

Министерство образования Республики Беларусь
УО «Полоцкий государственный университет»

Кафедра прикладной геодезии
и фотограмметрии

Курсовой проект
по дисциплине «Инженерная геодезия»
по теме «Геодезическое обеспечение строительства промышленных
сооружений»

Выполнила:

Проверил:

Новополоцк
2013

ВВЕДЕНИЕ

Геодезические работы в строительстве представляют собой комплекс измерений, вычислений и построений в чертежах и натуре, обеспечивающих правильное и точное размещение зданий и сооружений, а также возведение их конструктивных и планировочных элементов в соответствии с геометрическими параметрами проекта и требованиями нормативных документов.

Геодезические работы являются неотъемлемой частью технологического процесса строительства. Они предшествуют, сопровождают и завершают процесс строительства. Геодезические работы на строительной площадке относятся к числу первоочередных в общем комплексе изысканий. Съёмка топографического плана крупного масштаба является необходимой для разработки генерального плана строительной площадки, строительного генерального плана, рабочих чертежей вертикальной планировки, архитектурно-строительных чертежей зданий, сооружений и различных инженерных сетей.

Для перенесения проектов зданий и сооружений на местности используют геодезическую основу, созданную на строительной площадке в виде опорных ходов или строительной сетки. От пунктов геодезической основы разбивают на местности положение главных осей зданий и сооружений, от которых производят детальную разбивку отдельных частей здания.

Геодезические работы выполняют по графику, согласованному со сроками общестроительных, монтажных и специальных работ. Такой совмещенный график геодезического обеспечения разрабатывают при составлении проектов организации строительства и проектов производства работ.

На строительной площадке выполняют комплекс геодезических работ: разбивочные работы в процессе строительства; контроль точности строительномонтажных работ с составлением и оформлением исполнительной документации; наблюдения за смещениями и деформациями строящихся зданий и сооружений.

Качественное геодезическое обеспечение способствует ускорению выполнения отдельных строительномонтажных операций и повышению качества работ, что в следствие снижает стоимость и сокращает срок строительства. Кроме того, в процессе строительства и период эксплуатации зданий и других различных конструкций проводят регулярные геодезические наблюдения за перемещениями и деформациями сооружений, следя за их состоянием и условиями работы для своевременного принятия мер.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ

1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Все более актуальными становятся вопросы экономии и рационального использования территории, улучшения внешнего облика промышленных предприятий и их благоустройство. Успешному выполнению этих задач способствует совершенствование генеральных планов предприятий, рациональное размещение предприятий относительно селитебной территории, технологическое и хозяйственное кооперирование предприятий в составе промышленных узлов.

Генеральные планы промышленных предприятий во многих случаях определяют их архитектурно-планировочные решения, последовательность размещения производственных цехов, создают предпосылки для создания оптимальных условий работы и отдыха на предприятиях. Существует огромное влияние решения генерального плана предприятия на его экономические показатели. В связи с возрастающей необходимостью экономии земель, пригодных для сельского хозяйства, расширяются поиски архитектурно-планировочных решений, которые позволяют сократить территорию промышленных предприятий.

Объединение предприятий в промышленные комплексы является одним из основных принципов проектирования в современных условиях. Создание единой для нескольких таких предприятий сети административно-бытового, транспортного, энергетического и ремонтного обслуживания позволяет повысить эффективность капитальных вложений благодаря уменьшению расходов на инженерное оборудование, транспорт, энергоснабжение, складское хозяйство и т. д. Наиболее широко тенденция объединения предприятий в промышленные комплексы наблюдается в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности.

Проводится большая работа по усовершенствованию генеральных планов промышленных предприятий. Широко используется принцип размещения предприятий в промышленных узлах или в составе комбинатов с учетом кооперирования с другими предприятиями технологических установок, подсобно-вспомогательных производств (ремонтного хозяйства, тарных цехов и др.), транспорта, энергетических объектов, инженерных сетей и сооружений и объектов культурно-бытового обслуживания работающих. [17, с.3,62]

Промышленные предприятия обычно размещают на территории, предусмотренной проектом районной планировки, генеральным планом города и его промышленного района, а при их отсутствии — на территории, выбранной с учетом технико-экономических обоснований строительства предприятий. Промышленные предприятия размещают в пределах селитебной территории либо в непосредственной близости от нее, либо в отдалении. Кроме того

стремятся обеспечивать необходимую компактность застройки, предусматривают на каждом предприятии территорию для расширения зданий и сооружений и оставляют свободной одну сторону площадки, в направлении которой может быть осуществлено строительство новых предприятий или дублирование действующих цехов.

Основными факторами, влияющими на размещение промышленных предприятий являются:

1) характер отрасли промышленности и класс санитарной вредности предприятий: предприятия, выделяющие производственные вредности (химических, нефтехимических), а также предприятия имеющие большой грузооборот, необходимо размещать в соответствующем удалении от селитебной территории или на ее окраине;

2) величина санитарного разрыва между селитебной и промышленной застройкой: для создания здоровых условий проживания населения необходимо наличие максимальной величины санитарного разрыва;

3) выбор географического района для размещения площадки: выбор должен быть таким, чтобы капитальные и эксплуатационные затраты были бы наименьшими. Вместе с тем учитывается возможность приближения предприятия к месту потребления продукции или источникам сырья. Например, для заводов искусственного и синтетического волокна характерно потребление значительного количества сырья, тепла, электроэнергии и воды;

4) максимальное приближение к источникам сырья: с этой целью, например, заводы по производству синтетических волокон размещены в составе нефтехимических комбинатов или в непосредственной близости от них. Иногда производство сырья включают в состав завода. Такое размещение позволяет передавать сырье по материалопроводам, исключить железнодорожные перевозки сырья и его потери при транспортировании. В этом случае создаются предпосылки для упрощения и улучшения технологических процессов и повышения качества выпускаемой продукции;

5) необходимость размещения объектов промышленности в районах, богатых топливными ресурсами: анализ грузооборота предприятий отраслей тяжелой промышленности и, в частности, заводов химического волокна показывает, что удельный вес топлива в грузообороте играет доминирующую роль. Все это говорит о необходимости, во-первых, переводить новые заводы, аналогичные заводам искусственных и синтетических волокон, на более дешевое топливо, и, во-вторых, весьма энергоемкие заводы, как правило, должны размещаться в районах с достаточными топливными, водными и энергетическими ресурсами;

б) водопотребление в промышленности: повышенные требования к качеству сбрасываемой предприятием воды (уменьшение водопотребления и количества стоков предприятием). [17, с.8-11,13, 16-18]

Для автомобильного завода характерно частое изменение технологии производства, необходимость разветвления внутрицехового транспорта и большое разнообразие специального оборудования.

Эти факторы влияют на формирование объемно-планировочных и конструктивных решений механосборочных цехов – основных зданий автомобильных заводов. Эти здания, как правило, одноэтажные прямоугольной конфигурации в плане.

Проектируемый автомобильный завод состоит из: пресово-кузовной корпус(1), механосборочного цеха(2), блок литейных цехов (3), инженерный корпус(4), кузнечный корпус(5), цех коробок передач(6), корпус вспомогательных цехов (7). Также предусмотрены складские помещения (рисунок 1.1).

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН АВТОМОБИЛЬНОГО ЗАВОДА

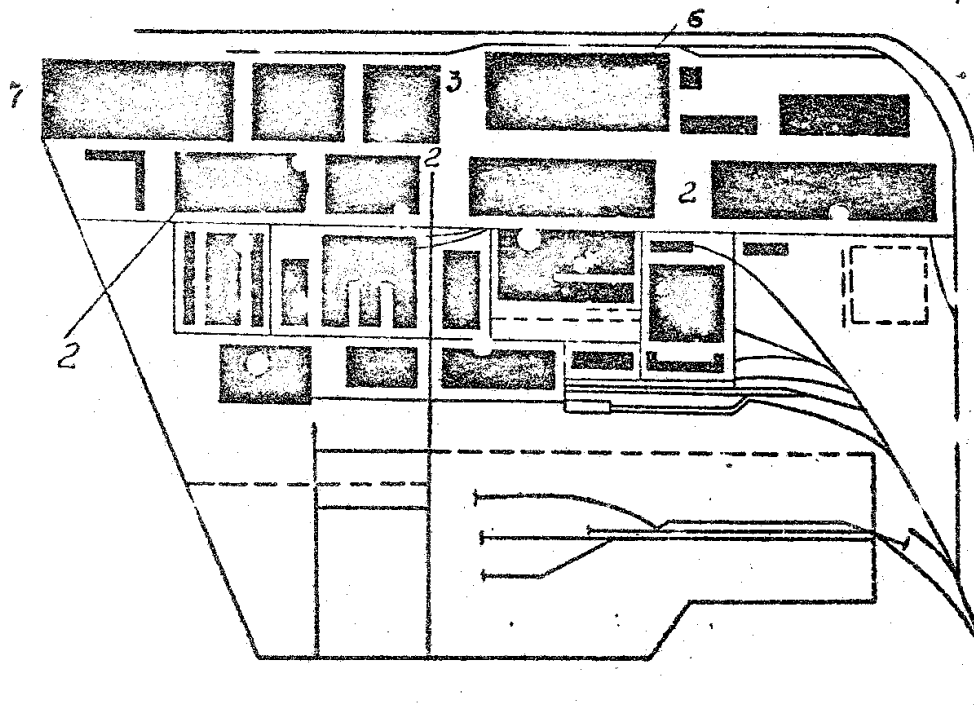


Рисунок 1.1 – Генеральный план автомобильного завода (М 1: 10 000).

Участок работ характеризуется большим количеством зданий относительно небольшого размера. Внутризаводские дороги разделяют территорию завода на участки, в которых размещаются отдельные здания.

Генеральный план обеспечивает безопасность движения людей по площадке завода: людские потоки не пересекают грузонапряженные автомобильные дороги.

Входы на территорию завода расположены таким образом, чтобы путь к бытовым и конторским помещениям был наиболее коротким.

Большое внимание уделено последующему расширению завода. Цехи первой очередности имеют резервы увеличения мощности, а также предусмотрена возможность расширения основных цехов в среднем на 1/3 путем пристройки дополнительных пролетов здания. Также предусмотрена возможность строительства новых производственных зданий. На генеральном плане зарезервирована дополнительная территория для строительства новых цехов, дабы увеличить мощность предприятия.

Геодезическая сетка строительной площадки представляет собой систему геодезических пунктов, расположенных в вершинах квадратов или прямоугольников. Стороны строительной сетки ориентируют параллельно осям зданий. Стороны основных фигур сетки выбирают длиной 50 - 400 м (приложения 2; 3)

При проектировании строительной сетки ее пункты следует намечать по генеральному плану в местах вне зоны земляных работ, где можно обеспечить их устойчивость и удобство использования. [19, п.6.2.1-6.2.2]

1.2 ОПИСАНИЕ ТОПОГРАФИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Предполагается, что промышленное предприятие (комбинат искусственного волокна) будет расположен в Полоцком районе. Площадь участка, подлежащая освоению (площадь строительной сетки) составляет 1,0083 км².

Для местности, отведенной под строительство, характерно:

- 1) максимальная отметка 137,3 м; минимальная – 134,3 м;
- 2) большая залесенность, представленная смешанными лесами со средней высотой деревьев 20 – 25 м. В виду того, что строительная площадка находится в лесном массиве, то для проведения строительных работ будет произведена вырубка леса;
- 3) гидрография представлена наличием болот (будет проводиться их осушение); южнее строительной площадки – пруды, которые связывает между собой р. Перемерка, протекающая с запада на северо-восток;
- 4) южнее строительной площадки проходит крупная автомобильная дорога А-215;
- 5) с северо-запада на юго-восток, относительно строительной площадки, проходит линия электропередач (110 кВ);
- 6) населенный пункты Федорово, Терасполье, Шупейки, Адамово удалены от будущего комбината искусственного волокна примерно на 1,9 км и более;
- 7) для Полоцкого района характерна средняя температура января (-7,3) °С, июля – (+17,5) °С; осадки составляют 662 мм в год; вегетационный период 184 суток;
- 8) полезные ископаемые представлены торфом, глиной и суглинками, строительным песком, минеральными водами; [21, 26, 28]
- 9) температура поверхности почвы в январе от (-7) °С и ниже, средняя из максимальных глубин промерзания почвы – 60 см. [13, с. 76]

1.3 ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ И ОБЕСЕЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

В качестве исходных пунктов планово-высотного обоснованию будут использованы пункты GPS, т. е. будут созданы посредством спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1 – сеть, создаваемая по мере необходимости по наблюдениям спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS). Для СГС-1 характерно: расстояние между смежными пунктами – 25-35 км; погрешность взаимного положения пунктов: по плановым координатам ($3\text{мм} + 0,1\text{мм}\cdot D$), по высоте ($5\text{мм} + 0,2\text{мм}\cdot D$), где D – расстояние между пунктами в км. [2, с.44]

Для измерений будет использована GPS система, разработанная на базе GPS системы Trimble R3, применяемая при строительстве инженерных сооружений.

Для характеристики расположения пунктов GPS, с точки зрения видимости между ними (высота сечения рельефа 2 м), будет составлен профиль видимости для каждой пары пунктов GPS (приложения 4; 5):

- 1) пункты 137,3 – 137,2 – видимость есть;
- 2) пункты 137,2 – 135,8 – видимость есть;
- 3) пункты 135,8 – 137,3 – видимость есть.

Таблица 1.3.1

Каталог координат и высот исходных пунктов

Название пункта	Координаты, м		Отметка, м
	X	Y	
п.137,3	13535,754	11965,895	137,3
п.137,2	13214,164	12502,300	137,2
п.135,8	12869,250	12157,216	135,8

Пункты СГС-1 закрепляются на местности центрами, используемыми для закрепления на местности пунктов государственной геодезической сети 1 – 4 классов. Допускается совмещать пункты СГС-1 с фундаментальными, грунтовыми и скальными реперами нивелирной сети, центрами пунктов государственной геодезической сети 1 – 4 классов.

Создание пунктов СГС-1 допускается на реперах нивелирной сети I и II классов, центрах АГС и центрах государственной гравиметрической сети. [15, п.2.2; п.7.1.4; 25]

Учитывая раздел 2.6 (курсового проекта) в качестве высотной основы будет принята нивелирная сеть II класса.

Согласно физико-географическому описанию предполагаемого места строительства: глубина промерзания почвы для Полоцкого района составляет порядка 60 см – пункты будут закреплены центрами типа 3 оп. (Рис. 1.3.1), т. к. их выбирают при глубине промерзания грунта до 200 см. [14, п.7.2; 22]

установке трубы в отверстие бетонной плиты концы стержней размещают в углах выемки.

В области сезонного промерзания грунтов высоты бетонного якоря 20 и 35 см. Якорь высотой 35 см устанавливается в северной зоне сезонного промерзания грунтов в двухсоткилометровой полосе от южной границы области многолетней мерзлоты.

Верхняя грань бетонной плиты (якоря) во всех случаях должна находиться ниже глубины наибольшего промерзания грунта на 30 см;

3)нижнего центра в виде бетонной плиты диаметром 48 см с заданной в него маркой. Высота бетонной плиты 15 см. Разрешается изготавливать плиты квадратного сечения 50 × 50 см. Головка марки нижнего центра не должна выступать над верхней поверхностью бетонной плиты;

4)бетонного опознавательного столба размером 16 × 16 × 100 см, который устанавливают над верхней маркой и к которому крепят охранную пластину (рис. 1.3.2).

При использовании буровых механизмов с диаметром бура 35 см, нижний центр представляет собой бетонную плиту диаметром 34 см, толщиной 15 см. Высоту якоря и глубину закладки увеличивают на 30 см, т.е. высота бетонной плиты в южной зоне области сезонного промерзания грунтов должна быть равна 50 см, в северной зоне - 80 см. [14, п. 7.2, приложения 9, 11; 22]

2 ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ РАЗБИВОЧНАЯ ОСНОВА НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

2.1 НАЗНАЧЕНИЕ И ТОЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ. МЕТОД СОЗДАНИЯ

Строительная сетка создается в основном на промышленных площадках и служит основой для разбивочных работ, монтажа технологического оборудования и производства исполнительных съемок. Характерной особенностью строительной сетки как инженерно-геодезической сети является расположение пунктов, образующих сетку квадратов или реде прямоугольников, стороны которых параллельны осям проектируемых сооружений или осям расположения технологического оборудования. Таким образом, строительная сетка представляет собой закрепленную на местности систему прямоугольных координат, облегчающую привязку осей сооружений и производство разбивочных работ.

Рассмотрим требования к точности построения строительной сетки, исходя из ее назначения. При строительстве крупных промышленных комплексов для выполнения основных разбивочных работ и исполнительных топографических съемок в масштабе 1:500:

а) погрешности во взаимном положении смежных пунктов строительной сетки в среднем должны составлять 1:10000 или 2 см для расстояний между ними в 200 м;

б) прямые углы строительной сетки должны быть построены с точностью порядка 20";

в) погрешности в положении пунктов в самом слабом месте относительно плановой геодезической основы (или исходного пункта сетки) не должны превышать 0,2 мм в масштабе плана 1:500, т. е. 10 см. [4, с.70]

При проектировании строительной сетки ее пункты следует намечать по генеральному плану в местах вне зоны земляных работ, где можно обеспечить их устойчивость и удобство использования.

Технология создания строительных сеток включает в себя два этапа:

- 1) проектирование и вынесение в натуру исходных направлений сетки;
- 2) детальная разбивка строительной сетки.

В зависимости от конфигурации строительной сетки намечают исходные направления, которые будут вынесены на местность от имеющихся на стройплощадке пунктов геодезического обоснования (рис.2.1.1).

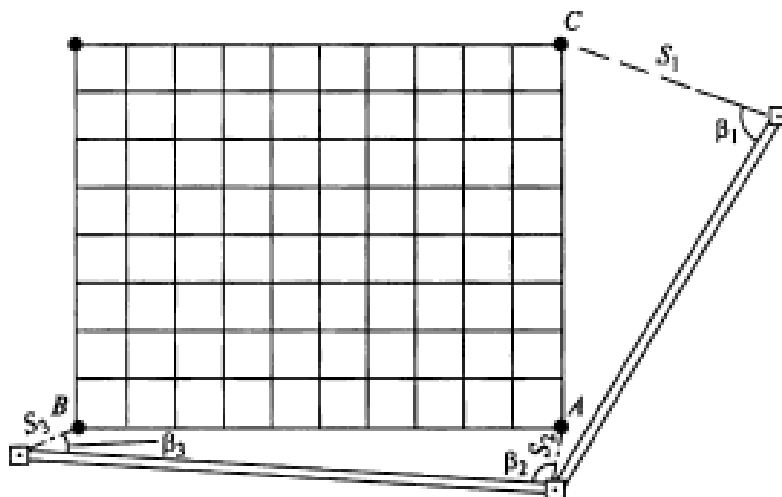


Рис. 2.1.1. Схема выноса в натуру исходных направлений строительной сетки

На одном из исходных направлений выбирают две точки: C и A , координаты которых определяют графически и, используя координаты пунктов плановой основы, из решения обратных геодезических задач, вычисляют полярные координаты S_1 и S_2 , β_1 и β_2 . Для исключения грубых ошибок целесообразно вынести в натуру третью точку B по полярным элементам S_3 и β_3 .

После закрепления точек A , B и C на местности измеряют угол между вынесенными в натуру исходными направлениями сетки, по отклонению которого от 90° можно судить о точности выполненных работ.

Так как координаты точек A , B и C определялись по генплану графически, то точность их выноса в натуру составит около $0,2 - 0,3$ мм на плане. Но это не играет существенной роли, поскольку на эту величину сместится весь комплекс проектируемых сооружений.

От вынесенного и закрепленного на местности исходного направления выполняют детальную разбивку строительной сетки осевым способом или способом редуцирования.

При осевом способе разбивки строительную сетку сразу строят на местности с расчетной точностью путем точного отложения проектных элементов.

Если площадка небольшая, а разбивка вершин сетки выполнена с высокой точностью, то полученные координаты вершин сетки будут незначительно отличаться от проектных. Однако при разбивке сеток больших размеров трудно с высокой степенью точности выполнить разбивку и учесть все поправки при откладывании длин линий. Поэтому фактические результаты могут существенно отличаться от проектных, что вызовет определенные затруднения при разбивке сооружений. Осевой способ целесообразно применять на небольших площадках или там, где точность разбивочных работ невелика и отклонением координат пунктов сетки от их проектных значений, в пределах $3 - 5$ см, можно пренебречь.

Для разбивочных работ удобнее иметь такую сетку, координаты пунктов которой практически не отличаются от проектных. Это можно получить при построении сетки способом редуцирования.

Последовательность детальной разбивки строительной сетки при способе редуцирования:

1) от закрепленных исходных направлений разбивают все пункты сетки с точностью 1:1000 – 1:2000 и закрепляют временными знаками. Согласно [19, п.6.2.5] прямые углы задают с погрешностью от 15" до 20", длины сторон — с относительной погрешностью 1:5000;

2) создают на площадке плановые сети и определяют точные (фактические) координаты всех закрепленных временными знаками пунктов сетки;

3) из сравнения фактических координат с проектными определяют величины редукции, на которые следует сместить каждый пункт предварительно разбитой сетки;

4) выполняют редуцирование, и пункты строительной сетки закрепляют постоянными железобетонными знаками;

5) производят контрольные измерения: измерения углов и длин линий выборочно. Согласно [19, п.6.2.5] отклонения длины сторон не должны превышать от 10 до 25 мм, а величины углов — от 10" до 15". [4, с.70-72]

2.2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ

Проектирование строительной сетки выполняют на генеральном плане будущего сооружения. При этом места расположения пунктов строительной сетки намечают таким образом, чтобы обеспечить сохранность наибольшего их числа в процессе производства строительных работ на площадке, т.е. пункты следует намечать в местах вне зоны земляных работ, где можно обеспечить их устойчивость и удобство использования. [6, с.290]

Стороны строительной сетки ориентируют параллельно осям зданий или красным линиям застройки. В зависимости от размеров строительной площадки и объектов строительная сетка закрепляется основными и дополнительными пунктами. Стороны основных фигур сетки выбирают длиной 50 - 400 м. [19, п.6.2.1-6.2.2] Кроме того, пункты строительной сетки размещают таким образом, чтобы между ними была прямая видимость и возможность измерять расстояния мерными приборами при выносе в натуру осей зданий от запроектированных пунктов строительной сетки. [5, с.272-273]

После того, как строительная сетка будет запроектирована на генеральном плане, ее необходимо перенести на выбранный участок карты масштаба 1:10000 (см. приложение 3).

В приложении 2 указаны основные характеристики строительной сетки: 25 пунктов; форма фигур в виде прямоугольников, квадратов; длины сторон 125 м, 140 м, 160 м, 180 м, 250 м, 360 м.

Для удобства пользования строительная сетка создается в условной системе координат. Начало системы координат выбирают так, чтобы все пункты имели положительные координаты, для этого начало координат совмещают с пунктом, расположенным в юго-западной вершине строительной сетки. Ось абсцисс обычно условно обозначают буквой A , а ось ординат – буквой B (приложение 6). [12, с.9]

Переход координат из условной системы координат в геодезическую осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned} X_i &= X_0 + A \cdot \cos \theta - B \cdot \sin \theta \\ Y_i &= Y_0 + A \cdot \sin \theta + B \cdot \cos \theta \end{aligned} \quad (2.2.1)$$

где X_0, Y_0 - геодезические координаты начала условной системы координат, определенные по карте;

θ - угол разворота условной оси A относительно северного направления координатной сетки.

$$X_0 = 12707,422 \text{ м}$$

$$Y_0 = 11857,588 \text{ м}$$

$$\theta = 0^\circ 0' 00,00''$$

Таблица 2.2.1

Каталог координат пунктов строительной сетки

Название пункта	Условные координаты, м		Геодезические координаты, м	
	А	В	Х	У
1	915	1270	13622,422	13127,588
2	735	1270	13442,422	13127,588
3	375	1270	13082,422	13127,588
4	125	1270	12832,422	13127,588
5	915	910	13622,422	12767,588
6	735	910	13442,422	12767,588
7	375	910	13082,422	12767,588
8	125	910	12832,422	12767,588
9	0	910	12707,422	12767,588
0	915	550	13622,422	12407,588
11	735	550	13442,422	12407,588
12	375	550	13082,422	12407,588
13	125	550	12832,422	12407,588
14	0	550	12707,422	12407,588
15	915	300	13622,422	12157,588
16	735	300	13442,422	12157,588
17	375	300	13082,422	12157,588
18	125	300	12832,422	12157,588
19	915	160	13622,422	12017,588
20	735	160	13442,422	12017,588
21	375	160	13082,422	12017,588
22	125	160	12832,422	12017,588
23	915	0	13622,422	11857,588
24	735	0	13442,422	11857,588
25	375	0	13082,422	11857,588

2.3 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗБИВКА СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ И ВЫНОС В НАТУРУ ЕЕ ГЛАВНЫХ ОСЕЙ

Вынос в натуру строительной сетки начинается с разбивки главных осей, т. е. двух взаимно перпендикулярных направлений. Каждая из этих осей должна быть закреплена на местности двумя – тремя пунктами. В качестве главных осей могут быть два направления по периметру строительной сетки или посередине либо одна ось по периметру, а другая посередине – это зависит от конфигурации строительной сетки и количества пунктов. Вынос в натуру пунктов закрепления осей производят полярным способом или прямой угловой засечкой от пунктов геодезической основы.

Схема выноса в натуру пунктов закрепления осей представлена в приложении 7, пункты вынесены способом полярной засечки (см. табл.2.3.1).

Таблица 2.3.1

Элементы разбивки

Точка выноса	Точка стояния	Точка визирования	Способ вынесения пункта	Угловой элемент β	Линейный элемент l , м
23	п.137,3	п.137,2	способ полярной засечки	172°16'51,15"	138,71
3	п.135,8	п.137,2		32°35'45,12"	993,51
25	п.135,8	п.137,3		38°33'14,55"	367,72

Разбивку будем производить электронным тахеометром Sokkia SET 310, для которого характерна быстрота в работе, удобство управления, большой набор программных возможностей. Некоторые технические характеристики данного тахеометра приведены в таблице 2.3.2. [23]

Таблица 2.3.2

Технические характеристики тахеометра Sokkia SET 310

Точность угловых измерений	3"
Увеличение трубы	30 ^x
Дальность измерений на 1 призму, м	2700
Точность линейных измерений на 1 призму, мм	$\pm(2 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D)$
Диапазон температур, °С	от -20 до +50
Максимальное время работы, часов	7

Предварительную разбивку сетки от главных осей произведем створно-линейным способом: предварительную разбивку начинают с выноса в натуру трех точек оси (стороны) строительной сетки, например 25, 23, 3 (приложение 7). Далее идет проверка створности точек 25, 3 и при обнаружении нестворности их перемещают. Затем от точки 25, принятой за начальную, путем линейных построений разбивают все другие точки стороны 25-3. Аналогичные действия производят при выносе точек 25, 23. Положение всех других точек

сетки определяют построением перпендикуляров из точек разбитых осей 25-3 и 25-23.

Предварительную разбивку завершают закреплением точек сетки временными знаками (деревянными столбами) или сразу постоянными знаками. [11, с.9-10]

2.4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНОВОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ПУНКТОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ И ЕГО РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ

В качестве планового обоснования для определения фактических координат сетки будет применена следующая схема: свободная линейно-угловая сеть из прямоугольников, то есть строительная сетка, в которой измерены все углы и все стороны. В качестве исходных пунктов при расчете точности принимают пункты закрепления главных осей. [5, с.274] Данный вид планового обоснования выбран с учетом того, что широкое внедрение в практику геодезических работ электронных тахеометров привело к распространению линейно-угловых построений. В линейно-угловых сетях измеряются все или часть углов и сторон. Сеть, в которой удачно сочетаются угловые и линейные измерения, в меньшей степени зависит от геометрии фигуры, существенно уменьшается зависимость между продольным и поперечным сдвигами, обеспечивается жесткий контроль угловых и линейных измерений. Линейно-угловая сеть позволяет вычислить координаты пунктов точнее, чем в сетях триангуляции и трилатерации, примерно в 1,5 раза. [6, с.151]

Расчет точности планового обоснования будет выполнен строгим способом (на ПЭВМ по программе В. И. Мицкевича «OZENKA»).

Исходной величиной для расчета точности угловых и линейных измерений служит средняя квадратическая погрешность определения на местности планируемой точки сооружения, которая вычисляется по формуле:

$$M = \sqrt{m^2 + m_0^2} \quad (2.4.1)$$

где m – средняя квадратическая погрешность разбивки точки сооружения относительно ближайшего пункта строительной сетки;

m_0 – средняя квадратическая погрешность определения этого пункта сетки относительно ее начального пункта (или пунктов государственной геодезической сети). [5, с.275]

Так как площадь участка, отданного под строительную сетку, равна 1,0083 км², то, согласно [19, п.4.9 табл.1], на участках площадью более 1 км² допустимая средняя квадратическая погрешность угловых измерений составит $m_\beta = 3''$, а линейных – $\frac{m_s}{S} = \frac{1}{25000}$.

Формулу (2.4.1) также можно представить в виде:

$$M = \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot S^2}; \quad (2.4.2)$$

где m_β – допустимая средняя квадратическая погрешность угловых измерений;

$S = S_{cp}$ – средняя длина стороны строительной сетки (в нашем случае $S_{cp} = 252,308$ м);

$$m_s = \frac{S}{25000} = \frac{S_{cp}}{25000}.$$

Решим уравнение (2.4.1) относительно m_0 , приняв $m = m_0$:

$$m_0 = \frac{M}{\sqrt{2}}. \quad (2.4.3)$$

$$M = \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot S^2} = \sqrt{\left(\frac{S_{\text{ср}}}{25000}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot S_{\text{ср}}^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{252,308}{25000}\right)^2 + \left(\frac{3''}{206265''}\right)^2 \cdot 252,308^2} = 0,0107(\text{м})$$

$$m_0 = \frac{M}{\sqrt{2}} = \frac{0,0107}{\sqrt{2}} = 0,0076(\text{м}) = 7,6(\text{мм})$$

Строительная сетка должна быть построена так, чтобы погрешность ее любого пункта относительно начального пункта не превышала величины m_0 .

Составление информации для вычислений по программе «OZENKA» выполняется по методическим указаниям [10].

Для осуществления расчетов задается параметр дальномера (m_s в миллиметрах) и средняя квадратическая погрешность угловых измерений (m_β в секундах). В данном случае для электронного тахеометра Sokkia SET 310: $m_\beta = 3''$; $m_s = \pm(2 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм.

Исходные данные для программы «OZENKA»:

romash,
 2012,1370,30,
 11111111,
 10001,2,5,
 10002,3,6,1,
 10003,4,7,2,
 10004,8,3,
 10005,1,6,10,
 10006,2,7,11,5,
 10007,3,8,12,6,
 10008,4,9,13,7,
 10009,14,8,
 10010,5,11,15,
 10011,6,12,16,10,
 10012,7,13,17,11,
 10013,8,14,18,12,
 10014,9,13,
 10015,10,16,19,
 10016,11,17,20,15,
 10017,12,18,21,16,
 10018,13,22,17,
 10019,15,20,23,
 10020,16,21,24,19,
 10021,17,22,25,20,
 10022,18,21,

10023,19,24,
10024,20,15,23,
10025,21,24,
22222222,
1,2,
2,3,
3,4,
4,8,
8,9,
9,14,
14,13,
13,18,
18,22,
22,21,
21,25,
25,24,
24,23,
23,19,
19,15,
15,10,
10,5,
5,1,
5,6,
6,7,
7,8,
10,11,
11,12,
12,13,
13,14,
15,16,
16,17,
17,18,
19,20,
20,21,
21,22,
2,6,
6,11,
11,16,
16,20,
20,24,
3,7,
7,12,
12,17,
17,21,

8,13,
33333333,
10001,23,19,15,10,5,1,2,3,4,8,9,14,13,18,22,21,25,24,23,
10002,24,20,16,11,6,2,3,7,12,17,21,22,18,13,8,4,
10003,19,20,21,22,18,17,16,15,10,11,12,13,14,9,8,7,6,5,
55555555,
101,1,13535.754,11965.895,
102,1,13214.164,12502.300,
103,1,12869.250,12157.216,
1,0,13622.422,13127.588,
2,0,13442.422,13127.588,
3,1,13082.422,13127.588,
4,0,12832.422,13127.588,
5,0,13622.422,12767.588,
6,0,13442.422,12767.588,
7,0,13082.422,12767.588,
8,0,12832.422,12767.588,
9,0,12707.422,12767.588,
10,0,13622.422,12407.588,
11,0,13442.422,12407.588,
12,0,13082.422,12407.588,
13,0,12832.422,12407.588,
14,0,12707.422,12407.588,
15,0,13622.422,12157.588,
16,0,13442.422,12157.588,
17,0,13082.422,12157.588,
18,0,12832.422,12157.588,
19,0,13622.422,12017.588,
20,0,13442.422,12017.588,
21,0,13082.422,12017.588,
22,0,12832.422,12017.588,
23,1,13622.422,11857.588,
24,0,13442.422,11857.588,
25,1,13082.422,11857.588,

```

F:\984B~1\34FD3~1\B1BE~1\65049~1\OZENK~1\OZENKA\OZENKA\OZENKA2.EXE
ВВОДИТЕ СР.КВ.ОШ. ИЗМЕРЕННОГО УГЛА В СЕКУНДАХ
3.0
СР.КВ.ОШ. ИЗМЕРЕННОГО УГЛА= 3.0
0-БРАТЬ, 1-НЕ БРАТЬ
0
ВВОДИТЕ А И В ДЛЯ ДАЛЬНОМЕРА В МИЛЛИМЕТРАХ
0202
ПАСПОРТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДАЛЬНОМЕРА 2. 2. НА 10-6
0-БРАТЬ, 1-НЕ БРАТЬ
0
КОЭФФИЦИЕНТ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЙ КАЧЕСТВО СЕТИ= .343
ПУНКТ 1 ИМЕЕТ НАИБОЛЬШУЮ ОШИБКУ ПОЛОЖЕНИЯ= .004
СТОРОНА 13 14 ИМЕЕТ ОШИБКУ .002 ОТН.ОШ. 60381.
СР.КВ.ОШ. ДИРЕКЦИОННОГО УГЛА ЭТОЙ СТОРОНЫ 1.898
НАИБОЛЬШАЯ ОШИБКА ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ= .002
ВВОДИТЕ СР.КВ.ОШ. ИЗМЕРЕННОГО УГЛА В СЕКУНДАХ

```

ПАСПОРТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДАЛЬНОМЕРА 2. 2. НА 10-6

СР.КВ.ОШ. ИЗМЕРЕННОГО УГЛА= 3.0

КОЭФФИЦИЕНТ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЙ КАЧЕСТВО СЕТИ= .343

ПУНКТ 1 ИМЕЕТ НАИБОЛЬШУЮ ОШИБКУ ПОЛОЖЕНИЯ= .004

ОШИБКИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ

НОМЕР 1 М= .004 НОМЕР 2 М= .003 НОМЕР 4 М= .003 НОМЕР 5 М= .003

НОМЕР 6 М= .003 НОМЕР 7 М= .003 НОМЕР 8 М= .003 НОМЕР 9 М= .004

НОМЕР 10 М= .003 НОМЕР 11 М= .003 НОМЕР 12 М= .003 НОМЕР 13 М= .003

НОМЕР 14 М= .004 НОМЕР 15 М= .002 НОМЕР 16 М= .002 НОМЕР 17 М= .002

НОМЕР 18 М= .003 НОМЕР 19 М= .002 НОМЕР 20 М= .002 НОМЕР 21 М= .002

НОМЕР 22 М= .003 НОМЕР 24 М= .002

СТОРОНА 13 14 ИМЕЕТ ОШИБКУ .002 ОТН.ОШ. 60381.

СР.КВ.ОШ. ДИРЕКЦИОННОГО УГЛА ЭТОЙ СТОРОНЫ 1.898

НАИБОЛЬШАЯ ОШИБКА ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ= .002

Анализируя полученные данные, можно сказать, что:

1) полученные значения средних квадратических погрешностей положения всех пунктов относительно начального M_i меньше величины $m_0 = 7,6$ мм (вычисленной по формуле 2.4.3); [5, с.276]

2) погрешность во взаимном положении смежных пунктов строительной сетки в среднем должны составлять 1:10000 или, в данном случае, 3,6 см для расстояний между ними в 360 м. Согласно программе «OZENKA» наибольшая ошибка взаимного положения равна 0,002 м = 0,2 см, что, в свою очередь, удовлетворяет допуску;

3) прямые углы строительной сетки должны быть построены с точностью порядка $20''$. Для данной сети $m_\alpha = 1,898''$ и, следовательно, удовлетворяет допуску;

4) погрешности в положении пунктов в самом слабом месте относительно плановой геодезической основы (или исходного пункта сетки) не должны превышать $0,2$ мм в масштабе плана $1:500$, т. е. 10 см. Для данной сети пункт 1 имеет наибольшую ошибку положения, равную $0,004$ м = $0,4$ см, что удовлетворяет допуску. [4, с.70]

Так как все допуски выполняются, то, следовательно, строительная сетка построена согласно предъявляемым требованиям к точности.

2.5 РЕДУЦИРОВАНИЕ ПУНКТОВ СЕТКИ. ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПУНКТОВ. КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Ввиду того, что предварительная разбивка строительной сетки производится с невысокой точностью (1:1000...1:2000), то после уравнивания координаты пунктов сетки будут существенно отличаться от их проектных значений.

Чтобы найти на местности проектное положение пунктов, выполняют редуцирование. По фактическим и проектным координатам путем решения обратных геодезических задач определяют угловые β и линейные l элементы редукции (рис.2.5.1) по формулам (2.5.1 – 2.5.2) [4, с.73] и откладывают их от временных знаков.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{Y_0 - Y}{X_0 - X}; \quad (2.5.1)$$

$$l = \frac{Y_0 - Y}{\sin\alpha} = \frac{X_0 - X}{\cos\alpha}, \quad (2.5.2)$$

где X_0, Y_0 – проектные координаты пунктов сетки;

X, Y – фактические координаты предварительно разбитых пунктов сетки.

Для редуцирования составляют разбивочный чертеж, на который выписывают дирекционные углы всех направлений и элементы редуций.

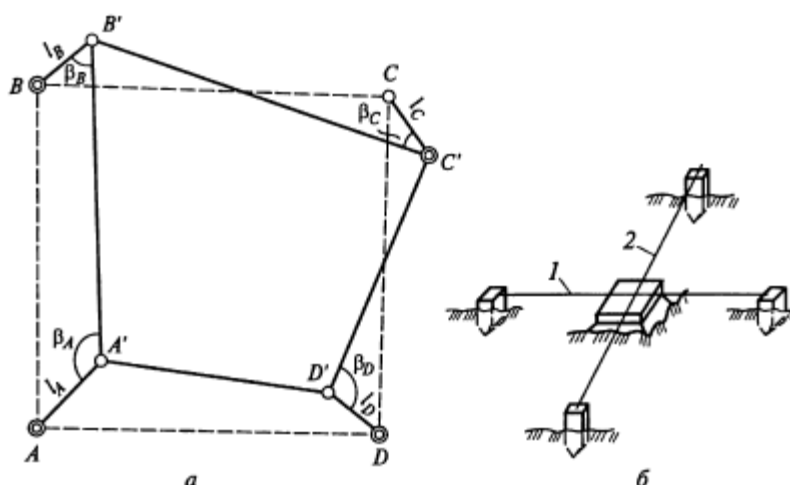


Рис. 2.5.1. Разбивочный чертеж редуцирования: а – схема редуцирования; б – закрепление пункта постоянным знаком; 1, 2 – створы

Редуцирование выполняется следующим образом. Над временным знаком, например A' (рис. 2.5.1), устанавливается и приводится в рабочее положение теодолит (в нашем случае электронный тахеометр). От направления $A'B'$ откладывают угловой элемент редукции β_A и фиксируется направление $A'A$. Вдоль этого направления при помощи рулетки откладывается линейный элемент редукции l_A . Таким образом, на местности будет определено положение точки A , координаты которой соответствуют проектным значениям. Аналогичным образом редуцируют все пункты строительной сетки.

Отредуцированные пункты строительной сетки закрепляют постоянными знаками, представляющими собой железобетонные монолиты или забетонированные отрезки рельсов, металлических труб с приваренными сверху марками или металлическими пластинами размером 200 × 200 мм. Чтобы при закладке постоянного знака не утратить положение отредуцированного пункта, поступают следующим образом. Перед установкой знака положение пункта фиксируют двумя створами 1 и 2 на кольях (рис.2.5.1). После установки знака по меткам на верхних торцах колеьев натягивают струны (леску) и восстанавливают на знаке положение вершины сетки.

После закрепления сетки постоянными знаками выполняют контрольные измерения. Линейные измерения производят выборочно, обычно проверяют длину отдельных сторон сетки в наиболее слабых местах. Контрольные угловые измерения выполняют на пунктах, расположенных в шахматном порядке, с таким расчетом, чтобы охватить все стороны сетки.

Под влиянием неизбежных погрешностей измерений контрольные промеры будут отличаться от теоретических. Эти отклонения не должны превышать 20 мм в длинах сторон, 40" - в прямых углах.

Если в результатах контрольных промеров промахов не обнаружено, то в дальнейшем при разбивке сооружений принимают координаты пунктов сетки, равными проектным, а углы между сторонами – прямыми.

По пунктам строительной сетки прокладывают ходы нивелирования III – VI классов. В этом случае строительная сетка служит высотной основой. [6, с.159-160]

При расчетах необходимо исходить из значения средней квадратической погрешности стороны сетки m_{l_0} , а соответствующий допуск на отклонение прямых углов от 90° можно найти так [5, с.278]:

- 1) средняя квадратическая погрешность направления:

$$m_H = \frac{m_{l_0}}{l_0} \cdot \rho'' \quad (2.5.3)$$

- 2) средняя квадратическая погрешность угла:

$$m_\beta = m_H \cdot \sqrt{2} \quad (2.5.4)$$

- 3) предельная погрешность прямого угла:

$$\Delta_\beta = 2 \cdot m_\beta \quad (2.5.5)$$

- 4) средняя квадратическая погрешность стороны:

$$m_s = \frac{m_\beta}{\rho} \cdot S \quad (2.5.6)$$

2.6 ВЫСОТНАЯ СЕТЬ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Высотная опорная сеть на строительной площадке должна обеспечивать выполнение разбивочных работ со средней квадратической погрешностью не более 10 мм и возможность наблюдений за величинами осадок возводимых сооружений со средней квадратической погрешностью 2 - 5 мм в зависимости от объекта промышленного строительства.

Основные требования, предъявляемые к пунктам высотного обоснования – это их устойчивость. Реперы должны располагаться равномерно по строительной площадке.

При монтаже стальных конструкций и технологического оборудования определение высот реперов должно быть произведено с точностью 1 – 2 мм. Поэтому высотной основой для таких монтажных работ может служить геометрическое нивелирование III класса. [5, с.278-279]

Данный выбор класса нивелирования также связан и с учетом [19, п.4.9 табл.1], где сказано, что на участках площадью более 1 км² (площадь строительной сетки равна 1,0083 км²) допустимая средняя квадратическая погрешность превышения на 1 км хода составляет 4 мм.

Технические требования для нивелирования III класса представлены в таблице 2.6.1. [18, п.3.4.3-3.4.4; п.3.4.43; п.3.4.46]

Таблица 2.6.1

Технические требования к нивелированию III класса

Класс нивелирования	Периметр полигона на незастроенной территории, км	Допустимая невязка, мм		Длина плеча, м	Неравенство плеч, м	Накопление разностей плеч по секции, м	Высота визирного луча, не менее, м	Средняя квадратическая погрешность определения превышения, мм	
		при $n \leq 15$ на 1 км хода	при $n > 15$ на 1 км хода					на станции	в ходе длиной 1 км
III	40	$10 \cdot \sqrt{L_{(км)}}$	$2,5 \cdot \sqrt{n}$	75	2,0	5,0	0,3	$\pm 1,5$	$\pm 4,0$

Обозначения: L - периметр полигона или длина хода, км; n - число станций в полигоне (ходе).

Для нивелирования III класса следует использовать нивелиры Н-3 и равноточные [19, п.4.9 табл.1, приложение А]; двухсторонние трехметровые шашечные рейки с сантиметровыми делениями типа РН-3, а также штриховые инварные типа РН-05. Рейки должны быть снабжены круглыми уровнями. [18, п.3.4.40]

Схема высотной основы строительной площадки представлена в приложении 8. Характеристика проложенного нивелирного хода представлена в таблице 2.6.2.

Таблица 2.62.

№ хода	№ точек хода	Длина хода, м
1	п.137.3, 23,19,15,10,5,1,2,6,11,15, 20,24,25,21,17,12,7,3,4,8,9,14,13, 18,22,п.135.8	6243,122

3 РАЗБИВКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ В ПЛАНЕ

3.1 ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ДЛЯ ПРЕНЕСЕНИЯ ПРОЕКТА СООРУЖЕНИЙ В НАТУРУ. СОСТАВЛЕНИЕ РАЗБИВОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ЗДАНИЯ

Перед выносом в натуру проекта инженерного сооружения необходимо выполнить специальную геодезическую подготовку, которая предусматривает его аналитический расчет, геодезическую привязку проекта, составление разбивочных чертежей, разработку проекта производства геодезических работ.

Для выноса сооружения в натуру необходимо иметь на местности геодезические пункты с известными координатами, В этой же системе должны быть получены координаты основных точек сооружения, определяющих его геометрию. Координаты пунктов геодезической разбивочной основы определяют по результатам измерений, проводимых при ее создании. Координаты точек, принадлежащих сооружению, определяют графически или вычисляют аналитически. При этом используют основные чертежи проекта: генеральный план, определяющий состав и местоположение сооружения; рабочие чертежи, на которых в крупных масштабах показаны планы, разрезы, профили всех частей сооружения с размерами и высотами деталей; план организации рельефа; планы и профили дорог, подземных коммуникаций.

Весь комплекс геодезической подготовки проекта состоит из аналитического расчета элементов проекта. По значениям проектных размеров и углов находят в принятой системе проектные координаты основных точек сооружений, элементов планирования и благоустройства (осей проездов, коммуникаций, дорог и т.п.). Одновременно контролируют правильность нанесения размеров на чертежах. [6, с.223]

Геодезическая подготовка зависит от способа проектирования сооружения. Существует три способа: аналитический, графо-аналитический, графический.

Аналитический способ – составление проекта путем расчета. Необходимые элементы выноса находят путем вычисления по известным координатам из решения обратной геодезической задачи.

Графоаналитический способ – более оперативен, часть исходных данных берется графически с плана, а остальные получают путем математических вычислений.

Графический способ – производится графическое определение координат всех точек, применяющихся при предварительной разбивке, а расстояние и дирекционные углы вычисляются. При графическом способе погрешности проектирования зависят от точности плана и его масштаба, составляют 0,2 мм в масштабе плана.

Исходя из генерального плана промышленного предприятия (комплекса) выдан объект предприятия (комплекса) (приложение 9), для которого будет

производиться аналитический расчет координат пересечения главных и основных осей этого здания.

Аналитический расчет проекта: для выноса проекта в натуру все его геометрические элементы должны быть строго математически увязаны между собой и с имеющимися на площадке сооружениями.

При аналитическом расчете по проектным размерам и углам вычисляют координаты пересечений осей сооружений, проездов, красных линий застройки и, наоборот, по известным координатам, полученным из измерения на местности или снятым с карты (плана), находят расчетные значения длин линий и углов поворота. На трассах определяют элементы прямых и кривых, проектные высоты и уклоны. В опорных зданиях проверяют координаты углов точек. Главные разбивочные оси привязывают к пунктам геодезической основы.

Таким образом, при аналитическом расчете проекта решаются прямые и обратные геодезические задачи, задачи определения точек пересечения двух прямых, прямой и кривой, вычисление уравнений линий параллельных и перпендикулярных к исходным линиям, вычисление координат центров круговых сооружений; расчеты главных элементов кривых и др. [5, с.17-18, 280]

С учетом проектных координат пересечения осей здания и пунктов строительной сетки, выполняется расчет элементов разбивки здания способом прямоугольных координат. Данный способ разбивки выбран с учетом того, что он применяется в основном при наличии на площадке или в цехе промышленного предприятия строительной сетки, в системе координат которой задано положение всех главных точек и осей проекта.

Суть способа прямоугольных координат: разбивку проектной точки C (рис. 3.1.1) производят по вычисленным значениям приращений ее координат Δx и Δy от ближайшего пункта сетки. Большее приращение откладывают по створу пунктов сетки AB . В полученной точке D устанавливают теодолит (в нашем случае тахеометр) и строят от стороны сетки прямой угол.

По перпендикуляру откладывают меньшее приращение Δx и закрепляют полученную точку C . Для контроля положение точки C можно определить от другого пункта строительной сетки. [5, с.50-51]

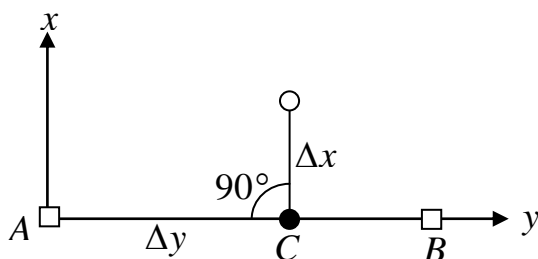


Рис. 3.1.1 Схема разбивки способом прямоугольных координат

Точность угловых и линейных измерений разбивки рассчитывается, исходя из требуемой точности разбивки сооружения ($m_{\text{разб}}$), для способа прямоугольных координат по формуле:

$$m_{\text{пр.к.}}^2 = m_{\text{с.р.}}^2 + m_{\text{исх.}}^2 + m_{\text{р.ц.}}^2 + m_{\text{ф.}}^2 \quad (3.1.1)$$

$$m_{с.р.}^2 = m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \cdot \Delta x^2, \quad (3.1.2)$$

причем из формулы видно, что большее приращение следует откладывать по створу стороны сетки, а меньшее – по перпендикуляру. В этом случае влияние погрешности построения прямого угла будет меньшим.

Находят относительную ошибку $1/T$ линейных и угловых измерений m_{β} при выносе проекта в натуру.

На разбивку остается следующая часть от заданной погрешности M планируемой точки сооружения:

$$m_{с.р.} = \sqrt{M^2 - m_0^2 - m_{исх.}^2 - m_{р.ц.}^2 - m_{ф.}^2} \quad (3.1.3)$$

Исходя из погрешности собственно разбивки, точность угловых и линейных измерений при выносе здания на местность способом прямоугольных координат будет равна:

$$m_{\beta}^2 = \rho^2 \cdot \frac{m_{с.р.}^2}{2 \cdot \Delta x^2} \quad (3.1.4)$$

в знаменателе должно стоять приращение, которое откладывают по перпендикуляру, т.е. может быть и Δy . [5, с.280-281]

$$\frac{1}{T} = \frac{m_{с.р.}}{\sqrt{2 \cdot (\Delta x^2 + \Delta y^2)}}. \quad (3.1.5)$$

3.2 РАЗБИВКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ НА МЕСТНОСТИ ГЛАВНЫХ И ОСНОВНЫХ ОСЕЙ СООРУЖЕНИЙ

Компоновка сооружения определяется его геометрией, которая, в свою очередь, задается осями. Относительно осей сооружения в рабочих чертежах указывают местоположение всех элементов сооружения.

В нормативных документах существует понятие разбивочной оси. На практике различают главные, основные, промежуточные, или детальные, оси.

Главными осями линейных сооружений (дорог, каналов, плотин, мостов и т. п.) служат продольные оси этих сооружений. В промышленном и гражданском строительстве в качестве главных осей принимают оси симметрии зданий (рис. 3.2.1)

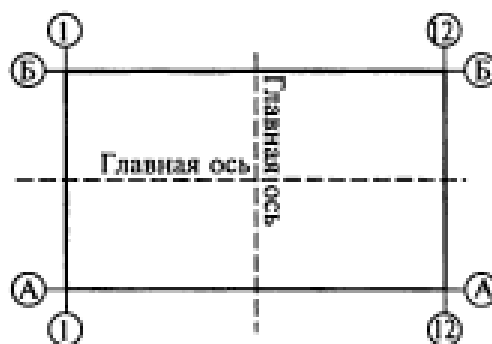


Рис. 3.2.1. Главные оси здания

Основные оси определяют форму и габаритные размеры зданий и сооружений.

Промежуточные, или детальные, оси – это оси отдельных элементов зданий, сооружений.

На строительных чертежах оси проводят штрихпунктирными линиями и обозначают цифрами или буквами в кружках. Для обозначения продольных осей служат арабские цифры, а для поперечных осей – прописные буквы русского алфавита, за исключением букв З, И, О, Ы, Ъ, Ь. Оси обозначают слева направо и снизу вверх.

Указанные в проекте сооружения координаты, углы, расстояния и превышения называют проектными.

Высоты плоскостей и отдельных точек проекта задают от условной поверхности. В зданиях за условную поверхность (нулевую отметку) принимают уровень «чистого пола» первого этажа. Высоты относительно нулевой отметки обозначают следующим образом: вверх – со знаком «плюс», вниз – со знаком «минус».

Для каждого сооружения условная поверхность соответствует определенной абсолютной отметке, которая указывается в проекте. [6, с.194-195]

Определение в натуре главных и основных осей зданий и сооружений относится к основным геодезическим разбивочным работам.

Последовательность выполнения полевых измерений при выносе в натуру здания способом прямоугольных координат на основе разбивочного чертежа здания (приложение 10):

- 1) положение точек А/1 и А/8 определяем от ближайших пунктов сетки 8 и 4 по вычисленным приращениям абсцисс и ординат;
- 2) от пунктов 7 и 3 аналогичным образом определяем положение точек Н/1 и Н/8;
- 3) после закрепления вынесенных точек устанавливают на каждой из них тахеометр и проверяют взаимную перпендикулярность осей; соответствие расстояний между осями проектным значениям.

Основные оси закрепляют на местности в местах их пересечения и ставят створные знаки на продолжениях осей. Створные знаки располагают в местах, свободных от предстоящих строительных работ, на расстоянии не менее 15 м от контура здания и удобных для установки геодезических приборов и выполнения измерений.

Закрепление точек выполняют: в земле – обрезками рельса, штыря или трубы с бетонным якорем, на существующих сооружениях - специальными марками. [3, с.80-81]

После разбивки на местности главных (основных) осей сооружения и закрепления их пунктами внешней разбивочной сети здания производят детальную разбивку и закрепление всех строительных осей, для чего обычно пользуются обноской.

Обноска представляет собой временное сооружение, устанавливаемое по периметру здания на удалении 3 – 5 м от бровки котлована. [11, с.32]

Главные и основные оси сооружений служат исходными для последующей детальную разбивки.

Детальные (дополнительные) оси должны быть разбиты одна относительно другой с погрешностью порядка $\pm 1 - 2$ мм. [5, с.58]

Схема детальную разбивки зависит от вида сооружения и его компоновки, условий выполнения разбивочных работ и принятого способа разбивки. При всем многообразии детальных разбивочных схем можно выделить типовую схему, характерную для строительства гражданских и промышленных зданий и сооружений. Это определение положения точек пересечения промежуточных осей с главными или основными. Разбивку выполняют, как правило, створно-линейным способом.

Рассмотрим детальную разбивку на конкретном примере (см. приложение 11):

- 1) предположим, что в натуру вынесены и закреплены основные оси А–А, Н–Н, 1–1, 8–8;
- 2) для определения положения точек пересечения осей 2, ... , 7 с осями А–А и Н–Н тахеометром задают створы А–А и Н–Н;
- 3) от точек А/1 и Н/1 вдоль соответствующих створов откладывают проектные расстояния 6,00; 12,00 м и т. д. (в нашем случае 5,00 и 10,00 м). Таким образом получают искомые точки;

4)аналогично находят положение точек Б/1, ... , М/1 по створу оси 1–1 и Б/8, ... , М/8 по створу оси 8–8. Створы промежуточных осей выносят за зону будущих земляных работ и закрепляют (описано согласно [6, с.230]).

3.3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ ОБНОСКИ. СОСТАВЛЕНИЕ РАЗБИВОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ОБНОСКИ. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОСЕЙ

Оси сооружения должны быть разбиты одна относительно другой с ошибкой порядка $\pm 1 - 2$ мм. Для обеспечения такой точности по периметру сооружения устраивают специальную деревянную или металлическую обноску.

Проектируют обноску по генеральному плану, располагая ее стороны параллельно осям сооружения. При вытянутой форме сооружения, что наиболее часто имеет место на практике, обноску проектируют в виде прямоугольника, ограждающего сооружение со всех четырех сторон на некотором расстоянии от исходных осей. Небольшие выступы фундамента в расчет не принимают. Обноску вокруг сооружения более сложной конфигурации проектируют в виде прямоугольника, к которому примыкают обноски остальных частей.

Расстояние между наружной гранью фундамента и обноской назначают с таким расчетом, чтобы последняя не попадала в зону земляных работ, когда будут рыть котлован под фундамент. При глубине котлована h и одинарном откосе расстояние от фундамента до обноски будет равно h метров плюс запас на навалы земли 3 – 5 м или более в зависимости от глубины котлована и методов производства земляных работ.

Для фундаментов с глубоким залеганием основания обноска может быть построена на дне котлована после производства земляных работ. В этом случае контур котлована должен быть соответственно увеличен, чтобы расстояние между наружными гранями фундамента и обноской составляло около 1 м.

Обноска может быть построена сплошная или несплошная, створная. Когда обноска сплошная, примерно через 3 м по всему периметру сооружения на принятом расстоянии от габаритных осей вкапывают в землю столбы, и на одной отметке к ним горизонтально прикрепляют строганные доски или металлические уголки.

Створная обноска состоит из отдельно стоящих столбов, скамеек или металлических деталей, каждая пара которых закрепляет какую-либо ось (створ). Столбы устанавливают на одну высоту вне зоны земляных работ, параллельно соответствующим осям сооружения.

Высота обноски должна быть около 0,5 – 1,2 м, чтобы по ней удобно было производить измерения и устанавливать над ней штатив теодолита.

На местности с большим наклоном разность высот крайних точек сооружений значительных размеров может достигать до нескольких метров. В этом случае обноску строят ступами.

Обноску разбивают от закрепленных точек осей. Для створной обноски отложение на местности проектных расстояний и установка в намеченных точках столбов выполняются с повышенной точностью, чтобы при детальной разбивке оси попадали на срезы столбов и не пришлось последние переставлять.

Створная обноска экономически более эффективна и более устойчива, чем сплошная. Она мало мешает движению транспорта на сооружении в любом

направлении; легко контролируется путем измерения расстояния между смежными столбами. Сплошную обноску следует строить только в том случае, когда без нее трудно обеспечить точную разбивку осей, например в случае детальной разбивки фундаментов с большим количеством закладных частей или разбивки осей установок, состоящих из множества отдельных сооружений, технологически связанных между собой. [8, с.239-241]

Путем выноса на обноску главных осей и построения на ней основных осей создают в натуре осевую разбивочную систему, используемую как основу для детальной разбивки сооружения. Для разбивки основных осей на основании генплана сооружения и рабочих чертежей фундамента составляют специальный разбивочный чертеж (приложение 11), на котором выписывают все расстояния между осями. При этом тщательно проверяют проектную документацию: суммируют расстояния между отдельными осями и сумму сравнивают с общими размерами сооружения, а также с разностью координат главных осей, закрепленных на местности.

На построенную обноску выносят главные оси, устанавливая теодолит (в нашем случае тахеометр) в закрепленных на местности точках I, II, III и IV (приложение 11).

Приняв положение одной продольной исходной оси и одной поперечной за твердое, неизменное (оси А–А и 1–1 в приложении 11), от них откладывают по обеим параллельным сторонам обноски согласно разбивочному чертежу проектные расстояния, фиксируя на обноске продольные и поперечные оси. [8, с.243-244]

Линейные измерения по обноске производят инварной лентой или компарированной стальной рулеткой с натяжением по динамометру со средней квадратической ошибкой 1:25000. В процессе измерений вводят поправки за компарирование и температуру.

Расстояние между разбивочными осями в зданиях производственного назначения обычно кратны 1 м, а в сооружениях – 100 мм, так что по ленте с дециметровыми делениями положение осей отмечается с достаточной точностью. На обноске оси фиксируют острым карандашом и подписывают.

Таким образом, откладывая последовательно мерный прибор и фиксируя разбивочные оси, приходят к конечной оси, вынесенной ранее на обноску в качестве исходной. Вследствие ошибок измерений конечная ось, разбитая по обноске, как правило, не будет совпадать с одноименной исходной осью, вынесенной теодолитом (в нашем случае тахеометром). Если величина этого несовпадения не превышает точности разбивки главных осей и, следовательно, грубые ошибки отсутствуют, то за окончательную принимают ось, полученную в результате измерений по обноске, так как эти измерения дают большую точность во взаимном положении осей сооружения, что особенно важно для строительно-монтажных работ. [8, с.243-244]

Закончив разбивку осей, производят контрольные измерения расстояний между каждыми двумя соседними осями путем трехкратного отсчитывания по шкалам мерного прибора. После введения в измеренные расстояния поправок за

компарирование и температуру их сравнивают с проектными данными. В зависимости от расстояний между основными осями разности не должны превышать $1 \div 3$ мм. В противном случае несколько перемещают намеченные оси так, чтобы распределить разности на ближайшие пролеты.

Окончательное положение оси на обноске фиксируют небольшим гвоздем на дереве или керном на металле, обводят масляной краской и подписывают ее номер. При сплошной обноске особо важные оси дополнительно закрепляют грунтовыми железобетонными знаками. Знаки устанавливают рядом с обноской на глубину 1,2 – 1,5 мм и для большей сохранности закрывают сверху крышками. Оси с обноски переносят на эти знаки при помощи теодолита (тахеометра) и фиксируют на металлических центрах накернованной точкой.

После закрепления осей в нескольких местах сплошной обноске могут быть сделаны проемы для проезда транспорта. В процессе строительства необходимо следить за состоянием обноске, периодически проверять от надежных знаков ее неподвижность. [8, с.245]

Для того, чтобы разбивочные оси могли обеспечивать геодезическое обслуживание в течение всего периода строительства, а также для сохранения осей на случай поломки обноске, эти оси дополнительно закрепляются грунтовыми знаками. Такие знаки устанавливаются на продолжении основных осей, строго в створе, на расстоянии 20 – 30 м от возводимого сооружения в виде бетонных столбиков с заложенным в них металлическими стержнями с насечкой на поверхности или с накернованным углублением. Эти знаки могут служить одновременно и плановыми опорными точками и рабочими реперами. [7, с.215]

Помимо обноске, вынесенные в натуру оси закрепляют постоянными и временными знаками. Постоянными знаками обычно закрепляют главные и основные оси. Места закрепления осей постоянными знаками выбирают на генеральном плане с учетом долговременной их сохранности, а также обеспечения беспрепятственного ведения строительно-монтажных работ. Эти места должны быть удобными для установки над знаком геодезических приборов и выполнения измерений. Знаки устанавливают вне зоны земляных работ в местах размещения временных сооружений, свободных от складирования строительных материалов, и т.п.

Выбор конструкции знаков зависит от условий строительной площадки, наличия строительных материалов и применяемых методов разбивочных работ.

Конструкции постоянных знаков могут быть различными. Наиболее часто для закрепления осей применяют грунтовые постоянные знаки, в качестве которых используют обрезки металлических труб или рельсов, к нижней части которых приваривают металлические якоря для закрепления в бетонном монолите. К верхней части знака приваривают квадратную металлическую пластину, на которой с помощью керна отмечают положение точки закрепления оси. Реперные трубы или рельсы устанавливают в скважине, пробуренной на глубину не менее 0,5 м ниже глубины промерзания грунта. После установки

знака скважину бетонируют. Грунтовые знаки закрепления осей ограждают деревянной или металлической обноской. Обноска делается квадратной или треугольной со стороной 1,5...2,0 м. В качестве постоянных знаков используют также забетонированные деревянные столбы.

Для временных знаков используют деревянные колья, костыли, металлические штыри и трубки.

В сочетании с грунтовыми знаками для закрепления створов осей широко применяют цветные откраски на постоянных и временных зданиях или сооружениях. Откраски представляют собой цветные риски, наносимые яркой несмываемой краской.

Для быстрого восстановления осей на продолжении их створов закрепляют по два знака с каждой стороны здания. Один из знаков обычно располагают под обноской. [6, с.232-233]

Разбитые на обноске и закрепленные вне здания главные и основные оси по мере возведения надземной части сооружения теряют свою практическую ценность. Поэтому для продолжения разбивочных работ при строительстве фундаментов под оборудование и монтаже строительных конструкций приходится знаки крепления осей переносить внутрь зданий.

Перенесение знаков производят створным способом по завершении нулевого цикла, когда еще возможно прямое визирование между точками, закрепляющими оси на противоположных сторонах обноски; при этом тщательно центрируют теодолит (тахеометр) и марки и добиваются, чтобы ошибка переноса осей не превышала 1 – 2 мм.

В зависимости от размеров сооружения и от требуемой точности монтажных работ оси закрепляют различными знаками. В небольших зданиях иногда бывает достаточно забетонировать с внутренних сторон стен скобы и наклонить на них положение осей. Наиболее часто оси закрепляют металлическими знаками, забетонированными в построенные части фундамента или в опорную плиту на исходном горизонте с учетом возможности установки над ними теодолита. Основные оси прецизионных сооружений, требующих высокой точности геодезических работ, закрепляют фундаментальными знаками.

Одновременно с плановыми знаками внутрь сооружений переносят и высотные знаки – реперы. Последние устанавливают в наиболее устойчивых фундаментах или совмещают с фундаментальными плановыми знаками. Таких реперов должно быть не менее 2 – 3. Однако на крупных сооружениях общее число реперов и их местоположение рассчитывают таким образом, чтобы в любую часть сооружения можно было передать проектную отметку с контролем (от двух реперов) с одной постановки нивелира, т. е. примерно через 100 – 150 м необходимо иметь репер. [8, с.245-246]

3.4 РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СООРУЖЕНИИ КОТЛОВАНОВ

В виду того, что строительная сетка (см. приложение 3) расположена на заболоченном участке, то будет выбран свайный тип фундамента, который используют при строительстве зданий и сооружений на водо-насыщенных слабых грунтах. [27] Сваи предназначены для передачи нагрузки от здания или сооружения на грунты, повышения несущей способности слабых грунтов, ограждения пространств от доступа воды, предотвращения осыпания или оползания грунтов. Создание высокопроизводительных установок для свайных работ привело к тому, что расширилась область применения свайных фундаментов в массовом промышленном и гражданском строительстве. [1, с.164]

При устройстве котлованов выполняют следующие виды работ:

- 1) разбивку и закрепление на местности контура котлована;
- 2) нивелирование поверхности площадки в пределах контура котлована;
- 3) перенос разбивочных осей и высотных отметок на дно котлована;
- 4) периодическую исполнительную съемку для подсчета объемов земляных масс;
- 5) окончательную планово-высотную исполнительную съемку открытого котлована. [9, с.56]

При устройстве котлованов выполняются следующие основные операции: разбивка контуров котлована, установка обноски, визирок, контроль за отрывкой котлована, зачистка дна и откосов, передача осей и высот в котлован, исполнительные съемки открытого котлована. [20, с. 63]

Рабочие чертежи, как правило, определяют контур котлована по габаритам нижнего наружного обреза фундамента, т. е. содержат данные по привязке в плане низа откосов котлована. Горизонтальное расстояние d между верхней бровкой, определяющей контур котлована на проектной отметке будущей планировки площадки, и низом откоса вычисляют по формуле:

$$d = (H_{\text{п}} - H_{\text{н}}) \cdot \text{ctg}\alpha, \quad (3.4.1)$$

где $H_{\text{п}}$, $H_{\text{н}}$ – проектные отметки площадки и дна котлована соответственно;

α – угол наклона откоса котлована. [9, с.57]

До разбивки котлована по разбивочному чертежу устанавливают размеры запаса внешнего обреза основания фундамента и глубину его заложения. Запас необходим для предотвращения от обвала откоса котлована и для установки опалубки. Размер запаса зависит от глубины котлована (при глубине 2-3 м принимается в 20 см).

От основных осей здания, закрепленных на местности или обноске, разбивают границу внутреннего контура котлована с учетом принятого запаса внешнего обреза основания фундамента. От неё разбивают границу внешнего контура (верхней бровки) котлована с учетом крутизны откоса.

Границу внешнего контура котлована закрепляют на местности кольями через каждые 5 – 10 м, между которыми натягивается шнур или делается канавка на 1 – 2 штыка лопаты для обозначения границы вскрытия котлована.

Контроль за ходом выемки грунта и доведение глубины котлована до проектной отметки его дна осуществляются с помощью визирок или нивелира.

Постоянные визирки в виде горизонтальных планок прибывают к столбам обноски на одинаковой высоте (обычно на 1 м выше нулевой отметки). На планке подписывают отметку визирки.

Чтобы определить, выбран ли грунт из котлована до проектной отметки, на его дне устанавливают переносную (ходовую) визирку в виде рейки. На рейке краской отмечают линию, расстояние до которой от пятки рейки равно разности отметок ребра планки постоянной визирки и проектного дна котлована. Если линия на ходовой визирке окажется выше шнура, натянутого между ближайшими планками, то грунт из котлована еще не выбран до проектной отметки.

Чтобы определить с помощью нивелира фактическую отметку дна котлована, устанавливают нивелирную рейку сначала на репер с известной отметкой H_p и берут по рейке отсчет a . Затем рейку переносят на дно котлована и берут отсчет b . Превышение между репером и точкой дна котлована будет $h = a - b$. Прибавляя превышение со своим знаком к отметке репера, получают отметку дна котлована в данной точке:

$$H_k = H_p \pm h. \quad (3.4.2)$$

Контролировать достижение проектной отметки дна котлована $H_k^{пр}$ можно по значению предварительно вычисленного отсчета b на рейке:

$$b = H_p + a - H_k^{пр}. \quad (3.4.3)$$

Выемку грунта в котлованах и траншеях заканчивают с недобором на 10 – 20 см до проектной отметки, после чего делают зачистку дна котлована вручную по результатам нивелирования его по квадратам. Вершины квадратов закрепляют кольями, верхние срезы которых (маяки) располагают на уровне проектной отметки, и по ним ведут зачистку. После зачистки откосов котлована при помощи угольников с отвесами или направляющих проводят исполнительную съемку котлована. Отклонения от проектных размеров по ширине и длине котлована не должны превышать 30 см. Отклонение отметок дна котлована под фундаменты от проектных допускаются не более чем ± 5 см при условии, что эти отклонения не будут превышать толщины отсыпного подстилающего слоя. Допустимые средние квадратические ошибки измерения при устройстве котлованов: линейные – 1/1000; угловые – 45" и высотные – 10 мм.

Окончание устройства котлована подтверждается исполнительной геодезической документацией: актом готовности котлована, схемой планово-высотной съемки котлована, картограммой подсчета объемов земляных масс.

Перенесение осей в котлован выполняют при помощи теодолита со створных точек (рис.3.4.1), закрепляющих оси, или отвесами от точек пересечения осей, фиксируемых проволоками, натянутыми по обноске (рис. 3.4.2).

В котловане оси закрепляют временными знаками на дне или на откосах.

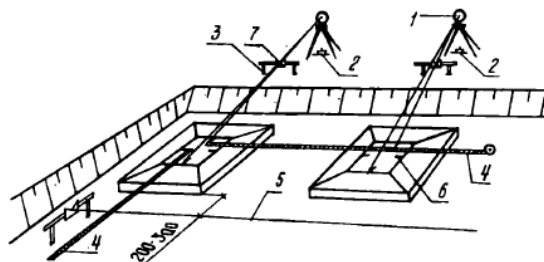


Рис. 3.4.1. Схема перенесения осей фундамента в котлован с помощью теодолита: 1 – теодолит; 2 – створный знак; 3 – обноска; 4 – рулетка; 5 – осевая проволока; 6 – осевая риска; 7 – подвижная марка

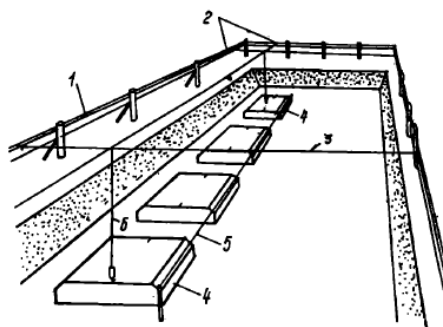


Рис.3.4.2. Схема перенесения разбивочных осей в котлован отвесами: 1- обноска; 2 – риски осей; 3 – осевая проволока; 4 – маячные блоки; 5 – причалка; 6 – отвес

Передачу высот в котлован производят нивелиром непосредственно на дно или по откосам. В глубокие котлованы отметки передают с помощью подвешенной рулетки и двух нивелиров (рис.3.4.3).

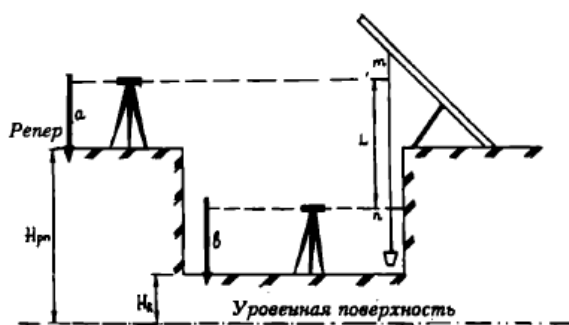


Рис. 3.4.3. Схема перенесения проектной отметки на дно глубокого котлована

Из рис. 3.4.3 видно, что отметка дна котлована:

$$H_k = H_{рп} + a - L - b, \quad (3.4.4)$$

где $H_{рп}$ - отметка репера;

L - длина ленты между линиями визирования нивелиров. [20, с. 63 – 67]

$$L = m - n. \quad (3.4.5)$$

Исполнительная схема котлована представлена в приложении 12.

3.5 РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СООРУЖЕНИИ ФУНДАМЕНТОВ. СОСТАВЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СХЕМ ФУНДАМЕНТОВ

Одной из наиболее ответственных операций строительства является сооружение фундаментов. От качества фундамента будет зависеть устойчивость здания в процессе его эксплуатации. От точности установки фундаментов в соответствии с их проектным положением, от точности установки соответствующих закладных частей в фундаменты во многом будет зависеть точность установки колонн каркаса здания, технологического оборудования и т. д.

Свайные фундаменты состоят из забиваемых в землю свай, по верху которых укладывается железобетонная плита, называемая ростверком. Преимущество свайных фундаментов заключается в уменьшении объема земляных работ при строительстве. [7, с.215-216]

При разбивке свайных фундаментов выносят на дно котлована основные и промежуточные оси. По направлению осей натягивают монтажную проволоку, относительно которой способом прямоугольных координат или промерами по створу определяют положение центров свай и закрепляют их кольями. При забивке свай следят за вертикальностью их погружения. По окончании забивки проводят исполнительную съемку положения свай в плане. Допускаемые отклонения 0,2 – 0,4 величины диаметра свай. Высотное положение свай контролируется методом геометрического нивелирования с применением навесной рейки. В дальнейшем по верху свай устраивают ростверк в виде бетонной или железобетонной плиты, обеспечивающей связь между сваями и равномерную передачу на них нагрузок от здания.

Для продолжения разбивочных работ при возведении надземной части зданий и сооружений знаки, закрепляющие основные оси, устанавливаются внутри здания, на верхней плите фундамента, перенесением их створным методом с противоположных сторон обноски или с помощью теодолита с грунтовых знаков, закрепляющих основные оси с внешней стороны здания. Конструкция этих знаков может быть различной: металлические скобы с накернованным положением оси, обрезки арматуры, металлические штыри и т. д. При строительстве сооружений, требующих повышенной точности геодезических работ, основные оси закрепляются фундаментальными знаками.

Вместе со знаками, закрепляющими плановое положение основных осей внутри здания или сооружения, устанавливают два-три знака высотной опоры – реперы. В качестве репера может служить любой знак плановой опоры, гарантирующий неизменность своего положения по высоте и возможность удобного пользования им или специальные знаки, забетонированные в фундамент здания. Отметки на эти знаки передаются методом геометрического нивелирования относительно пунктов высотной опоры, установленных снаружи здания. [7, с.217-218]

При погружении свай основными факторами, определяющими выбор метода, являются физико-механические свойства грунта, вид свай, глубина погружения, производительность применяемых сваепогружающих установок и свайных погружателей, а также объем свайных работ.

От длины, формы и массы погружаемых свай зависит выбор основных параметров сваепогружающего оборудования. Кроме того, для правильного выбора оборудования следует определить необходимую производительность установки.

Помимо основного условия – максимальной механизации основных и вспомогательных операций – сваепогружающие установки должны иметь небольшую массу, минимальную транспортную высоту и максимальную маневренность, их конструкция должна позволять в короткие сроки выполнять монтаж и демонтаж установки; затраты труда и времени на их обслуживание должны быть минимальными. Большое значение для повышения производительности сваепогружающих установок имеет автоматизация операций.

Тип выбираемой сваепогружающей установки во многом зависит от объема свайных работ. Это объясняется тем, что для копров башенного типа, мостовых сваебойных и некоторых других установок необходимы рельсовые пути, которые целесообразно укладывать только при большом числе погружаемых свай. Кроме того, монтаж копра является более трудоемким процессом, чем подготовка мобильной установки.

Число машин, необходимых для выполнения свайных работ, определяют, исходя из эксплуатационной сменной производительности. [1, с.185-186]

Свайный фундамент будет представлен в виде сплошного свайного поля, которое применяется под расположение тяжелых сооружений со сравнительно небольшими габаритами в плане и распределением по всей площади нагрузками со сваями, расположенными под всем зданием или сооружением. [16, п.8.1.г; 24]

Исполнительная схема свайного фундамента представлена в приложении 13.

3.6 РАЗБИВКА КОММУНИКАЦИЙ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Наряду со строительством зданий и сооружений осуществляют прокладку к ним сооружаемых подземных коммуникаций. [20, с.116] Подземные инженерные коммуникации – это линейные сооружения, служащие для транспортирования жидкостей и газов, передачи энергии и информации. Различают следующие виды подземных сооружений: трубопроводы, кабельные линии и коллекторы.

Трубопроводы бывают самотечные и напорные.

Самотечные трубопроводы отводят загрязненные сточные воды к очистным сооружениям (промышленная и бытовая канализация), атмосферные воды в водоемы (ливневая канализация) и грунтовые воды для понижения их уровня (дренаж). [3, с.85]

Канализация обеспечивает удаление сточных и загрязненных вод на очистные сооружения и далее в ближайшие водоемы. Канализационная сеть состоит из чугунных и железобетонных труб, смотровых и перепадных колодцев, станций перекачки для пониженных частей застройки и других сооружений. Диаметры труб колеблются от 150 до 400 мм. [6, с.252]

Напорные трубопроводы транспортируют под давлением жидкостные и газовые продукты. Их подразделяют на водопровод (хозяйственно-питьевой, противопожарные, промышленный), теплофикацию (водяную и паровую), газопровод (высокого, среднего и низкого давления), а также трубопроводы специального назначения (воздухо-, бензо-, нефте-, кислото-, мазутопроводы и др.).

Кабельные линии разделяются на силовые кабели высокого и низкого напряжения и используются для электротранспорта и освещения: на сети слабого тока – для телефонной, телеграфной связи, радиовещания, телевидения, сигнализации и др.

Коллекторы предназначены для совмещенной прокладки инженерных коммуникации различного назначения (обычно – водопровод, теплофикацию, кабели силовые и связи).

В процессе выполнения геодезических работ, связанных с подземными инженерными сооружениями, следует учитывать следующее:

— подземные коммуникации, как правило, располагают не ближе 2 – 3 м от фундаментов зданий и сооружений: кабели – не ближе 0,5 м. Минимальное расстояние между коммуникациями различного назначения в плане и по высоте составляет 0,5 – 1,0 м;

— допустимые погрешности плановой съемки всех видов коммуникаций примерно одинаковы: 0,10 – 0,15 м. Точность съемки высотного положения зависит от требований к соблюдению проектных отметок и уклонов. В самотечных трубопроводах погрешность отметок допускают не более 5 – 10 мм, в напорных трубопроводах – 30 мм, в остальных – 50 мм;

— изгибы и врезки самотечных сетей оборудуют колодцами;

— на проездах подземные коммуникации должны быть практически параллельны красным линиям застройки;

— вводы в здания водопроводов, теплосети и газопроводов устраивают, как правило, под прямым углом к контуру здания;

— диаметры труб самотечных коммуникаций и теплосети могут изменяться в колодцах, увеличиваясь в направлении от обслуживаемых зданий к коллектору (магистрала). Диаметры напорных труб иногда могут изменять свою величину в межколодезном пролете, но направление увеличения диаметров такое же, как и для самотечных сетей;

— напряжение тока в кабельных линиях может изменяться на трансформаторных подстанциях;

— подземные коммуникации не должны иметь разрывов;

— внешними признаками подземных инженерных коммуникации могут служить сооружения и устройства, располагаемые непосредственно на трубопроводах и кабельных линиях, здания и инженерные комплексы, технологически необходимые для функционирования сетей определенного назначения, микроизменения рельефа, растительного покрова и температуры грунта, вызванные наличием подземных сооружений. [3, с.85]

При проектировании трасс подземных коммуникаций используются топографические планы для выбора направления трассы, а также продольные и поперечные профили, составленные по результатам геометрического нивелирования вдоль выбранного направления трассы.

Для разбивки подземных коммуникаций на местности на основе проектного плана трассы и продольного профиля составляется разбивочный чертеж, на котором показываются оси трассы и схема привязки трассы коммуникации к опорной геодезической сети или к существующей застройке. Кроме того, показываются размеры трассы, координаты углов поворота, координаты центров смотровых колодцев, расстояния между ними и другие данные, относящиеся к укладке подземных коммуникаций в траншее. [7, с.233]

В плане коммуникации разбивают с относительной ошибкой в среднем 1:2000. По высоте наиболее точно устанавливаются самотечные трубопроводы, имеющие, как правило, очень небольшие уклоны, для соблюдения которых проектные отметки лотков в смежных колодцах задают с ошибкой порядка 3 – 5 мм. Уклоны напорных трубопроводов задаются с меньшей точностью (ошибка установки отметок допускается 1 – 2 см). Кабельные линии, если они прокладываются по спланированной поверхности, не требуют высотной разбивки, а глубина траншеи задается от уровня этой поверхности.

Коммуникации на застраиваемой территории в большинстве случаев идут параллельно осям сооружений и проездов и разбиваются от пунктов строительной сетки или полигонометрии, красных линий. Чертеж для разбивки в натуре отдельной коммуникации составляют на основании проектного плана и продольного профиля; на этом чертеже наносят ближайшие пункты геодезической основы и относительно их указывают положение разбиваемого

участка коммуникации с углами поворота, пикетами, колодцами. На углах поворота подписывают координаты, между колодцами – расстояния.

От геодезических пунктов разбивают только углы поворота трассы или узловые колодцы через 300 – 500 м. Все промежуточные колодцы и пикеты определяют в створе этих точек путем отложения соответствующих проектных расстояний. Створ задается теодолитом (в нашем случае тахеометром), расстояния откладывают лентой или дальномером.

При разбивке коммуникаций неизбежны некоторые продольные и поперечные сдвиги отдельных колодцев. Продольные сдвиги меняют расстояние между колодцами и тем самым несколько изменяют проектные уклоны. Однако если эти сдвиги не превышают 0,3 – 0,5 м, то уклоны практически остаются без изменения. Поперечные сдвиги ломают прямолинейную ось коммуникации, чем значительно затрудняют нормальную укладку труб. Кроме того, большие поперечные сдвиги несколько уменьшают расчетный расход. Поэтому к соблюдению прямолинейности трубопровода предъявляются большие требования, чем к продольным сдвигам колодцев. Отклонение положения оси траншей от прямой линии не должно превышать 10 см.

Для производства земляных работ по закрепленной оси коммуникации выполняют детальную разбивку траншеи, закрепляя через 20 м обе ее бровки с указанием глубины выемки. Для канавокопателей целесообразнее разбивать и закреплять параллельную ось, отстоящую от трассы на половину расстояния между внутренними гранями гусениц машины. Особенно тщательно должна быть выполнена разбивка и вырыта траншея на кривых, чтобы при укладке трубопровод, выгнутый по проектному радиусу, не задевал стенок и ложился по оси траншеи.

Грунт в траншее экскаватором недобирают до проектных отметок на величину около 10 см. Затем на колодцах и пикетах строят скамеечные обноски и способом визирок зачищают дно траншеи до проектных отметок.

Обноску устанавливают перпендикулярно к оси трубопровода, а на поворотных колодцах – по биссектрисе угла. От точек крепления трассы на обноску выносят и фиксируют ось траншеи (рис. 3.6.1). Натянув между осевыми точками смежных обносок проволоку и подвесив на нее отвес, имеют возможность проверить плановое положение траншеи.

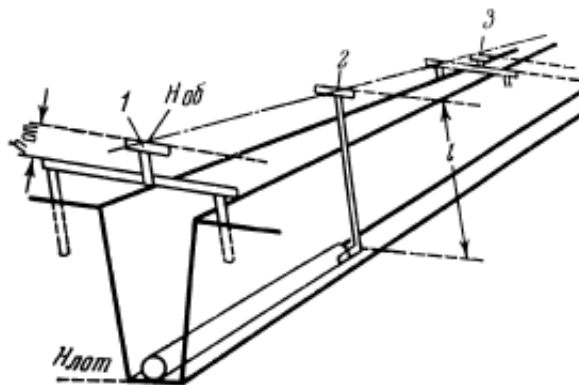


Рис. 3.6.1

Высотная выверка дна траншеи с применением визирок производится следующим образом. Прокладывая нивелирный ход, определяют отметки H_n верхней грани каждой обноски. Из этих отметок вычитают соответствующие проектные отметки $H_{лот}$ дна траншеи (или лотка). По полученным разностям выбирают длину l ходовой визирки (3,00 – 3,50 м). Если затем из этой длины вычесть ранее полученные разности, то определим высоту $h_{оп}$ так называемой опорной визирки на каждой обноске, т. е.

$$h_{оп} = l - (H_n - H_{пр}) . \quad (3.6.1)$$

Для удобства пользования длина ходовой визирки выбирается с таким расчетом, чтобы высота опорных визирок на данном участке была в пределах 0,3 – 1,0 м.

Вычисления выполняют в специальной ведомости.

Согласно данным ведомости заготавливают опорные визирки и устанавливают их на необходимой высоте над уровнем обноски.

Высота опорных визирок над проектной линией дна одинакова для всех пикетов и колодцев и равна принятой длине ходовой визирки, т. е. линия, проходящая через верхние планки двух соседних опорных визирок, параллельна проектной линии дна траншеи. Поэтому если встать около одной из опорных визирок 1 (см. рис. 3.6.1) и, визируя на глаз поверх нее на соседнюю опорную визирку 3, установить строго на линии визирования верхний срез ходовой визирки 2, то пятка последней будет находиться на проектной отметке дна траншеи в этой точке. Перемещая ходовую визирку по дну траншеи через 3 – 5 м, получают проектные отметки, по которым окончательно зачищают дно.

Способ визирок основан на визуальном принципе наблюдений и обеспечивает соблюдение уклонов с точностью порядка 1'; следовательно, при расстояниях между опорными визирками 50 – 100 м проектные отметки могут быть заданы в натуре с ошибками не более 2 – 3 см, что вполне достаточно для земляных работ. На участках вертикальных кривых, где необходимо учитывать поправки за кривизну трассы, способ визирок обычно не применяют, используя для высотной разбивки нивелир.

На законченных участках проводят исполнительную съемку траншеи, проверяют ее прямолинейность и совпадение оси с проектом трассы. Дно траншеи нивелируют, определяя отметки на пикетах и колодцах. Расхождения между полученными и проектными отметками не должны превышать $\pm 2 - 3$ см при условии, чтобы не создавалось обратных уклонов. Это требование соблюдается тщательно при строительстве самотечных трубопроводов малых диаметров, когда трубы кладут непосредственно на дно траншеи. Ливнестоки диаметром 600 мм и более делают железобетонным и укладывают на бетонную подушку.

В глубоких и широких траншеях нивелирование выполняют по дну с передачей отметок через 2 – 3 пикета на бровку для привязки к реперам. Проектные отметки дна неглубоких траншей (2 – 2,5 м) можно выносить с поверхности земли, применяя четырехметровые рейки. Однако в этом случае

при уклонах водосточного коллектора 0,001 и меньше рейки необходимо держать в отвесном положении по выверенному круглому уровню.

Так как ошибка вынесения проектных отметок соседних точек на малых уклонах не должна превышать 2 – 3 мм, то, чтобы обеспечить такую точность, в верхний срез примерно установленного по рейке кола заворачивают шуруп. Ввинчивая или вывинчивая шуруп отверткой, согласно указанию наблюдателя, добиваются, чтобы отсчет по рейке, установленной пяткой на головку шурупа, был равен вычисленному отсчету по проектной отметке, т. е. чтобы отметка головки шурупа была равна проектной отметке. Этот способ получил название способа маяков. По установленным отметкам (маякам) строят небольшую опалубку и бетонируют лоток для укладки труб. Плановое положение труб проверяют по нитяному отвесу, который передвигают по проволоке, соединяющей центры двух соседних обносок.

При устройстве колодцев обращают внимание, чтобы верх крышки колодца соответствовал проектной отметке вертикальной планировки территории.

После окончания укладки труб и строительства колодцев производят исполнительную съемку коммуникации: измеряют расстояние между колодцами и привязывают их к пунктам геодезической сети и к ближайшим точкам ситуации; определяют диаметры уложенных труб; нивелируют лотки и крышки колодцев. На основании этих данных составляют исполнительный план и продольный профиль. [8, с.254-259]

Месторасположение трубопровода (канализации) представлено в приложении 9. Разбивочный чертеж канализации представлен в приложении 14.

Съемка подземных коммуникаций производится для составления специализированных планов, отражающих состояние подземного хозяйства данной территории. Эти планы необходимы для технической инвентаризации коммуникаций при их эксплуатации, а также для решения проектных задач при строительстве и реконструкции сооружений.

Съемка подземных коммуникаций в зависимости от назначения создаваемых планов, характера снимаемой территории и плотности размещения сетей может выполняться в масштабах 1:5000...1:500, а в отдельных случаях, для сложных мест промышленных площадок, – 1:200. На промышленных и городских территориях подземные сети снимают, как правило, в масштабе 1:500. Планы более мелких масштабов являются документами учетно-справочного характера.

Требования к точности плановой съемки всех видов коммуникаций примерно одинаковы. На застроенных территориях средняя квадратическая погрешность в положении отдельных линий между собой и по отношению к контуру сооружений составляет 0,10 – 0,15 м. На незастроенных территориях с редкой сетью коммуникаций эта погрешность может достигать до 0,5 м. Точность высотной съемки коммуникаций зависит от требований к соблюдению проектных отметок и уклонов. Для самотечных трубопроводов погрешность в

отметках лотков соседних колодцев допускают не более 5...10 мм, а отклонение от проектных уклонов – до 10...20% от величины самого уклона.

Процесс съемки подземных коммуникаций можно условно разделить на два этапа: подготовительный и непосредственно съемочный. В подготовительный период производят рекогносцировку сетей на местности, собирают данные о числе прокладок, колодцев, о размерах диаметров и материале труб, давлении в газовых и напряжении в кабельных сетях и другие инженерные сведения, которые должны быть отражены на плане подземных коммуникаций. В этот же период на участке съемки создают планово-высотное геодезическое обоснование, если оно отсутствует или недостаточно по частоте расположения имеющихся пунктов.

Непосредственно съемку подземной коммуникации производят после отыскания (определения местоположения) всех ее элементов на местности. Самый простой случай – когда производится исполнительная съемка уложенной подземной коммуникации в незасыпанной траншее, т.е. сразу же после окончания.

Для уже эксплуатируемых сетей при отсутствии исполнительной документации применяют метод шурфования, т.е. роют глубокие поперечные траншеи (шурфы) на таком расстоянии одна от другой, чтобы можно было с достаточной достоверностью выявить и определить положение всех необходимых коммуникаций. В последнее время для выявления местоположения подземных коммуникаций применяют специальные индуктивные приборы – трубокабелеискатели.

При съемке на застроенной территории плановое положение всех видов подземных сетей и относящихся к ним сооружений определяют от пунктов геодезических сетей и от постоянных точек капитальной застройки, на незастроенной территории – от пунктов геодезических сетей. Горизонтальную съемку от пунктов геодезических сетей выполняют всеми известными способами: линейных, угловых и створных засечек, полярным, перпендикуляров и др.; от точек капитальной застройки – линейными засечками, способами перпендикуляров и створов.

Линейные засечки выполняют не менее чем от трех точек, длина их не должна превышать длины мерного прибора, углы засечек при определяемой точке должны быть не менее 30° и не более 120° .

Длина перпендикуляров не должна быть более 4 м при применении эскера – 20 м.

При полярном способе углы измеряются теодолитом (тахеометром) при одном положении вертикального круга, длина полярного направления не должна превышать 30 м.

При всех способах съемки точек подземной коммуникации обязательно производят контрольные измерения расстояний между ними.

Точки подземной коммуникации, расположенной в траншее, при съемке выносят на поверхность земли отвесом.

При съемке колодцев и камер производят обмер внутренних и внешних габаритных размеров, отдельных конструктивных элементов, расположения труб с привязкой к отвесной линии, проходящей через центр крышки колодца.

Высотное положение подземных сетей и сооружений определяют в основном техническим нивелированием. Нивелируют люки всех колодцев, лотки канализационных, водосточных и дренажных каналов, верх труб и пол каналов теплофикации, телефонной и электрокабельной сетей; в бесколодезных прокладках – углы поворота трассы и точки излома профиля.

После обработки полевых материалов результаты съемки подземных коммуникаций с подробной их инженерной характеристикой отображаются на топографическом плане соответствующего масштаба. Дополнительно составляются продольные профили отдельных видов подземных коммуникаций.

Основой для составления исполнительных чертежей построенных коммуникаций служат копии согласованного проекта в масштабе 1:500 или план этого же масштаба, составленный по результатам съемки полосы трассы, составляющей не менее 20 м в обе стороны от ее оси.[6, с.256-258]

4 ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗВЕДЕНИЯ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрим геодезические работы при строительстве панельных зданий.

Геодезические работы при возведении надземных частей сборных зданий заключаются в разметке ориентирных рисок для установки (монтажа) крупноразмерных элементов и выносе высотных отметок (уровней) монтажного горизонта.

При возведении крупнопанельных зданий с продольными несущими стенами наносят ориентирные риски для установки панелей стен, лестнично-лифтовых узлов и других элементов. Наносятся риски на верхних поверхностях перекрытий над смонтированными ниже этажами.

Ориентирные риски для наружных стен размечают с внутренней стороны корпуса, средние продольные оси – со стороны, противоположной лестнично-лифтовому узлу, а для стенок жесткости – с любой стороны. Во всех случаях ориентирные риски размечают единообразно на всех этажах. Ориентирные и контрольные ориентирные риски наносят по три для каждой монтируемой панели: две в продольном и одну в поперечном направлениях.

Для зданий с поперечными внутренними несущими стенами направление разметки выбирают от габаритных осей к середине корпуса.

Разметку производят нарастающим итогом от начала разбивки с обязательным контрольным промером всех расстояний.

До установки панелей стен по высотным отметкам по результатам нивелирования выравнивают монтажный горизонт. Для этого нивелируют все опорные плоскости, на которые будут устанавливаться панели стен. Отметки определяют не менее чем в двух точках под каждую панель. Нивелирную рейку устанавливают таким образом, чтобы определялась наивысшая точка опорной плоскости (обычно стыки смежных перекрытий или перекрытий и наружных стен). Отметку наивысшей точки монтажного горизонта увеличивают на минимальную толщину растворной постели и по найденной отметке раствором выравнивают монтажный горизонт. Для этого из небольших порций раствора устраивают маяки *1* (рис. 4.1), которые служат уровнями для расстилаемого раствора.

Положение панелей в нижнем сечении относительно осей (рис. 4.2) выверяют, совмещая боковую и торцовую грани с ориентирными рисками *7*. С контрольными ориентирными рисками совмещают монтажные уголки или *T* – образные упоры *6*, при этом совмещают продольную и торцовую грани с щечками *10* уголков или упоров.

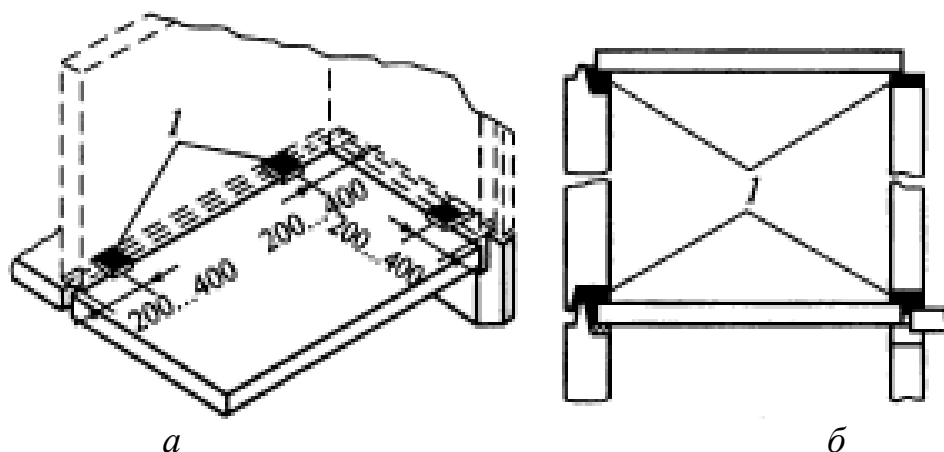


Рис. 4.1. Выравнивание монтажного горизонта; *а* – установка маяков под панели; *б* – выравнивание стен и перекрытий; *I* – маяки

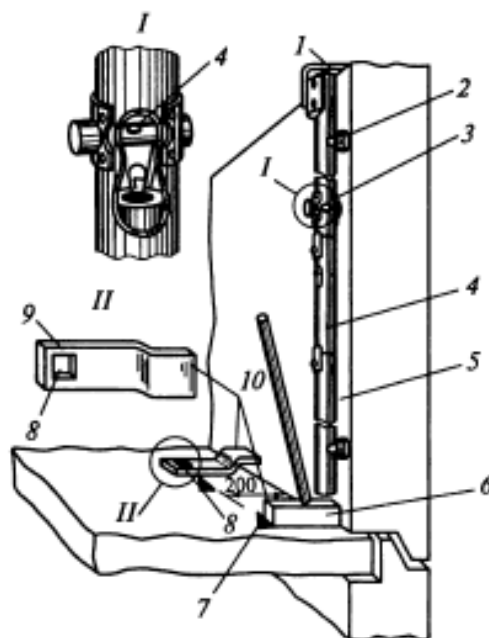


Рис. 4.2. Выверка панелей в нижнем сечении относительно осей: *I* – скоба; 2 – упор; 3 – уровень; 4 – дюралюминиевая труба; 5 – выверяемая панель; 6 – Т-образный упор; 7 – ориентирная риска; 8 – окно; 9 – установочная риска; 10 – щечки уголка и упора

В отвесном положении панели наружных и внутренних стен временно закрепляют и выверяют с помощью индивидуального или группового монтажного оснащения.

При выверке панелей стен в отвесном положении (рис. 4.3) с помощью индивидуального оснащения – телескопических подкосов *I* по низу панелей – ориентируются упорами 5. Отвесность панелей стен проверяют рейкой с уровнем или рейкой-отвесом 2.

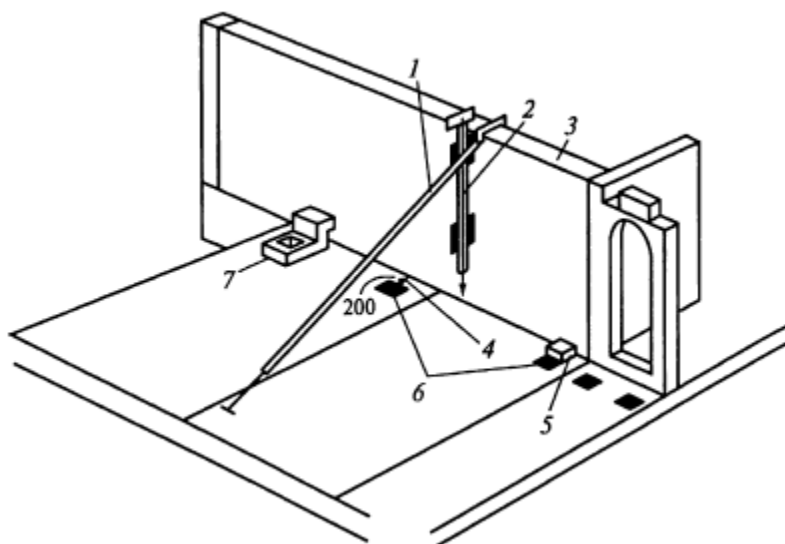


Рис. 4.3. Выверка панелей в отвесном положении: 1 – телескопический подкос; 2 – рейка-отвес; 3 – выверяемая панель; 4 – ориентирные риски; 5 – упор; 6 – окно; 7 – уголок

Выверку с применением группового монтажного оснащения (рис. 4.4) выполняют тремя горизонтальными связями 1 — двумя сверху и одной снизу (в проеме для пропуска коммуникаций). Проектное положение (расстояние D_0) несущих панелей внутренней стены 4 фиксируют по их геометрическим осям, начиная от базовой панели 2, которую выверяют обычными способами. Возможное отклонение компенсируют тем, что расстояние между захватками всегда сохраняется равным проектному. Щечки 5 вилочных захватов зажимают панель 4 с обеих сторон.

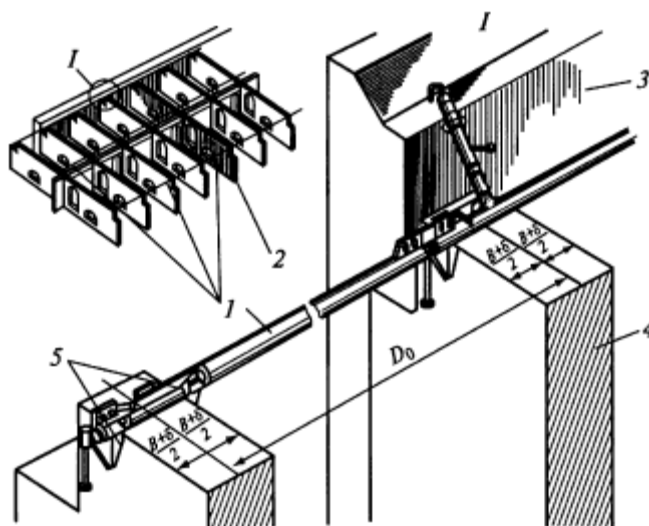


Рис. 4.4. Групповое монтажное оснащение: 1 – горизонтальная связь; 2 – базовая панель; 3 – панель наружной стены; 4 – панель внутренней стены; 5 – щечки вилочного захвата; $B + \delta$ – половина толщины панели и погрешность изготовления панели; B – толщина панели; D_0 – проектное расстояние между осями панели

Для разметки ориентиров и выверки панелей стен применяют шаблоны, позволяющие получить на монтажном горизонте ориентирные риски под установку низа панелей стен по металлической ленте. Используют и другие комплекты монтажной оснастки, правила применения которой приведены в инструкциях и должны быть изучены до начала работы. Любую монтажную оснастку перед применением проверяют – измеряют расстояния между ориентирами на шаблонах и сравнивают их с проектными.

При исполнительной съемке в плане в крупнопанельных зданиях фиксируют все отклонения наружных стен, лифтовых шахт и стенок жесткости от их проектного положения. В зданиях с продольными несущими стенами определяют точность монтажа панелей стен по продольным осям, в зданиях с поперечными несущими стенами – по поперечным осям. Измерения производят на каждом этаже. [6, с.278-280]

ВЫВОД

В данном курсовом проекте были рассмотрены геодезические работы, обеспечивающие строительство промышленного сооружения. Проведен выбор участка местности, отведенного под строительство комбината искусственного волокна с учетом его промышленных особенностей. Рассмотрен комплекс работ, направленных на вынос данного объекта в натуру: проектирование, разбивка и вынос в натуру строительной сетки; разбивка промышленного сооружения, включающая в себя составление разбивочного чертежа здания, разбивку и закрепление на местности его осей; в зависимости от типа здания (возведение панельного здания), произведен выбор типа фундамента и геодезические работы при возведении надземной части сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атаев С. С., Данилов Н. Н., Прыкин Б. В. и др. Технология строительного производства: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1984. – 559 с., ил.
2. Богомолова Е. С., Брынь М. Я., Грузинов В. В., Коугия В. А., Полетаев В. А. Инженерная геодезия. Учебное пособие, часть I / под ред. Коугия В. А. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2006.
3. Богомолова Е. С., Брынь М. Я., Коугия В. А., Малковский О. Н., Полетаев В. И., Сергеев О. П., Толстов Е. Г. Инженерная геодезия: учебное пособие. Часть II / под ред. Коугия В. А. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2008. – 93 с.
4. Зуева Л. Ф. Основы инженерных изысканий: Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-56 02 01 «Геодезия» / Сост. и под общ. ред. Зуевой Л. Ф. – Новополюк: ПГУ, 2004. – 208 с.
5. Зуева Л. Ф. Прикладная геодезия: Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-56 02 01 «Геодезия» в 2-х ч. Часть 1/ Сост. и общ. ред. Л.Ф. Зуевой. – Новополюк: ПГУ, 2006. - 331 с.
6. Ключин Е. Б., Киселев М. И., Михелев Д. Ш., Фельдман В. Д. Инженерная геодезия: Учебник для вузов / под ред. Михелева Д. Ш. – 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
7. Кулешов Д. А., Стрельников Г. Е. Инженерная геодезия для строителей. – М.: Недра 1990 .
8. Левчук Г. П., Новак В. Е., Конусов В. Г. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. Учебник для вузов. – М.: Недра 1981, 438 с.
9. Лысов Г. Ф. Геодезические работы на строительной площадке: Справочное пособие. – М.: Недра, 1988. 96с.,ил.
10. Методические указания к выполнению лабораторных работ «Предрасчет точности геодезических сетей на персональном компьютере» для студ. спец. 1-56 02 01 - «Геодезия» – Новополюк: ПГУ, 2008.
11. Михаленко Е. Б., Беляев Н. Д., Вилькевич В. В., Духовской Ф. Н., Загрядская Н. Н., Смирнов А. А. Инженерная геодезия. Геодезические развочные работы / Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 67с.
12. Михаленко Е. Б., Загрядская Н. Н., Беляев Н. Д., Вилькевич В. В., Духовской Ф. Н., Смирнов А. А. Инженерная геодезия. Геодезические развочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 88 с.
13. Национальный атлас Республики Беларусь.
14. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей. Текст документа сверен по: проивзодственно-практическое издание / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1993.

