

УДК 528.4

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ  
ПРИ РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ****М.Г. ГЛЕБКО, А.О. ГУРКО**  
(Полоцкий государственный университет)

*Рассмотрена инженерно-геодезическая задача «Съемка фасадов здания электронным тахеометром». Смоделированы стандартная ситуация при решении указанной задачи, а также соответствующие измерения. Выполнен анализ двух способов решения поставленной задачи, произведена оценка их точности.*

**Ключевые слова:** съемка фасадов здания, электронный тахеометр, оценка точности, погрешности.

В общем понятии под инженерно-геодезическими задачами в строительстве мы понимаем отдельные, независимые части более крупных и общих задач, например, таких как создание планово-высотного обоснования для строительства здания [1]. Таким образом, рассматриваемая задача состоит из множества “подзадач”: создание сетки квадратов (закрепление пунктов, их редуцирование, контрольные измерения); вынос проектных осей основных сооружений (использование различного рода засечек) и т.д.

Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что необходимость рассмотрения таких задач актуальна.

Рассмотрим инженерно-геодезическую задачу – **съемка фасадов зданий электронными тахеометрами**, стандартную для обеспечения строительного производства.

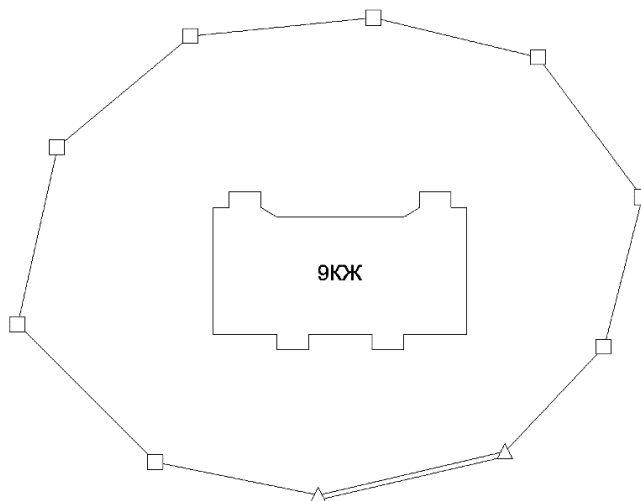
*Съемка фасадов зданий электронными тахеометрами:*

- смоделируем стандартную ситуацию, возникающую при съемке фасадов зданий;
- смоделируем измерения и произведем оценку точности выполняемой съемки.

Съемка фасадов зданий необходима для контроля отклонений конструктивных элементов фасада от проектных значений: 1) перед облицовкой здания (для уточнения точной формы фасадов здания); 2) перед реконструкцией здания (по причинам, названным выше);

*Первый* из них заключается в создании вокруг снимаемого здания планово-высотного обоснования. Такой способ целесообразно применять при съемке фасадов зданий сложной формы.

На рисунке 1 для визуального примера изображено здание несложной.



**Рисунок 1.** – Схема планово-высотного обоснования для съемки здания

*Второй способ* не подразумевает создания вокруг снимаемого здания планово-высотного обоснования. Здесь достаточно нескольких базисов напротив каждого фасада, с точек которого и ведется съемка (рисунок 2). Этот способ нашел применение при съемке небольших зданий и сооружений, достаточно простых по конфигурации и лишенных каких-либо архитектурных излишеств.

При решении вышеуказанных задач использовался тахеометр марки «Trimble m3 dr3». Прибор выбран исходя из его технических характеристик как среднестатистический тахеометр, используемый в строительстве [2–4], а также как тахеометр, позволяющий работать в безотражательном режиме. Поскольку в усло-

вию не ставилась необходимость получить определенную точность съемки, мы ограничились лишь малыми критериями при выборе прибора.

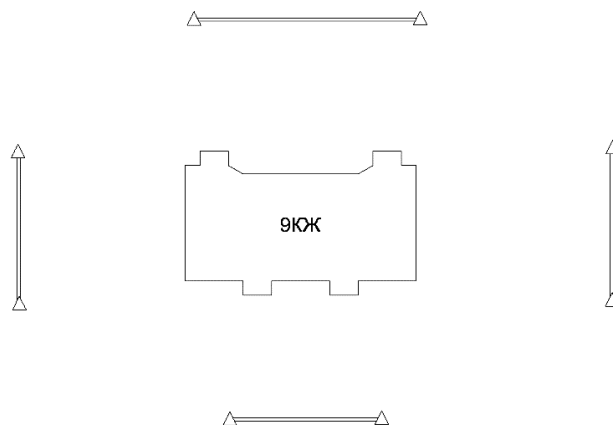


Рисунок 2. – Съемка здания с нескольких закрепленных базисов

Перед началом выполнения работ следует рационально выбрать систему координат (СК), чтобы при дальнейшей обработке полученных измерений не возникало затруднений. Систему координат следует выбрать так, как показано на рисунке 3. Начало системы координат совмещается с углом здания, ось  $X$  идет вдоль него, ось  $Z$  направлена вертикально, а ось  $Y$  дополняет систему до левой. Подобное расположение системы координат, помимо прочего, удобно тем, что отклонения искомой точки от вертикали являются значениями координат по оси  $Y$ .

Точки, с которых производится съемка, располагаются вдоль оси  $X$  на расстоянии от здания 1,5...2 его высоты так, чтобы было минимум таких ситуаций, при которых угол между плоскостью здания и лучом тахеометра был мал, поскольку это негативно сказывается на точности результатов безотражательной съемки.

Точки, имеющие синий и фиолетовый цвет, как показано на рисунке 4, это точки, снимаемые с первой и второй исходной станции; точки зеленого цвета подлежат съемке с двух исходных пунктов. Это выполняется для контроля. Далее координаты точек импортируются в САПР Autocad и происходит их обработка – соединение точек в грани конструкций здания. В результате получим 3D-модель здания, которая в нашем случае и является результатом съемки (рисунок 5). При необходимости получения развертки фасада большинство САПР обладают возможностью извлечения разрезов, проекций на различные плоскости из 3D-объектов.

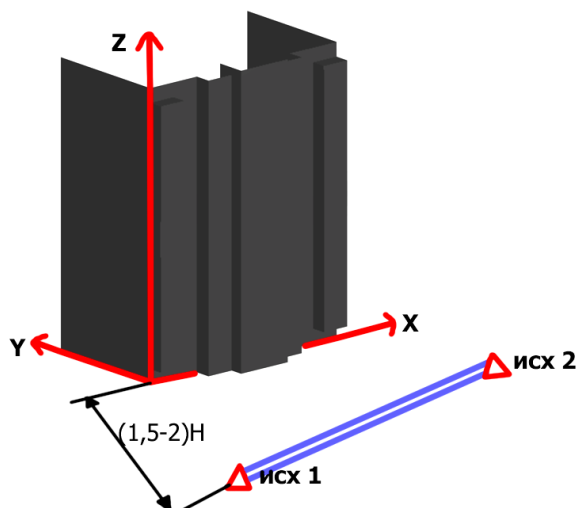


Рисунок 3. – Предлагаемая система координат для решения поставленной задачи

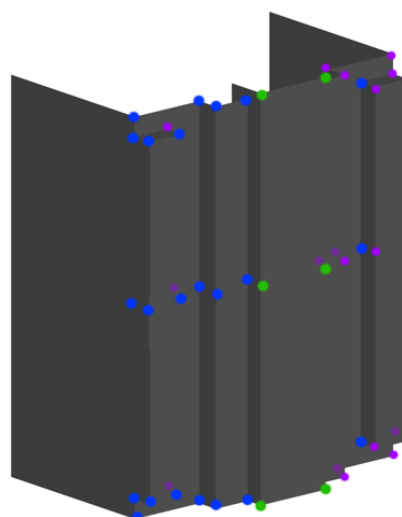


Рисунок 4. – Точки фасада, подлежащие съемке

Оценку точности предполагается выполнять, принимая во внимание, что точность зависит от следующих факторов: погрешности определения горизонтальных расстояний  $m_D$ ; погрешности измерения горизонтальных углов  $m_\beta$ ; погрешности определения высотных отметок  $m_h$ ; погрешности визирования  $m_{\text{виз}}$ .

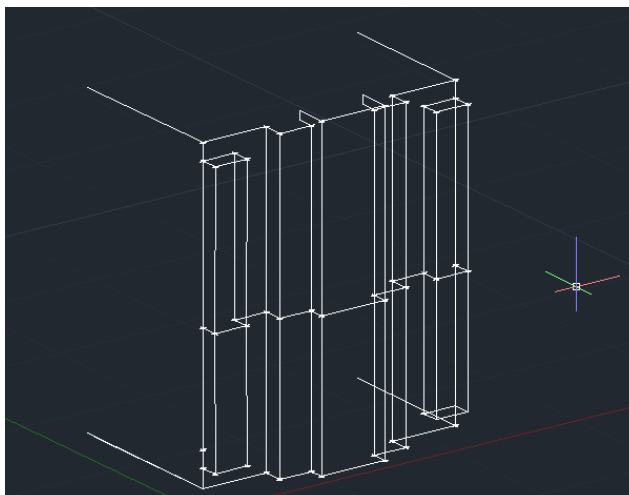


Рисунок 5. – 3D-модель здания

Погрешность измерения горизонтальных углов, выраженная в линейной мере ( $l_\beta$ ):

$$l_\beta = \frac{Dm_\beta}{\rho}, \quad (1)$$

где  $D$  – длина линии (м);  $m_\beta$  – погрешность измерения горизонтального угла;  $\rho = 206265''$ .

Погрешность установки оси вращения прибора в отвесное положение ( $m_\tau$ ) в линейной мере:

$$l_\tau = \frac{Dm_\tau}{\rho} \cdot \sin \nu, \quad (2)$$

где  $\nu$  – угол наклона визирного луча.

Вычисления средней квадратической погрешности положения выполняли для всех снимаемых точек. Удобнее всего реализовать это в электронных таблицах Excel.

Погрешность определения высотных отметок ( $m_h$ ):

$$m_h^2 = m_D^2 \operatorname{tg}^2 \nu + \frac{D^2 m_v^2}{\cos^4 \nu \rho^2}.$$

Влияние погрешности визирования  $m_{\text{виз}}$  при увеличении зрительной трубы в 30× составило 0,7 мм. Из этого следует, что влияние погрешности визирования на конечный результат пренебрежимо мало.

Руководствуясь принципом равных влияний, вычисляется итоговое значение погрешности определения пространственных координат произвольной точки фасада  $m_{\text{изм}}$ .

На основании проведенной оценки точности для иллюстрации полученных результатов построены два графика:

- зависимость средней квадратической ошибки (СКО) положения точки от расстояния до прибора (рисунок 6);

- зависимость СКО положения точки от угла наклона (рисунок 7).

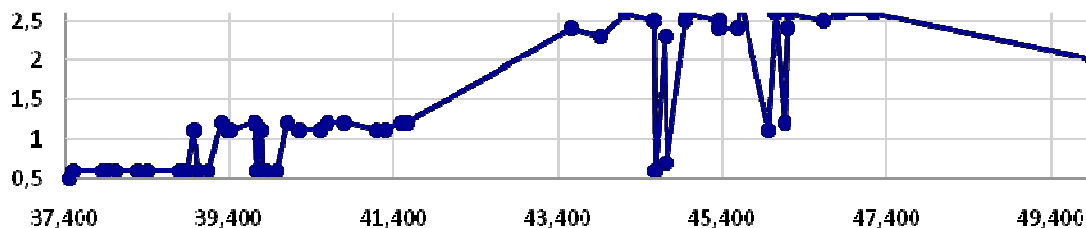


Рисунок 6. – Зависимость средней квадратической ошибки положения точки от расстояния до прибора

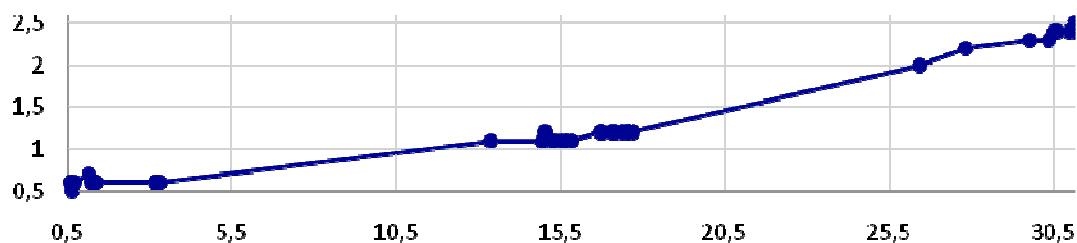


Рисунок 7. Зависимость средней квадратической ошибки положения точки от угла наклона

Из графиков (см. рисунки 6, 7) видно, что основная масса точек подчиняется возрастанию функции, т.е. с увеличением расстояния до снимаемой точки либо увеличением угла наклона точность положения точки ухудшается, что следует из анализа формул, используемых для вычисления точности. Однако на графиках есть точки, противоречащие этому утверждению. На графике, приведенном на рисунке 6, это заметно более отчетливо и можно объяснить тем, что средняя квадратическая погрешность положения точки зависит не только от  $D$ , но и от угла наклона, который согласно «эффекту сложения волн» уменьшает погрешность в точках, где она должна быть больше.

**Заключение.** Максимальная средняя квадратическая ошибка положения точки составила 2,8 мм, что вполне достаточно для проведения основных работ.

Однако на практике точность моделирования фасада зависит не только от точности геодезических работ, но и от того, какие точки выбираются для съемки (правильность интерпретации результатов), – не всегда можно четко визировать на тот или иной контур здания вследствие того, что его невозможно определить из-за оплыва штукатурки, трещин либо другого дефекта. Следовательно, необходимо проводить измерения на наиболее четкие точки элементов фасада. То есть измерения любых контуров здания предлагаем выполнять по граням, а не по углам. Особенно важные элементы фасада целесообразно измерять в натуре, и по этим измерениям контролировать результаты съемки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная геодезия в строительном производстве : учеб. пособие для вузов / И.П. Интулов ; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2004. – 329 с.
2. Валтонен, Д.А. Съемка фасадов зданий с помощью электронных тахеометров / Д.А. Валтонен // Гео-профи. – 2010. – № 1. – С. 99–105.
3. Геодезические работы в строительстве. Правила проведения : ТКП 45-1.03-26-2006. – Введ. 01.07.06. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2006. – 66 с.
4. Höglund, R. Технология безотражательных измерений dg для геодезистов и инженеров-строителей / R. Höglund // White Paper. – 2005 – С. 1–14.

Поступила 28.02.2017

#### ENGINEERING AND GEODESIC WORKS IN SOLVING APPLIED PROBLEMS IN CONSTRUCTION

*M. HLEBKO, A. GURKO*

*The engineering and surveying task “Shooting facades total station” is considered. Standard situation for solving this problem, as well as the corresponding measurement is modeled. analysis of two ways to solve this problem and their assessment of accuracy is submitted.*

**Keywords:** shooting building facades, electronic total station, accuracy assessment, error.