

# СЪЕМКА ФАСАДОВ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Д.А. Валтонен («СУ-91 Инжспецстрой»)

В 2008 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». С 2006 г. по настоящее время — инженер-геодезист ЗАО «СУ-91 Инжспецстрой» (ОАО «Мосинжстрой»). Аспирант кафедры «прикладная геодезия» МИИГАиК.

Внедрение новых технологий и применение новых материалов в строительной отрасли диктуют свои требования и к процессу геодезического обеспечения строительства. Не стали исключением и наружные отделочные работы. Широкое использование различных витражей сложной конфигурации и большой площади, стеклянных панелей, а также применение технологии вентилируемых фасадов накладывает отпечаток на характер выполняемых геодезических работ и предъявляет особые требования к информативности и точности данных исполнительной документации.

Повсеместно проводимые реконструкции и ремонт зданий постройки 1960–1970-х гг. предполагают значительные работы по утеплению и декоративному облагораживанию фасадов. В данной статье приводится опыт, накопленный при проведении геодезических работ в период выполнения внешних отделочных работ реконструируемых и возводимых зданий.

Строительно-монтажные работы подобного рода требуют значительного объема измерений с целью получения информации о геометрии отдельных поверхностей объекта. Необходимыми данными для данного вида работ являются трехмерные модели фасадной части

сооружений, поэтажные подробные планы бортов перекрытий, поэтажные сечения и развертки фасадов. Современные технологии прикладной геодезии предполагают применение наземных лазерных сканеров для решения подобных задач. Однако стоит отметить тот факт, что подавляющее большинство возводимых и реконструируемых зданий не требует столь тщательного подхода к проведению исполнительных фасадных съемок. Не умаляя очевидных достоинств лазерного сканирования, автор считает, что, руководствуясь, прежде всего, экономическими соображениями, в ряде случаев гораздо выгоднее обойтись методами классической геодезии для получения трехмерных моделей фасадов зданий, а также внутренних конструкций и интерьеров, например, при помощи электронных тахеометров.

Объем и особенности фасадной съемки, как правило, зависят от конструкции фасадов возводимого или реконструируемого здания. Если речь идет о монтаже так называемых вентилируемых фасадов строящегося здания, то целью съемки является контроль планово-высотного положения элементов фасада (оконных и дверных проемов, балконов, карнизов, навесов, выступающих цоколей, различных декоративных элемен-

тов и пр.), выявление возможных отклонений от проекта и, в случае необходимости, внесение изменений в проект монтажа фасадов. В случае реконструкции существующих зданий посредством установки навесных фасадов, съемка фасадов необходима непосредственно для разработки проектно-сметной документации. Важным назначением фасадных съемок является и определение неперпендикулярности и отклонений от проектных плоскостей стен возводимых и реконструируемых зданий. Особенно это актуально при высотном строительстве.

Выбор оборудования для проведения данного вида работ очевиден — это электронный тахеометр, способный выполнять измерения в безотражательном режиме. Наиболее удобным является прибор с инфракрасным дальномером, совмещенным с системой фокусировки зрительной трубы. Такой конструкцией дальномера обладают электронные тахеометры некоторых производителей. Их особенностью является возможность измерения расстояний именно на тот объект, на который сфокусирована зрительная труба, не опасаясь получения ошибочного результата из-за измерения на объектах, попадающие в поле зрения (листья и ветки деревьев, строительные леса и др.). Сущест-

венным недостатком такого типа приборов является необходимость фокусировки зрительной трубы перед каждым измерением, что весьма затрудняет работу при больших углах наклона трубы или измерениях вблизи здания. Также важным требованием, предъявляемым к используемому оборудованию, является наличие двухосевого компенсатора наклона.

### ▼ Способы проведения фасадных съемок

Существует несколько способов проведения фасадных съемок, различающихся между собой окончательной формой представления полученных данных. Наиболее простым является способ независимой съемки отдельных фасадов здания. Данный подход не требует создания единого планово-высотного обоснования (ПВО) вокруг объекта. Этот вариант целесообразно применять при съемке небольших зданий и сооружений, достаточно простых по конфигурации и лишенных каких-либо архитектурных излишеств. Суть данного метода сводится к следующему. Съемка характерных элементов каждой отдельно взятой фасадной части выполняется в условной системе координат с обязательной привязкой к принятой строительной системе высот. Рекомендуется устанавливать прибор примерно посередине фасада и избегать измерений под острым углом к плоскости фасада: это может существенно снизить точность определения координат точек фасада вследствие некорректной работы дальномера в безотражательном режиме.

Важно обратить внимание на ориентировку системы координат, поскольку от нее во многом будет зависеть объем затрат времени при обработке данных. Систему координат нужно ориентировать таким образом, чтобы ось X была расположена го-

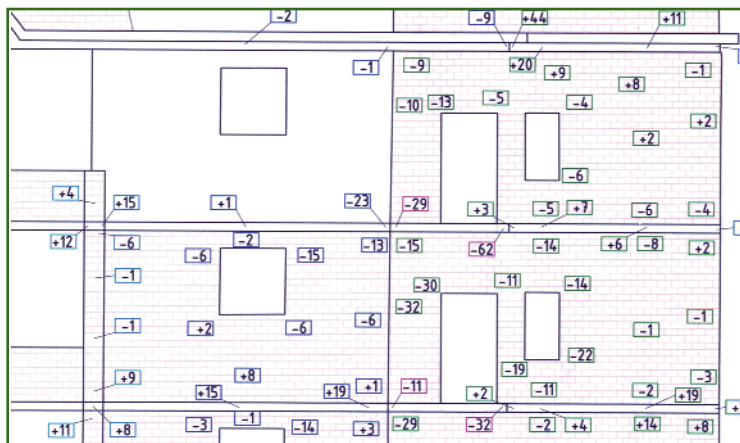


Рис. 1

Фрагмент развертки фасада здания с отклонениями от вертикали кирпичной кладки и бортов перекрытий

ризонально, строго вдоль фасада сооружения, ось N — вертикально вдоль фасада, а ось Y дополняла систему координат до «левой». Такой ориентировки можно достигнуть, если перед съемкой выполнить обратную засечку по углам снимаемой фасадной части здания, присвоив одному из углов координаты (0, 0), а противоположному — (l, 0), где l — ширина фасадной части. При импорте полученных координат характерных точек фасада с электронного тахеометра в программное обеспечение Credo\_DAT, Sokkia Link или аналогичное абсциссам (X) следует присвоить значение «восток», отметкам (N) — «север», а ординатам (Y) — «высота». Таким образом, при импорте данных в редактор векторных данных мы получаем «положенный на бок» отснятый фасад здания. В случае графической обработки данных в декартовой системе координат (устанавливается по умолчанию в САПР AutoCAD) абсциссы не меняют своего значения, а ось аппликата заменяется осью ординат. Следовательно, теоретически, координаты по оси Y (до преобразования) показывают отклонение фасада от вертикали и его неплоскостность и, при желании, могут не отображаться. Результатом обработки фа-

садной съемки являются развертки фасадов здания.

При необходимости определения отклонения фасада от вертикальной или проектной плоскости рекомендуется перед выполнением ориентировки прибора непосредственно на фасаде разбить базис и выполнить обратную засечку относительно него, как это описывалось выше. При обработке результатов измерений все отклонения фасада от вертикали будут показаны относительно этого базиса, что облегчит дальнейшее проведение монтажных работ и избавит от необходимости выполнения дополнительных вычислений во время обработки. На рис. 1 приведен фрагмент развертки фасада монолитно-каркасного здания с указанием отклонений от вертикали кирпичной кладки и бортов перекрытий.

Второй метод фасадных съемок гораздо удобнее с точки зрения проведения геодезических работ и нагляднее, но более сложен при обработке результатов измерений. Принципиальное отличие этого метода заключается в необходимости создания ПВО вокруг объекта, что обеспечивает съемку всех плоскостей фасадов в единой системе координат и высот, а обработка данных выполняется

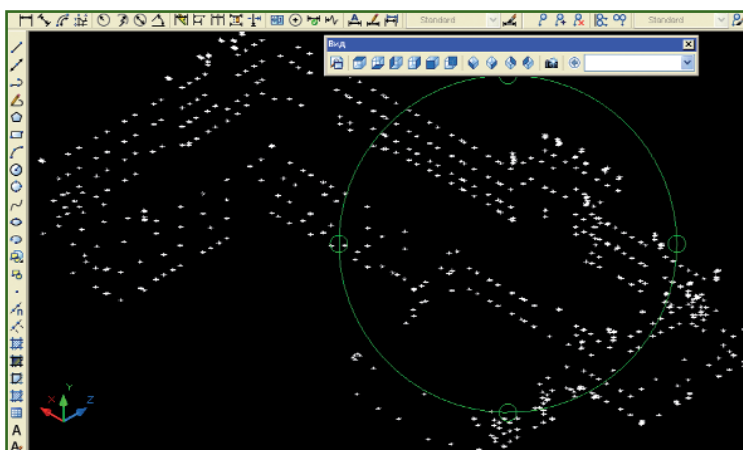
в трехмерном режиме, вследствие чего отпадает необходимость в преобразовании координат. ПВО создается в условной системе координат. В качестве исходной высотной отметки, как правило, принимается либо значение отметки чистого пола здания, в случае нового строительства, либо наименьшая отметка рельефа, примыкающего к зданию, если речь идет о реконструкции существующего здания. После развития планово-высотного обоснования с пунктов ПВО проводится съемка интересующих элементов фасада. Причем, с каждого пункта выполняются измерения на все видимые элементы фасада, независимо от их принад-

лежности единой или различным плоскостям фасада.

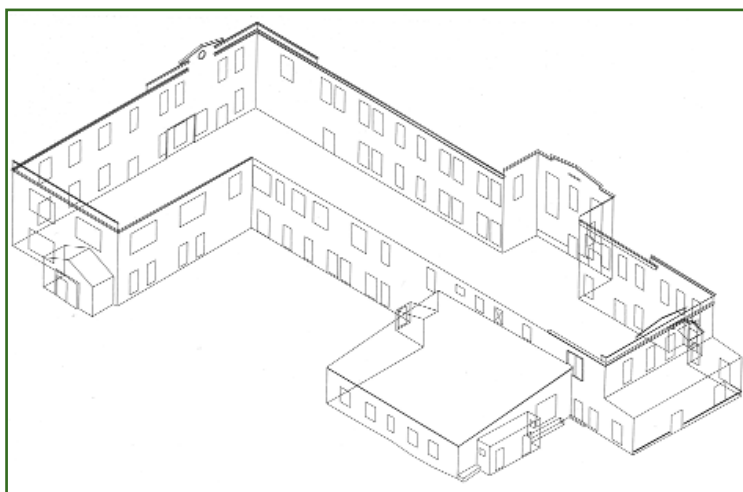
Обработка результатов таких измерений заслуживает отдельного внимания. Основным программным средством для их обработки является САПР AutoCAD. После импорта в AutoCAD получается произвольно сориентированное «облако точек», образующее грани фасадов, проемов и стен (рис. 2). На «виде сверху» необходимо сориентировать «облако точек» таким образом, чтобы плоскость одного из фасадов сооружения совпала с осью OX. Это упростит последующий процесс обработки. После разворота «облака точек» обработку и рисовку фасадов удобнее всего вести в

изометрических проекциях, в режиме ортогональных построений (Ortho), что облегчит идентификацию различных точек. В результате обработки с помощью редактора векторных данных всех отснятых точек получается полноценная трехмерная модель всех фасадов здания, с нанесенными проемами и прочими необходимыми элементами. Результат обработки «облака точек» (рис. 2) приведен на рис. 3. Время, необходимое на обработку фасадной съемки, объемом в 2500 точек (такой объем работ примерно соответствует зданию высотой 5 этажей, например, здание школы), составляет 1–1,5 дня. При этом, если на фасаде здания отсутствуют декоративные элементы, такая трехмерная модель по точности и информативности практически не будет уступать модели, созданной методом наземного лазерного сканирования. Полученная после обработки модель здания достаточно наглядна и подробна, а также является эффективным средством для проектировщиков при разработке проекта монтажа фасадов.

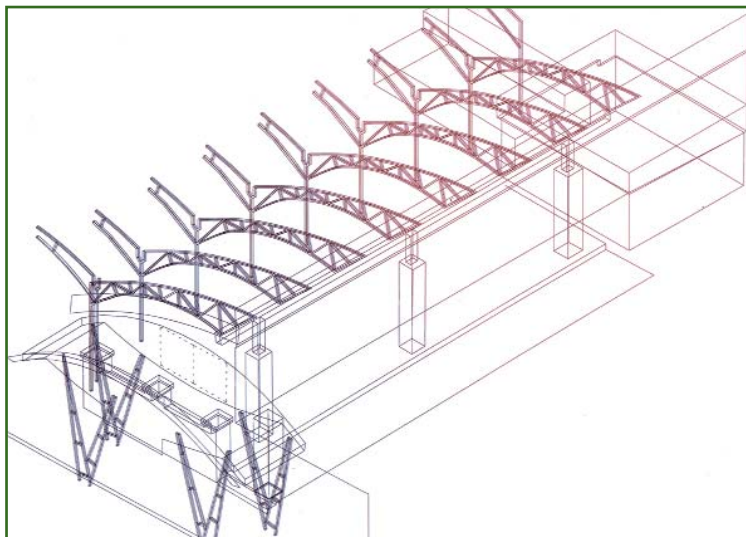
Трехмерная модель не всегда может полноценно показать все геометрические параметры архитектурных элементов здания. Соответственно, в связи с этим, появляется необходимость преобразовать трехмерный чертеж в двумерный. Возможности редакторов векторных данных позволяют легко проводить подобные манипуляции. Процесс преобразования заключается в разделении на «виде сверху» трехмерной модели на отдельные составляющие ее фасадных частей, развороте и выстраивании всех фасадных плоскостей в одну линию, параллельную оси OX. Таким образом, на виде сбоку будет получена развертка фасадов, на которой можно отобразить все необходимые данные.



**Рис. 2**  
«Облако точек» в среде AutoCAD



**Рис. 3**  
Трехмерная модель фасадов здания после обработки



**Рис. 4**  
Модель несущих конструкций здания



**Рис. 5**  
Фрагмент трехмерной модели фасада здания

Аналогичным методом могут быть созданы модели внутренних интерьеров заданий, пространственных конструкций или отдельных элементов фасадов. На рис. 4 и 5 приведены трехмерные модели несущих конструкций каркасного одноэтажного сооружения и фрагмент фасада с выступающими декоративными элементами.

▼ **Точность фасадных съемок**

Важным вопросом является точность проведения фасадных съемок. Она характеризуется

средней квадратической погрешностью определения пространственных координат произвольной точки фасада  $m_{изм.}$ . Для ее установления в качестве примера выберем здание высотой 50 м. Особенности фасадной съемки предполагают, что минимальное расстояние от прибора до здания должно равняться высоте этого здания.

Непосредственно точность геодезических измерений при фасадной съемке будет зависеть от нескольких составляю-

щих, а именно: от погрешности определения горизонтальных расстояний  $m_D$ , погрешности измерения горизонтальных углов  $m_{\beta}$ , погрешности определения высотных отметок  $m_h$  и погрешности визирования  $m_{виз.}$ .

Принимая приборные погрешности равными стандартным величинам большинства современных тахеометров:  $m_v = 5''$ ,  $m_s = 3 \text{ мм} + 3D \times 10^{-6}$ , при длине линии  $D = 70 \text{ м}$  и угле наклона  $\nu \approx 45^\circ$ , получаем  $m_D = 2,6 \text{ мм}$ .

При погрешности измерения горизонтальных углов  $m_{\beta} = 5''$ , ее значение, выраженное в линейной мере, составит:

$$l_{\beta} = D m_{\beta} / \rho = 1,7 \text{ мм.}$$

Следует обратить внимание на то, что при измерении горизонтальных углов при больших углах наклона начинает проявляться погрешность установки оси вращения прибора в отвесное положение, обусловленная ошибкой цилиндрического или электронного уровня прибора. При цене деления уровня  $\tau = 30''$ , получим  $m_{\tau} = 6''$ . В линейной мере значение погрешности установки тахеометра в горизонтальное положение составит:

$$l_{\tau} = (D m_{\tau} / \rho) \times \sin \nu = 1,4 \text{ мм.}$$

Большинство современных электронных тахеометров автоматически вводят поправку за наклон оси вращения прибора в измеренные горизонтальные и вертикальные углы, в результате которой остаточное влияние данной погрешности составляет 1~2'' или в линейной мере — 0,5 мм. Из этого следует, что при правильной работе компенсатора углов наклона тахеометра влияние неперпендикулярности оси вращения прибора на результат измерений практически не будет иметь место.

Погрешность определения высотных отметок может быть представлена в следующем виде:

$$m_h^2 = m_D^2 \text{tg}^2 \nu + (D^2 m_v^2 / \cos^4 \nu^2).$$

Учитывая ранее установленные величины, погрешность определения высотных отметок  $m_h$  составит 4,1 мм.

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

Руководствуясь принципом равных влияний, итоговое значение погрешности определения пространственных координат произвольной точки фасада составит  $m_{изм.} = 5,4$  мм.

Важно заметить, что точность определения пространственных координат фасада здания и, самое главное, достоверность результатов съемки зависит не только от точности геодезических работ, но и от правильности интерпретации результатов измерений, рационального выбора точек фасада, подлежащих съемке. К примеру, в случае

съемки оконных проемов желательно получить плановое положение всех четырех углов проема, но сделать это в каждом случае не представляется возможным. Нижние углы, как правило, закрыты водосливным карнизом, верхние — могут быть идентифицированы нечетко из-за наплывов штукатурки или цементного раствора, трещин и пр. В данном случае съемка непосредственно по углам проема приведет к неудовлетворительному результату при приемлемой точности измерений, вследствие невозможности четкого визуального определения углов проема.

Практика показывает, что ошибки, вызванные неправильным визуальным выбором точки, подлежащей съемке, в несколько раз превосходят расчетную точность работ, приведенную выше. Рекомендуется руководствоваться принципом проведения измерений на наибо-

лее четкие, хорошо визуально идентифицируемые точки элементов фасада. Так, измерения любых проемов фасада лучше выполнять по граням, нежели по углам. Следует, как отмечалось выше, избегать измерений под острым углом по отношению к плоскости фасада, стараться проводить дублирование измерения одних и тех же точек фасада с различных пунктов ПВО. Особенно ответственные элементы фасада желательно дополнительно измерять в натуре и по этим измерениям контролировать результаты съемки.

#### RESUME

A procedure of geodetic surveying front facades of buildings being subject to reconstruction is described. This procedure is fulfilled with the use of total stations. Survey techniques are considered, recommendations for measurement results processing together with the accuracy analysis are given.

## НАВИГАЦИОННО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

Официальный дистрибьютор в Украине

**Leica**  
Geosystems

### Геодезическое оборудование

- Тахеометры TPS
- Теодолиты
- Нивелиры Runner

### Лазерное оборудование

- Лазерные сканеры
- Рулетки DISTO™
- Ротационные нивелиры Rugby™
- Построители плоскости LINO™ L2

### Представляет журнал "Геопрофи" в Украине

**Наши координаты:**  
61070, Харьков,  
ул. Чкалова, д. 32А  
Тел./факс: (057) 719-66-16, (057) 717-44-39

**Киевский офис:**  
02094, Киев,  
ул. Полудренка, д. 54, оф. 106  
Тел./факс: (044) 494-28-09

**Симферопольский офис:**  
95000, Симферополь,  
ул. Зои Жильцовой, 5  
Тел./факс: (0652) 601-690



Наш сайт: [www.ngc.com.ua](http://www.ngc.com.ua)

E-mail: [ngc@ngc.com.ua](mailto:ngc@ngc.com.ua)

