

Алгоритм расчета основных геометрических характеристик сечения с дефектом

В.С. Бабалич, К.Н. Сухина, К.А. Сухин, М.Е. Дубовский, Е.А. Слышкина

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Составлен алгоритм расчета основных геометрических характеристик сечения, состоящего из парных уголков, при погипе обоих уголков. Полученные результаты применены для определения несущей способности элемента фермы.

Ключевые слова: стропильная ферма, погип, центр тяжести, момент инерции, радиус инерции.

В данной статье рассматривается стальная ферма, основные элементы которой состоят из парных уголков.

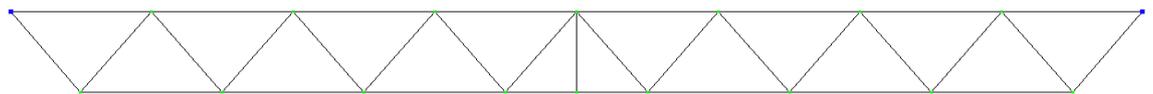


Рис.1. – Общий вид рассматриваемой фермы

Одним из наиболее частых дефектов является местный погип элементов фермы. Местные погибы возникают при ударных воздействиях и креплении тросов для подвески грузов [1, 2].

При данном дефекте изменение значения несущей способности элемента происходит за счет изменения геометрических характеристик сечения, таких как: центр тяжести, моменты инерции, радиусы инерции. Значит, определение геометрических характеристик сечения является важной задачей для правильной оценки несущей способности элемента.

Изменение основных геометрических характеристик, в зависимости от степени повреждения, были определены с применением программного комплекса MathCAD. Результаты расчета приведены ниже.

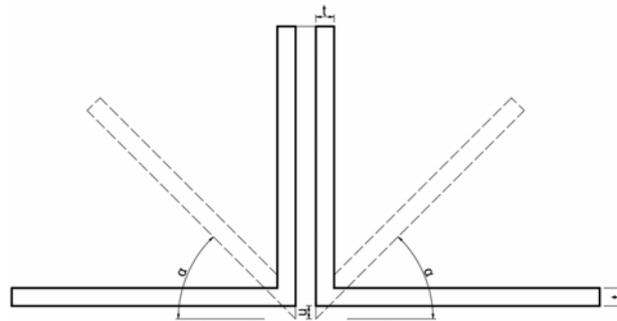


Рис. 2. - Схема погиба уголков

Необходимо определить на какую величину изменилась длина внешней и внутренней полок уголков (u), для этого используем формулу (1).

$$u = 0,5 \cdot t \cdot \tan(\alpha) \left(1 + \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \quad (1)$$

Для определения центра тяжести необходимо сложную фигуру сечения разбить на несколько простых и определить геометрические размеры данных фигур.

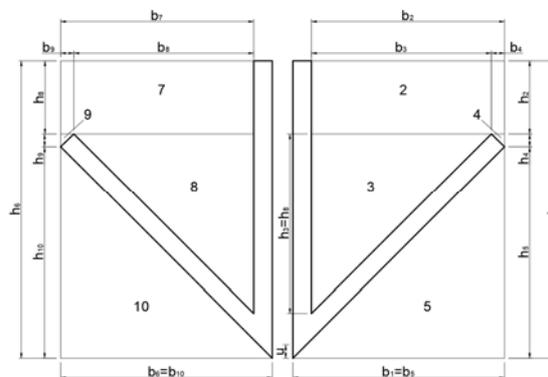


Рис. 3. – Фигуры, из которых состоит сечение

Затем, нужно задать произвольные оси X , Y и определить координаты центров тяжести каждой простой фигуры (x_i , y_i) в данных произвольных осях. Произвольные оси совпадают с осями центра тяжести сечения без дефектов.

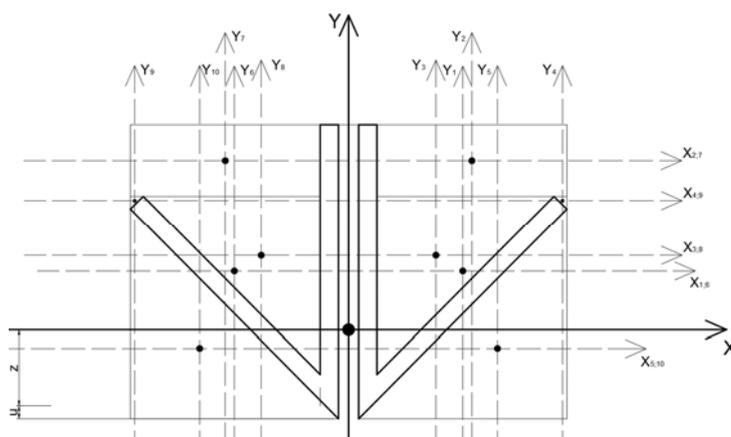


Рис. 4. – Центры тяжести простых фигур сечения

Координаты центра тяжести всего сечения определяются по формулам (2) и (3).

$$x_c = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{A} \quad (2)$$

$$y_c = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{A}, \quad (3)$$

где A – площадь всего поперечного сечения.

В данном случае $x_c = 0$, т.к. сечение симметрично относительно оси Y

Для определения моментов инерции всего сечения необходимо найти моменты инерции простых фигур, а также расстояния между центральными осями всей фигуры и центральными осями каждой из фигур.

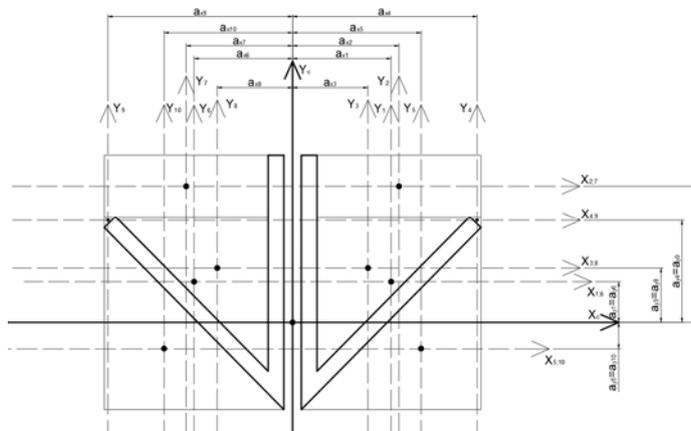


Рис. 5. – Расстояния между центральными осями всей фигуры и центральными осями каждой из фигур

Моменты инерции всей фигуры определяются по формулам (4) и (5).

$$I_{xc} = \sum I_{xi} + \sum a_{yi}^2 \cdot A_i \quad (4)$$

$$I_{yc} = \sum I_{yi} + \sum a_{xi}^2 \cdot A_i \quad (5)$$

После этого по формулам (6) и (7) необходимо определить радиусы инерции.

$$i_{xc} = \sqrt{\frac{I_{xc}}{A}} \quad (6)$$

$$i_{yc} = \sqrt{\frac{I_{yc}}{A}} \quad (7)$$

В качестве основного повреждения был принят местный погиб элемента верхнего пояса фермы. Местные погибы возникают при ударных воздействиях и креплении тросов для подвески грузов [1, 2]. Если в растянутых элементах эти повреждения не представляют существенной опасности, то в сжатых они могут привести к преждевременной потере устойчивости и, таким образом, снижают надежность конструкций.

Таблица №1

Несущая способность при различных углах погиба уголка

№ п/п	α	X_c , мм	Y_c , мм	I_{xc} , мм ⁴	I_{yc} , мм ⁴	i_{xc} , мм	i_{yc} , мм
1	0°	0	0	9314400	18286600	43,4	60,8
2	5°	0	3,635	8456310	19207500	41,357	62,33
3	10°	0	6,519	7701980	19589600	39,47	62,947
4	20°	0	12,129	6636240	19278600	36,637	62,445
5	30°	0	17,384	6122920	17471400	35,192	59,446

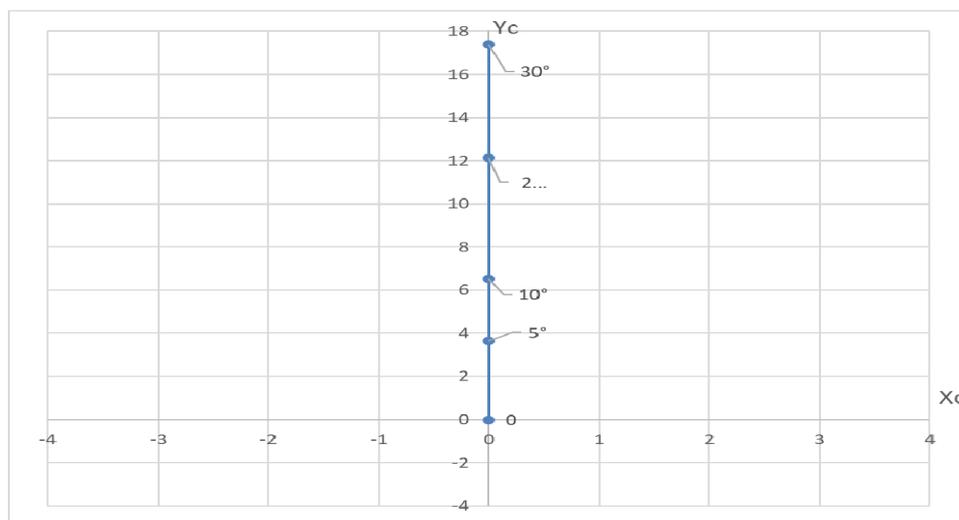


Рис. 6. – График изменения центра тяжести сечения от погиба уголка

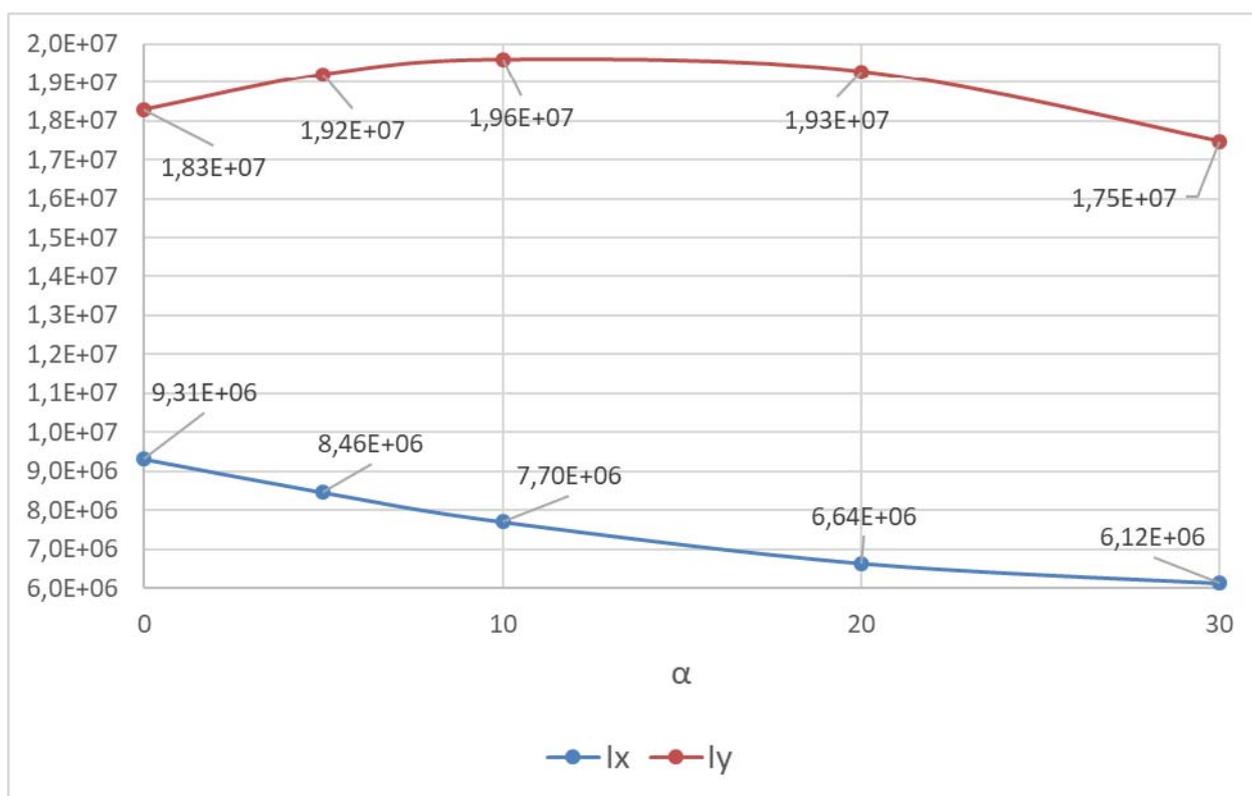


Рис. 7. – График зависимости моментов инерции сечения от погиба уголка

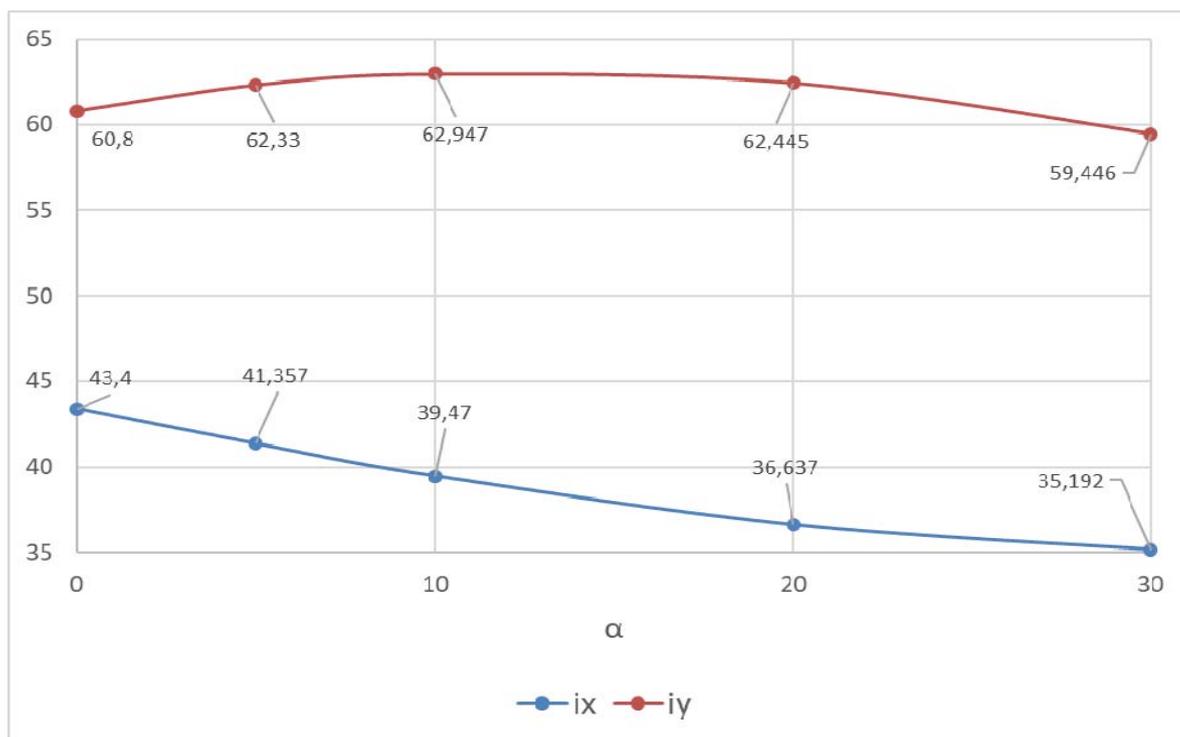


Рис. 8. – График зависимости радиусов инерции сечения от погиба уголка

Изменение основных геометрических характеристик, а именно: центра тяжести, моментов инерции и радиусов инерции, повлечет за собой изменение гибкости и коэффициента продольного изгиба элемента, что, в свою очередь, приведет к изменению несущей способности данного элемента.

Литература

1. Кикин А.И., Васильев А.А., Кошутин Б.Н. и др. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1984. 120 с.
2. Горев В.В. и др. Металлические конструкции. В 3-х томах. Т. 1 Элементы конструкций: учебник для вузов. М.: Высш. шк. 2004. 551 с.
3. Беленя Е.И., Балдин В.А., Ведеников Г.С. и др. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1986. 317 с.

4. Марахина О.Ю., Кузьмин Д.А. Некоторые особенности проектирования стропильных ферм из парных уголков // Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". 2017. №3(55). С. 138-144.

5. Сухина К.Н., Пшеничкина В.А. Вероятностный анализ ресурса конструкций покрытия промышленного здания с учетом случайного характера снеговой нагрузки // Инженерный вестник Дона. 2015. №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3397/.

6. Голубова Т.А., Кадомцев М.И., Шатилов Ю.Ю. Локализация повреждений металлических ферменных конструкций при помощи вибрационных методов // Инженерный вестник Дона. 2013. №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2169/.

7. Муханов К.К. Металлические конструкции. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1978. 309 с.

8. Сахновский М.М., Жемчужников Г.В., Динельт Ю.Б. и др. Металлические конструкции (техническая эксплуатация). Киев, «Будівельник», 1976. 121 с.

9. Raizer V.D. Theory of Reliability in Structural Desing. – Journal of Applied Mechanics Reviews, USA, 2004. – Vol.57. – Nol. – pp. 1-21.

10. Raizer V.D. Reliability of Structures. Analysis and Applications, Backbone Publishing Company. – New York, USA, 2009. – 146 p.

References

1. Kikin A.I., Vasil'ev A.A., Koshutin B.N. i dr. Povyshenie dolgovechnosti metallicheskih konstruktsiy promyshlennykh zdaniy. [Increased durability of metal structures of industrial buildings]. М.: Stroyizdat, 1984. 120 p.

2. Gorev V.V. i dr. Metallicheskie konstruktsii. V 3 t. T. 1. Elementy konstruktsiy: Ucheb. dlya stroit. vuzov. [Metal structures. Volume 1. Elements of constructions]. М: Vyssh. shk., 2004. 551 p.



3. Belenya E.I., Baldin V.A., Vedenikov G.S. i dr. Metallicheskie konstruksii. Obshchiy kurs: Uchebnik dlya vuzov. [Metal constructions. General course: Textbook for high schools]. M.: Stroyizdat, 1986. 317 p.
4. Marakhina O.Y., Kuz'min D.A. The Russian Automobile and Highway Industry Journal (In Russ). 2017. №3(55). pp. 138-144.
5. Suhina K.N., Pshenichkina V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3397/.
6. Golubova T.A., Kadomtsev M.I., Shatilov Yu.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013. №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2169/.
7. Mukhanov K.K. Metallicheskie konstruksii. Uchebnik dlya vuzov. [Metal constructions. Textbook for universities]. M.: Stroyizdat, 1978. 309 p.
8. Sakhnovskiy M.M., Zhemchuzhnikov G.V., Dinel't Yu.B. i dr. Metallicheskie konstruksii (tekhnicheskaya ekspluatatsiya). [Metal constructions (technical operation)]. Kiev, «Budivel'nik», 1976. 121 p.
9. Raizer V.D. Journal of Applied Mechanics Reviews, USA, 2004. Vol.57. Nol. pp 1-21.
10. Raizer V.D. [Reliability of Structures. Analysis and Applications, Backbone Publishing Company]. New York, USA, 2009. 146 p.