

Глава 4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ К ПЕРЕНЕСЕНИЮ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА НА МЕСТНОСТЬ

4.1. Назначение и организация разбивочных работ

4.1.1. Общие положения

Одним из основных видов инженерно-геодезической деятельности являются разбивочные работы. Выполняют их для определения на местности планового и высотного положения характерных точек и плоскостей строящегося сооружения в соответствии с рабочими чертежами проекта.

Разбивочные работы диаметрально противоположны съемочным. При съемке на основании натуральных измерений определяют координаты точек относительно пунктов опорной сети. Точность этих измерений зависит от масштаба съемки. При разбивке же, наоборот, по координатам, указанным в проекте, находят на местности положение точек сооружения с заранее заданной точностью. При разбивочных работах углы, расстояния и превышения не измеряют, а откладывают на местности. В этом основная особенность разбивочных работ [8].

Компоновка сооружения определяется его геометрией, которая задается осями. При строительстве различают главные, основные и промежуточные (детальные, вспомогательные) оси сооружения. Все оси по ГОСТ 22268-76 [7] относят к *разбивочным*¹. Относительно разбивочных осей в рабочих чертежах указывают местоположение всех элементов сооружения.

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. 4.1). Главные оси разбивают для больших сооружений.

Основными называют оси, определяющие форму и габариты зданий и сооружений.

¹ *Разбивочная ось* – ось сооружения, по отношению к которой в разбивочных чертежах указываются данные для выноса в натуру сооружения или отдельных частей [7].

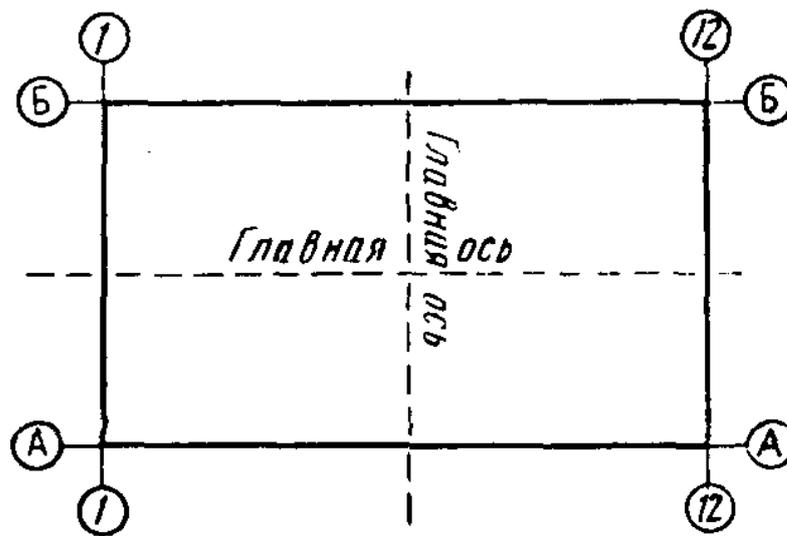


Рис. 4.1. Главные и основные оси здания

На рис. 4.2. основными осями являются линии (1–1, 8–8, А–А и 3–3), образующие внешний контур здания.

Вспомогательные оси – это оси отдельных элементов зданий, сооружений. Они обозначают положение и размеры строительных деталей и конструкций.

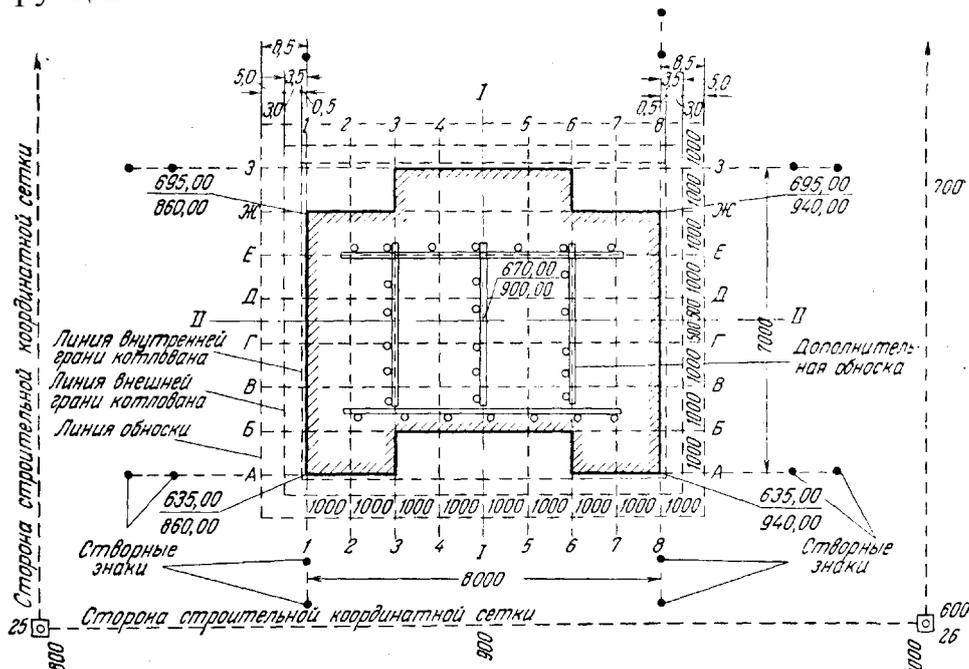


Рис. 4.2. К детальной разбивке зданий и сооружений [1]

На строительных чертежах разбивочные оси зданий и сооружений имеют вид штрихпунктирных линий, которые обозначают арабскими цифрами и заглавными буквами русского алфавита в кружках диаметром 6–12 мм. Обычно не используют буквы З, И, О, Х, Ы, Ь, Ь. Оси подписывают слева направо и снизу вверх [8]. Все обозначения осей располагаются на чертежах снизу и слева. На рис 4.3. показаны оси свайного поля.

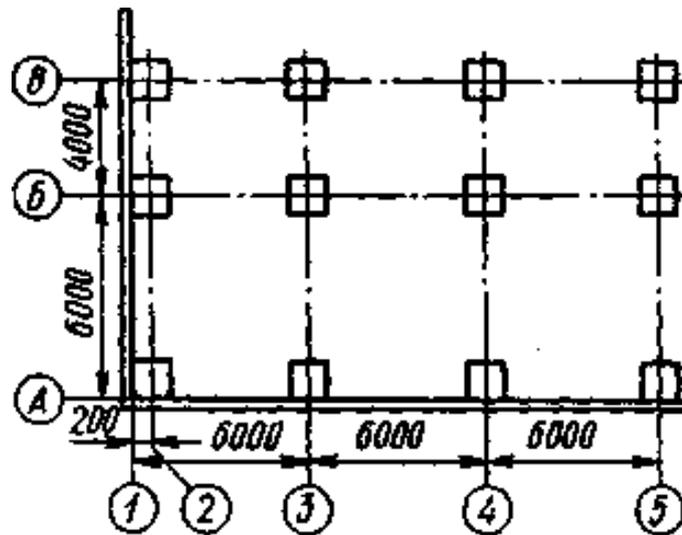


Рис. 4.3. Маркировка осей на чертеже [34]

Высоты плоскостей и отдельных точек проекта на строительных чертежах задают от условной поверхности – строительного ноля (рис. 4.4). Для каждого сооружения условная поверхность соответствует определенной абсолютной отметке, которая указывается в проекте (рис. 4.5).

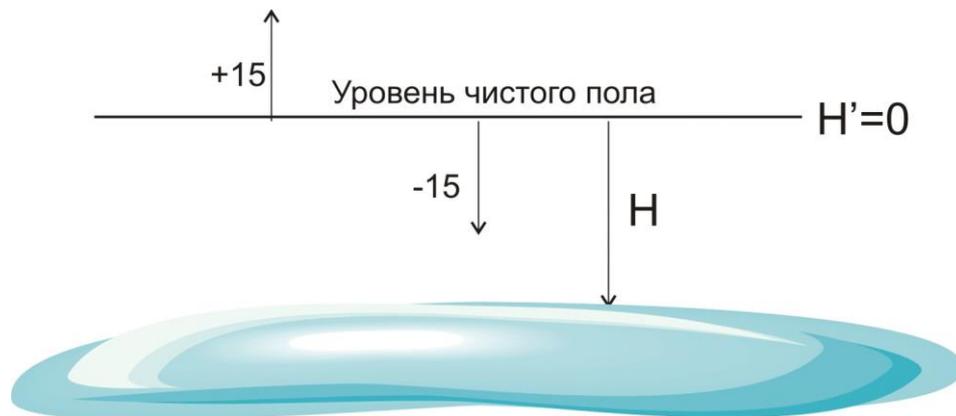


Рис. 4.4. Задание условной поверхности

В зданиях за строительный ноль принимают уровень «чистого пола» первого этажа. Высоты относительно нулевой отметки обозначают следующим образом: вверх – со знаком «плюс», вниз – со знаком «минус» [8]. В этом случае отметки для подвальных помещений будут отрицательными. На рис. 4.6 показана схема изображения отметок на чертеже фасада здания.

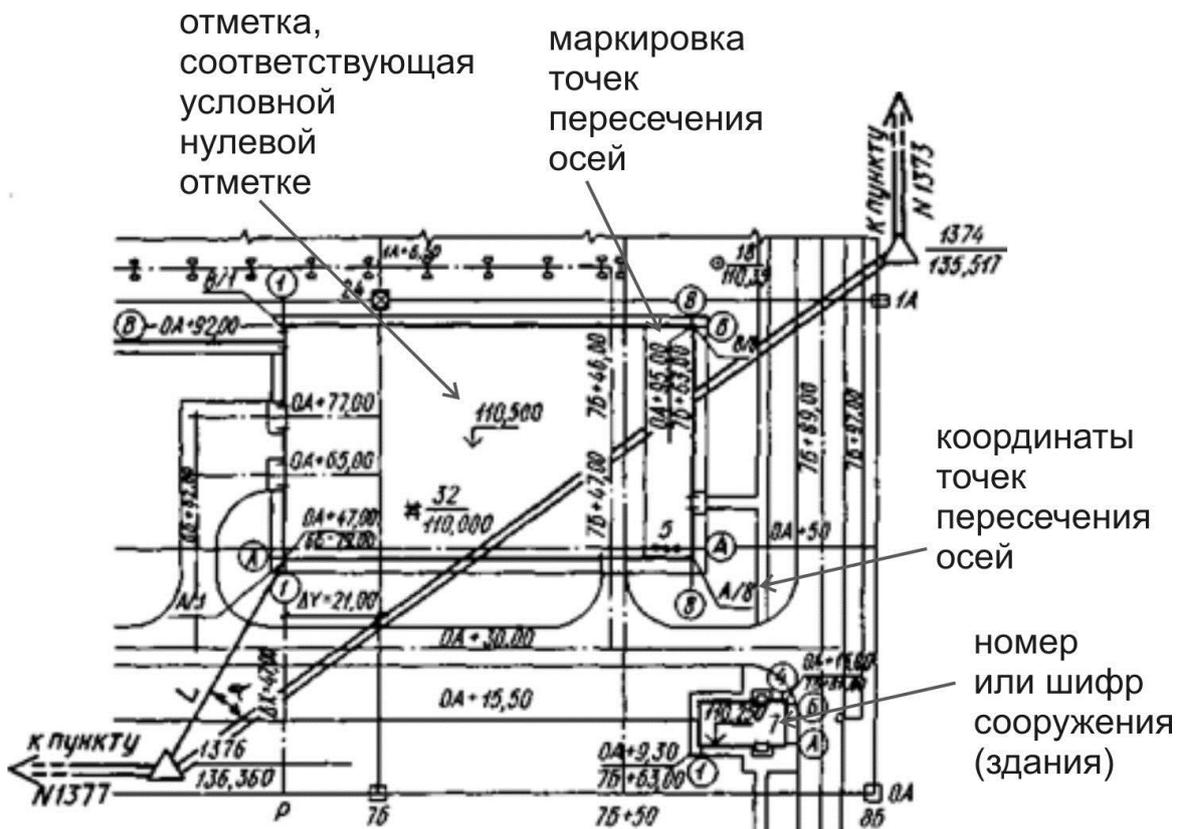


Рис. 4.5. Разбивочный чертеж [34]

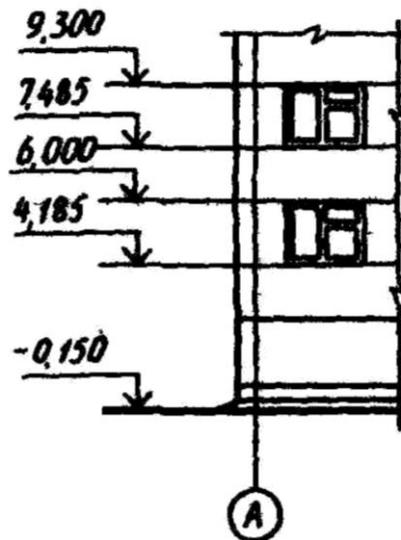


Рис. 4.6. Отметки на чертеже фасада здания [34]

На разбивочных чертежах указывают исходные данные для геодезических разбивочных работ здания или сооружения (рис. 4.5): знаки плановой и высотной геодезической основы и аналитические данные для разбивки – углы α и расстояния L . Указанные в проекте сооружения координаты, углы, расстояния и превышения называют *проектными*.

Рядом с контуром здания (сооружения) показывают его номер или шифр (например №7 на рис. 4.6), координаты точек пересечения осей сооружений 1/A и их маркировку относительно строительной сетки $\frac{0A+47,00}{6B+79,00}$, отметку (110,500), соответствующую условной нулевой отметке. Для

концентрических сооружений указывают координаты центра и одной характерной точки, для трасс подземных коммуникаций – координаты начала и конца, колодцев, всех углов поворота и т.д. [34].

Показать места расположения элементов сооружения по отношению к разбивочным осям можно, указывая марки осей, например: колонна на пересечении осей В–8, подземная трасса на участке между осями 5–27.

Поскольку каждое здание на чертеже имеет самостоятельную маркировку осей, на одном разбивочном чертеже могут размещаться здания и сооружения с одинаковой маркировкой.

Весь процесс разбивки сооружения определяется *общим геодезическим правилом перехода от общего к частному*. Разбивка главных и основных осей определяет положение всего сооружения на местности, т. е. его размеры и ориентирование относительно сторон света и существующих контуров местности. Детальная же разбивка определяет взаимное положение отдельных элементов и конструкций сооружения [8].

Рабочие чертежи состоят из комплектов. Каждому комплекту присваивают наименование и марку, например, «Генеральный план и сооружения транспорта» (ГТ), «Архитектурно-строительные решения» (АС), «Конструкции железобетонные» (КЖ), «Конструкции металлические» (КМ) и др. [34].

Комплект рабочих чертежей марки ГТ включает в себя чертежи, выполняемые на топографической основе: ситуационный план, генеральный план, план подземных коммуникаций, план земляных работ и др.

В состав чертежей АС входят планы основных зданий, разрезы с изображением основных конструкций, планы трасс и профилей подъемных коммуникаций, планы осей, этажей, ярусов, разрезы, фасады, а также привязка всех элементов к осям [34].

Разделы проекта организации строительства (ПОС) и производства работ (ППР) включают в себя основные чертежи по организации и технологии геодезических разбивочных и выверочных работ. В ПОС и его геодезической части – проекте организации геодезических работ (ПОГР) – приводят схемы построения геодезической основы, проектируют организацию работ и точность ее осуществления. В ППР и его геодезической части – проекте производства геодезических работ (ППГР) – приводят основную технологию производства геодезических работ в процессе осуществления проекта [34].

4.1.2. Этапы разбивочных работ

Организация и технология разбивочных работ определяется этапом строительства сооружения. В подготовительный период (на этапе изысканий) на местности строят плановую и высотную геодезическую разбивочную основу соответствующей точности, определяют координаты и отметки пунктов этой основы. Геодезическая подготовка проекта для перенесения его в натуру выполняется на этапе проектирования. Непосредственная разбивка

сооружений на этапе строительства включает основные и детальные разбивочные работы (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Технология разбивочных работ

Основные разбивочные работы включают определение на местности положения главных осей и строительного ноля возводимого сооружения (рис. 4.8).

Детальные разбивочные работы состоят в определении планового и высотного положения всех частей возводимого сооружения, которые определяют и задают геометрическую форму этого сооружения. Эти работы ведутся от ранее вынесенных в натуру главных осей сооружения путем разбивки основных и вспомогательных осей, характерных точек и контурных линий, определяющих положение всех деталей сооружения (рис. 4.9).

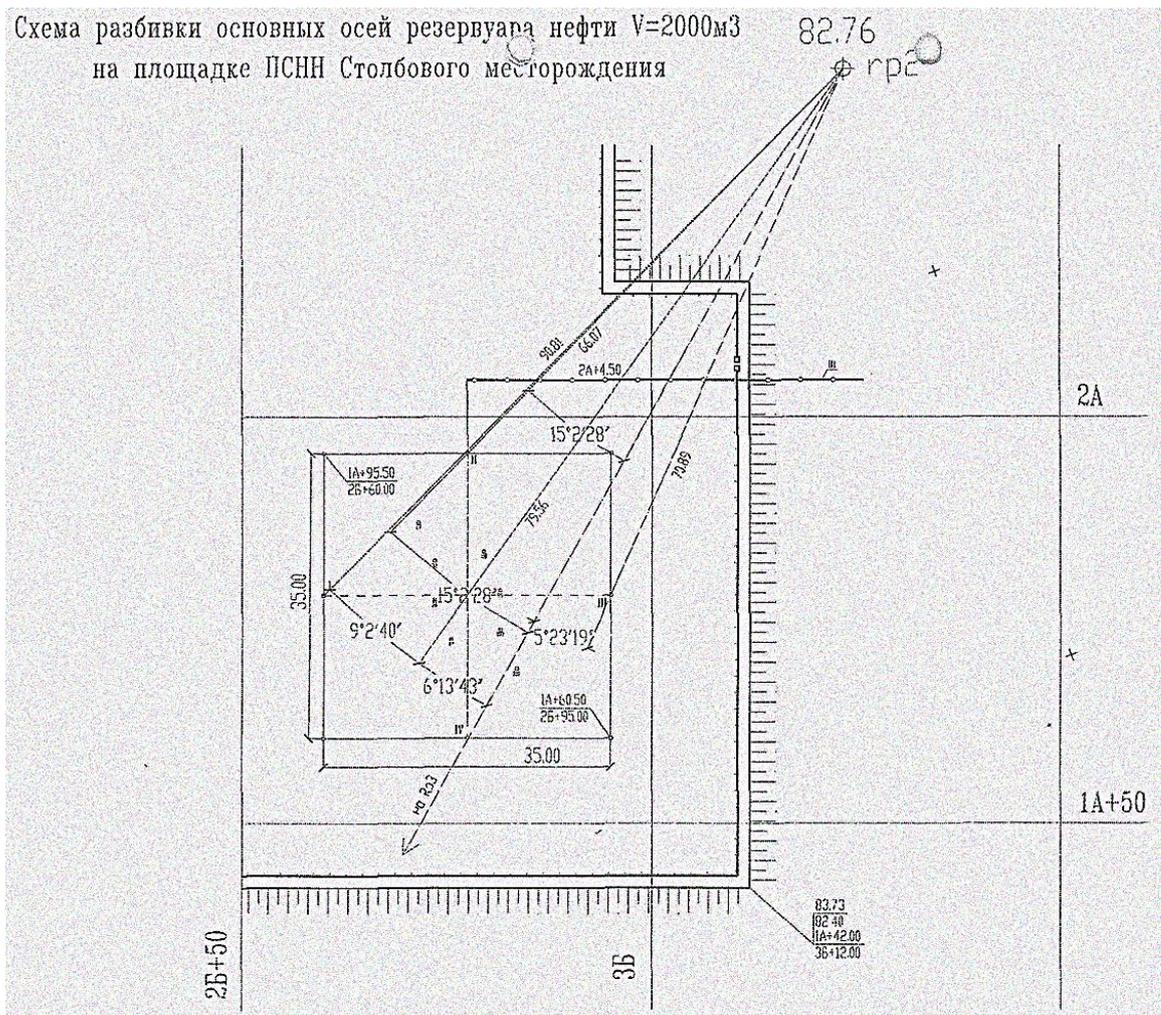


Рис. 4.8. Схема разбивки главных осей резервуара нефти

При разбивке сооружений соблюдается основной принцип производства геодезических работ «от общего к частному»; однако необходимая точность этих работ повышается от первого этапа к третьему. Разбивка главных осей, задающих лишь общее положение и ориентировку сооружения в целом, производится наименее точно (3–5 см и грубее) [8]. Детальная разбивка, определяющая взаимное расположение элементов сооружения, производится значительно точнее (средняя квадратическая ошибка 2–3 мм и точнее [8]).

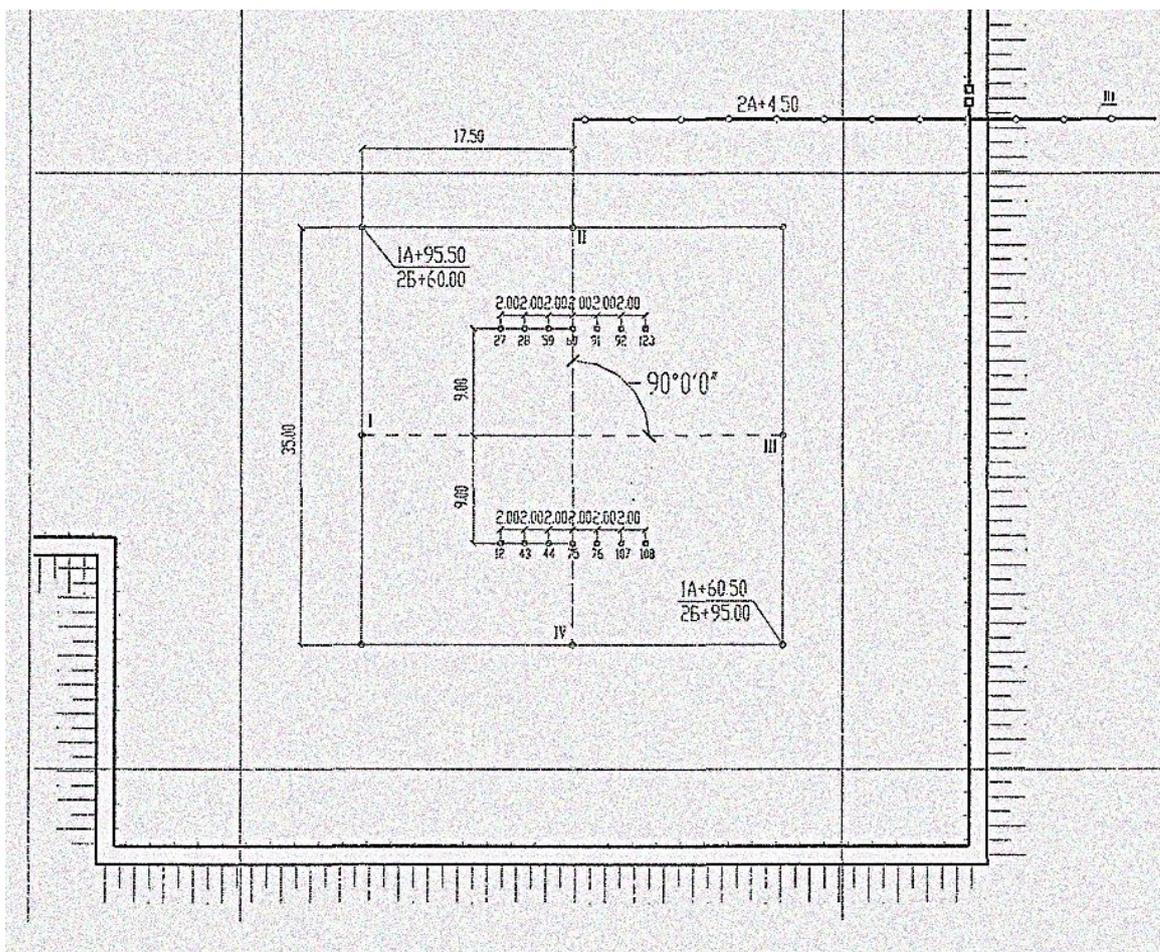


Рис. 4.9. Схема разбивки детальных осей резервуара нефти

С наибольшей точностью геодезических измерений (1–0,1 мм и точнее) разбиваются и закрепляются монтажные (технологические) оси и устанавливается в проектное положение технологическое оборудование.

При проведении разбивочных работ производят различные геодезические измерения, в т.ч. свойственные только разбивочным работам: построение проектных горизонтального угла, длины, превышения, створа, наклонного направления, наклонной плоскости, отвесного направления и отвесной плоскости.

Согласно ВСН 012-88 после выполнения разбивочных работ сдается Акт на закрепление трассы (площадки) по установленной форме (рис. 4.10).

ОАО

Основание: РСН 012-88 (Часть II)
Машиностроитель
ПСНН Столбового месторождения
резервуар нефти V-2000м³

АКТ №

**на закрепление трассы (площадки)
от " 28 " октября 2010 г.**

Составил _____
ведущий геодезист ЗАО _____
(фамилия, имя, отчество, полностью)

руководитель проекта ЗАО « _____ » (Западно-Сибирский филиал)
(фамилия, имя, отчество, полностью)

В том, что закрепление основных осей резервуара нефти V-2000м³ и свай: № 32, 36, 47, 88, 99, 103, 27, 108 подлежащих динамическому испытанию, № 27, 108 подлежащих статическому испытанию, на площадке пункта сбора и налива нефти Столбового месторождения, произведено согласно "Исполнительным о порядке закрепления и сдачи заказчиком трасс магистральных трубопроводов, площадок жилищного строительства и внеплощадочных коммуникаций", рабочим чертежом и СПНП 3.01.03-84.

Центр резервуара нефти V-2000м³, осевые оси I, II, III, IV и оси свай № 32, 36, 47, 88, 99, 103, 27, 108 на площадке пункта сбора и налива нефти Столбового месторождения закреплены деревянными кольчужками и обозначены вепками. В районе площадки резервуара находятся 2 временных репера. К северо-востоку от центра проектного резервуара 79,56м-Rp2 82.76, к северо-западу от центра проектного резервуара в районе вертолетной площадки 124,08м-Rp3 83.00
Приложение: 1) схема разбивки основных осей резервуара V-2000м³,
2) схема разбивки свайного поля по осям свай 12-27, 28-43, 44-59, 60-75, 76-91, 92-107, 108-123.

Сдал:

Ведущий геодезист
ЗАО

(фамилия, полностью) _____ е 28 октября 2010г
(подпись) (дата)

Принял:

руководитель проекта
ЗАО
Западно-сибирский филиал

(фамилия, полностью) _____ е 28 октября 2010г
(подпись) (дата)

Рис. 4.10. Акт на закрепление основных осей резервуара нефти

4.2. Геодезическая подготовка данных

Перед выносом на местность проекта инженерного сооружения выполняют *специальную геодезическую подготовку*, состоящую из нескольких этапов (рис. 4.11) [17, 18].



Рис.4.11. Этапы геодезической подготовки проекта

Расчёты проектных данных. На разбивочных чертежах приводятся числовые данные, определяющие положение основных точек сооружений (координаты, отметки, расстояния, уклоны, элементы угловых и линейных построений). Для расчёта 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 [8].

Геодезическая привязка проекта. Привязкой проекта называют расчеты геодезических данных (разбивочных элементов), по которым выносят его в натуру от пунктов разбивочной геодезической основы или опорных капитальных строений. *Разбивочными элементами служат расстояния, углы и превышения*, выбор и расчет которых зависят от принятого способа разбивки [8].

Составление разбивочных чертежей. Результаты геодезической подготовки проекта отображают на разбивочных чертежах масштабов 1:500–1:2000, а иногда и крупнее в зависимости от сложности сооружения или его элементов, которые выносятся в натуру. На разбивочном чертеже показывают:

- контуры выносимых зданий и сооружений;
- их размеры и расположение осей;
- пункты разбивочной основы, от которых производится разбивка;
- разбивочные элементы, значения которых подписываются прямо на чертеже.

Составление проекта производства геодезических работ (ППГР). Для обеспечения точности и своевременности выполнения геодезических работ на строительной площадке составляют специальный проект. В проекте производства геодезических работ (ППГР), который является составной частью общестроительного проекта, рассматриваются: построение исходной разбивочной основы; организация и выполнение разбивочных работ, исполнительных съемок; применение соответствующих приборов для обеспечения требуемой точности измерений и другие вопросы, зависящие от конкретного объекта и условий его строительства [8].

Различают три способа расчётов при геодезической подготовке проекта: аналитический, графо-аналитический и графический.

Графический способ заключается в определении разбивочных данных (координат, расстояний, углов и отметок) непосредственно по плану. Длины линейных отрезков определяют циркулем-измерителем и масштабной линейкой, углы замеряют с помощью топографического транспортира. Этот способ применяется в случаях, когда не требуется высокой точности исходных данных для разбивок.

При *аналитическом способе* все данные для разбивки находят путем математических вычислений, причем координаты существующих зданий и сооружений определяют непосредственно геодезическими измерениями в натуре, а размеры элементов проекта задают, исходя из технологических расчетов. Этот способ применяют в основном при реконструкции и расширении предприятий, в стесненных условиях застройки.

Графо-аналитический способ подготовки данных является более оперативным и в большинстве случаев обеспечивает достаточную точность, поэтому он широко применяется в строительной практике.

При использовании данного способа координаты осевых точек сооружений определяют графически с генплана застройки, координаты пунктов опорной сети выбирают из ведомостей или каталогов, а дирекционные углы направлений и расстояния вычисляют по формулам обратной геодезической задачи.

Применение *графо-аналитического способа* для вычисления координат сооружения заключается в том, что положение исходных точек определяют графически с топографического плана, а остальных точек, жестко связанных с исходными, – аналитически. Например, для определения положения здания на местности по топографическому плану находят координаты одного из углов здания и дирекционное направление на другой угол. Далее по проектным размерам вычисляют координаты всех остальных углов здания.

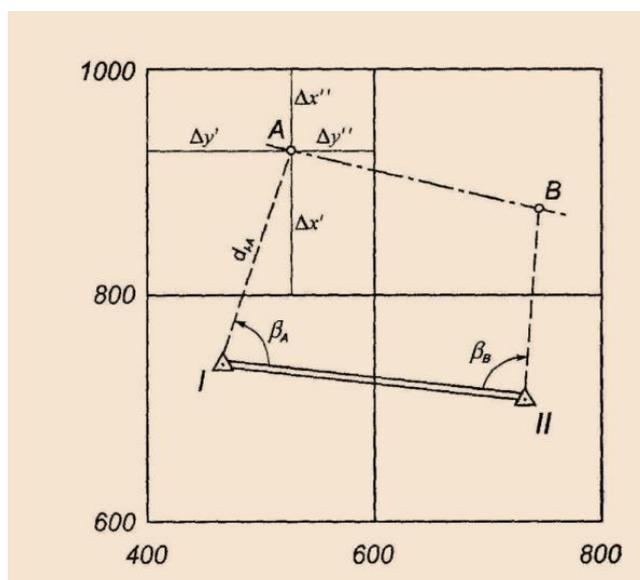


Рис. 4.12. Графо-аналитический способ [18]

Для снижения погрешностей за счёт деформации бумаги координаты проектных точек (например точка А рис. 4.12) определяют следующим образом [18].

Через точку А проводят линии, параллельные сторонам координатной сетки. Измеряют по плану с помощью циркуля и поперечного масштаба отрезки $\Delta x'$ и $\Delta x''$, $\Delta y'$ и $\Delta y''$.

Вычисляют координаты точки А по формулам:

$$x_A = x'_A + \frac{S_0}{\Delta x' + \Delta x''} \Delta x', \quad y_A = y'_A + \frac{S_0}{\Delta y' + \Delta y''} \Delta y', \quad (4.1)$$

где S_0 – теоретическая длина стороны квадрата координатной сетки; x'_A, y'_A – координаты юго-западного угла квадрата, в котором находится точка А.

Аналогично определяют координаты точки В.

По найденным координатам точек А и В осей сооружений находят расстояния от точек опорной сети до искомым точек, дирекционные углы и разбивочные углы при опорных пунктах (обратная геодезическая задача) (рис. 4.12):

$$\operatorname{tg} \alpha_{I-A} = \frac{y_A - y_I}{x_A - x_I}; \quad \alpha_{I-A} = \dots; \quad \beta_A = \alpha_{I-II} - \alpha_{I-A}; \quad (4.2)$$

$$d_{I-A} = \frac{y_A - y_I}{\sin \alpha_{I-A}} = \frac{x_A - x_I}{\cos \alpha_{I-A}} = \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}. \quad (4.3)$$

В дальнейшем перенесение в натуру осевых точек может быть выполнено построением полярных углов β_A, β_B с помощью теодолита и отложением полярных расстояний d_{I-A}, d_{II-B} от исходных пунктов до искомым точек А и В.

Для выноса проекта в натуру независимо от способа проектирования все его геометрические элементы должны быть строго увязаны математически между собой и с имеющимися на площадке капитальными зданиями и сооружениями. Это необходимо для устранения влияния на точность разбивочных работ ошибок в принятых для проектирования исходных данных (координатах, высотах, длинах линий), особенно взятых графически с плана.

При аналитическом расчете проекта решается ряд типовых геодезических задач [8]. Наиболее распространенными являются прямая и обратная геодезические задачи.

Часто возникает необходимость определить координаты точки пересечения двух прямолинейных отрезков АВ и CD, заданных координатами $x_A, y_A; x_B, y_B; x_C, y_C; x_D, y_D$. Для этого используют формулы

$$x_0 = x_A + \frac{m}{\lambda - \mu}; \quad y_0 = y_A + \lambda \frac{m}{\lambda - \mu}, \quad (4.4)$$

где

$$\lambda = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \operatorname{tg} \alpha_{AB}; \quad \mu = \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C} \operatorname{tg} \alpha_{CD}; \quad m = (y_C - y_A) - \mu (x_C - x_A). \quad (4.5)$$

Угол между двумя прямыми AB и CD , заданными координатами концов, определяется как разность дирекционных углов α этих линий

$$\beta = \alpha_{AB} - \alpha_{CD}, \quad (4.6)$$

где α_{AB} и α_{CD} определяются, используя формулы решения обратной геодезической задачи.

Координаты точки K пересечения прямой AB и круговой кривой радиуса R вычисляются следующим образом. Если известны координаты точек A , B и центра O кривой, то по формулам решения обратной геодезической задачи находят дирекционные углы α_{AO} , α_{AB} и длину S_{AO} . Сторону S_{AK} вычисляют по формуле

$$S_{AK} = R \frac{\sin \gamma}{\sin(\alpha_{AB} - \alpha_{AO})}, \quad (4.7)$$

где

$$\gamma = 180^\circ - \arcsin \left[\frac{S_{AB}}{R} \sin(\alpha_{AB} - \alpha_{AO}) \right] - (\alpha_{AB} - \alpha_{AO}). \quad (4.8)$$

Используя координаты точки A , длину S_{AK} и дирекционный угол $\alpha_{AK} = \alpha_{AB}$, определяют координаты точки K [8].

Кроме приведенных, решают задачи по определению уравнений линий, параллельных и перпендикулярных к заданным; координат центров круговых сооружений; главных элементов и координат характерных точек кривых.

4.3. Нормы и принципы определения точности разбивочных работ

Требования к точности разбивочных работ зависят от многих факторов: вида, назначения, местоположения сооружения; размеров сооружения и взаимного расположения его частей; материала, из которого возводится сооружение; порядка и способа производства строительных работ; технологических особенностей эксплуатации и т. п. [8].

Допустимые средние квадратичные погрешности геодезических измерений $M_{\Gamma(\text{доп})}$ регламентируются Строительными Нормами и Правилами (СНиП) отдельно для геодезической разбивочной основы и для разбивки сооружений, относящихся к различным классам точности.

В СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» приведены величины средних квадратических погрешностей построения разбивочной сети строительной площадки (табл. 2.5).

Так, для разбивочной основы, для первого (высшего) класса точности, куда относятся сложные предприятия и группы сооружений на участках более 100 га, для угловых измерений $M_{\Gamma(\text{доп})} = 3''$ и для линейных – $M_{\Gamma(\text{доп})} \frac{1}{25000}$. Для четвертого класса точности, куда например относятся дороги и коммуникации, соответственно $30''$ и $\frac{1}{2000}$.

В этом же нормативном документе приводятся величины средних квадратических ошибок, с которыми необходимо выносить на местность

разбивочные элементы различных сооружений (расстояния, углы, высоты). Величины ошибок разбивочных элементов (табл. 4.1) даны по шести классам точности в зависимости от этажности, конструктивных особенностей, способов выполнения соединений, сопряжений и узлов сооружений. Наличие одной из характеристик, указанных в таблице, служит основанием для назначения соответствующих требований к точности. В этом же документе указываются приборы, применение которых может обеспечить требуемую нормативную точность разбивочных работ.

Таблица 4.1

Величины средних квадратических погрешностей построения внешней и внутренней разбивочных сетей здания (сооружения) и других разбивочных работ [23]

Характеристика зданий, сооружений и конструкций	Линейные измерения	Угловые измерения, угл. с	Определение превышения на станции, мм	Передача отметок с исходного на монтажный горизонт, мм
Металлические конструкции с фрезерованными поверхностями, сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах, сооружениях высотой св. 100 до 120 м или с пролетами св 30 до 36 м	1:15000	5	1	Числовые погрешности следует назначать в зависимости от высоты монтажного горизонта (согласно приложениям 4 и 5) [23]
Здания св. 15 этажей, сооружения высотой св. 60 до 100 м или с пролетами св. 18 до 30 м	1:10000	10	2	
Здания св. 6 до 15 этажей, сооружения высотой св. 15 до 60 м или с пролетами от 6 до 18 м	1:5000	20	2,5	
Здания до 5 этажей, сооружения высотой до 15 м или с пролетами до 6 м	1:3000	30	3	
Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги, подъездные пути	1:2000	30	5	
Земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	1:1000	45	10	

Пусть, например, требуется построить на местности горизонтальный угол с точностью $M_{\beta} = 10''$ [8]. Для построения угла используется теодолит с точностью $30''$, для контрольных измерений угла применим способ приёмов. Число приёмов " n " определится из зависимости $m_{\beta} = \frac{t}{\sqrt{n}}$, где t – точность теодолита, равная половине точности прибора.

Тогда $n = \frac{t^2}{m^2_{\beta}} = \frac{(15'')^2}{(10'')^2} = \frac{225}{100} \cong 2$ приема. Следовательно, при построении

угла необходимо произвести его контрольные измерения двумя приёмами.

Существует также расчетный путь определения точности разбивочных работ, требующий от исполнителя определенной инженерной подготовки.

Согласно расчётам точность разбивки детальны осей сооружений измеряется миллиметрами. Точность разбивки главных или основных осей зависит от способа определения положения точек проектируемого сооружения. В большинстве случаев размещение зданий, сооружений и их взаимную компоновку проектируют на крупномасштабных топографических планах. Точность размещения объектов строительства определяется точностью плана. Следовательно, чтобы обеспечить подобие в положении объекта на проектном чертеже и на местности, необходимо выдержать точность плана. Известно, что точность плана характеризуется средней квадратической ошибкой определения положения точки, равной 0,2 мм на плане. С учётом того, что рабочие чертежи разрабатываются в основном на планах масштаба 1:500, эта ошибка на местности составит 10 см. Этой точности и придерживаются в основном при выносе точек, определяющих положение главных или основных осей [8].