

двух проблем: на "засоренные" фильтры очистных сооружений загрязнения (взвесь воды НП и ВВ) или уже не поступают (уходят по обводной линии) или в очень крупных коалесцентных модулях(фильтрах) взвесь воды с НП и ВВ не успевает задерживаться и "проходит" свободно без очистки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность : ТР 2009/013/ВУ\* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sertis.by/files/reglament.pdf> – Дата доступа: 20.12.2015.

2. Системы дождевой канализации. Строительные нормы проектирования ТКП 45-4.01-57-2012 . Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Введ. 2012–12–01. – Минск: НПП РУП «Стройтехнорм», 2012. – 32 с.

УДК 624.012

## **МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ РАЗБИВОЧНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ.**

*ТИТОВ В. А.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В настоящее время все большее распространение получило высотное домостроение. Между тем строительство высотных зданий имеет свою специфику, свои особенности. И чем выше здание, тем серьезнее задачи встают перед строителями, и в свою очередь перед геодезическим обеспечением строительства таких зданий. Особенности геодезического обеспечения строительства вызваны особенностями решения задач самого строительства.

Геодезическое сопровождение строительства высотных зданий независимо от высоты сооружения можно разделить на несколько этапов. Первый этап – создание исходной геодезической основы разбивочных работ. Следующий этап – вынос осей в котлован и на

исходный горизонт. Затем, передача осей и отметок высот на монтажный горизонт. И, наконец, разбивочные работы на монтажном горизонте.

Исходная геодезическая основа разбивочных работ включает в себя сеть пунктов геодезического обоснования, с которых выполняют разбивку главных и основных осей, потому на этом этапе нет никаких особенностей. Главной, ключевой задачей геодезического сопровождения строительства высотных зданий является построение внутренней пространственной геодезической сети здания, которая в идеале представляет собой сеть пунктов, расположенных по вертикали от исходного до последнего монтажного горизонта. Решают эту задачу выносом в натуру пунктов пересечения осей на исходном горизонте, а затем передают эти пункты с исходного на монтажные горизонты. Существует несколько методов передачи осей на монтажный горизонт:

- Метод наклонного проецирования.
- Метод горизонтальных углов или метод угловой засечки.
- Метод линейной засечки.
- Метод вертикального проецирования.
- Метод свободной станции.
- Спутниковый метод.

Метод наклонного проецирования пригоден при высоте зданий не выше 50 метров и чаще всего применяется при строительстве сборных панельных и блочных зданий. Высотные же здания строятся преимущественно по различным схемам каркасных и монолитных конструкций. При таких конструкциях построение внутренней разбивочной сети на монтажном горизонте необходимо выполнять вдали от края здания. Потому метод наклонного проецирования при строительстве высотных зданий даже на высоту 50 м (приблизительно 16 этажей) не применяется из-за отсутствия видимости закрепления осей.

Методы горизонтальных углов и линейной засечки [2] также не нашли применения в высотном домостроении, так как имеют тот же недостаток, что и метод наклонного проецирования.

Метод вертикального проецирования также является классическим методом передачи осей на монтажный горизонт. Однако, этот метод очень широко используется в настоящее время при строительстве высотных зданий. Обеспечивается этот метод применением

специальных приборов – приборов вертикального проецирования или по-другому, приборами «зенит надир». В отличие от других классических методов, указанных выше, этот метод имеет огромные преимущества: высокая точность передачи осей по вертикали, простота использования. В настоящее время используется немецкий прибор вертикального проецирования FG-L100. Этот прибор является современным аналогом прибора PZL-100, который выпускался в прошлом компанией Карл-Цейс Йена и является лучшим прибором, применяемым для этих целей в настоящее время. FG-L100 позволяет передавать плановое положение осей по вертикали с точностью 1 мм на 100 м. В совокупности с другими ошибками, такими как ошибка центрирования прибора, ошибка визирования и ошибка фиксации этот метод дает точность до 2 мм на 100 метров. И это обеспечивает точность передачи осей на горизонт до 200–300 метров. Недостатком метода вертикального проецирования является то, что для передачи осей по вертикали необходимо организовывать проемы в монолитных перекрытиях с таким расчетом, чтобы край проема, отстоял от визирного луча на расстоянии не менее 10 см. Но с увеличением этажности здания выдержать это требования становится все труднее. Увеличивать отверстие нецелесообразно, так как передавать оси необходимо не менее, чем в трех точках монтажного горизонта. В таком случае этот метод требует большого количества сквозных технологических отверстий в плитах. К тому же прибор, как уже говорилось, работает до 100 м. И это накладывает свою особенность в передаче осей на более высокий этаж. В таких случаях применяют шаговый метод работы с этим прибором. Например, передают оси с исходного горизонта на монтажный высотой 80–100 метров. Затем этот монтажный горизонт принимают за исходный, и вновь передают оси на горизонты высотой до 80–100 метров, относительно монтажного горизонта, принятого за исходный. Таким образом, можно обеспечить точность передачи осей на высоту до 200–300 метров. Выше не рекомендуется применять этот метод, так как идет накопление ошибок шаговой передачи и особенно ошибки центрирования.

Метод свободной станции является новым методом. Этот метод используется при применении в строительстве электронного тахеометра. Суть метода состоит в том, что электронный тахеометр может быть установлен в любом удобном месте на монтажном

горизонте и, используя обратную линейно-угловую засечку, быстро и точно определяет координаты своего местоположения, а затем, используя полярный метод, определяет и координаты пунктов геодезической сети на монтажном горизонте. Правда, построение внутренней разбивочной геодезической сети на монтажном горизонте требуется выполнять с высокой точностью, по крайней мере, с точностью выше, чем точность внешней разбивочной геодезической сети. Для этого создается специальная опорная геодезическая сеть с высокой точностью, пункты которой представляют собой светоотражающие пластины, прикрепленные к высотным зданиям. И чем выше будут прикреплены эти пластины, тем дольше они будут использоваться при поднятии вверх монтажного горизонта, так как тахеометр всякий раз будет устанавливаться на монтажном горизонте. Потому очень важно при строительстве высотного здания иметь недалеко другие высотные здания с меньшей этажностью. То есть, для того, чтобы построить здание высотой в 300, 400 метров и далее необходимо сначала построить здания, допустим в 60-100 метров, то есть здания в 20–30 этажей. Этой особенности в настоящее время придерживаются при строительстве зданий в Москве, в Соединенных Штатах Америки, Арабских Эмиратах, в Китае и других странах, где ведется высотное строительство. Координаты светоотражающих пластин определяют с высокой точностью в соответствии с классом строящегося здания. Для этого используются различные методики. Например, рассмотрим схему, приведенную на рис. 1.

На схеме точка  $O_1$  является местом стояния тахеометра на исходном горизонте (на схеме – прямоугольник). Используя обратную линейно-угловую засечку определяют координаты точки  $O_1$  по пунктам внешней разбивочной сети А,Б,Д.

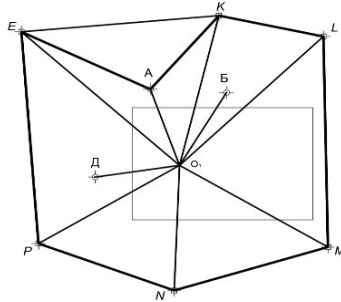


Рис. 1.

Пункты А,Б,Д – пункты внешней разбивочной сети  
 Пункты  $E, K, L, M, N, P$ . – светоотражающие пластины

Затем полярным методом определяют координаты заложенных пунктов – светоотражающих пластин  $E, K, L, M, N, P$ . При этом тахеометром будут измерены расстояния от пункта  $O_1$  до светоотражающих пластин и привязочные углы  $AO_1E$ ,  $EO_1K$ ,  $KO_1L$ ,  $LO_1M$ ,  $MO_1N$ ,  $NO_1P$ . Таким образом, будут определены координаты пунктов  $E, K, L, M, N, P$  с точностью внешней разбивочной сети. Далее, вычисляют расстояния между пластинами и составляют виртуальный пространственный ход полигонометрии  $A, E, K, L, M, N, P, A$ , который будет опираться на один пункт исходной разбивочной основы (на схеме пункт  $A$ ). Углы у пунктов полигонометрии можно определить по теореме косинусов, последовательно решая треугольники. Таким образом, полигонометрический ход будет свободный, и лишенный влияния ошибок исходных данных. Под свободной сетью вообще понимается построение, в котором число исходных данных недостаточно для ориентации и фиксации геодезической сети в соответствующем пространстве [1]. Точность полигонометрического хода будет назначаться заданием относительной ошибки вычисления приращений координат, в зависимости от класса строящегося здания, согласно нормативным требованиям. Из-за недостаточной точности определения расстояния и привязочных углов в полигонометрическом ходе может возникнуть невязка. Уравнивание необходимо произвести по методу наименьших квадратов. Так будут повторно определены координаты пунктов светоотражающих пластин, но уже с требуемой нормативной точностью.

В дальнейшем эти пункты будут использованы для создания внутренней разбивочной сети на всех монтажных горизонтах. В случае если будет отсутствовать видимость допустим между точками  $O_1$  и  $L, M$ , то может быть использована схема, представленная на рис. 2.

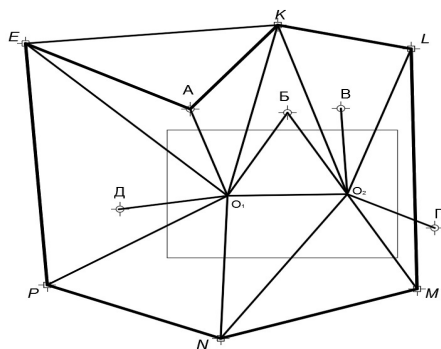


Рис. 2

Благодаря такой методике установки светоотражающих пластин метод свободной станции можно будет применять при строительстве зданий высотой до 300–400 м. Ограничением применения этого метода с увеличением высоты будет отсутствие видимости пунктов из-за увеличения угла наклона. Потому, чем выше изначально будут расположены светоотражающие пластины, тем дольше они могут быть использованы при разбивочных работах на монтажных горизонтах. Применяя этот метод для создания внутренней разбивочной сети на монтажном горизонте, необходимо тщательно выполнять контрольные измерения на каждом горизонте, объем которых будет гораздо больше, чем при применении метода вертикального проецирования, так как в методе свободной станции измерения будут производиться на монтажных горизонтах независимо друг от друга. В первую очередь необходимо производить контроль разворота сети. Этот контроль выполняется измерением азимута на удаленную точку местности, который должен быть равен на исходном горизонте и на каждом монтажном горизонте между собой. И это обстоятельство также будет ограничивать применение этого метода.

При строительстве более высоких зданий используется спутниковый метод. Спутниковый метод основывается на применении высокоточного спутникового и геодезического оборудования, например, электронного тахеометра. Для работы GPS-приемников устанавливается на объекте постоянно действующая станция. Далее работа приемников может быть организована по разным технологиям. Одна из технологий предусматривает работу нескольких GPS-приемников, установленных на монтажном горизонте, которые будут принимать сигналы со спутников на протяжении долгого времени. Таким образом, определяют усредненные координаты антенн, установленных на монтажном горизонте по габаритам здания. На антенны устанавливаются светоотражатели или светоотражающие пластины. По ним производятся измерения методом свободной станции электронными тахеометрами и разбиваются оси для детальной разбивки на монтажном горизонте. Для исключения ошибок разворота разбивочной сети на монтажном горизонте также как и в методе вертикального проецирования и свободной станции производят измерения азимута на удаленную точку, установленную на высотном сооружении. То есть, даже этот метод требует наличия на местности хотя бы одного высотного здания. В Москве, например, такими сооружениями служат сталинские высотки. По такой методике строилось и самое высокое сооружение в мире – Дубайская башня, которое имеет высоту 818 метров. [4]

Необходимо заметить, что при применении спутникового метода необходима видимость более четырех спутников для более точного определения координат. Однако в северных широтах видимость спутников такого количества может быть не обеспечено из-за того, что орбиты спутников NAVSTAR не рассчитаны для работы в таких широтах. Система ГЛОНАС у которых орбиты спутников дают такую возможность в настоящее время еще не вошла в полную мощность. И эту особенность необходимо учитывать при строительстве высотных зданий в северных широтах. В настоящее время здания выше 400 метров построены только в странах южной широты.

Как отмечалось выше для исключения ошибок разворота разбивочной сети на каждом монтажном горизонте необходимо контролировать азимут на местный контур. Однако, начиная еще с небольшой высоты, на строящееся здание уже воздействуют различные факторы, такие как солнечное излучение, ветровые нагрузки,

деформационные осадки и другие. Из-за этих воздействий строящееся здание на больших высотах имеет колебательные движения, что будет затруднять не только контроль разворота, но и определение координат с помощью GPS. При строительстве Дубайской башни эту задачу решали применением приборов измерения наклона (инклонометров) и программно-аппаратного комплекса для совместной обработки всей информации, которая позволяла определять координаты в любой момент времени [4].

Все эти воздействия имеют причинно-следственную связь, благодаря чему колебательные движения можно предвычислить с определенной точностью. Например, из-за солнечного излучения происходит разница температур при нагреве здания. Это воздействие суточное и циклическое и, для того, чтобы учитывать это, необходимо определять температурное расширение или сжатие применяемых материалов строительства. Ветровые нагрузки также предвычисляются по розе и силе ветров многолетних наблюдений. Предрасчет амплитуды движения даст возможность учитывать поправки в координаты передаваемых по вертикали осей, и это надо знать на каждый момент времени на каждой высоте [3]. Эти расчеты должны выполняться еще при проектировании сооружения. Понятно, что неучтенные ошибки будут появляться, но они будут идентифицированы постоянными геодезическими наблюдениями деформаций строящегося здания. И эти наблюдения при увеличении высоты здания должны становиться не дискретными, а постоянными. Это главнейшая особенность геодезического обеспечения при строительстве высотных зданий. И это одна из причин того, что СНиПы не предъявляет требования к точности передачи осей на монтажный горизонт при высоте здания более 120 метров. Для строительства высотных зданий необходим индивидуальный проект строительства и проект производства геодезических работ, а также индивидуальный расчет точности передачи осей по вертикали, в котором, устойчивость здания не должна обеспечиваться постоянным повышением точности геодезических измерений, так как эти измерения будут выполняться уже в десятых долях миллиметра. Устойчивость здания на больших высотах должна обеспечиваться постоянной точностью геодезических измерений и жесткостью строительной конструкции.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркузе Ю.И. Уравнивание и оценка точности плановых геодезических сетей, М., Недра, 1982.
2. Нестеренок М.С. Альтернативные методы геодезического обеспечения строительства высотных зданий, – Вестник БНТУ, 2009, №6, с.5-6.
3. Нестеренок М.С., Вексин В.Н.. Учет температурных, силовых и усадочных поправок при вертикальных геодезических разбивках высотных зданий, - Наука и техника, 2013, №6, с.35-37.
4. Яценко А.И., Евстафьев О.В. Геодезическое обеспечение возведения небоскреба BURJ-DUBAI, - Геопрофи, 2009, №6, с.8-13.

УДК 69.059.7

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

*ШЕВКО В. В.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Введение.** Крупные предприятия машиностроительного комплекса в современном виде сформированы в 60-е годы прошлого столетия. Механосборочные производства объединены, как правило, в одном здании общей площадью 4000 тысяч квадратных метров. Технологические процессы с различной взрывопожарной и пожарной опасностью не выделены противопожарными преградами. Здания выполнены в стальном каркасе с размером ячейки 12×12, 12×18, 12×24 метров. По результатам обследования техническое состояние элементов каркаса оценивается как удовлетворительное с физическим износом 10–25%.

**Варианты реконструкции (модернизации).** Техническая возможность и стоимость реконструкции предприятий оценивается в предпроектной документации в соответствии с [1].