

Ю. К. УСПЕНСКИЙ

О ВЫЧИСЛЕНИИ И ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ СТОРОН СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

Наиболее распространенным методом создания строительных сеток на площадках промышленных сооружений в настоящее время является способ построения четырехугольников без диагоналей [1].

Строительные сетки электростанций отличаются сложной конфигурацией и состоят из прямоугольников, вершины которых являются створными пунктами для смежных фигур.

В этой работе показана возможность использования четырехугольников без диагоналей для вычисления сторон многоугольников и исследована точность определения стороны многоугольника прямоугольной формы в зависимости от числа створных вершин, их распределения и расположения по сторонам прямоугольников.

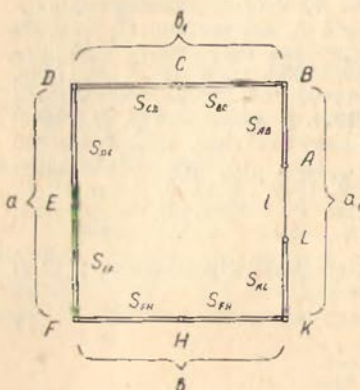
Сущность метода состоит в том, что, если углы в многоугольнике уравнены и длины его сторон известны, то длина любой

стороны многоугольника может быть вычислена как сумма проекций на нее всех остальных сторон.

Ранее автором были предложены формулы для вычисления сторон многоугольника, образующих углы не равные 180° [2].

Если в многоугольнике некоторые углы близки к 180° (в прямоугольниках, стороны которых содержат два и более створных пунктов) то, исходя из рис. 1, определяемую сторону следует вычислять по формуле

$$l = S_{AB} \cos A + S_{BC} \cos (A + B - 180) + S_{CD} \cos \times \\ \times (A + B + C - 180 \cdot 2) + \dots + S_{KL} \cos \times \\ \times [A + B + C + \dots K - 180(n - 2)], \quad (1)$$



где l — определяемая сторона; a и a_1 , b и b_1 — стороны, образующие прямоугольник, $A, B, C, D, E, F, H, K, L$ — уравненные углы фигуры; $S_{AB}, S_{BC}, S_{CD}, S_{DE}, S_{EF}, S_{FH}, S_{HK}, S_{KL}$ — известные стороны.

Для вычисления длины отрезка l стороны a или a_1 прямоугольного многоугольника строительной сетки по формуле (1) необходимо знать точные длины всех других от-

Рис. 1. Схема многоугольника.

резков сторон a, a_1 , параллельных ему, и проектные значения отрезков сторон b, b_1 , перпендикулярных ему.

В соответствии с формулой (1) и методикой оценки точности функции уравненных величин [3, 4], получим формулу для средней квадратической ошибки определяемой стороны данного многоугольника:

$$m_l^2 = K^2 \frac{m_b^2}{\rho^2} b^2 + m_a^2 + m_{(a_1-l)}^2,$$

где $K^2 = \frac{1}{\rho_l^2}$ — обратный вес определяемой стороны как функции уравненных величин; m_b — средняя квадратическая ошибка измерения угла; b — сумма отрезков, составляющих сторону прямоугольника b или b_1 ; $m_a, m_{(a_1-l)}$ — средние квадратические ошибки измеренных отрезков сторон a и a_1 .

Коэффициенты K^2 для многоугольников прямоугольной формы с разным числом углов представлены в таблице, полученной путем решения по схеме Гаусса.

Как видно из таблицы, с увеличением числа вершин углов на сторонах прямоугольника величина $K_{\text{средн}}^2$ возрастает, при-

чем быстрее, если число углов увеличивается на сторонах a и a_1 .

Значения обратного веса определяемых сторон при разном числе углов в прямоугольном многоугольнике

| Соотношение числа промеж. углов по сторонам | | Значение K^2 | | | | | | | | | |
|---|---------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $a:a_1$ | $b:b_1$ | 0:0 | 1:0 | 2:0 | 3:0 | 1:1 | 2:1 | 3:1 | 2:2 | 3:2 | 3:3 |
| 0:0 | Макс. | 1,00 | 1,20 | 1,50 | 1,71 | 1,50 | 1,71 | 2,00 | 2,00 | 2,22 | 2,50 |
| | Средн. | 1,00 | 1,00 | 1,06 | 1,12 | 1,00 | 1,06 | 1,12 | 1,11 | 1,18 | 1,25 |
| 1:0 | Макс. | 1,20 | 1,50 | 1,71 | 2,00 | 1,71 | 2,00 | 2,22 | 2,22 | 2,50 | 2,73 |
| | Средн. | 1,20 | 1,21 | 1,27 | 1,34 | 1,22 | 1,27 | 1,35 | 1,33 | 1,40 | 1,48 |
| 2:0 | Макс. | 1,33 | 1,71 | 2,00 | 2,22 | 2,00 | 2,22 | 2,50 | 2,50 | 2,73 | 3,00 |
| | Средн. | 1,33 | 1,36 | 1,43 | 1,51 | 1,38 | 1,44 | 1,52 | 1,51 | 1,59 | 1,67 |
| 3:0 | Макс. | 1,43 | 1,88 | 2,22 | 2,50 | 2,22 | 2,50 | 2,73 | 2,73 | 3,00 | 3,23 |
| | Средн. | 1,43 | 1,46 | 1,55 | 1,66 | 1,50 | 1,58 | 1,67 | 1,66 | 1,74 | 1,83 |
| 1:1 | Макс. | 1,50 | 1,71 | 2,00 | 2,22 | 2,00 | 2,22 | 2,50 | 2,50 | 2,73 | 3,00 |
| | Средн. | 1,50 | 1,50 | 1,56 | 1,62 | 1,50 | 1,56 | 1,62 | 1,61 | 1,68 | 1,75 |
| 2:1 | Макс. | 1,71 | 2,00 | 2,22 | 2,50 | 2,22 | 2,50 | 2,73 | 2,73 | 3,00 | 3,23 |
| | Средн. | 1,71 | 1,72 | 1,78 | 1,85 | 1,72 | 1,78 | 1,85 | 1,84 | 1,91 | 1,98 |
| 3:1 | Макс. | 1,88 | 2,22 | 2,50 | 2,73 | 2,50 | 2,73 | 3,00 | 3,00 | 3,23 | 3,50 |
| | Средн. | 1,88 | 1,89 | 1,96 | 2,03 | 1,90 | 1,96 | 2,04 | 2,01 | 2,10 | 2,18 |
| 2:2 | Макс. | 2,00 | 2,22 | 2,50 | 2,73 | 2,50 | 2,73 | 3,00 | 3,00 | 3,23 | 3,50 |
| | Средн. | 2,00 | 2,00 | 2,06 | 2,12 | 2,00 | 2,06 | 2,12 | 2,11 | 2,18 | 2,25 |
| 3:2 | Макс. | 2,22 | 2,50 | 2,73 | 3,00 | 2,73 | 3,00 | 3,23 | 3,23 | 3,50 | 3,78 |
| | Средн. | 2,22 | 2,22 | 2,28 | 2,35 | 2,23 | 2,28 | 2,36 | 2,34 | 2,41 | 2,48 |
| 3:3 | Макс. | 2,50 | 2,73 | 3,00 | 3,23 | 3,00 | 3,23 | 3,50 | 3,50 | 2,73 | 4,00 |
| | Средн. | 2,50 | 2,50 | 2,56 | 2,62 | 2,56 | 2,56 | 2,62 | 2,61 | 2,68 | 2,75 |

$K^2_{\text{макс}}$ — максимальное значение обратного веса при неравномерном расположении вершин углов на сторонах b , b_1 ; $K^2_{\text{средн.}}$ — среднее значение обратного веса при равномерном расположении вершин углов на сторонах b и b_1 .

При неравномерном расположении вершин на сторонах b , b_1 обратный вес определяемой стороны максимален, и тогда $K^2_{\text{макс}}$ увеличивается на 0,5 с каждой дополнительной вершиной как на сторонах a и a_1 , так и на сторонах b и b_1 .

Из анализа распределения величины K^2 в зависимости от взаимного расположения вершин на сторонах прямоугольника (рис. 2) следует, что она максимальна, если вершины углов на сторонах b и b_1 близки к сторонам a и a_1 и число вершин на сторонах a или a_1 вместе с соседними вершинами на сторонах b или b_1 одинаково.

Наиболее выгодное расположение вершин углов на серединах сторон b и b_1 , если стороны a и a_1 содержат одинаковое число вершин. В противном случае для уменьшения K^2 нужно, чтобы вершины углов на сторонах b и b_1 были ближе к стороне с большим числом вершин.

Взаимное расположение вершин углов на сторонах a , a_1 не влияет на точность определения составляющих их отрезков, так как изменения косинусов малых углов близки к нулю.

Оценка точности стороны многоугольника по формуле (2) с применением максимального коэффициента K^2 (2,50) для прямоугольника, 3 стороны которого (кроме определяемой) содержат по два створных пункта, показала, что при $b=200$ м и ошибке $m_\beta = \pm 5''$ влияние ошибок угловых измерений на точность определяемой стороны составляет $\pm 7,8$ мм.

Для такой же фигуры при среднем значении коэффициента K^2 (1,51) — $m_{a_1} = \pm 6$ мм. При тех же условиях для че-

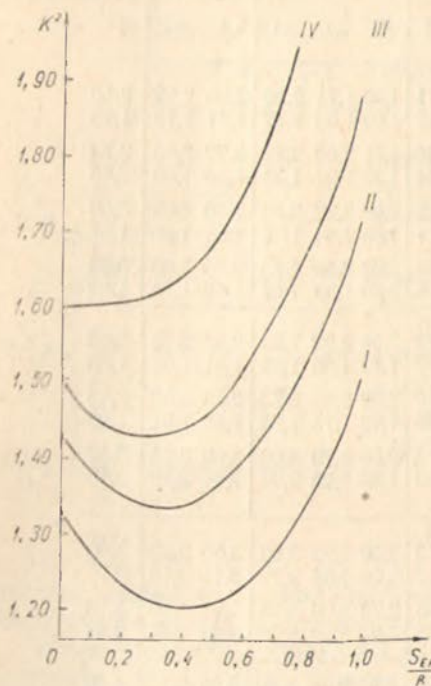


Рис. 2. Зависимость K^2 от числа и соотношения вершин фигуры на сторонах:

$a : a_1$ — I (0 : 0), II (1 : 0), III (2 : 0), IV (10 : 0) и $b : b_1$ (1 : 0).

тырехугольника без диагоналей, не содержащего створных пунктов, $m_{a_1} = \pm 5$ мм.

Следовательно, влияние ошибок угловых измерений на точность определения сторон в многоугольнике хорошо согласуется с ошибками определения сторон известным методом четырехугольников без диагоналей.

Таким образом, в строительной сетке сложной конфигурации, состоящей из четырехугольников без диагоналей и прямоугольных многоугольников, определение ряда сторон аналитическим путем позволяет значительно сократить объем линейных измерений, а точность любой стороны многоугольника можно предвычислить, имея значения K^2 и задаваясь средними квадратическими погрешностями угловых и линейных измерений. Это позволит в процессе проектирования строительной сетки создавать многоугольники оптимальной формы, что повысит точность вычисляемых сторон.

Список литературы: 1. Руководство по расчету точности геодезических работ в промышленном строительстве. — М.: Недра, 1979. 2. Успенский Ю. Г. Строительная сетка с применением многоугольников. — Геодезия и картография, 1978, № 12. 3. Видуев Н. Г., Григоренко А. Г. Математическая обработка геодезических измерений. — Киев: Вища школа, 1978. 4. Литвинов Б. А. Основы уравнительных вычислений и оценки точности результатов измерений и уравнивания. — М.: Недра, 1979.

Статья поступила в редколлегию 27.01.81
