2

The formula for the deflection of the truss will find in the system Maple, using the method of cutting out nodes to determine the stresses in the bars and the formula of Maxwell – Mohr $\Delta = \sum_{i=1}^{m-3} S_i S_i l_i / (EF)$ to calculate the offset. Here EF is the stiffness of the rods (same for entire truss), S_i – the forces in the rods from the action of external loads P , $S_i N_i$ – the forces in the rods from the action of a unit vertical force applied at the middle node of the lower belt, l_i – the lengths of the rods. Summation is conducted on the deformable member. In this structure, with n panels in half span, the number of terminals, including the reference, is equal to $m=6n+5$. The summation is done only on the deformable member (rigid support taken). To calculate the stresses in the bars we use the algorithm [15] implemented in Maple system. Data entry into the program begins with inputting the coordinates of the nodes in the truss. The origin is placed at the left support. Here's the code

```
for i to 2*n+1 do x[i]:=2*a*i-2*a: y[i]:=0:
x[i+2*n+1]:=2*a*i-2*a: y[i+2*n+1]:=b+c: od:
for i to 2*n do x[i+4*n+2]:=2*a*i-a: y[i+4*n+2]:=c: od:
```

The structure of the lattice we define special vectors indicating numbers of hinges at the ends of the rods. Stands are introduced by vectors

```
for i to 2*n+1 do N[i+2*n]:=[i,i+1+2*n]; od:
The upper belt and braces have the following view
for i to 2*n do
N[i]:=[i+2*n+1,i+2*n+2]; N[i+4*n+1]:=[i,i+4*n+2];
N[i+6*n+1]:=[i+1,i+4*n+2];N[i+8*n+1]:=[i+2*n+1,i+4*n+2];
N[i+10*n+1]:=[i+2*n+2,i+4*n+2];
od:
```

In the odd row of the matrix of equilibrium equations of nodes are introduced guiding cosines of the effort on the horizontal axis, in even – vertical. Solution is found in the symbolical form. The results from the two types of loads (main and unit) substitute in the formula of Maxwell – Mohr.

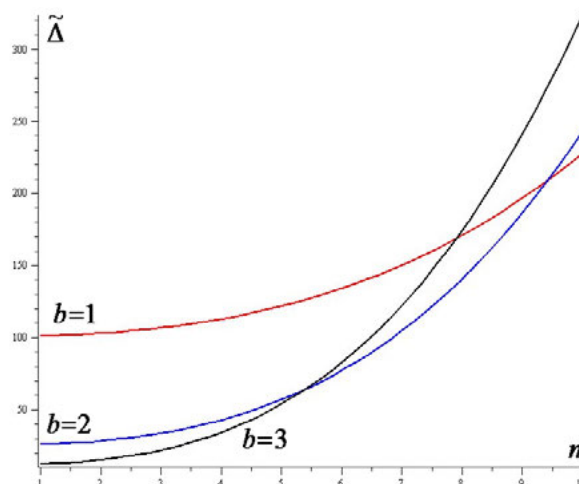


Fig. 2. The deflection, L=20m

Analyzing a series of solutions for trusses with different number of panels will receive a sequence of coefficients, for which the methods of Maple will find the common members, the coefficients of the desired formula. Consider a special case, $b=c$. Obtained the following expression: $EF\Delta_n = P(A_n a^3 + B_n b^3 + F_n f^3)/b^2$, where $a = L/(2n)$, $f^2 = a^2 + b^2$ and coefficient $A_n = n(4n^2 - 1)/3$, $B_n = 1 - 4n(1 + n^2)/3$, $C_n = n(2n^2 + 1)/3$

The dependence of the deflection, referred to $EF/(PL)$, the number of panels at $L=an=20$ m is given in figure 2. It is interesting to note self-intersection curves, which demonstrates the ambiguity of the decision. At different heights farm deflection may be the same as for the number of panels. A more complicated induction on two parameters is applied in [16-18]. In [19-20], the related works on the application of the method of induction in the derivation of the analytical dependencies in the flat trusses. The described algorithm can be used in optimization problems [21].

Список используемых источников:

1. Кирсанов М.Н. Формулы для расчета прогиба и усилий в стержнях симметричной балочной фермы // *Строительство и реконструкция*. 2017.1(69). С.19-23.
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. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет балочной фермы с решеткой типа «Butterfly» // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2016. № 4. С. 2-5.
4. Кирсанов М.Н. О влиянии наклона подвижной опоры на жесткость балочной фермы // *Вестник МГСУ*. 2016. № 10. С. 35-44.
5. 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.
6. Кирсанов М.Н. Сравнительный анализ жесткости двух схем арочной фермы // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015. № 9 (36). С. 44-55.
7. 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.
8. Кирсанов М.Н. Расчет прогиба симметричной балочной фермы в аналитической форме // *Строительная механика и конструкции*. 2016. Т. 2. № 13 (13). С. 5-9.
9. Кирсанов М.Н. Анализ прогиба фермы пространственного покрытия с крестообразной решеткой // *Инженерно-строительный журнал*. 2016. № 4 (64). С. 52-58.
10. Kirsanov M.N. Analysis of the buckling of spatial truss with cross lattice. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 4. Pp. 52-58. doi: 10.5862/MCE.64.
11. Кирсанов М.Н. Расчет пространственной стержневой системы, допускающей мгновенную изменяемость // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2012. № 3. С. 48-51.
12. Кирсанов М.Н. Оценка прогиба и устойчивости пространственной балочной фермы // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2016. № 5 (268). С. 19-22.
13. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет пространственной стержневой системы // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2012. № 1. С. 49-53.
14. Кирсанов М.Н. Аналитическое исследование жесткости пространственной статически определимой фермы // *Вестник МГСУ*. 2017. Т. 12. Вып. 2 (101). С. 165-171.
15. Кирсанов М.Н. *Решebник. Теоретическая механика* / Под ред. А.И.Кириллова -М.: Физматлит, 2008. 382 с.
16. 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.
17. 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.
18. 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.

19. Тиньков Д.В. Сравнительный анализ аналитических решений задачи о прогибе ферменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2015. №5(57). С. 66–73.
20. Кийко Л.К. Аналитическая оценка прогиба арочной фермы под действием ветровой нагрузки // Научный вестник. 2016. № 1 (7). С. 247-254.
21. Кирсанов М.Н. Генетический алгоритм оптимизации стержневых систем//Строительная механика и расчет сооружений. 2010. № 2. С. 60-63.

© 2017, Белянкин Н.А., Бойко А.Ю.

Анализ прогиба плоской статически определимой балочной фермы

© 2017, Belyankin N.A., Boyko A.Yu.

Analysis of the deflection of the flat statically determinate girder