

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Инженерная геодезия»

В.И.Михайлов

ГЕОДЕЗИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ
И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Методическое пособие
для студентов специальностей
1-70 04 01 – «Водохозяйственное строительство»,
1-70 04 02 – «Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»,
1-70 04 03 – «Водоснабжение, водоотведение
и охрана водных ресурсов»

Минск 2006

УДК 696.115 (075.8)
ББК 39.7 я 7
М 69

Рецензенты:
П.И.Дячек, О.И.Киричок

Михайлов В.И.

М 69

Геодезия при строительстве трубопроводов и водохозяйственных объектов: Методическое пособие для студентов специальностей 1-70 04 01 – «Водохозяйственное строительство», 1-70 04 02 – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» и 1-70 04 03 – «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / В.И.Михайлов.– Мн.: БНТУ, 2006.– 94 с.

В методическом пособии рассматриваются геодезические работы, выполняемые при инженерно-геодезических изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнических, гидромелиоративных сооружений и трубопроводов. Приводятся сведения о вертикальной планировке, геодезических разбивочных работах и исполнительных съемках при строительстве водохозяйственных объектов и подземных коммуникаций. Дается краткая информация о геодезических наблюдениях за перемещениями и деформациями инженерных сооружений.

УДК 696.115 (075.8)
ББК 39.7 я 7

ISBN 985-479-473-3

© Михайлов В.И., 2006
© БНТУ, 2006

1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

1.1. Общие сведения

Инженерно-геодезические изыскания должны обеспечить проектирование объектов строительства топографо-геодезическими материалами и данными, а также способствовать выполнению других видов инженерных изысканий (инженерно-геологических, гидрографических и т.п.).

В состав инженерно-геодезических изысканий входят: сбор и анализ существующих материалов топографо-геодезической изученности, создание опорных геодезических сетей, топографическая съемка, съемка подземных коммуникаций, геодезическое трассирование инженерных сооружений.

Для выполнения инженерно-геодезических изысканий составляется техническое задание, которое должно включать общие сведения о районе изысканий и проектируемых объектах, данные о системе координат и высот, разрешение госгеонадзора Республики Беларусь или геослужбы соответствующего города на выполнение изысканий, данные о границах съемки с учетом проектируемых подземных коммуникаций, масштаб съемки и высоту сечения рельефа.

На основе технического задания составляют программу инженерно-геодезических изысканий, которая имеет текстовую часть и приложения. В текстовой части излагается топографо-геодезическая изученность района работ, сроки, объемы и стоимость проектируемых работ, виды итоговых материалов, методы топографической съемки и съемки подземных коммуникаций, материалы по проектированию геодезических сетей, данные технического контроля.

В приложениях к программе инженерно-геодезических изысканий приводятся схемы опорных геодезических сетей, картограмма размещения участков топографической съемки, чертежи геодезических знаков.

На территории площадки гидротехнического строительства выполняется топографическая съемка в масштабе 1:2000 с сечением рельефа 1 м, причем на водотоках и водоемах производится промер глубин. Планы масштаба 1:2000 являются основой для составления генерального плана сооружения.

Территория водохранилища должна быть обеспечена топографическими картами масштаба 1:10 000 – 1:25 000.

К топографическим картам, используемым при проектировании оросительных и осушительных систем, предъявляются особые требования в части детализации и точности изображения рельефа. Малозаметные детали рельефа – бугры, западины, блюдца должны изображаться на топографических планах. Значительно увеличивается количество подписываемых высотных отметок. В зависимости от задач и площади проектирования гидромелиоративных систем, используются топографические карты и планы масштаба 1:500 – 1:25 000.

В городах при прокладке новых и реконструкции эксплуатируемых трубопроводов используют топографические планы масштабов 1:500 – 1:5000, которые можно получить в геодезическом фонде города. Для съемки текущих изменений участка строительства делают копию топографического плана (геодезическая подоснова) масштаба 1:500. Геоподоснову необходимо корректировать в полевых условиях по элементам ситуации и высотным отметкам всех характерных точек. В ходе обновления геоподосновы все деревья, которые попадают в зону строительства, наносятся на план. В случае отсутствия топографических материалов выполняется топографическая съемка.

Поскольку опорные геодезические сети и топографические съемки уже изложены в первой части дисциплины «Инженерная геодезия», кратко рассмотрим геодезические работы при эксплуатации подземных трубопроводов и геодезическое трассирование линейных сооружений.

1.2. Геодезические работы при эксплуатации подземных трубопроводов

1.2.1. Съемка подземных трубопроводов

Современные городские и промышленные территории характеризуются сложной сетью подземных трубопроводов. Наличие топографических планов подземных коммуникаций необходимо для решения эксплуатационных задач, капитального ремонта, реконструкции и расширения инженерных сооружений.

Подземные трубопроводы подразделяются на напорные и самотечные. Напорные трубопроводы – это тепловые сети, газопровод и водопровод. Самотечные – промышленная, бытовая и ливневая канализация, дренаж.

При плановой съемке всех видов инженерных коммуникаций точность приблизительно одинаковая. На застроенных территориях средняя квадратическая погрешность в положении отдельных линий между собой и относительно фундаментов зданий должна быть не более 0,10–0,15 м. На незастроенных территориях эта погрешность может достигать 0,5 м.

Точность высотной съемки подземных коммуникаций зависит от существующих требований к проектным отметкам и уклонам.

Самотечные трубопроводы требуют, чтобы погрешности отметок лотков соседних колодцев были не более 5–10 мм. В этом случае отметки определяются геометрическим нивелированием.

В связи с тем, что в напорных трубопроводах уклоны выдерживаются с меньшей точностью (до 2–3 см), чем у самотечных, для высотной съемки можно также использовать тригонометрическое нивелирование.

На некоторых заводских и городских территориях отсутствует исполнительная документация, поэтому копают поперечные траншеи (шурфы) на некотором расстоянии одна от другой. Затем определяют характерные точки подземных коммуникаций: повороты, вводы в здания, отводы и их характеристики. Плановую привязку выполняют линейными засечками (от существующих зданий) и промерами между видимыми точками прокладок. Высотная привязка осуществляется техническим нивелированием.

Индукционный метод поиска инженерных подземных коммуникаций (ИПК) используется для определения их планового положения и глубины заложения при топографических съемках.

Искатель трубопроводов ИТ5 состоит из генератора импульсов, головных телефонов, антенны, приемника и штыря заземления (рис.1.1). Прибор ИТ5 весом 7.5 кг упаковывается в компактный футляр.

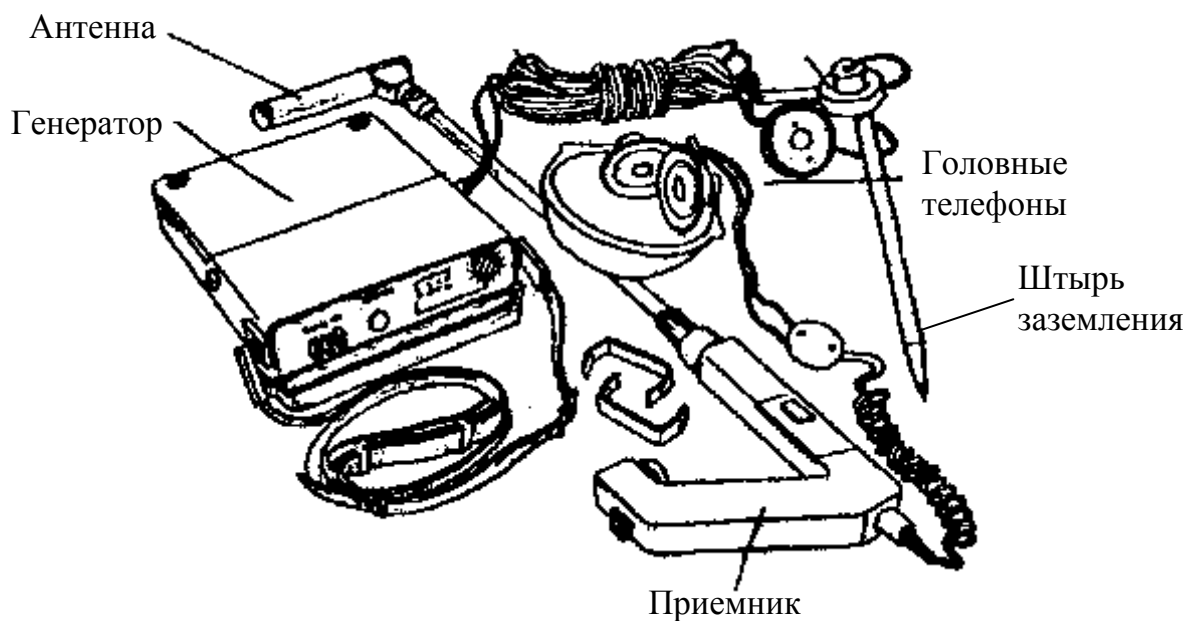


Рис.1.1. Искатель трубопровода ИТ5

В смотровом колодце выходной шнур генератора подключается с помощью магнита к очищенной от ржавчины и грязи поверхности коммуникации. Штырь заземления забивается в грунт на расстоянии 5–10 м в направлении, перпендикулярном предполагаемому направлению коммуникации. Затем включается приемник, и антенну с головными телефонами вносят в электромагнитное поле, где возникает ЭДС (рис.1.2, а), которая в приемнике преобразуется в ток звуковой частоты, воспринимаемый телефонными наушниками.

Местоположение коммуникации определяется по «максимуму» и «минимуму» сигнала. В режиме «максимум» ось антенны располагают перпендикулярно к оси коммуникации (рис.1.2, б) и плавно перемещают ее вправо и влево до получения наибольшей громкости звукового сигнала. Ширина зоны звучания сигнала может быть до двух метров. Положение проекции коммуникации на дневную поверхность уточняют по режиму «минимум». Для этого, антенну располагают вертикально (рис.1.2, в) и перемещают ее, как в первом случае, добиваясь наименьшего звучания сигнала. Эту точку фиксируют на местности.

Для определения глубины заложения коммуникации антенну располагают под углом 45° к поверхности земли (рис.1.2, г) и перемещают ее перпендикулярно к направлению трассы до первого минимума слышимости сигнала. Расстояние от этой точки до оси и будет равняться глубине заложения коммуникации. Для кон-

троля повторяют измерения в противоположную от оси сторону и вычисляют среднее из двух значений полученных расстояний.

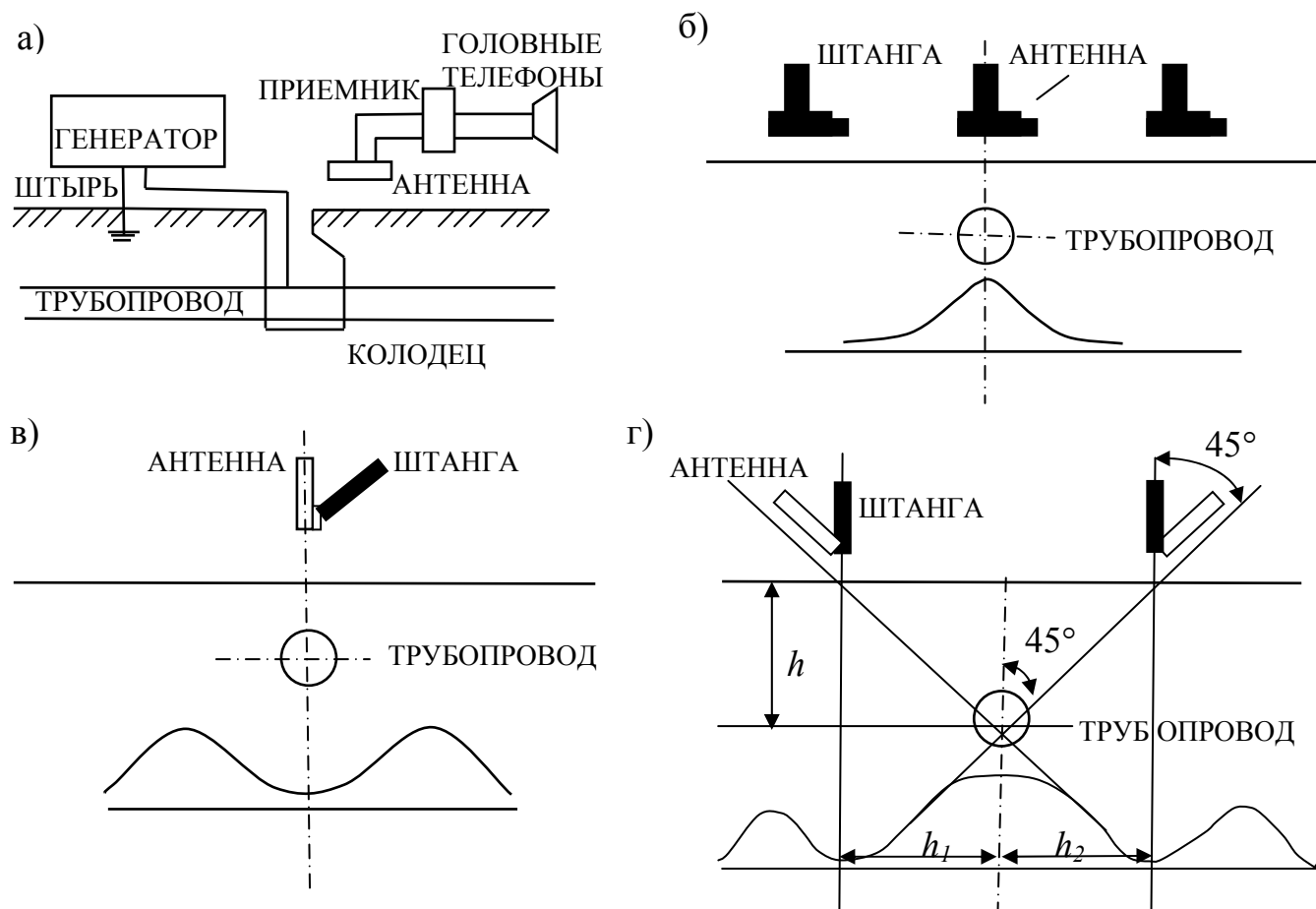


Рис.1.2. Определение местоположения подземной прокладки:
 а) – схема подключения генератора к коммуникации;
 б) – по максимуму сигнала; в) – по минимуму сигнала;
 г) – определение глубины заложения коммуникации

Искателем трубопроводов ИТ5 можно обнаружить коммуникации, расположенные на глубине до 10 м, на расстоянии от точки подключения генератора до 1,5 км, и определить их плано-высотное положение с погрешностью $\pm 0,2$ м.

На застроенных территориях, где проходит в одном направлении несколько коммуникаций, с помощью индукционного метода можно определить только приблизительную полосу их прохождения. Определение положения отдельных коммуникаций выполняют в колодцах, вводах в здания, шурфованием и другими более надежными способами поисков.

В процессе съемки трубопроводов выполняют следующие виды работ.

Подготовительные работы направлены на сбор и анализ технической документации – планов и профилей подземных коммуникаций, материалов разбивочных работ и исполнительных съемок, данных технической инвентаризации и обмера колодцев, планов территории и размещения геодезических пунктов. На основе этих данных составляют схематический план подземных сетей и схемы, обязательные для эффективного применения искателя трубопровода на строительной площадке.

Рекогносцировка сетей проводится совместно со специалистами эксплуатационной службы, во время которой уточняют на местности схемы отдельных сетей. По откорректированным схемам определяют способы поиска коммуникаций, места контрольных промеров. Параллельно отыскивают пункты планово-высотного обоснования и разрабатывают проект дальнейшего их развития, составляют план проведения съемки.

На основе схемы подземных сетей и плана съемочных работ, на всех углах поворота и ответвлениях, а также через каждые 50 м на прямых участках, выполняют поиск трубопроводов индукционным методом, определяют плановое положение и глубину заложения коммуникаций. Во время съемки сетей в неблагоприятных условиях (каналы с большим количеством подземных сетей, подходы к подстанциям и т.п.) копают шурфы.

На данном этапе геодезических работ необходимо выполнить привязку аналитическим способом съемочного обоснования к пунктам геодезической сети и к капитальным зданиям всех точек по оси коммуникации, которые выявлены искателем трубопровода, а также всех колодцев и других выходов подземных сетей.

1.2.2. Геодезические работы при обследовании подводных переходов газопроводов

Газопроводы, пересекающие водные препятствия прокладываются в две нитки: основная и резервная. Для установления глубины залегания, оголенных и провисающих участков периодически, не реже двух раз в год, проводится обследование подземных переходов газопроводов. В тех местах, где обнаружены такие

нарушенные переходы газопроводов, выполняются следующие инженерно-геодезические работы. По линии, проходящей через опознавательные знаки газопроводов, с одного из берегов разбивается пикетаж через реку на другой берег. Выполняется топографическая съемка береговых участков в масштабе 1:1000 с целью составления плана. Например, по результатам такой съемки составлен план подводного перехода газопровода Минск-Гомель через р. Березина (1998 г.) (рис.1.3).

Геодезические работы под водой выполняются водолазами. Определение положения промерных точек производится при помощи мерного троса, скорость течения – вертушкой. Промеры глубин осуществляются ручным лотом или эхолотом. Плановое положение газопроводов и его глубина определяются при помощи подводного трассоискателя ПТИ-1М.

В результате проведенных геодезических работ строится продольный профиль основного и резервного газопроводов. Так, на рис.1.4 представлен аналогичный профиль основной нитки газопровода Минск-Гомель через р.Березина, где изображен газопровод, дно реки до и после ремонта. На обнаруженные оголенные участки укладываются мешки со щебнем.

После укладки мешков производится послеремонтное обследование подводного газопровода.

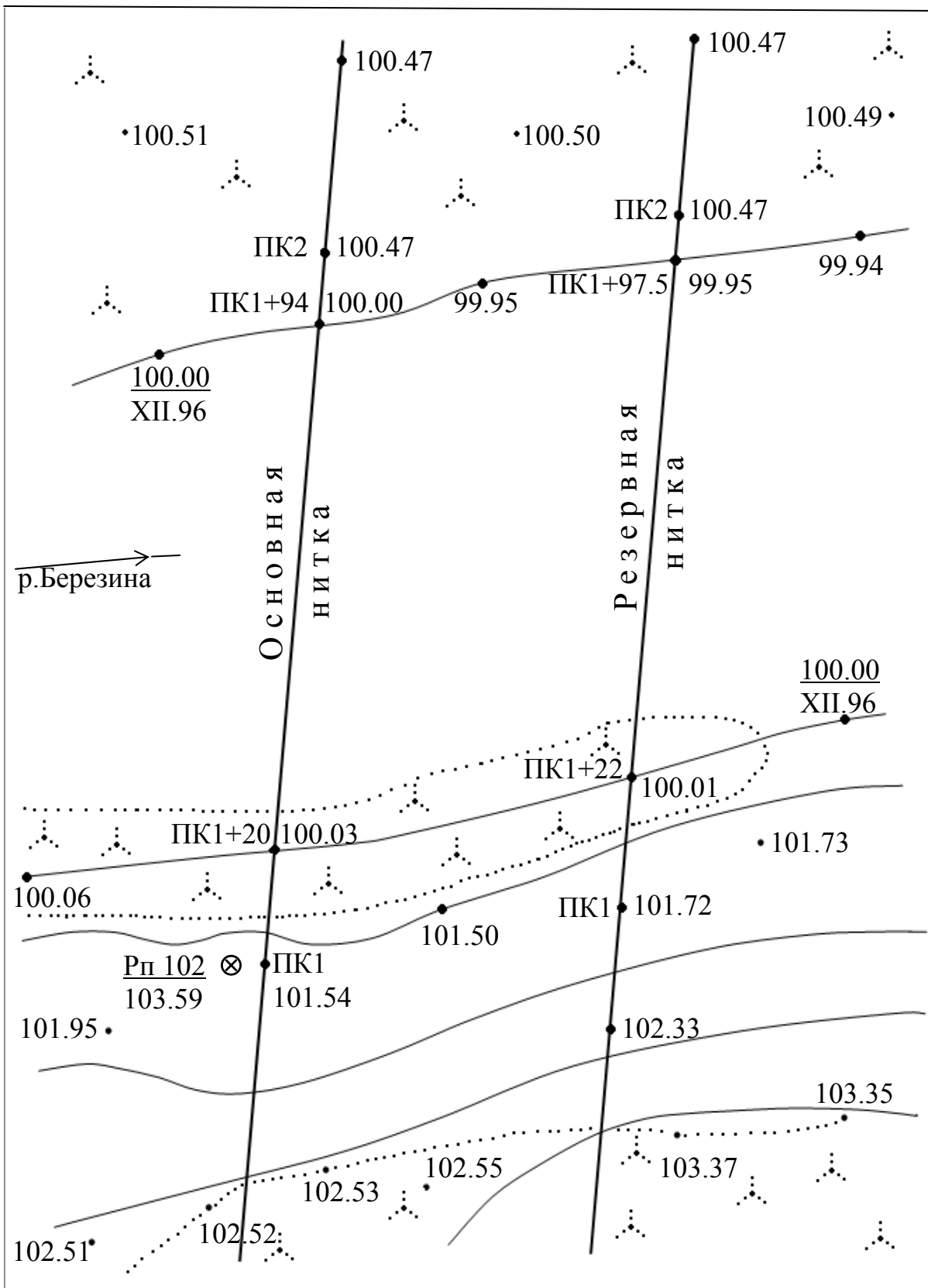


Рис. 1.3. План масштаба 1:1000 подводного перехода газопровода Минск-Гомель через р. Березина

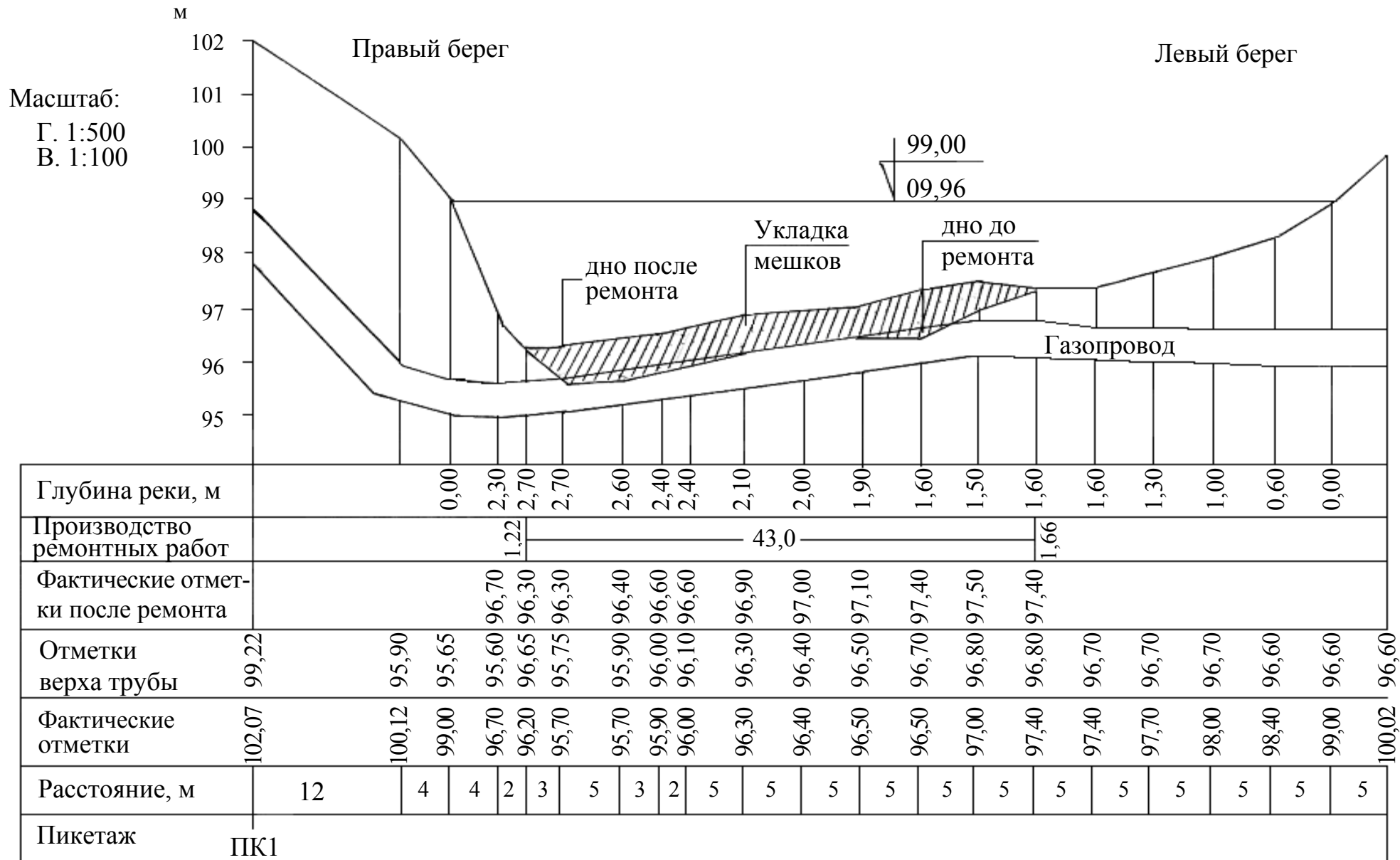


Рис.1.4. Продольный профиль основной нитки газопровода Минск-Гомель через реку Березина

1.2.3. Использование спутниковых систем позиционирования при обнаружении дефектных участков магистральных газопроводов

Глобальная система позиционирования (определение координат), *GPS* (*Global Positioning System*) – навигационная система, позволяющая с высокой точностью определять пространственное положение точек с помощью засечек с искусственных спутников Земли (ИСЗ). Для *GPS* не требуется взаимной видимости между геодезическими пунктами, работа может выполняться при любой погоде.

Система *GPS* состоит из трех блоков: космический, контроля и управления, блок пользователей (приемники спутниковых сигналов).

Современный космический блок *GPS* состоит из 24 спутников, из которых 21 – действующий и три резервных. Они находятся на шести круговых орбитах, расположенных на расстоянии 26560 км от центра масс Земли. Орбиты развернуты относительно друг друга в экваториальной плоскости Земли на 60°, имеют наклон 55° и период обращения вокруг Земли 12 часов. Данная конфигурация обеспечивает круглосуточную видимость необходимого числа ИСЗ с любой точки поверхности Земли.

Наземный блок системы *GPS* включает главную станцию и пять станций слежения, расположенных вдоль экватора. Станции слежения определяют расстояния до спутников и передают информацию на главную станцию контроля. На последней обрабатывают всю поступающую информацию, вычисляют и прогнозируют эфемериды спутников, т.е. набор координат, которые определяют положение спутников в разные моменты времени.

Геодезические приемники выпускаются швейцарской фирмой *Wild* (ныне *Leika*). Аппаратура *GPS Wild System-200* компактна, имеет небольшую массу и малое энергопотребление. Переноску станции и работу на ней в полевых условиях может осуществить один оператор. В комплект аппаратуры входят две и более станции. Каждая станция состоит из приемника, процессора для обработки данных с программным обеспечением и контрольно-индикаторного блока (рис.1.5).

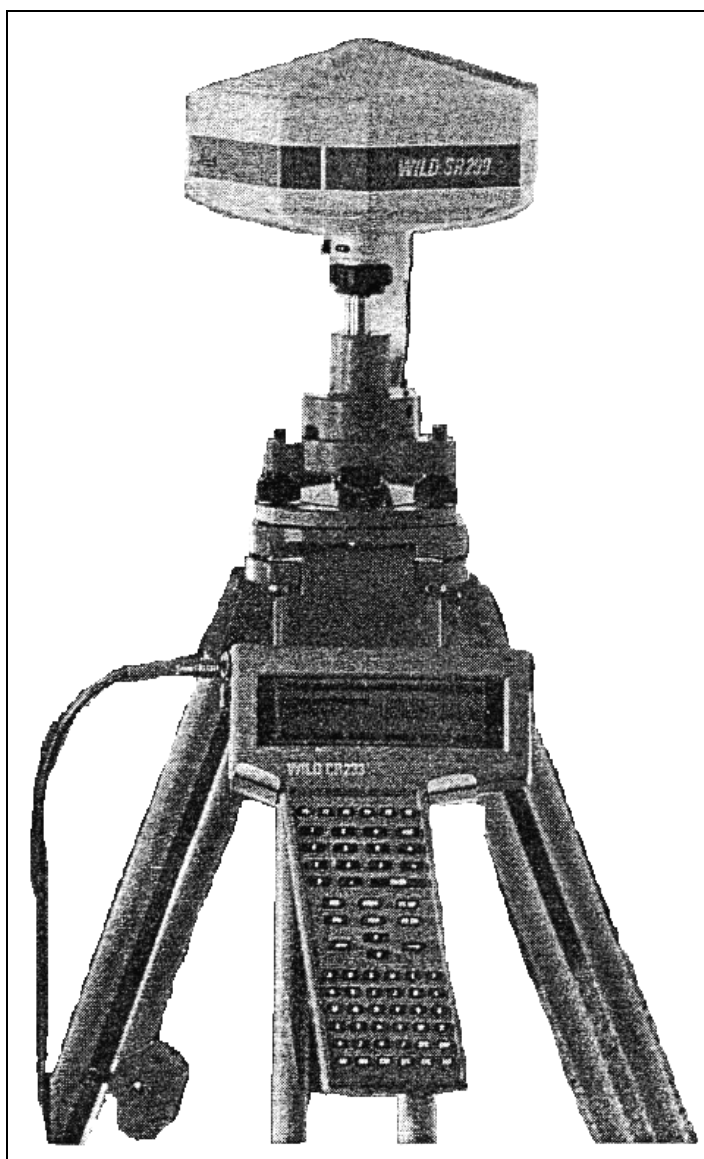


Рис.1.5. Спутниковая аппаратура *GPS Wild System-200*

Приемник портативный двухчастотный с вмонтированной в него антенной, позволяющей отслеживать одновременно до девяти спутников. Он измеряет дальности и скорости изменения дальностей до спутников, которые находятся в поле зрения. Объединяя результаты одновременных наблюдений за несколькими спутниками (необходимо четыре расстояния до спутников), наземный процессор решает обратную пространственную линейную засечку и таким образом определяются координаты точки установки приемника.

Эксплуатация спутников и все вычисления осуществляются в международной геодезической системе (*WGS-84*). В этой системе начало координат расположено в центре масс Земли, ось X_0 лежит в плоскости экватора, ось Z_0 направлена

вдоль оси вращения Земли, ось Y_0 дополняет прямоугольную систему координат до полной (правой) системы.

Точность взаимного положения пунктов (приращений координат), определяемого с помощью *GPS*-приемников в дифференциальном режиме 0,005–0,010 м, точность превышений составляет от 3 до 9 мм.

Для определения приращений координат точек измерения выполняются статическим или кинематическим методами.

При статическом методе с двумя или более приемниками сигналов *GPS* один из приемников всегда располагается в точке с известными координатами, другой приемник или приемники – на точке или точках, координаты которых определяются. Приемники получают сигналы от одних и тех же спутников в одно и то же время. Для определения трехмерного положения точки должны наблюдаться, как минимум, четыре спутника с хорошей геометрией их расположения относительно Земли.

Кинематический метод также требует использования, как минимум, двух приемников и измерения синхронных данных. Преимущество этого метода состоит в том, что он позволяет одному или двум приемникам передвигаться во время съемки. Сбор данных после начальной стадии съемки занимает 1-2 минуты для каждой определяемой точки.

Система *GPS* нашла широкое применение при выполнении инженерно-геодезических работ. С помощью *GPS*-измерений можно создать планово-высотное обоснование топографических съемок. При использовании кинематического метода оперативно определяется плановое положение элементов сооружения и проверяется его вертикальность.

В частности, кинематический метод *GPS*-измерений используется при обнаружении дефектных участков магистральных газопроводов.

По территории Республики Беларусь проходит много газопроводов. За время эксплуатации они подвергаются коррозии, имеются дефекты сварки стыков и механические повреждения подземных прокладок, металлические трубы истира-

ются газопродуктами. Поэтому необходима постоянная проверка состояния газопроводов в течение их длительной эксплуатации.

Для этой цели в трубу вставляется поршень-дефектоскоп (рис.1.6), снабженный мини-ЭВМ, который движется под давлением газа со средней скоростью 4–5 м/сек. Магниты поршня намагничивают трубу, его датчики воспринимают магнитное поле и передают информацию о дефектных участках обследуемой трубы на компьютер, где она фиксируется на дискете. Поршень может двигаться от одного ГРП до другого на расстоянии до 100 км за 10–12 часов. На образующей трубы через 2 км установлены маркеры, которые воспринимаются диагностическим устройством и фиксируются на ЭВМ. Вычисляются расстояния от поврежденных участков трубы до ближайших маркеров. Поскольку маркеры установлены рядом с опознавательными столбами, роль *GPS* на данном этапе заключается в определении их координат, необходимых для восстановления опознавательных знаков по трассе в случае их уничтожения.

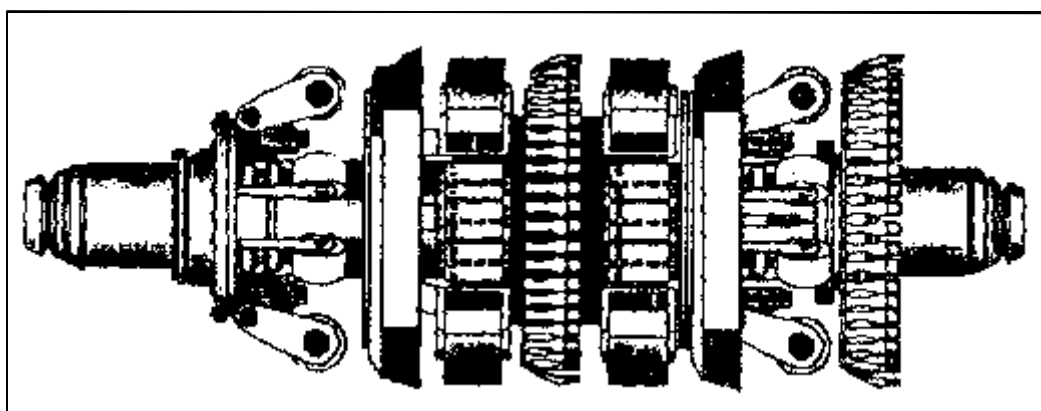


Рис.1.6. Поршень-дефектоскоп для обнаружения дефектных участков газопроводов

После прохождения дефектоскопом участка газопровода, дискета с полученной информацией вставляется в ПВЭМ, которая по результатам обработки данных выдает распечатку обнаруженных аномалий и расстояния до них от ближайших маркеров.

1.3. Геодезическое трассирование трубопроводов

Основная задача инженерно-геодезических изысканий сооружений линейного типа заключается в определении на местности положения оси трассы в плане и по высоте.

Комплекс инженерно-геодезических работ по выбору трассы, которая должна соответствовать требованиям технических условий, минимальным финансовым затратам на строительство и эксплуатацию называется *трассированием*. Оптимальная трасса определяется путем технико-экономического сравнения конкурирующих вариантов.

Определение трассы по топографическим картам, планам, аэрокосмическим материалам и цифровым моделям местности называется *камеральным трассированием*, а выбор ее непосредственно на местности – *полевым*. Как правило, камеральное трассирование выполняется на предварительной стадии изысканий.

На застроенных территориях городов и поселков часто вместо полевого трассирования выполняются крупномасштабные (1:500 – 1:2000) топографические съемки полосы по выбранной трассе с последующей окончательной камеральной укладкой её по материалам съемки в принятой системе координат и высот.

Для каналов и самотечных трубопроводов важно выдерживать при трассировании продольные уклоны (высотные параметры) при допустимых скоростях течения воды. Для напорных трубопроводов уклоны местности мало влияют на проект трассы и её выбирают наиболее короткой в благоприятных условиях. При трассировании трубопроводов различают плановые (углы поворота, радиусы горизонтальных кривых, длины переходных кривых, прямые вставки) и высотные (продольные уклоны, длины элементов в профиле, радиусы вертикальных кривых) параметры. На трассах канализации горизонтальные и вертикальные кривые не проектируют и трасса представляет ломаную линию. Независимо от типа линейного сооружения и параметров трассирования все трассы должны вписываться в ландшафт местности и не нарушать природной эстетики. Чаще всего трассы размещают на местности, которая имеет наименьшую ценность для народного хозяйства.

Камеральные изыскания трасс большой протяжённости начинают с определения воздушной линии. Это прямая, которая соединяет на карте опорные точки (начало и конец трассы, промежуточные пункты), до которой как наиболее короткой стремятся приблизить проектную трассу. Ориентируясь на воздушную линию, определяют в первом приближении возможные направления трассы между опорными точками. Затем намеченные направления переносят на крупномасштабные топографические карты.

В зависимости от сложности местности и технических условий проектирования трассы трубопровода камеральное трассирование выполняют с помощью способов попыток или построения линии предельно допустимого уклона трубопровода с безнапорным движением жидкости.

Способ попыток используют для равнинной местности, где между намеченными точками на карте прокладывают кратчайшую трассу, а затем составляют продольный профиль местности с проектной линией трубопровода. По профилю анализируют участки, где трассу необходимо переместить, чтобы значение отметок местности меньше отличалось от проектных. Эти места вновь трассируют и создают улучшенный вариант трассы.

Способ построения линии заданного предельного уклона используют для трубопровода с безнапорным движением жидкости. Необходимо провести кратчайшую линию между точками А и В (рис.1.7) таким образом, чтобы ни один отрезок не имел уклона больше предельного ($i_{\text{пред}}$).

Эта задача может быть решена с помощью масштаба заложения для уклонов. Измерив по нему раствором циркуля заложение $d_{\text{пред}}$, соответствующее предельному уклону, засекают последовательно точки 1 ... 7 от точки А до точки В (рис.1.7). Если раствор циркуля меньше расстояния между горизонталями, линию проводят по кратчайшему направлению. Соединив все точки, получают линию с заданным предельным уклоном.

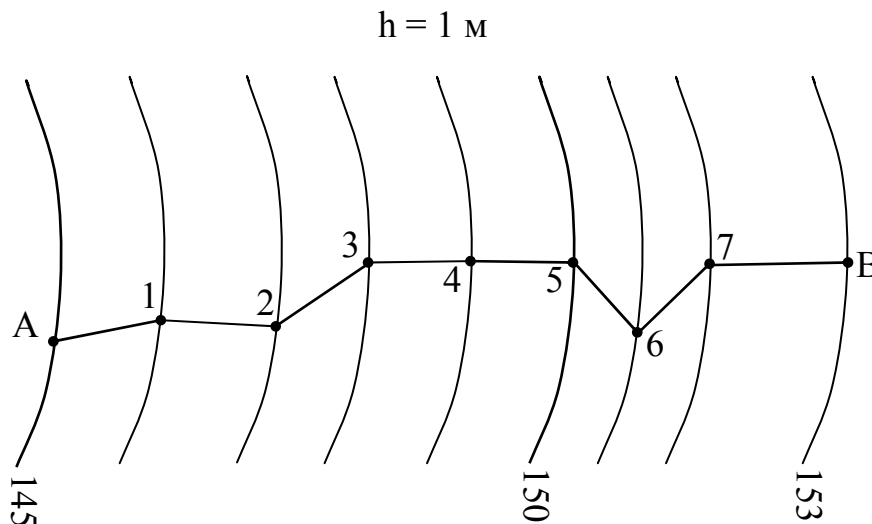


Рис.1.7. Схема построения на карте (плане) линии заданного предельного уклона

Для определения необходимого заложения (расстояния между горизонталями), можно также использовать известную формулу $d_{\text{пред.}} = h / (i_{\text{пред.}} \cdot M)$, где M – знаменатель числового масштаба карты (плана).

Система автоматического проектирования (САПР) и выбора трассы основана на использовании цифровой модели местности как исходной топографической основы, ЭВМ для расчета и проектирования вариантов, графопостроителя для автоматизированного создания проектной документации.

В процессе изысканий линейных сооружений на уровне САПР возрастают объемы собираемой информации, что требует применения современных технических средств: аэрокосмических методов, электронной тахеометрии, наземной фотограмметрии, геофизических методов инженерно-геологической разведки. Это позволяет осуществлять основной объем работ по сбору топографо-геодезической и других видов информации в камеральных условиях при широком использовании современных автоматизированных систем и вычислительной техники.

Полевое трассирование – окончательные изыскания трасс трубопроводов. Его проводят по установленным направлениям, которые выбирают с помощью камерального трассирования, например, как на плане трассы газопровода масштаба 1:1000 (рис.1.8).

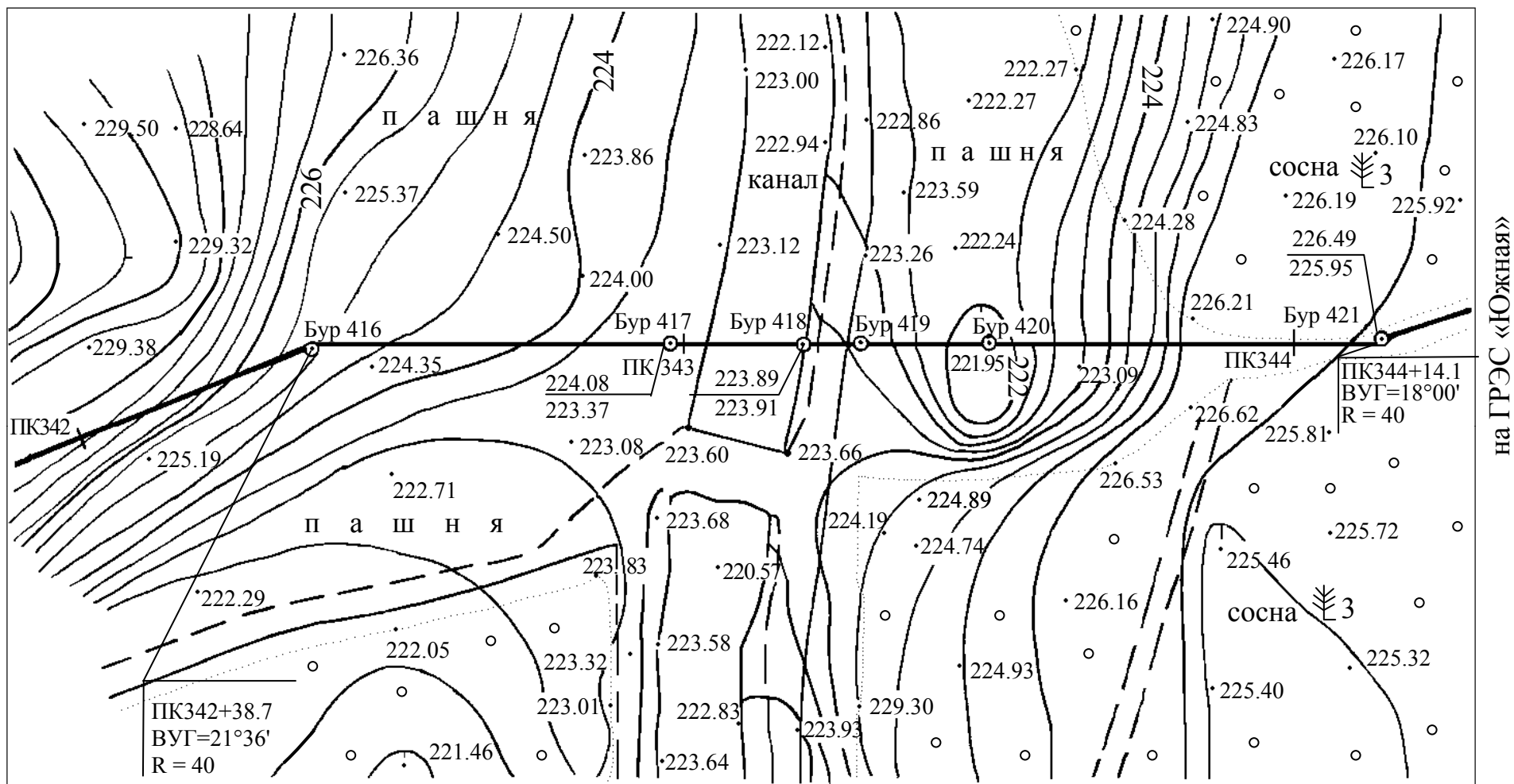


Рис.1.8. План трассы газопровода масштаба 1:1000

До выхода в поле на плане определяют элементы привязки (их координаты или расстояния до твердых предметов местности) характерных точек трассы: её начало и конца, вершин углов поворота, середины кривой, точек пересечения с осями различных сооружений. Для выноса на местность узловых точек по трассе прокладывают теодолитный ход. Затем эти точки переносят на местность и закрепляют кольшками. Между вершинами углов поворота трассы измеряют длины линий и горизонтальные углы. По оси трассы разбивают пикетаж. От начала трассы (нулевой пикет) откладывают отрезки на застроенной территории через 50 м, на незастроенной – через 100 м. Концы этих отрезков-пикетов, обозначают кольшками, а рядом ставят сторожки, на которых отмечают номера пикетов: ПК0, ПК1, ПК2 и т.д. Номер пикета показывает расстояние в сотнях метров от начала трассы. Точки резкого изменения уклона местности, а также пересечения трассы с дорогами, коммуникациями (плюсовые точки) обозначают кольшками и указывают расстояние от ближайшего младшего пикета, например, ПК344+14,1 (рис.1.8). Одновременно выполняют способами перпендикуляров и засечками съемку ситуации в притрассовой зоне шириной 40-50 м с каждой стороны трассы.

В ходе разбивки пикетажа ведут полевой журнал (пикетажную книжку). В нём трасса обозначается условно прямой линией, на которой в произвольном масштабе наносят все пикеты и плюсовые точки, а углы поворота показывают стрелками. Ситуация местности изображается в условных знаках.

При разбивке пикетажа трасс каналов и трубопроводов вблизи углов поворота пикеты закрепляют на прямых, а затем переносят на кривую. Для обозначения и закрепления главных точек кривой на трассе выполняют подготовительные расчеты. По измеренному в поле углу поворота φ и заданном проектом радиусу R (рис.1.9) вычисляют по формулам (1.1) или выбирают из специальных таблиц основные элементы круговой кривой: тангенс T , длину кривой K , биссектрису B и домер D . Из рис.1.9 видно, что

$$\left. \begin{aligned} T &= R \cdot \operatorname{tg} \varphi / 2 \\ B &= R (\sec \varphi / 2 - 1) \\ K &= \pi R (\varphi / 180^\circ) \\ D &= 2T - K. \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

Поскольку пикетажное значение вершины угла поворота известно, то можно найти и закрепить на местности главные точки кривой из следующих формул:

$$\begin{aligned} \text{ПК НК} &= \text{ПК ВУ} - T & \text{ПК СК} &= \text{ПК НК} + (K/2) \\ \text{ПК КК} &= \text{ПК НК} + K & \text{ПК КК} &= \text{ПК ВУ} + T - Д. \end{aligned} \quad (1.2)$$

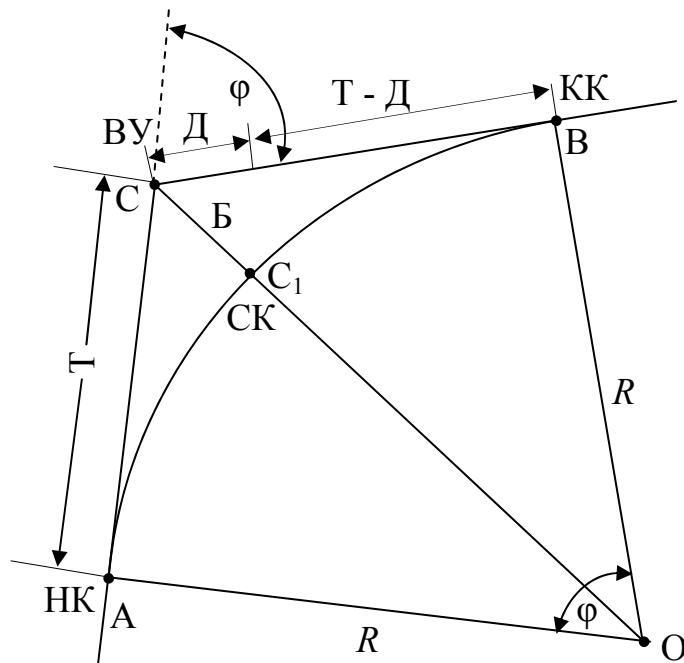


Рис.1.9. Основные элементы круговой кривой

СК находят, откладывая расстояние Б по биссектрисе угла $180^\circ - \varphi$. Все измерения производят по тангенсам, а счет пикетажа – по кривой. Поэтому для учета разницы между длиной двух тангенсов и кривой уменьшают пикетажное наименование вершины угла поворота на величину домера, т.е. $\text{ПК ВУ}_{\text{испр.}} = \text{ПК ВУ} - Д$. От него продолжают разбивку пикетажа по новому направлению.

Во избежание аварийности трубопроводов при разбивке их трасс прямые участки сопрягают с круговыми кривыми при помощи переходных кривых. Их радиус кривизны меняется от бесконечности до радиуса круговой кривой.

Все пикеты, которые находятся на тангенсах, выносят на кривую способом прямоугольных координат. Необходимо на кривую радиуса R вынести ПК N , предыдущий пикет $N-1$ находится на расстоянии l от начала кривой (рис.1.10). По длине дуги $K=100-l$ и радиусу R координаты X, Y пикета N выбирают из специальных таблиц или вычисляют по формулам

$$X_N = R \cdot \sin \varphi$$

$$Y_N = R - R \cos\varphi = 2R\sin^2\varphi/2 \quad (1.3)$$

$$\varphi = [180^\circ / \pi R] \cdot K,$$

где K – отрезок кривой от её начала до пикета.

Вынос пикета на кривую на втором тангенсе выполняется аналогично, только уже от ПК KK .

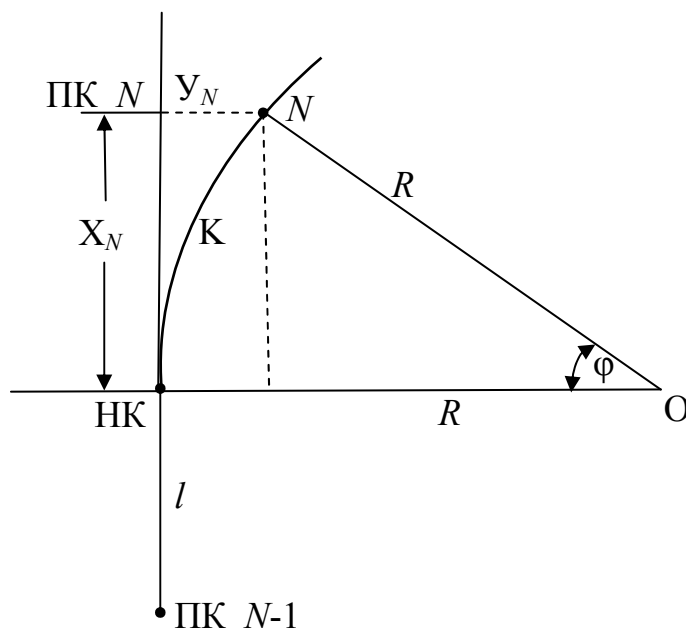


Рис.1.10. Вынос пикета на кривую

Для построения продольного профиля по пикетажу трассы трубопровода или канала выполняют техническое нивелирование в прямом и обратном направлениях. Если ход опирается на реперы государственной геодезической сети, то нивелирование производят одним нивелиром с использованием двухсторонних реек. При этом невязка f_h в ходе между реперами с известными отметками не должна превышать

$$f_h = \pm 30 \sqrt{L} \text{ мм}, \quad (1.4)$$

где L – длина хода в км.

2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАСС ТРУБОПРОВОДОВ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ

2.1. Геодезические расчеты при проектировании трасс трубопроводов

После выполнения полевого трассирования составляют продольный профиль, а затем начинают наносить проектную линию трассы по высоте.

Проектный профиль линейного сооружения наносят на основе технических условий, экономических требований и особенностей его эксплуатации.

Т е п л о в ы е с е т и прокладывают, как правило, под землей в проходных или непроходных каналах (железобетонных коробах). Допускается бесканальная прокладка в теплоизоляции для труб диаметром меньше 400 мм. Минимальное расстояние по вертикали от теплотрассы до других трубопроводов должно быть 0,4 м, до силового кабеля – 1,0 м. Для сбора конденсата уклон сетей должен составлять не менее 2‰, независимо от направления движения теплоносителя и способа прокладки. Без уклона теплотрасса прокладывается по мостам, при пересечении других коммуникаций и в подвалах. В сетях через 150–200 м устраивают П-образные компенсаторы. Каналы тепловых сетей заглубляют на 1,5–2,0 м ниже поверхности земли. В местах изменения уклонов устанавливают неподвижные опоры. Элементам сетей присваивают обозначения, которые состоят из марки и порядкового номера, например: узел теплотрассы (УТ1), компенсатор (К1), неподвижная опора (Н1), угол поворота трассы (УП2) (рис.2.1).

Прокладка тепловых сетей при пересечении железных дорог, а также рек, оврагов должна быть надземной.

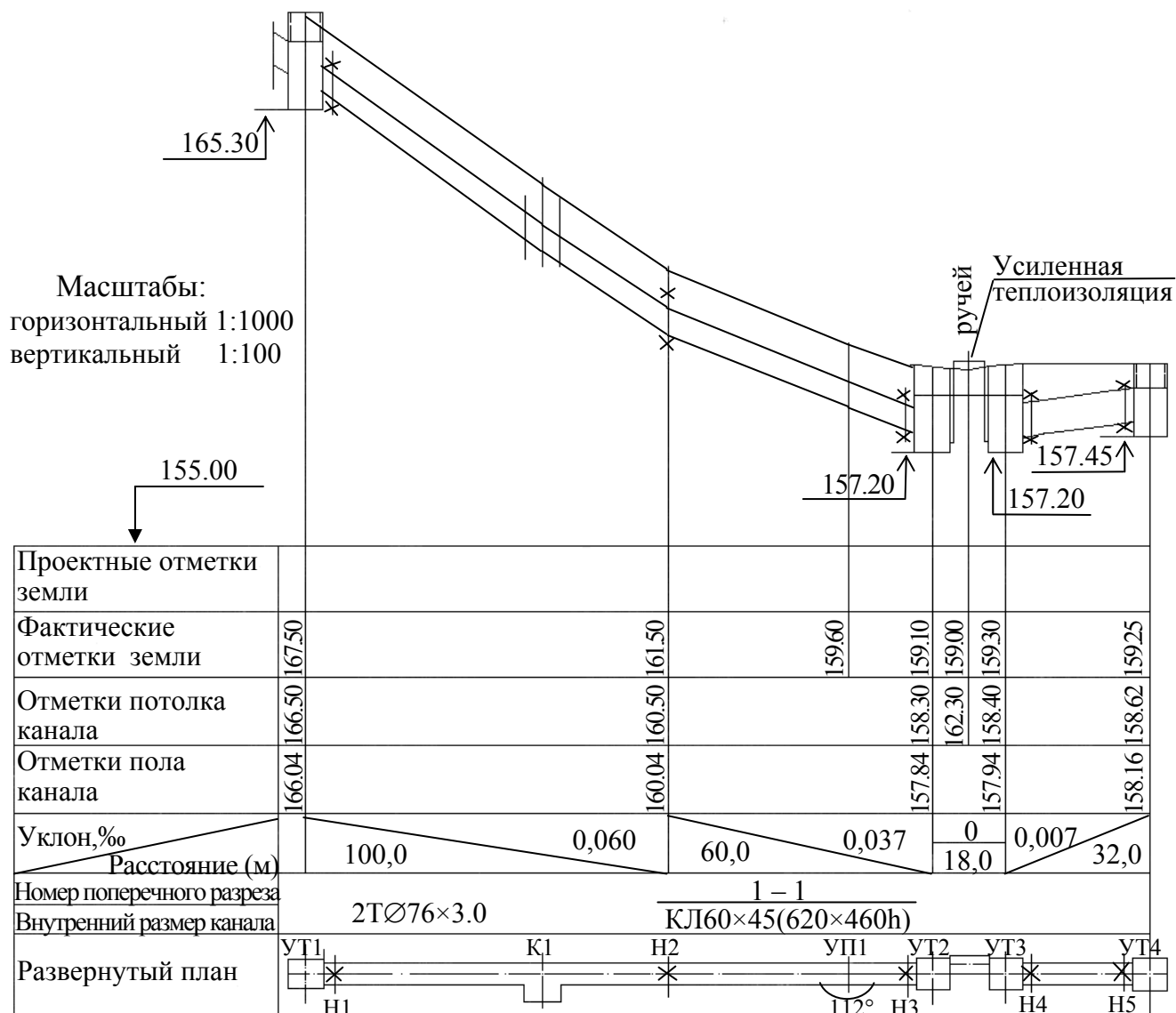


Рис.2.1. Продольный профиль тепловых сетей

Газопроводы подразделяются на магистральные и распределительные, которые закладываются на глубину 0,8 м от поверхности земли до верха трубы. Увеличивают глубину заложения газопровода до 1,0 –1,2 м на городских улицах с интенсивным движением (рис.2.2). Допускается укладка двух и больше газопроводов в одной траншее на одном или разном уровнях. Трубопроводу задается минимальный уклон 2‰ для сбора и удаления конденсированной воды. Рекомендуется не составлять продольный профиль участка газопровода, который прокладывается на местности со спокойным рельефом при отсутствии пересечений с природными преградами и инженерными коммуникациями.

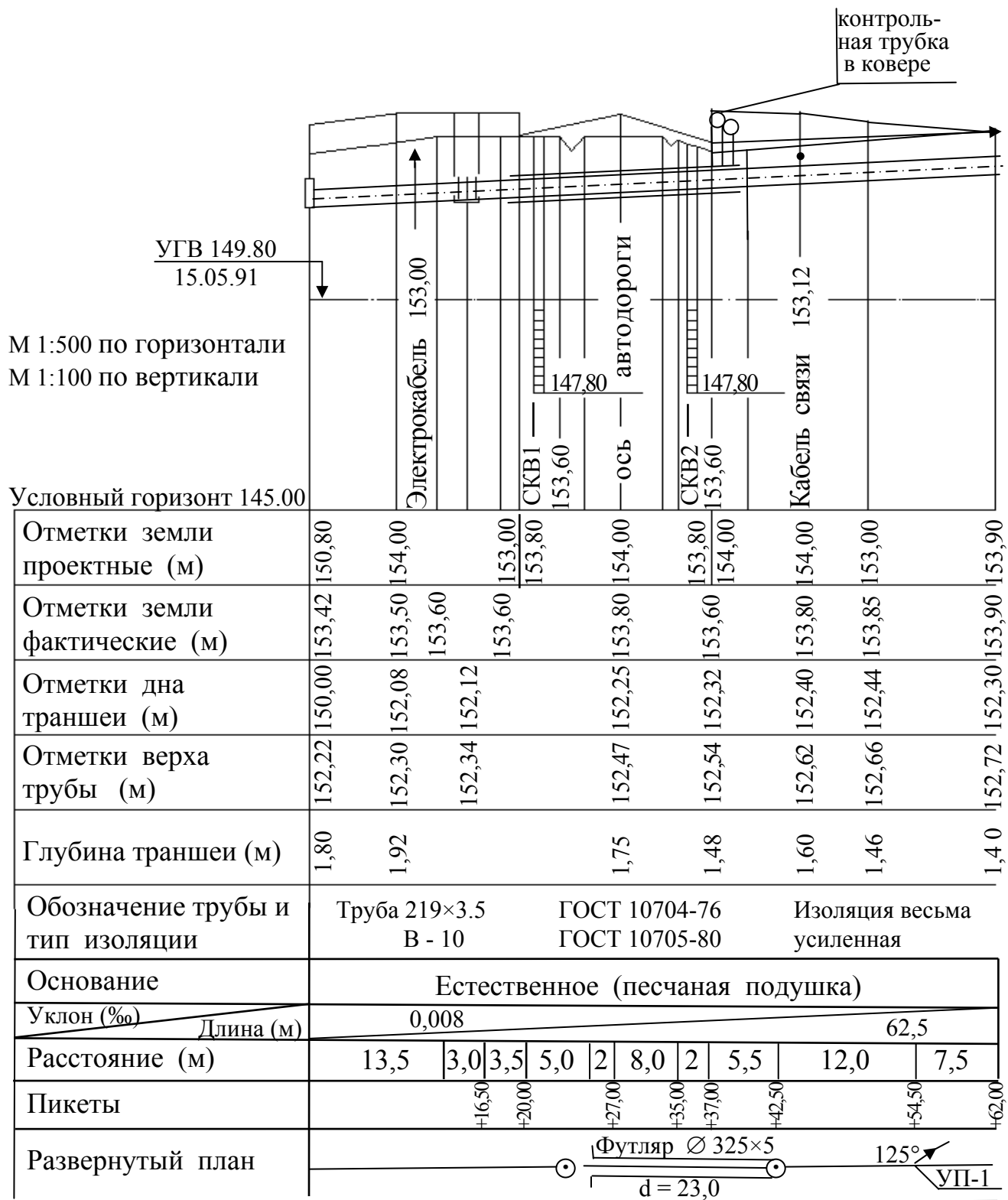


Рис. 2.2. Продольный профиль газопровода

Водопровод прокладывается ниже глубины сезонного промерзания на 0,3–0,5 м с минимальным уклоном 1‰. Колодцы устраивают через 100 м. В низких местах водопровода монтируют выпуски для возможного слива воды.

Канализация закладывается ниже глубины сезонного промерзания. В местах присоединения труб к основному коллектору, поворота трассы, изменения диаметров труб и уклонов устраивают колодцы. На прямых участках канализационных коллекторов смотровые колодцы возводят через 50–100 м. Укладка самотечных трубопроводов требует выдерживания проектных уклонов, которые должны соответствовать следующим диаметрам труб: 200 мм – 0,005 ‰, 250–600 мм – от 0,004 до 0,0016 ‰, 1250 мм и больше – 0,0005 ‰.

Продольный профиль строят по данным нивелирного и пикетажного журналов в следующих масштабах, горизонтальный 1:500 или 1:1000, вертикальный 1:100. На листе миллиметровой бумаги вычерчивают сетку профиля для соответствующей прокладки. Верхнюю горизонтальную линию принимают за условный горизонт, например 143,00 м (рис.2.3), и весь профиль наносят выше этой линии на 7–10 см. В графе сетки "Расстояния" отмечают пикеты, плюсовые точки и вписывают номера пикетов. Из журнала нивелирования выписывают в графу профиля "Отметки поверхности земли" отметки пикетов и плюсовых точек. Затем проводят линию продольного профиля трассы, откладывая от условного горизонта по ординатам величины фактических отметок.

В отличие от самотечной канализации, которая проектируется в одну сторону (рис.2.3), напорные трубопроводы можно проектировать с разносторонними уклонами. Это позволяет прокладывать трубы на одной глубине, то есть параллельно рельефу местности.

Проектную линию на профиле определяют положением ряда фиксированных точек, отметки которых принимают за исходные. Это высоты начала и конца трассы, отметки подключений к существующим трассам, переходы через водные препятствия, пересечения с дорогами.

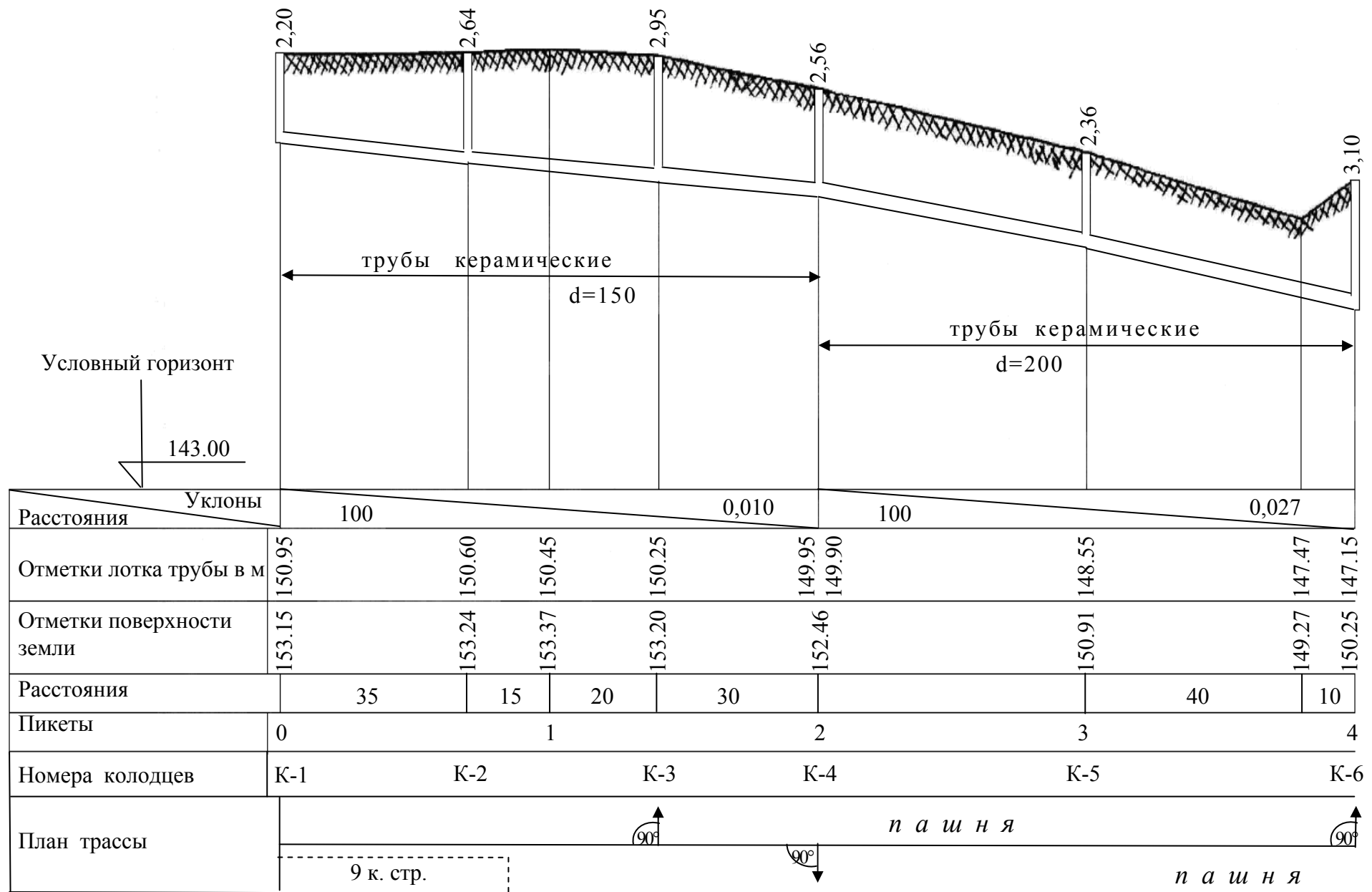


Рис.2.3. Продольный профиль ливневой канализации

Для построения проектного профиля от контрольной точки намечают начало и конец участка с одинаковым проектным уклоном, определяют графически его длину d_i и вычисляют предварительный уклон

$$i_{\text{пр.}} = (H_{\text{к}} - H_{\text{н}}) / d_i,$$

где $H_{\text{н}}$ – проектная отметка начальной контрольной точки;

$H_{\text{к}}$ – предварительная проектная отметка конечной точки участка.

Если полученное значение $i_{\text{пр.}}$ удовлетворяет условиям минимального уклона для напорных трубопроводов или самотечной канализации во избежание больших заглублений, то ее величину округляют до тысячных значений и вписывают в графу уклона профиля (рис.2.3). При этом руководствуются зависимостью между диаметрами труб и минимальными уклонами линий. Чтобы вследствие округлений уклона не нарушалась зависимость между i , d и разностью отметок, следует подкорректировать значение $H'_{\text{к}} = H_{\text{н}} + (i_{\text{окр.}} \cdot d_i)$ и записать его вместо $H_{\text{к}}$. Ввиду малого различия между $H_{\text{к}}$ и $H'_{\text{к}}$, корректировку положения проектной линии в точке $H_{\text{к}}$ графически проводить не нужно.

Из формулы $i_{\text{пр.}} = h/d$ находят превышение между точками проектного профиля $h = i_{\text{пр.}} \cdot d$. Тогда отметка точки проектного профиля $H_{\text{пр.}}$, которая находится от исходной точки на расстоянии d_i , будет равна

$$H_{i_{\text{пр.}}} = H_{\text{н}} + (i_{\text{пр.}} \cdot d_i).$$

По этой формуле вычисляют отметки всех точек трассы на прямолинейных участках. Если проектная линия понижается, то уклон имеет знак минус, когда повышается – плюс.

Все полученные проектные отметки, уклоны и расстояния записываются в соответствующие графы профиля трубопровода (рис.2.1-2.3).

На переломах проектной линии магистральных трубопроводов необходима вставка вертикальных кривых.

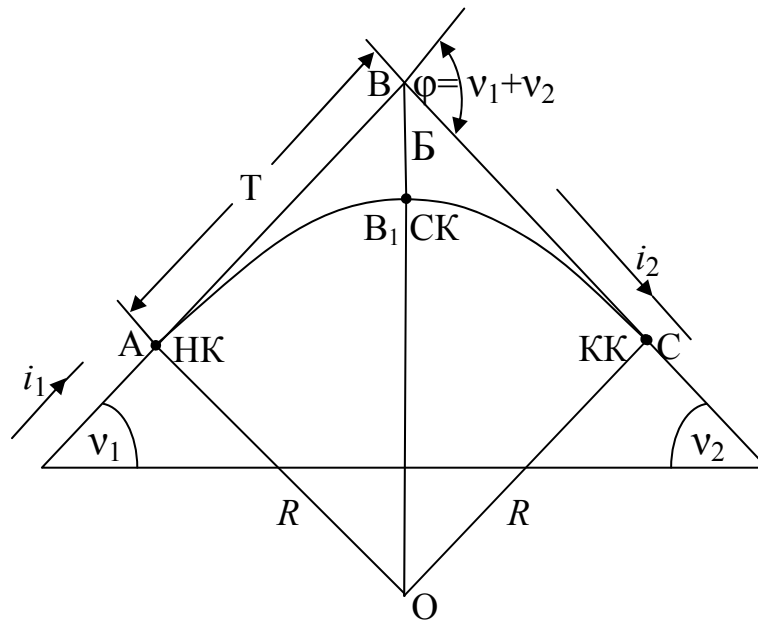


Рис.2.4. Вертикальная кривая

На рис.2.4. R – радиус вертикальной кривой; i_1 и i_2 – уклоны сопрягаемых участков проектной линии; v_1 и v_2 – соответствующие им углы наклона. Внешний угол треугольника $\varphi = v_1 + v_2$. Из-за малости этих углов их можно заменить тангенсами, т.е. уклонами. Из рис.2.4. следует

$$T = R[(i_1 + i_2) / 2]$$

$$K = R(i_1 + i_2)$$

$$B = T^2 / 2R.$$

Детальную разбивку вертикальных кривых выполняют по способу прямоугольных координат, задаваясь значениями абсцисс X и вычисляя ординаты по приближенной формуле $Y = X^2 / 2R$.

Значения биссектрисы и ординат вводят как поправки в проектные отметки профиля со знаком плюс для вогнутых и знаком минус для выпуклых кривых. Значения элементов вертикальных кривых, а также координаты X и Y выбирают из специальных таблиц.

2.2. Геодезические расчеты при вертикальной планировке

Вертикальная планировка – комплекс работ по преобразованию естественного рельефа в проектный.

В состав проекта вертикальной планировки входит план организации рельефа и план земляных масс.

2.2.1. Составление плана организации рельефа

Основой для разработки плана организации рельефа служат топографические планы масштаба 1:500 – 1:5000, составленные по результатам нивелирования строительных площадок по квадратам.

Проектный рельеф, образуемый отдельными оформляющими плоскостями, задается проектными горизонталями в сочетании с проектными отметками. Метод проектных горизонталей заключается в том, что на топографическом плане выправляют натурные горизонталы в соответствии с техническими требованиями планировки. При этом по наиболее пониженным отметкам выявляют направление тальвега, а по наибольшим – направление водораздела. С помощью их составляют схему планировки поверхностей, определяют отметки опорных точек, направление и крутизну скатов. Проектные горизонталы между линиями перегибов скатов изображаются прямыми равно отстоящими друг от друга параллельными линиями (рис.2.5). Сечение h для проектных горизонталей в пределах 0,1-0,5 м выбирают в зависимости от характера естественного рельефа. Положение проектных горизонталей на плане определяют по проектным отметкам точек пересечения осей проездов и точек перегиба проектного рельефа. Расстояние d (заложение) между смежными проектными горизонталями на плане подсчитывают по формуле

$$d = \frac{h}{i \times M},$$

где i – продольный проектный уклон; M – знаменатель численного масштаба плана.

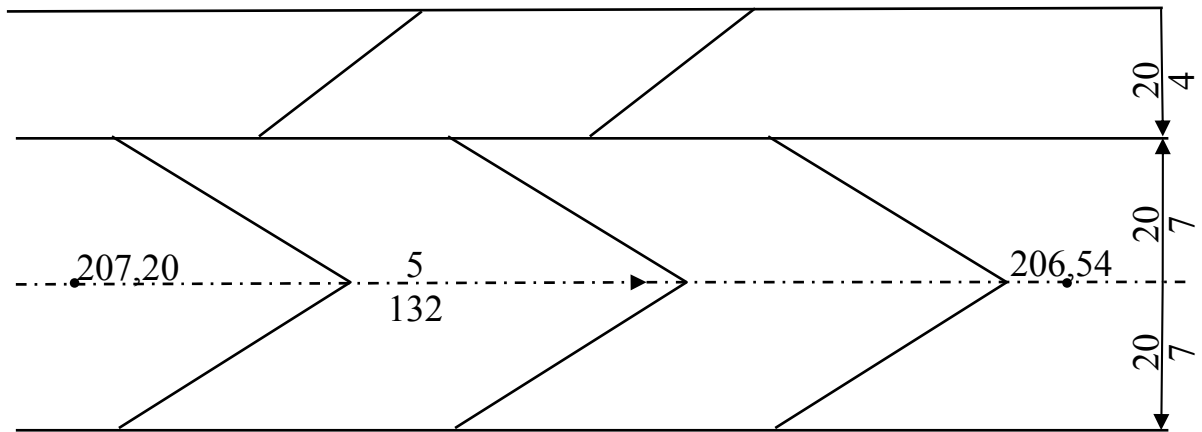


Рис.2.5. Построение проектных горизонталей на фрагменте автодороги

На границе двух оформляющих плоскостей проектные горизонталы имеют излом (рис.2.5).

По определенным проектным отметкам внутри квартала проводят горизонталы с учетом возможности отвода воды на внутриплощадных дорогах в сторону улиц. При этом предусматривается наименьший объем земляных работ и равное соотношение между объемом выемки грунта и его засыпкой.

Работа выполняется на топографическом плане в следующей последовательности: При проектировании наклонной площадки для обеспечения поверхностного водостока обычно задают ее продольный i_x и поперечный i_y уклоны с условием обеспечения баланса объема земляных масс в выемке и насыпке. Вычисляют среднюю отметку центра тяжести участка H_0 по формуле

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4n},$$

где $\sum H_1$ – сумма отметок вершин, которые принадлежат угловым квадратам;
 $\sum H_2, \sum H_4$ – сумма отметок вершин, общих для двух или четырех квадратов;
 n – количество квадратов.

Проектная отметка каждой точки, которая располагается на расстоянии d_x и d_y от исходной, находится по формуле

$$H_{\text{пр.}} = H_0 + d_x i_x + d_y i_y.$$

Пример построения плана организации рельефа представлен на рис.2.6. Размер квадратов 40×40 м.

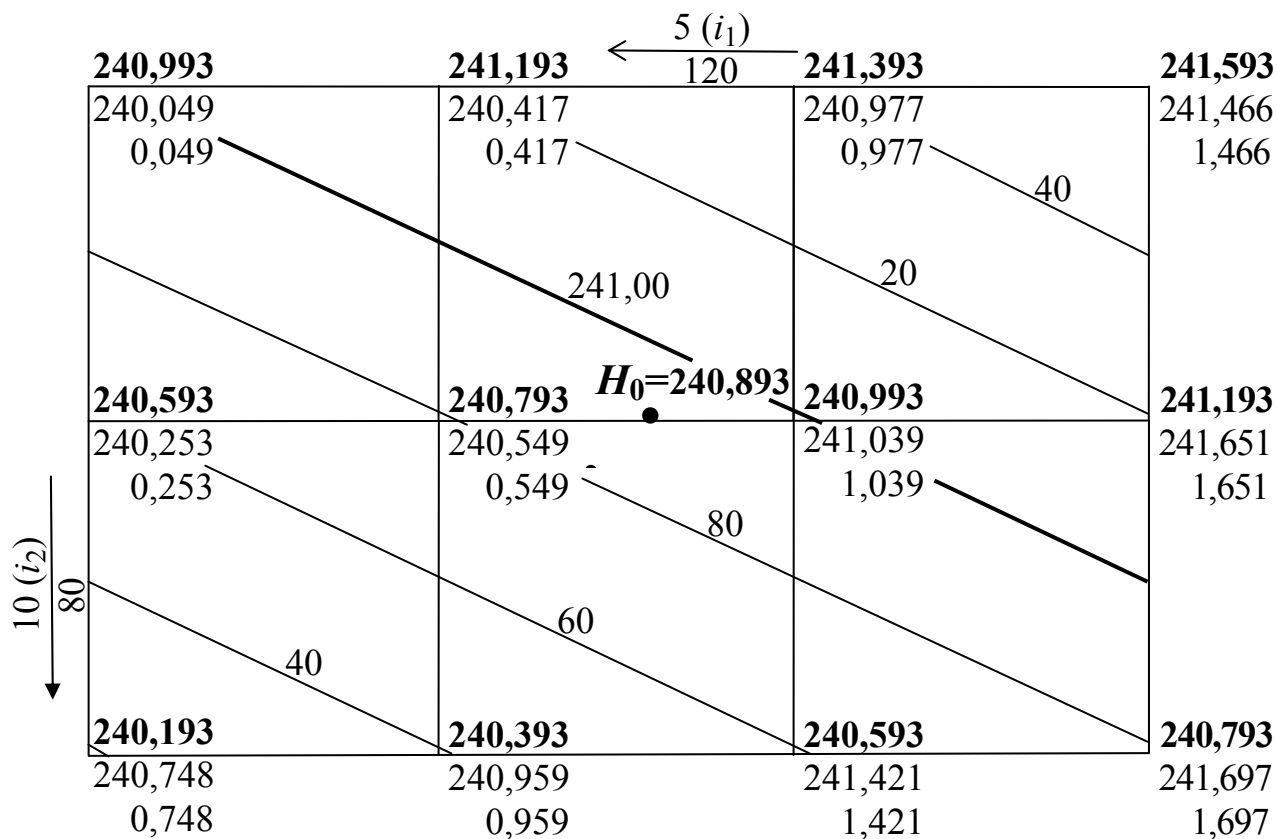


Рис.2.6. План организации рельефа

Рабочие отметки вершин квадратов h_p вычисляются как разности проектной и фактической отметок

$$h_p = H_{\text{пр}} - H_{\text{ф.}}$$

Переход проектного рельефа в естественный осуществляется с помощью откосов. Их крутизну (отношение высоты откоса к ширине основания) принимают в зависимости от механического состава грунтов и проектного назначения откосов. Так, на рис.2.7 крутизна откоса принята 1:10 и ширина основания $10h_j$. Например, рабочая отметка одной из его вершин составляет 0,19 м, что равно 1,9 м в масштабе плана 1:1000. Откосы изображаются в соответствии с условными обозначениями, как «спланированные откосы», с чередованием коротких и длинных штрихов через 2 мм и направлены от бровки откоса к его подошве.

2.2.2. Составление плана земляных масс

План земляных масс – это чертеж (рис.2.7) в виде сетки квадратов со стороной 20 или 40 м в зависимости от масштаба плана. В углу каждого квадрата подписывают рабочие отметки. По рабочим отметкам и площадям квадратов (с учетом выемок и насыпей) подсчитывают объемы земляных масс.

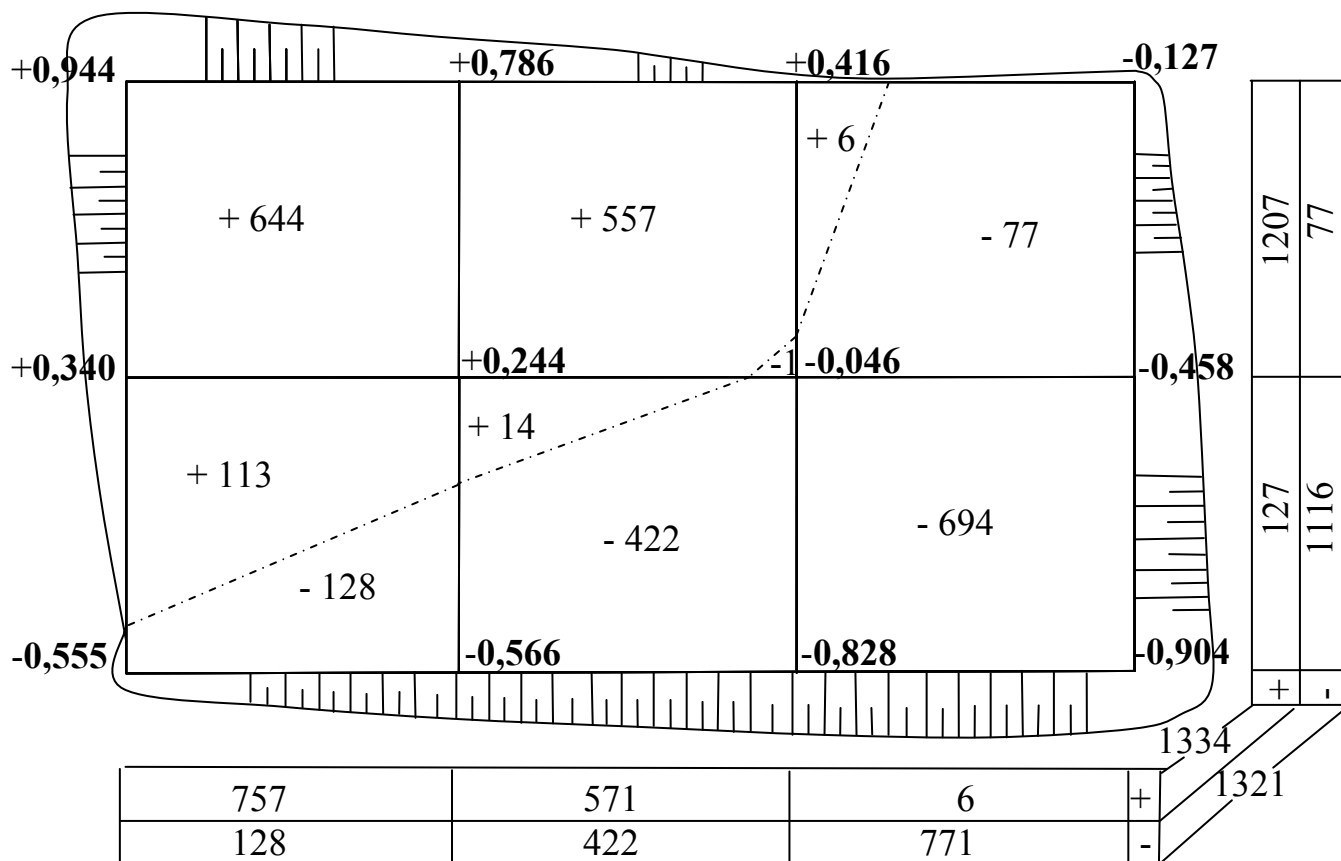


Рис.2.7. План земляных масс с таблицей баланса

По сторонам квадратов, где h_p меняет знак на противоположный, находят точки нулевых значений рабочих отметок по следующей формуле

$$x = d_i \frac{|h_{p_1}|}{|h_{p_1}| + |h_{p_2}|},$$

где d_i – расстояние между смежными точками стороны квадрата;
 h_{p_1} и h_{p_2} – рабочие отметки этих точек.

Точки нулевых значений рабочих отметок последовательно соединяют прямыми линиями, штриховкой или раскраской разделяют зоны выемки и насыпи (рис.2.7).

Подсчет объемов земляных масс выполняется на плане земляных масс. Объемы насыпи и выемки для полных квадратов вычисляются как для четырехгранного призматоида по формуле

$$V = P(h_{p_1} + h_{p_2} + h_{p_3} + h_{p_4}) / 4, \quad (2.1)$$

где h_p – рабочие отметки в углах квадрата;

P – площадь квадрата.

Объемы выемок и насыпей в переходных (неполных) квадратах вычисляются по формулам

$$\left. \begin{aligned} V_B &= P_i (\sum h_B)^2 / 4 |\sum h_B + \sum h_H|; \\ V_H &= P_i (\sum h_H)^2 / 4 |\sum h_B + \sum h_H|, \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

где $\sum h_B$ – сумма рабочих отметок по выемке;

$\sum h_H$ – сумма рабочих отметок по насыпке;

$|\sum h_B + \sum h_H|$ – сумма всех рабочих отметок в данном квадрате.

Подсчитывать значения объемов земляных масс по формулам (2.1 – 2.2) удобнее в ведомости или по специальной программе на ЭВМ.

В ряде случаев используется приближенный способ определения объемов призм по формуле

$$V = P_i \times h_{cp},$$

где P_i – площадь основания фигуры;

h_{cp} – средняя рабочая отметка вершин квадрата.

Оценкой точности результатов вычисления V_H и V_B служит относительная погрешность μ

$$\mu = 100\% (V_H - V_B) / V_{cp} \leq 5\%.$$

3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

3.1. Общие сведения

Комплекс геодезических работ по переносу проекта сооружения в натуру называется **разбивкой сооружения**. Разбивка выполняется в плане и по высоте.

Разбивочные работы являются одним из основных видов инженерно-геодезической деятельности. Поэтому для выполнения разбивок необходимо иметь: генеральный план сооружения; рабочие чертежи сооружения в масштабах 1:100–1:500; проект вертикальной планировки; планы и профили подземных коммуникаций; план геодезической разбивочной сети.

На основе этих документов осуществляется геодезическая подготовка проекта, которая включает создание разбивочных чертежей и разработку проекта производства геодезических работ (ППГР).

Проект сооружения составляют на топографических планах крупных масштабов, которые определяют общегеодезическую систему координат, задающую положение характерных точек проектируемого сооружения относительно этой системы. Поэтому графическая подготовка для разбивки сооружения заключается в определении углов, расстояний, координат, отметок на планах и чертежах с точностью, определяемой соотношением $\Delta = \delta \times M$ (δ – 0,2 мм – графическая точность и M – знаменатель численного масштаба плана). Чаще всего применяют графо-аналитический способ, когда часть данных определяется графически, а другие – вычисляются аналитически.

Различают главные, основные, промежуточные или детальные оси. Главными осями линейных сооружений (дорог, каналов, подземных коммуникаций, плотин, мостов) служат продольные оси этих сооружений. В промышленном и гражданском строительстве в качестве главных осей принимают оси симметрии зданий (рис.3.1).

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

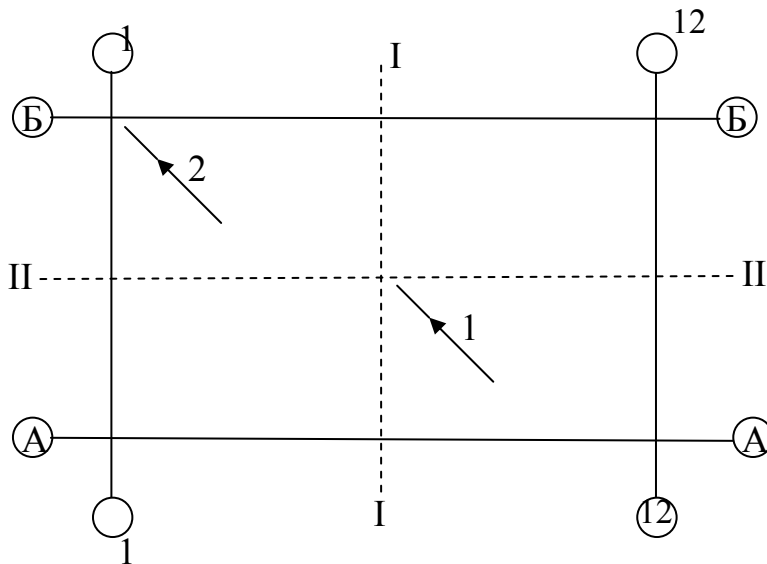


Рис.3.1. Оси здания: 1 – главные; 2 – основные

Промежуточные оси служат для детальной разбивки сооружений.

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

Высоты плоскостей и отдельных точек проекта задают от условной поверхности. В зданиях за условную поверхность (нулевую отметку) принимают уровень «чистого пола» первого этажа. Для каждого сооружения условная поверхность соответствует определенной абсолютной высоте, которая указывается в проекте.

На практике допустимая погрешность геодезических разбивочных работ вычисляется по формуле

$$m_{\Gamma} = \Delta_{\text{стр.}} / 3,$$

где $\Delta_{\text{стр.}} = \sqrt{m_{\Gamma}^2 + m_{\text{с.р.}}^2}$ – строительный допуск;

m_{Γ} – погрешность технологических расчетов;

$m_{\text{с.р.}}$ – погрешность строительных работ.

Геодезическое обоснование разбивочных работ. В зависимости от размеров строительной площадки, характера здания и необходимой точности геодезические разбивочные сети строятся разными методами.

Строительная сетка – система точек пересечения координатных линий, которые разбиваются в натуре. Она проектируется и строится на местности в виде квадратов или прямоугольников (рис.3.2), согласованных с проектом

размещения сооружений. Их вершины служат опорными пунктами для проведения разбивочных работ. Длины сторон сетки колеблются от 50 до 400 м.

Рис.3.2. Строительная сетка

Направление осей этой системы принимают параллельно направлению главных осей сооружений. Для этого строительную сетку проектируют на генплане, где намечают точки основных фигур. Начало системы координат выносится за пределы строительной площадки. Это юго-западный угол площадки, поэтому все значения абсцисс и ординат являются положительными. От этого угла вычисляются координаты остальных вершин квадратов или прямоугольников, которые наносятся на план.

Проект строительной сетки выносится на местность и закрепляется специальными знаками. Точность в размещении двух смежных точек не должна превышать 1–2 см. Строительная сетка разбивается от пунктов плановой сети или от существующей застройки. Прямые углы строятся теодолитом, стороны – стальной лентой с относительной погрешностью 1:2000.

Обычно пункты строительной сетки используются как плановые и высотные знаки. Высота размещения знаков должна быть согласована с проектом вертикальной планировки.

Строительной сеткой чаще всего пользуются при строительстве промышленных предприятий.

К р а с н а я л и н и я – граница, отделяющая территорию застройки от улиц (проездов). Здания вдоль улиц размещают по линии застройки, отступаю-

щей от красной линии в глубь территории на магистральных улицах не менее чем на 6 м, на жилых – не менее чем на 3 м. Часто она служит опорной линией, ориентируясь на которую выносят в натуру оси здания. Красную линию переносят на площадку от пунктов полигонометрии и ее положение закрепляют на местности или обозначают краской на стенах существующих зданий.

Т е о д о л и т н ы й х о д в качестве разбивочной основы используют, когда вблизи осей сооружения или трубопроводов отсутствуют опорные геодезические пункты.

В ы с о т н а я р а з б и в о ч н а я о с н о в а. Вблизи строительной площадки закрепляют не менее двух временных реперов, отметки которых определяют с помощью ходов технического нивелирования, проложенных от ближайших двух-трех пунктов геодезической сети. Составляется акт о передаче отметок на временные реперы.

3.2. Элементы геодезических разбивочных работ

П о с т р о е н и е з а д а н н о г о г о р и з о н т а л ь н о г о у г л а. Для построения проектного угла β теодолит устанавливают в точке A и визируют на точку B (рис.3.3). Затем вращением теодолита откладывают угол β и на местности обозначают точку C_1 при КЛ и точку C_2 при КП. Отрезок C_1C_2 делят пополам и фиксируют точку C . Расстояние C_1C_2 должно быть не более 0,02 – 0,03 м на каждые 100 м расстояния AC .

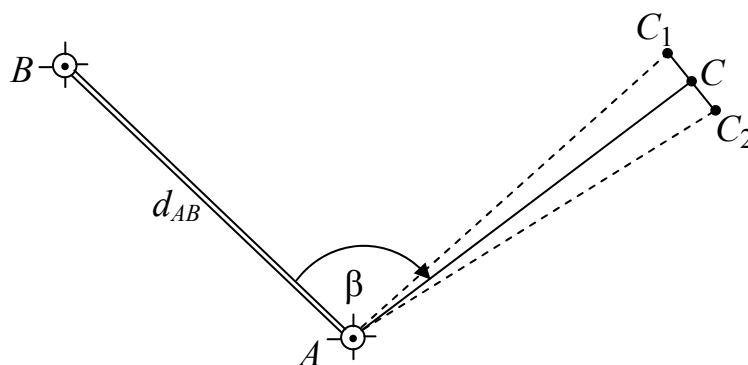


Рис.3.3. Построение проектного угла

Для построения угла с повышенной точностью при КЛ откладывают его на местности и измеряют необходимым количеством приемов n . Число приемов определяется по приближенной формуле

$$n = \frac{(m_t)^2}{m_\beta^2},$$

где m_t – точность теодолита; m_β – требуемая точность.

Вычисляют разность $\Delta\beta'' = \beta_{\text{изм}} - \beta_{\text{пр}}$ и длину отрезка $CC_1 = d_{AC} (\Delta\beta''/\rho'')$ (где $\Delta\beta$ – отклонение угла в секундах; $\rho'' = 206265''$). Отложив на местности отрезок CC_1 перпендикулярно линии AC , получают точку C . Для контроля угол BAC измеряют.

Построение проектного расстояния. Для построения длины линии необходимо от исходной точки отложить в заданном направлении расстояние, горизонтальное проложение которого равно проектному значению. На местности от точки A откладывают и закрепляют приближенное значение проектного расстояния в точке B (рис.3.4). Это расстояние с необходимой точностью измеряют компарированными мерными приборами, учитывая все поправки. Поправки за компарирование, температуру, и наклон местности вводят со знаками, обратными тем, которые учитывают при измерении линий. Вычислив длину закрепленного отрезка, сравнивают его с проектным значением, находят линейную поправку

$$\Delta d = d_{\text{пр.}} - d_{\text{изм.}}$$

и откладывают ее с соответствующим знаком от конечной точки B , затем для контроля построенную линию AB_1 измеряют.

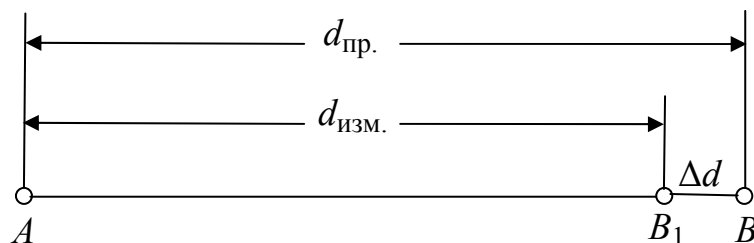


Рис.3.4. Схема отложения проектной длины линии

Построение линий с высокой точностью выполняют светодальномерами или инварными мерными приборами.

Построение заданных отметок обычно проводят геометрическим нивелированием. При выполнении полевых работ всегда известна про-

ектная отметка точки B ($H_{B_{\text{пр.}}}$) и высота временного репера A ($H_{\text{рп.}A}$). Согласно схеме нивелирования (рис.3.5) отсчет по рейке, установленной в точке B , определяется по формуле

$$b_{\text{пр.}} = \text{ГП} - H_{B_{\text{пр.}}},$$

где $\text{ГП} = H_{\text{рп.}A} + a$.

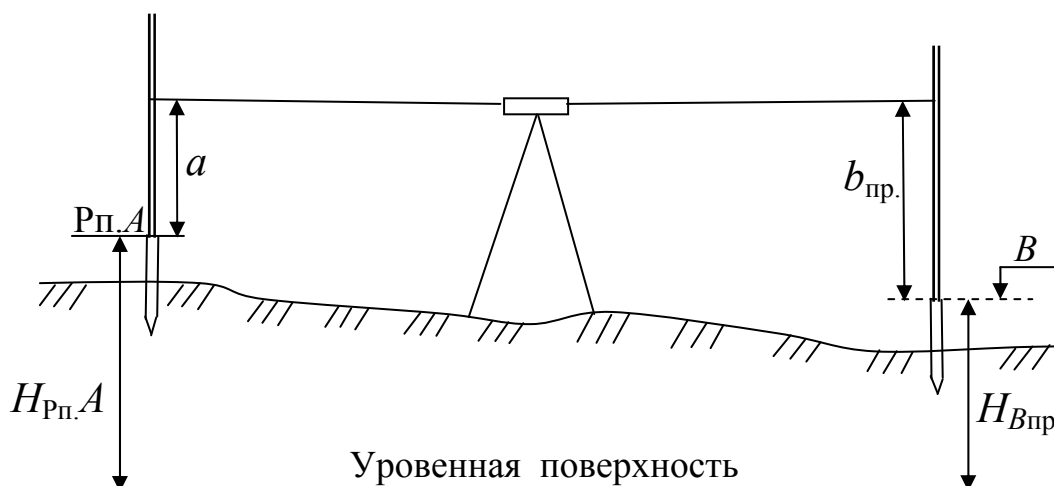


Рис.3.5. Построение заданной проектной отметки

В точке B рейку опускают или поднимают для получения расчетного отсчета $b_{\text{пр.}}$. Уровень пятки рейки будет соответствовать проектной отметке $H_{B_{\text{пр.}}}$. Этот уровень фиксируют на местности кольшком.

Для проверки достоверности выноса проектной отметки выполняют повторное нивелирование относительно другого репера.

Погрешности построения заданной отметки: погрешность отметки репера $H_{\text{рп.}}$, погрешности отсчетов m_a и m_b , погрешность $m_{\text{ф.}}$ фиксации точки B . Поэтому

$$m_{\text{п}} = \sqrt{m_{\text{рп.}}^2 + m_a^2 + m_b^2 + m_{\text{ф.}}^2}.$$

Построение вертикальной плоскости. Вертикальность конструкций высотой до 50 м можно проверить способом вертикальной плоскости с использованием теодолита. На расстоянии $1,5H$ от стены здания устанавливают теодолит в точке A разбивочной оси и приводят его в рабочее положение (рис.3.6). Затем зрительную трубу при положении КЛ поворачивают в вертикаль-

ной плоскости и обозначают в точке C проекцию вертикальной нити сетки. Аналогичные действия выполняют при другом положении вертикального круга (КП). Несовпадение нитей сетки не должно превышать интервал между штрихами биссектора. В этом случае точки B и C находятся в вертикальной плоскости.

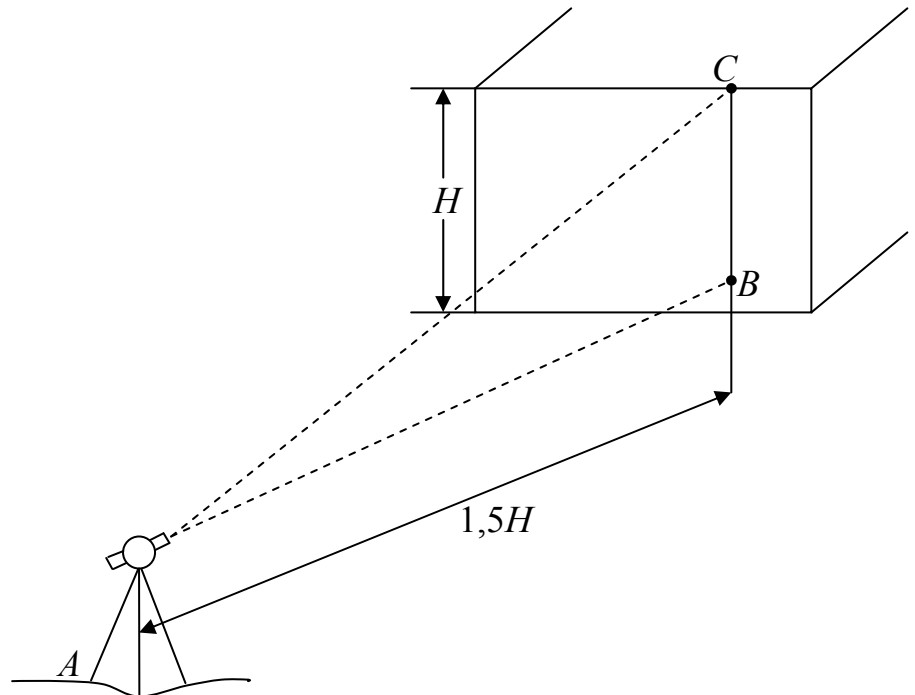


Рис.3.6. Построение вертикальной плоскости

Передача отметок в котлованы и на монтажные горизонты. При решении этих задач используют рейки, стальную рулетку и нивелир. Сначала нивелир устанавливают на земной поверхности и берут отсчеты при двух горизонтах прибора по рейке, установленной на временном репере $a_{рп.}$ и по рулетке d .

Затем нивелир устанавливают в котловане или на монтажном горизонте и производят аналогичные отсчеты по рулетке c и по рейке b (рис.3.7, а, б).

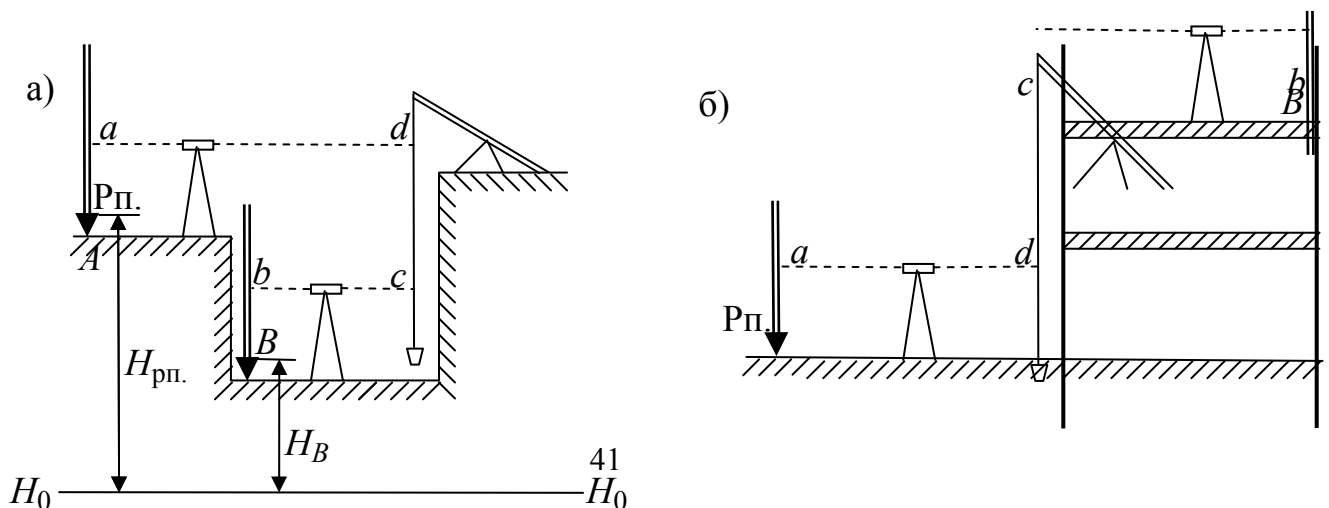


Рис.3.7. Передача отметки: а) – в котлован; б) – на монтажный горизонт

Отметка временного репера B , закрепленного в котловане, может быть вычислена по формуле

$$H_B = H_{\text{рп.}} + a - (d - c) - b.$$

Отметка репера B на монтажном горизонте, обозначенная на стене краской, будет равна

$$H_B = H_{\text{рп.}} + a + (d - c) - b.$$

Для оптимального натяжения рулетки к ней подвешивают груз массой до 10 кг.

При неглубоком котловане проектную отметку на его дно можно передать с помощью нивелира и рейки.

Отметку на монтажный горизонт очень часто передают по маршевой лестнице, используя нивелирную рейку и нивелир.

П о с т р о е н и е л и н и и п л о с к о с т и з а д а н н ы х у к л о н о в .

При построении линии заданного уклона используют теодолит или нивелир. От ближайшего репера переломные точки проектной линии устанавливают на проектные отметки и закрепляют их колышками. Над точкой A устанавливают нивелир так, чтобы один из подъемных винтов размещался по заданной линии (рис.3.8, а). Затем рейкой или рулеткой измеряют высоту прибора и в точке B устанавливают рейку. С помощью подъемных винтов наклоняют трубу нивелира до тех пор, пока отсчет по рейке не будет равным высоте прибора, т.е. $b = I$. Перемещая рейку по линии, в необходимых точках забивают колышки таким образом, чтобы отсчеты по рейке были равны высоте прибора $b = I$. Уровень, проходящий через пятки реек, фиксирует на местности линию с заданным уклоном.

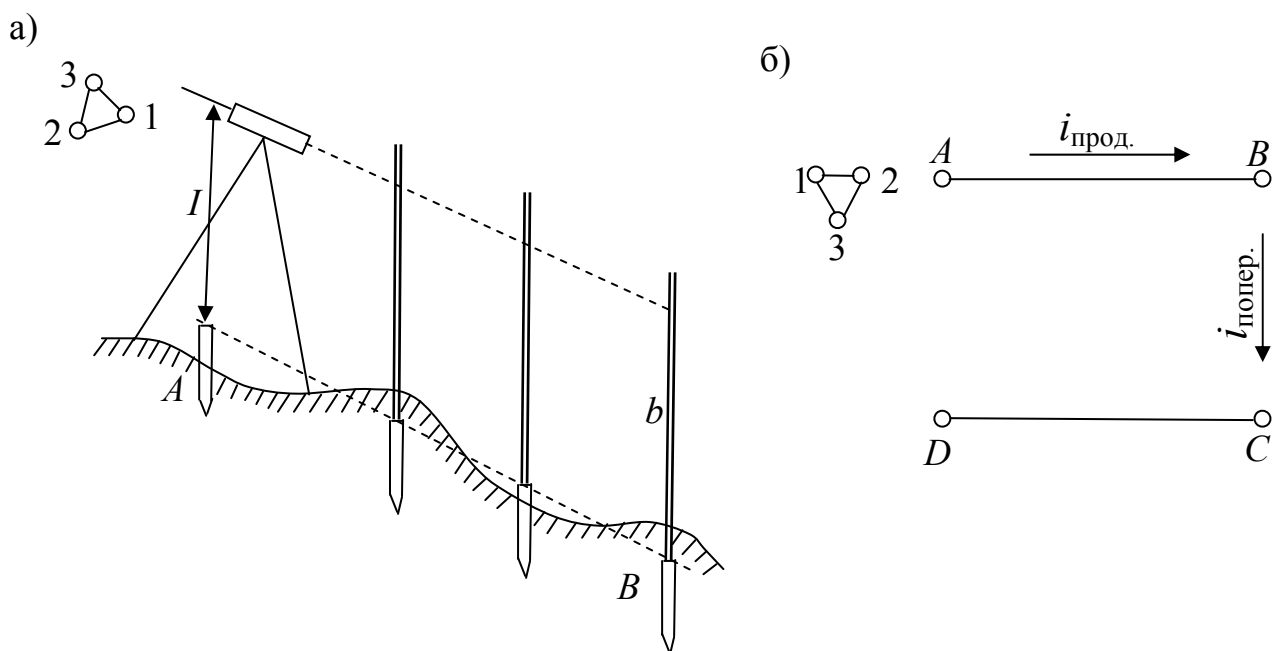


Рис.3.8. Построение линии (а) и плоскости (б) заданных уклонов

При использовании теодолита измеряют высоту прибора и на вертикальном круге с учетом места нуля устанавливают отсчет в градусной мере, равный проектному уклону.

Построение плоскости с заданным уклоном осуществляют при планировке наклонных площадок. Сначала выносят на местность проектные отметки точек A , B , C , D . Нивелир или теодолит устанавливают над точкой A так, чтобы два его подъемных винта были параллельными AB , а третий – перпендикулярным к AB (рис.3.8, б). Измеряют высоту прибора I и подъемными винтами 1 и 2 наклоняют зрительную трубу так, чтобы отсчет по рейке в точке B был равен I . Затем вращением подъемного винта 3 устанавливают отсчет по рейке в точке D , равный I .

Для контроля берут отсчет по рейке, установленной в точке C , который также должен быть равен I . Перемещая рейку между точками A , B , C , D , добиваются, чтобы отсчеты по рейке были одинаковыми и равными высоте прибора I . Необходимое количество характерных точек закрепляют на местности.

Для построения линии или плоскости заданных уклонов можно применять лазерные нивелиры. Приборы с использованием лазера являются наиболее эффективными в связи с тем, что визирная ось становится видимой.

3.3. Способы разбивки главных и основных осей сооружений

В зависимости от условий местности, вида геодезической основы, размеров и типа сооружений основные оси и проектные точки выносят в натуру различными способами.

Проектные точки на местности могут быть построены способами прямоугольных и полярных координат, засечек от пунктов плановой основы или от существующих зданий и сооружений.

Способ прямоугольных координат применяется, когда на площадке имеется строительная сетка или красные линии застройки. На створе 2–3 геодезической плановой основы откладывают отрезки 2–I и 2–II. Для проверки построений измеряют расстояние II–3. Теодолит устанавливают в точке I, на лимбе фиксируют 90° и по направлению I–I' откладывают отрезки I–a и I–b (рис.3.9, а). Аналогичные построения выполняют и в точке II. Для построения на местности осей AA' и BB' выполняют подобные геодезические действия, как и на осях I–I', и II–II'. Перпендикуляры не должны превышать длину мерного прибора. После выноса в натуру габаритов здания, проверяют длины сторон построенного прямоугольника. Отклонения от проектных данных не должны превышать 1–2 см.

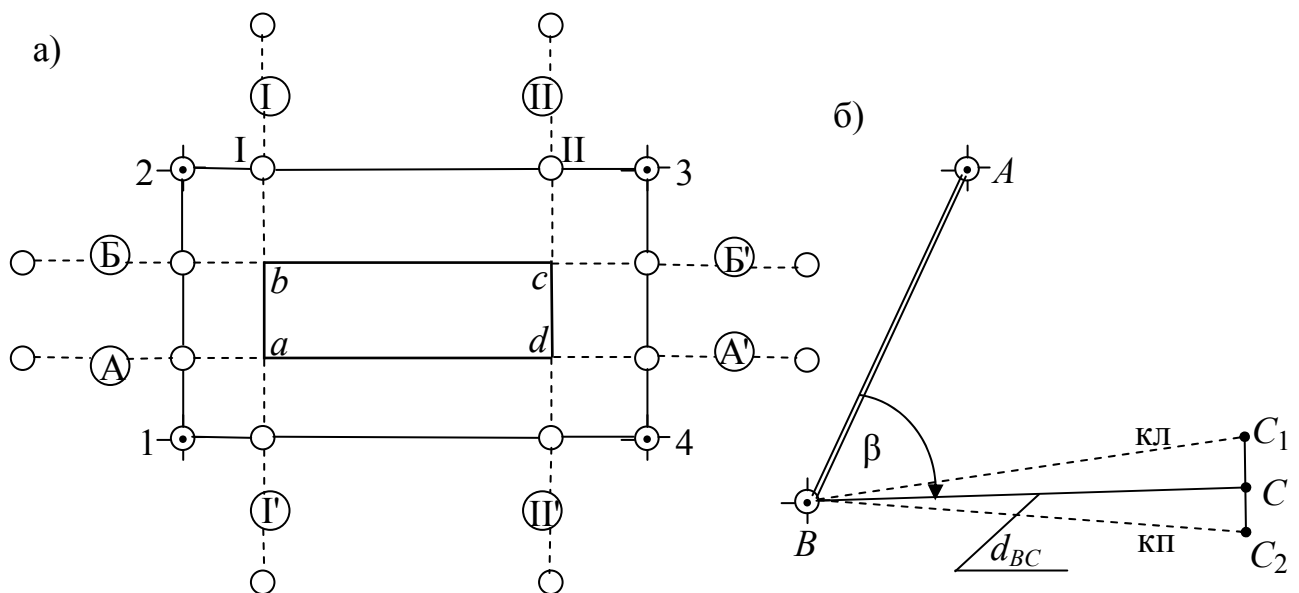


Рис.3.9. Разбивка осей сооружений способами:

а) – прямоугольных координат; б) – полярных координат

Источники погрешностей построения, например, проектной точки *a* способом прямоугольных координат следующие:

- погрешности m_{d_1} и m_{d_2} расстояний d_1 и d_2 ;
- погрешности m_{90° построения прямого угла;
- погрешность m_{ϕ} фиксации точки a на местности.

$$\text{Поэтому } m_a = \sqrt{m_{d_1}^2 + m_{d_2}^2 + m_{\phi}^2 + d^2 \frac{m_{90^\circ}''^2}{\rho''^2}}.$$

Для подготовки котлована на местности закрепляются точки a, b, c, d , пересечения основных осей. Каждая ось фиксируется в натуре двумя осевыми знаками с обеих сторон вне зоны строительных работ, как это показано на рис.3.9, а. По возможности оси обозначаются краской на стенах домов, бордюрах, ограждениях.

С п о с о б п о л я р н ы х к о о р д и н а т применяют в открытой местности, когда узловые точки (закруглений и пересечений трасс) удалены от строительной сетки. От линии опорного хода в заданном направлении откладываются заранее рассчитанные расстояния и горизонтальные углы, которые определяют положение необходимых точек. На плане определяют координаты проектной точки C , координаты опорных точек A, B и дирекционный угол направления BA известны. По формулам (3.1) находят дирекционный угол α_{BC} , расстояние d_{BC} и угол β .

$$\text{tgr}_{BC} = \frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B}; \quad d_{BC} = \Delta Y_{BC} / \sin r_{BC} = \Delta X_{BC} / \cos r_{BC}; \quad \beta = \alpha_{BC} - \alpha_{BA}. \quad (3.1)$$

Теодолитом строят угол β в точке B . По направлению BC откладывают расстояние d_{BC} и на местности фиксируют точку C (рис.3.9, б). Построение выполняют при КЛ и КП. Точка C будет находиться в середине линии C_1C_2 . Для проверки правильности выноса в натуре точки C , выполняют аналогичную разбивку от пункта A . При этом допустимое расхождение в положении точки C на местности, построенной с пунктов A и B не должно превышать 4–5 см.

В этом способе погрешности построения точки C следующие:

- погрешности построения проектного угла m_{β} ;

- погрешность проектного расстояния m_d ;
- погрешность фиксации точки C на местности m_ϕ .

Следовательно,

$$m_c = \sqrt{m_d^2 + m_\phi^2 + d^2 \frac{m_\beta^2}{\rho''^2}}.$$

Способ угловой засечки применяется, когда на местности существуют препятствия (река, овраг) или проектные точки удалены от опорных пунктов. Чаще всего этот способ используют при разбивке мостовых переходов и гидротехнических сооружений. Рассчитываются горизонтальные углы β_1 и β_2 как разности дирекционных направлений

$$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{AC}; \quad \beta_2 = \alpha_{BC} - \alpha_{BA}.$$

Координаты точки C определяют графически на плане. На местности с пунктов опорной сети A и B строят рассчитанные углы β_1 и β_2 . Положение точки C определяется в пересечении визирных лучей AC и BC (рис.3.10, а).

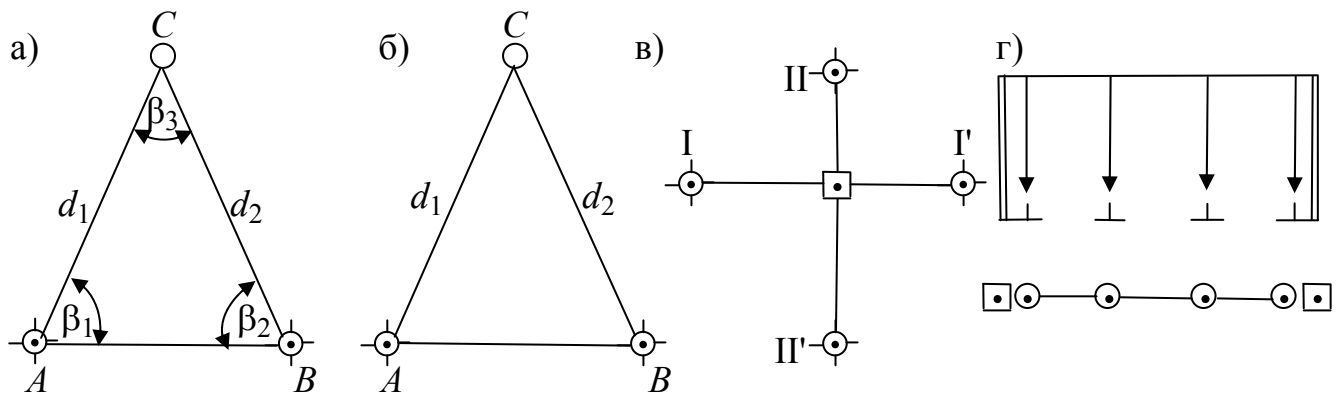


Рис.3.10. Способы разбивки:

- а) – угловой засечки; б) – линейной засечки; в) – створной засечки;
 - г) – определение проектной точки в створе с помощью струны и отвеса
- Наибольшая точность построения точки C достигается в том случае, когда в треугольнике угол $\beta_3 = 90^\circ$ и длины AB и BC равны между собой.

Погрешность построения точки C способом угловой засечки будет

$$m_c = \sqrt{m_{\beta_1}^2 \frac{d_1^2}{\rho''^2} + m_{\beta_2}^2 \frac{d_2^2}{\rho''^2} + m_{\Phi}^2},$$

где m_{β_1} и m_{β_2} – погрешности построения углов β_1 и β_2 ;

m_{Φ} – погрешность фиксации точки C на местности.

Способ линейной засечки. Схема построения аналогична угловой засечке. По координатам вычисляют длины сторон AC и BC , затем откладывают их на местности мерной лентой и место пересечения двух дуг обозначают и закрепляют кольшком (рис.3.10, б).

Длины d_1 и d_2 не должны превышать длины мерного прибора. Точность построения проектной точки C колеблется от 1 до 2 см.

Погрешность построения на местности точки C определяется формулой

$$m_c = \frac{1}{\sin \gamma} \sqrt{m_{d_1}^2 + m_{d_2}^2},$$

где m_{d_1} и m_{d_2} – средние квадратические погрешности откладывания расстояний d_1 и d_2 ; γ – угол засечки в точке C .

Способ створной засечки применяется для детальной разбивки зданий относительно створов главных и основных осей. Положение точки на строительной площадке определяется пересечением двух осей, которые закрепляются на противоположных концах здания. Наилучшая засечка осуществляется под прямым углом (рис.3.10, в). Местонахождение точки в створе может быть найдено с помощью теодолита, или струны и отвеса (рис.3.10, г). Створ задается при двух положениях вертикального круга теодолита. В створном способе важное значение имеет центрировка теодолита.

Главные и основные оси здания разбиваются на местности от пунктов плановой основы и закрепляются осевыми знаками. В их створе устанавливаются дополнительные знаки, необходимые для восстановления пунктов в случае их утраты.

Разбивка основных осей относительно существующих зданий. При вынесении на местность проектных осей новых зданий среди существующей застройки ориентируются на уже построенные объекты, а необходимые данные (углы и расстояния) определяют на проектных чертежах графическим способом. В этом случае положение новых зданий часто определяют относительно створов линий существующих сооружений с помощью способа перпендикуляров или линейной засечки (рис.3.11).

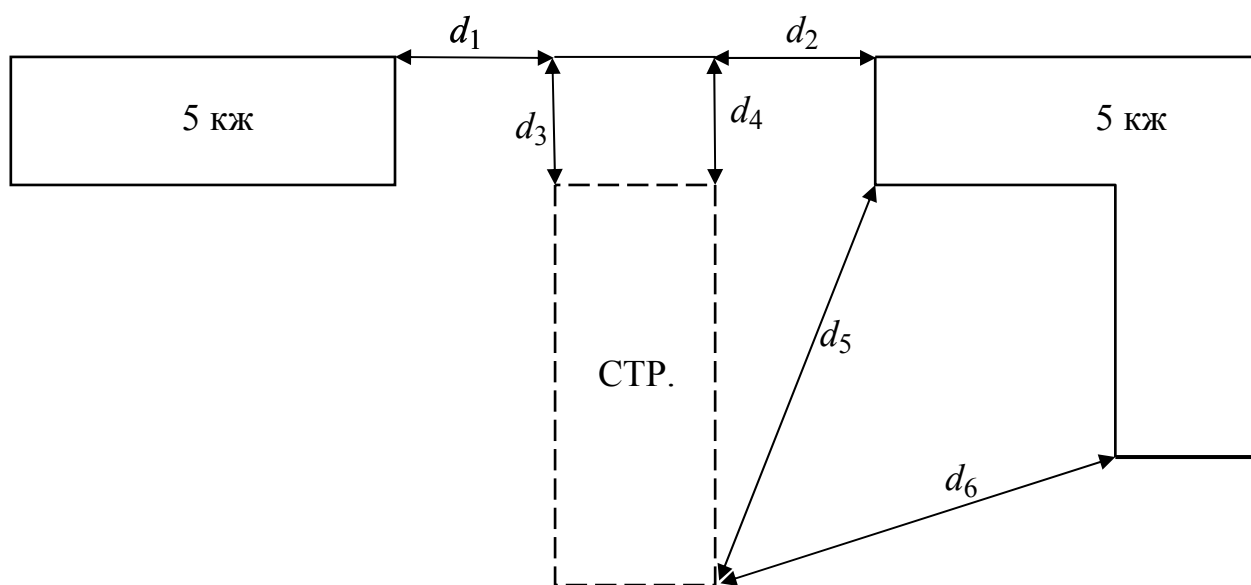


Рис.3.11. Разбивка осей здания от существующих сооружений

Закрепление осей сооружений. Для закрепления осей, а также для удобства использования в процессе строительства, их выносят на обноску. Обноска представляет собой доску, закрепленную горизонтально на столбах на высоте 40-60 см от земли. Оси на деревянной обноске фиксируют гвоздем. Известны два вида обноски: сплошная и створная. Сплошную обноску применяют довольно редко из-за громоздкости и сложности ее построения.

Более рациональной является створная обноска. Она устанавливается лишь в местах закрепления осей (рис.3.12) на произвольном расстоянии от контура здания.

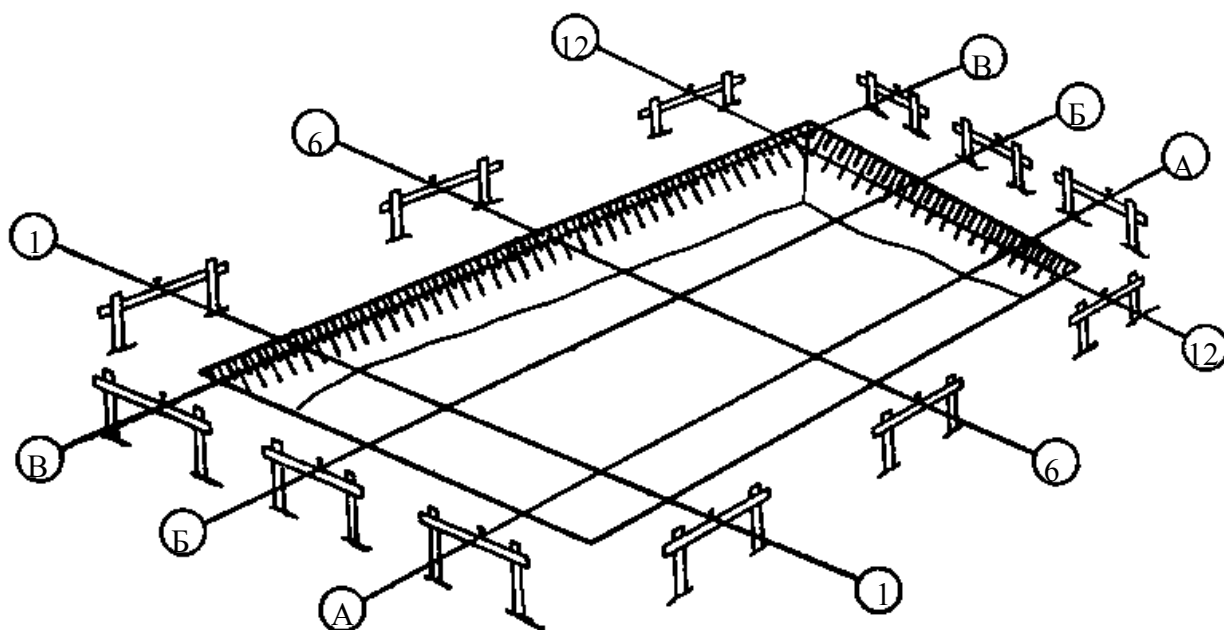


Рис.3.12. Створная обноска для закрепления осей здания

Помимо обноски, вынесенные в натуру оси закрепляют постоянными и временными знаками. Постоянными знаками обычно закрепляют главные и основные оси. Знаки устанавливают вне зоны земляных работ. Эти места должны быть удобными для установки над знаком геодезических приборов и выполнения измерений.

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

Для закрепления створов осей широко применяют цветные окраски на зданиях и сооружениях. Окраски 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.

Разбивочные работы при сооружении котлованов. При разбивке контура на местность переносят верхнюю бровку котлована, а после выемки грунта – нижнюю его бровку.

В процессе подготовки разбивочных данных определяют горизонтальное проложение d_0 между верхней и нижней бровками котлована (рис.3.13, а) по следующей формуле

$$d_0 = \frac{(H_D - H_M)}{(i - i_0)}$$

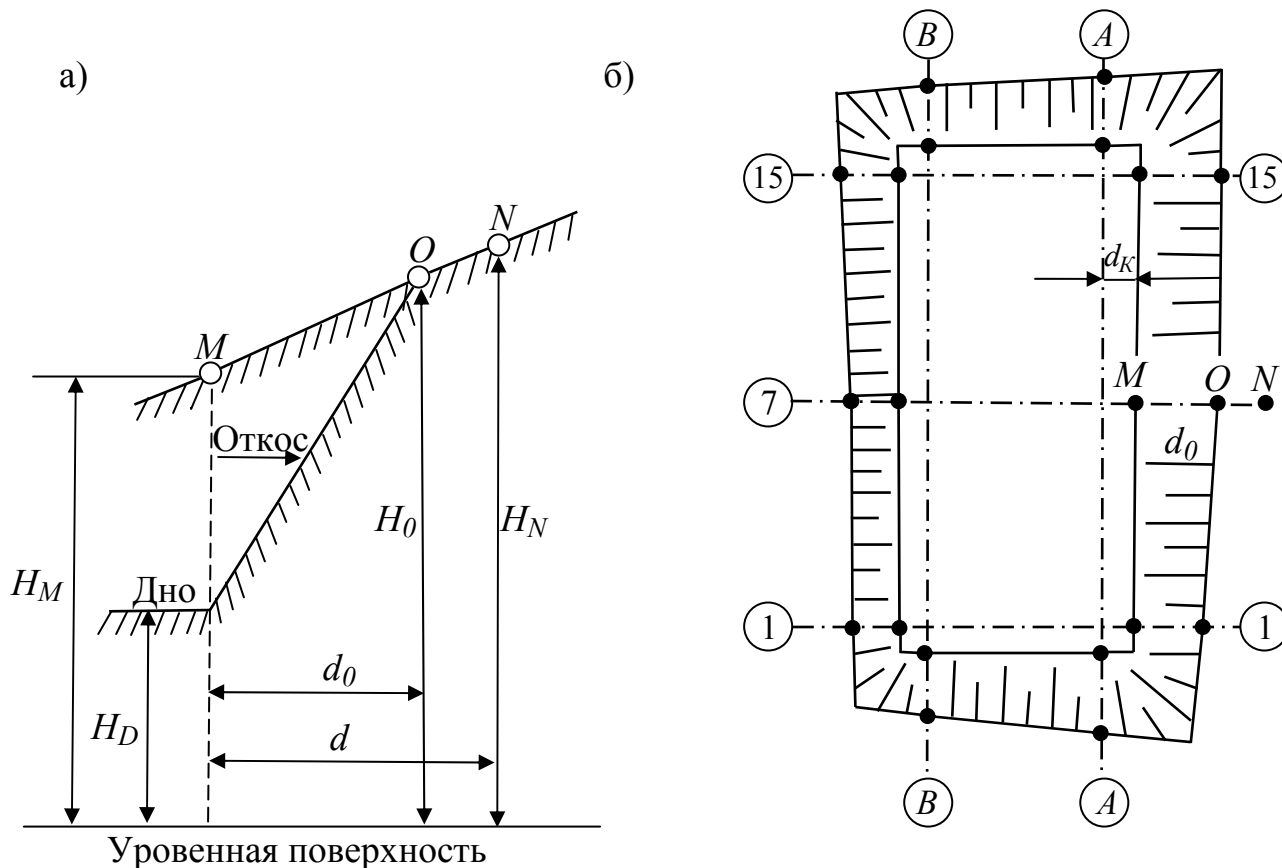


Рис.3.13. Разбивка контура котлована:

- а) – определение расстояний между нижней и верхней бровками;
- б) – построение границ

Определение отметок точек всех осей здания производят по топографическим планам или нивелированием поверхности.

Расстояние d_k между основной осью здания и нижней бровкой выбирают из рабочих чертежей (рис.3.13, б). Затем от основной оси $A-A$ откладывают на местности проектный отрезок $(d_k + d_0)$, получают и закрепляют точку O верхней бровки котлована по всем продольным и поперечным осям здания и, таким образом получают контур верхней бровки котлована. Его характерные точки закрепляют колышками и между ними натягивают шнур.

Контроль выемки грунта ведут с помощью рейки и нивелира. Берут отсчет a по рейке, установленной на временном репере, и отсчет b по рейке на дне котлована. Превышение определяют по формуле $h = a - b$. Выемку грунта заканчивают с недобором грунта на 20-30 см, чтобы зачистить дно и откосов котлована до проектной отметки ручным способом. После зачистки котлована туда переносят основные оси и откладывают от них проектный отрезок d_k .

3.4. Геодезические разбивочные работы при строительстве трубопроводов

На строительной площадке проходит много коммуникаций, каждая из которых должна быть вынесена в соответствии с проектом. В плане коммуникации разбивают с относительной погрешностью 1:2000. По высоте – напорные трубопроводы укладываются с точностью 1–2 см, самотечные – 3 - 5 мм.

Разбивочный чертеж служит для перенесения трассы подземной коммуникации в натуру. Он содержит необходимые угловые и линейные элементы. Его составляют на основе генерального плана и продольного профиля. На чертеж наносят ближайшие пункты геодезической основы и относительно их указывают местонахождение участка коммуникации, который разбивается с углами поворота, пикетами, колодцами. На углах поворота подписывают координаты, между колодцами – расстояния.

Разбивку поворотных точек трассы и наблюдательных колодцев подземных коммуникаций производят от местных предметов, теодолитных ходов, красных линий застройки, строительной сетки. Ориентируясь на местные предметы, производят разбивку внутриквартальных трубопроводов. Проектные расстояния определяют по плану или вычисляют графо-аналитическим способом. Для привязки используют углы зданий, заборов, люки смотровых колодцев. Количество засечек на каждую поворотную точку должно быть не менее трех, как это показано на разбивочном чертеже трассы канализации (рис.3.14, а). При отсутствии контуров местности прокладывают теодолитный ход, точки которого закрепляют в натуре. От этих точек откладывают вычисленные аналитическим способом значения го-

горизонтальных углов и расстояний, например, как на разбивочном чертеже трассы газопровода (рис.3.14, б).

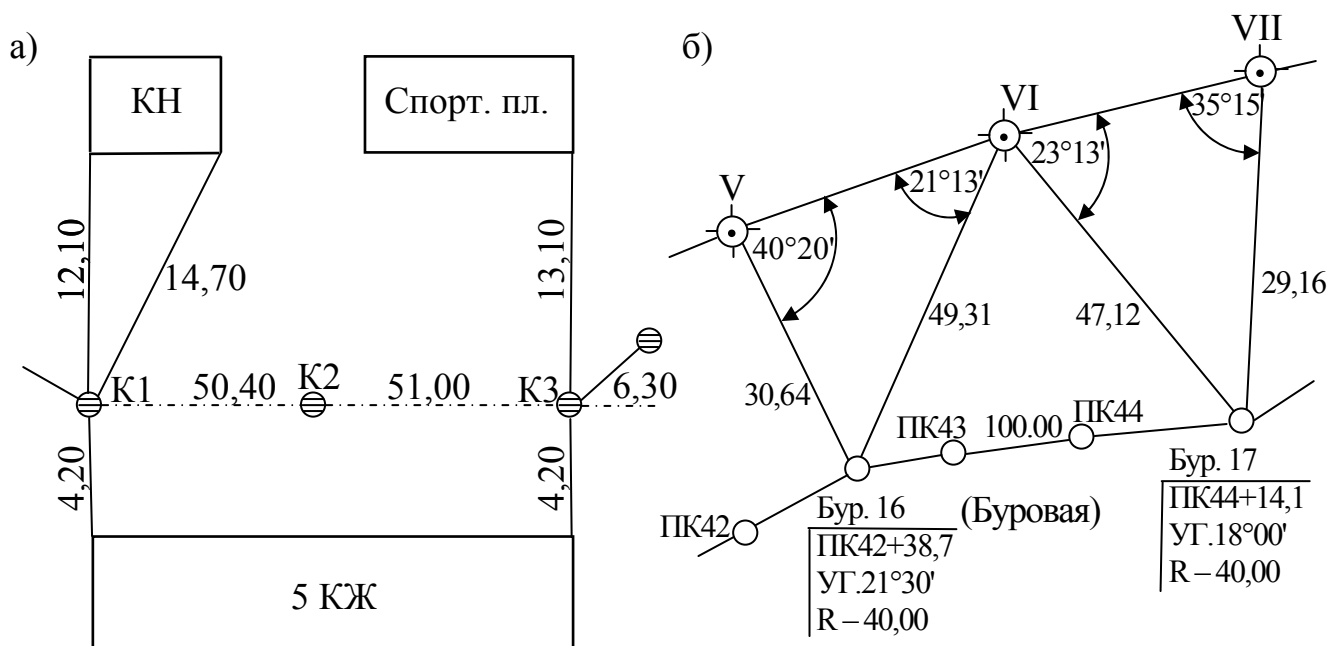


Рис.3.14. Разбивочный чертеж трасс: а) – канализации; б) – газопровода

Углы поворота трассы и узловые колодцы разбивают через 300–500 м. Все промежуточные колодцы определяют в створе этих точек с помощью соответствующих проектных расстояний на плане. Створ задают теодолитом, расстояния откладывают лентой.

При разбивке технологических трубопроводов, идущих многочисленными нитками, которые соприкасаются одна к другой, определяют местонахождение двух крайних ниток.

В процессе разбивки коммуникации неизбежны некоторые продольные и поперечные перемещения колодцев. Продольные перемещения меняют расстояние между соседними колодцами и поэтому изменяют проектные уклоны. Если перемещения не превышают 0,3 - 0,5 м, то уклоны остаются без изменений. Поперечные перемещения ломают прямолинейную ось коммуникации, что значительно осложняет нормальную укладку труб. Поэтому к прямолинейности трубопроводов предъявляются большие требования, чем к продольным перемещениям

колодцев. Отклонение местонахождения оси траншеи от прямой линии не должно превышать 10 см.

Перед строительством магистральных трубопроводов восстанавливают и закрепляют углы поворота, пикетаж трассы, детально разбивают кривые, проводят контрольные измерения линий и повторное нивелирование. Одновременно в соответствии с проектом, разбивают колодцы и переходы. Точки крепления выносят за пределы зоны земляных работ, примерно на 5 м в обе стороны от оси трассы.

Разбивка оси трубопровода в плане и по высоте – заключительный этап перенесения трасс подземных коммуникаций в натуру. Траншеи для укладки труб выполняют с откосами и с вертикальными стенками. В первом случае на местности через каждые 5 - 10 м закрепляют ось траншеи и грани верхней и нижней бровки. На (рис.3.15, а) верхние бровки A и B , нижние – a и b . На проектных чертежах по организации работ указывают ширину траншеи по низу d_0 и крутизну откоса 1: m .

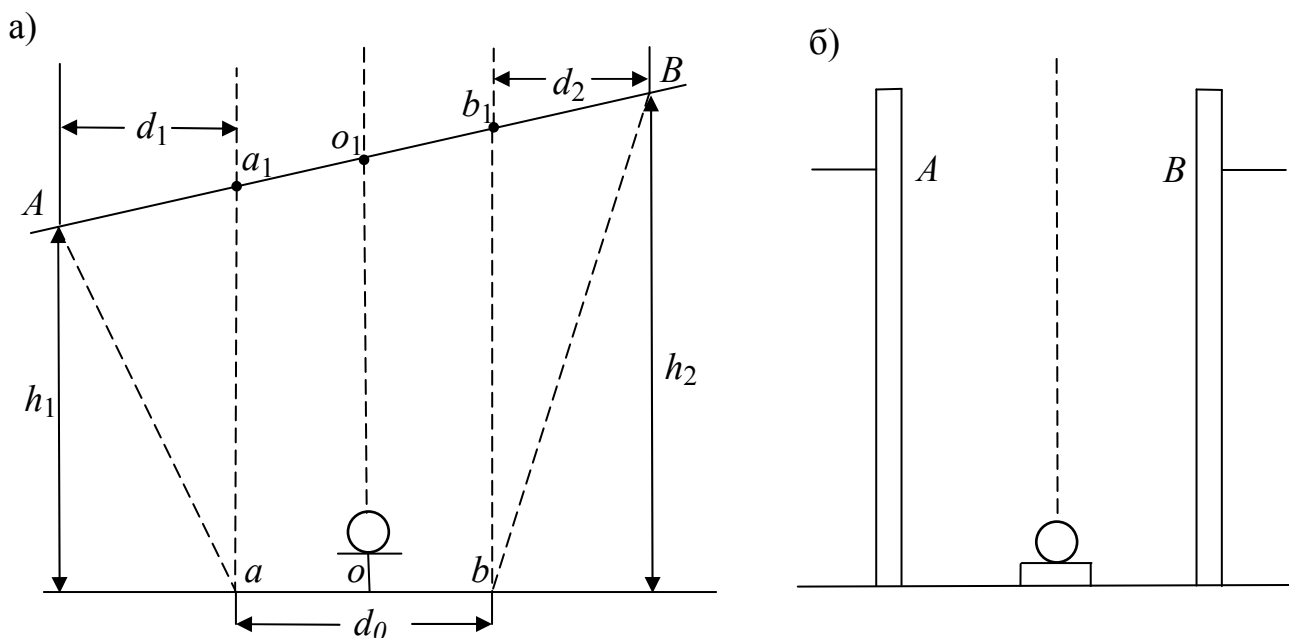


Рис.3.15. Способы подготовки траншеи для укладки труб:

а) – траншеи с откосами; б) – траншеи с вертикальными стенками

Величину крутизны откоса задают в зависимости от состава горных пород и средней глубины траншеи. Крутизну откоса характеризуют дробью

$$1:m = h/d_i,$$

где d_i – горизонтальное проложение от нижней бровки до верхней;
 h – глубина траншеи. Поскольку в разных местах глубина траншеи изменяется в зависимости от рельефа и уклона трубопровода, величину d_i определяют по формуле

$$d_i = m \times h_i.$$

При разбивке траншеи с вертикальными стенками на местности аналогичным образом закрепляют ось траншеи и грани краев A и B (рис.3.15, б).

Контроль разбивки грунта по высоте осуществляют с помощью визирок. В начале контрольного участка устанавливают постоянные визирки. Их высота должна быть равной переносной визирке, когда ее верх находится на проектной отметке. Грунт в траншее не выбирают на величину около 10 см до проектных отметок. Затем на пикетах, в местах устройства колодцев и изменения уклонов строят лавочную обноску (рис.3.16) и способом визирок вынимают грунт до проектных отметок.

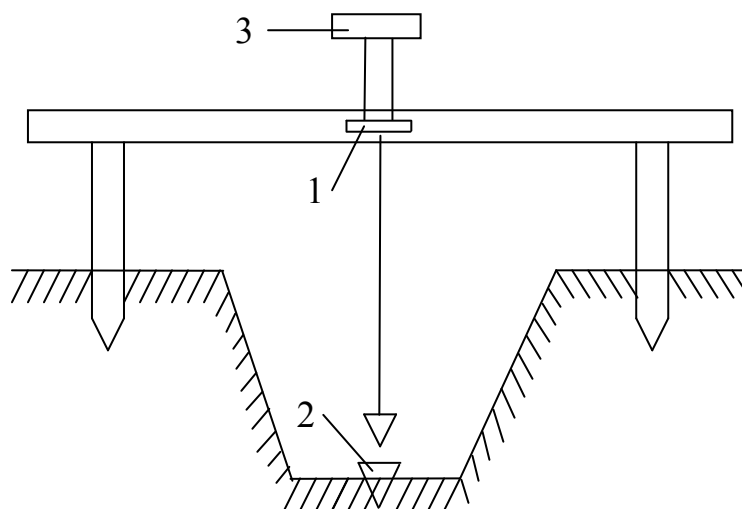


Рис.3.16. Лавочная обноска:

1 – полочка; 2 – отметка лотка; 3 – постоянная визирка

На обноски переносят теодолитом ось трубопровода, которая закрепляется гвоздями, между ними натягивается проволока. Ось трубопровода проецируется на дно траншеи с помощью отвесов, прикрепленных к проволоке.

Укладка труб по заданному уклону выполняется с помощью постоянных и переносных визирок, по маякам, по уровню. В первом слу-

чае в местах строительства колодцев на дне траншеи закрепляют точки на проектных отметках. Так, если отметка точки A определена с ближайшего репера, тогда отметка точки B будет

$$H_B = H_A + (i_{\text{пр.}} \times d) \quad (3.2)$$

При использовании постоянных и переносных визирок для укладки труб требуется, чтобы к обноске были прибиты полочки, на которые переносятся отметки с ближайших реперов. Затем необходимо определить размеры l_1 и l_2 постоянных визирок. Линия, которая касается их верха, должна быть параллельной линии AB , закрепленной на дне траншеи (рис.3.17).

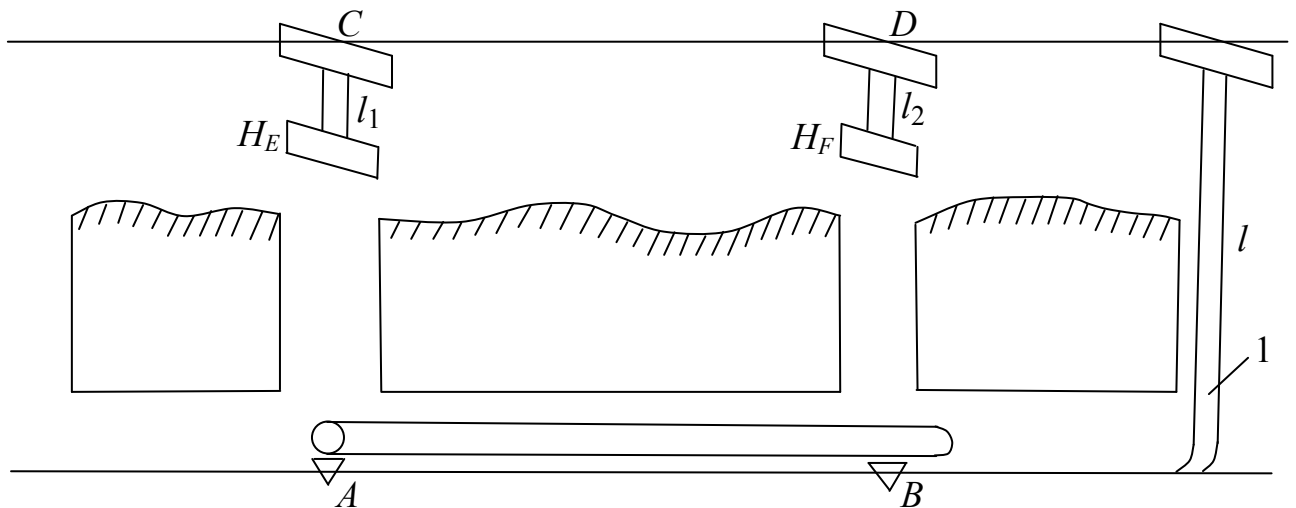


Рис.3.17. Укладка труб с помощью переносной визирки:
1 – переносная визирка

Высоты постоянных визирок зависят от высоты ходовой визирки. После ее установки на дно траншеи верх визирки должен возвышаться над поверхностью земли на 1 м. Это значит, что ее длина принимается от 2,5 до 3,5 м.

Длины постоянных визирок рассчитываются следующим образом. Если определить отметки H_C и H_D верха (точки C и D) визирок:

$$H_C = H_A + l; \quad \text{то} \quad l_1 = H_C - H_E;$$

$$H_D = H_B + l; \quad \text{и} \quad l_2 = H_D - H_F,$$

где H_E и H_F – отметки полочек; l – длина ходовой визирки.

Если верхнюю грань ходовой визирки перемещать по линии CD , тогда ее основание будет перемещаться по линии AB заданного уклона. Каблучок ходовой визирки устанавливают внутрь трубы, на ее лоток, поскольку диаметры используемых труб разные.

При малых уклонах трубопроводов такая разбивка является предварительной. В этом случае ходовая визирка изготавливается без каблучка и устанавливается на дно траншеи.

На переломах продольного профиля трассы магистральных трубопроводов разбивают вертикальные кривые больших радиусов. Прямая вставка между началом и концом соседних кривых должны быть не менее 10 - 20 м. На участках вертикальных кривых проектные отметки по дну траншеи устанавливают с помощью нивелира, так как способ визирок на этих участках не может быть применен.

Перед укладкой труб проверяют дно траншеи или верх подготовки визирками через 10 м для трубопроводов с уклонами больше 0,003. Если уклоны меньше 3‰, укладку труб контролируют нивелиром. Для этого на дне траншеи через 5 - 10 м производят контрольное нивелирование.

Укладка труб с помощью маяков более точный способ, чем предыдущий. Маяк – это кол, который забивается на дно траншеи (рис.3.18, а). Отметка на верх кола передается с ближайшего репера и определяется по формуле (3.2).

В верхний конец кола вкручивается шуруп, который позволяет регулировать местоположение рейки и добиваться расчетной величины отсчета (длины рабочей рейки) по формуле

$$b = ГП - H_B,$$

где $ГП = H_{рп} + a$.

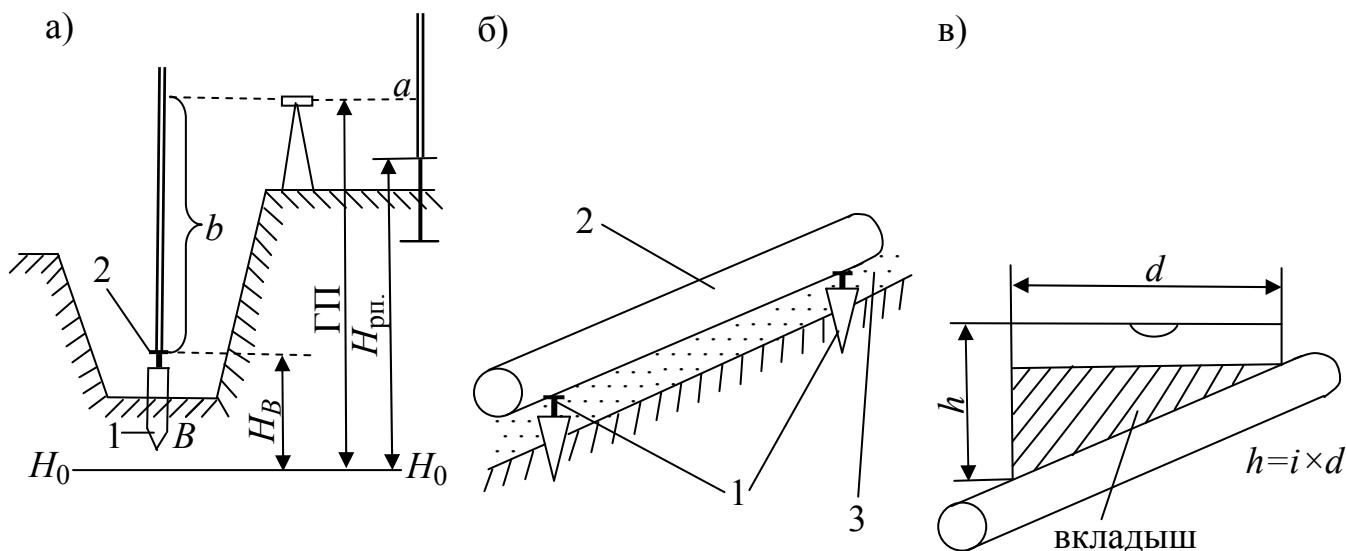


Рис.3.18. Укладка труб с помощью маяков:

а) – установка маяков: 1 – кол; 2 – шуруп; б) – укладка трубы:
1 – маяки; 2 – труба; 3 – подготовка; в) – укладка трубы по уровню

После установки маяков готовят подготовку на которую укладывают трубы. Маяки ограничивают верхнюю грань подготовки (рис.3.18, б) и лотки труб устанавливают по линии заданного уклона.

Укладка труб по уровню осуществляется при строительстве напорных трубопроводов. Между трубой и уровнем ставят вкладыш (рис.3.18, в). Размер деревянного вкладыша определяется длиной d оправы уровня и высотой h вкладыша, равной $i \times d$, где i – величина заданного уклона. Если установить пузырек уровня в нуль-пункт, то лоток трубы будет направлен по линии заданного уклона.

При прокладке трубопроводов в каналах на их стенки с помощью нивелира наносят проектные отметки, по которым устанавливают опоры для труб.

Применение лазерных приборов способствует созданию на трассе опорной линии заданного уклона, по которой определяют в натуре ось траншеи и ее глубину, а также производят укладку труб.

Если в начальную точку A установить лазерный прибор, а в точке B – рейку то, чтобы лазерный луч был параллелен проектной линии A_0B_0 (рис.3.19), отсчет по лазерному пятну на рейке должен быть определен по формуле

$$b = a - i \times d - (H_B - H_A),$$

где a – высота лазерного прибора в точке A ;

i – проектный уклон трубопровода;

d – расстояние между точками A и B ;

H_A, H_B – высоты точек A и B ;

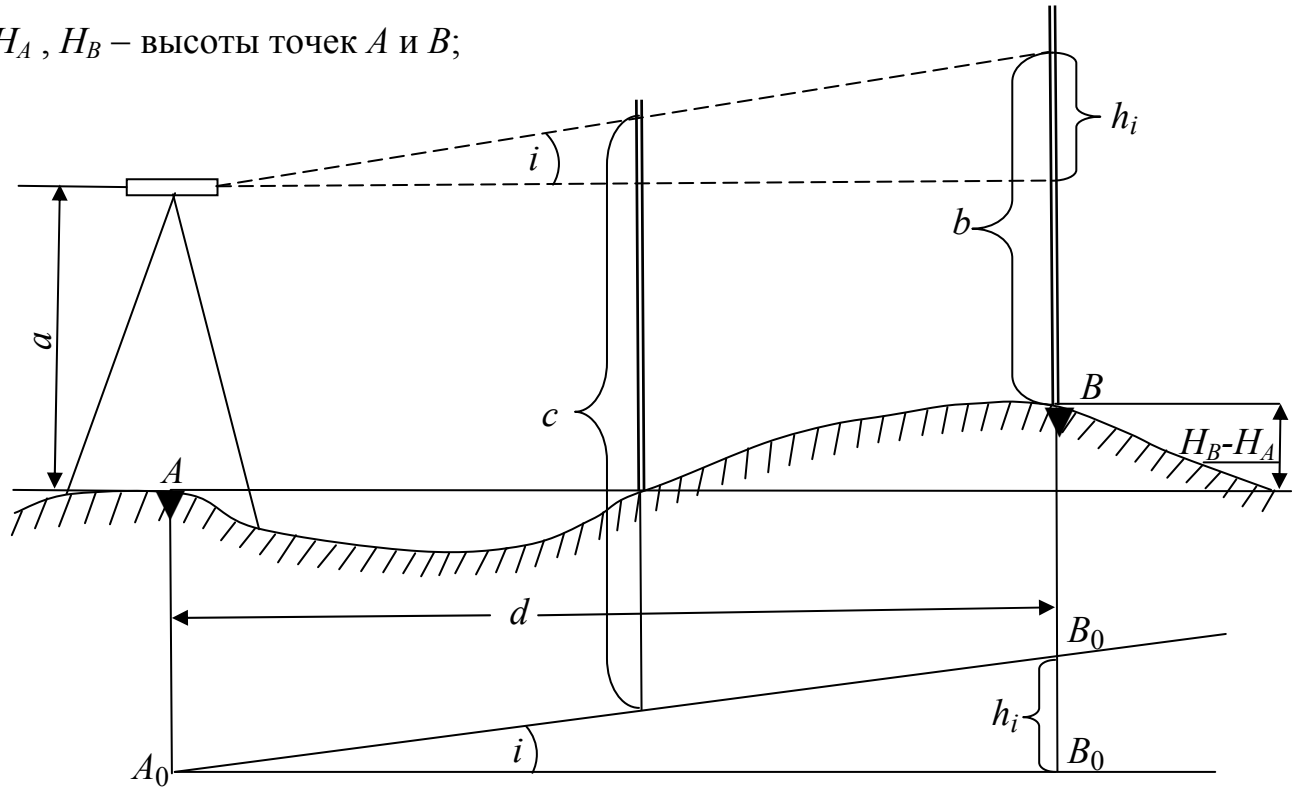


Рис.3.19. Применение лазерного прибора для создания опорной линии

Для того, чтобы в промежуточных точках линии AB пятка рейки соответствовала проектной отметке, отсчет по центру лазерного пятна (c) будет равен

$$c = a + (H_A - H_{A_0}) + (H_B - H_{B_0}),$$

где H_{A_0}, H_{B_0} – проектные отметки в точках A и B .

Если $H_A = H_{A_0}$ и $H_B = H_{B_0}$, то $c = a = b$.

Для повышения эффективности работ в землеройную машину устанавливаются экран на такой высоте, чтобы его центр соответствовал отсчету c . По отклонению лазерного пятна от центра экрана регулируют управление рабочим органом машины с целью доведения траншеи до проектной глубины.

Для укладки трубопровода контролируют лоток трубы по пятке рейки с помощью нивелира или его ось непосредственно по лучу лазера. Поэтому штативы ряда лазерных приборов имеют приспособления для опускания по вертикальной штанге излучателя и отражателя (или экрана) ниже головки штатива до необходимого уровня. Это позволяет установить прибор в колодце или траншее и направить луч лазера по проектной оси трубопровода. В трубу устанавливаются самоцентрирующуюся марку и путем перемещения концов труб совмещают центры марок со следами луча лазера на них.

Возведение зданий под насосные станции, компрессоры. При их строительстве разбивочные работы выполняются известными способами. Геодезические работы при монтаже оборудования начинаются с разбивки фундаментов, где согласно разбивочным чертежам, намечают местоположение осей оборудования. В процессе монтажа оси на фундаменте могут быть потеряны, поэтому вокруг него устраивают обноску, где закрепляют оси оборудования. С обноски на фундамент оси переносят с помощью отвесов.

После проверки местонахождения на фундаменте всех осей устанавливается станина, выверяется ее положение в плане и по высоте. Затем станина затягивается фундаментными болтами и заливается раствором.

Монтаж вертикальных насосов. Их соединение с двигателем осуществляется с помощью сочлененного вала длиной 20 м. При таком монтаже установка центров валов по отвесной линии должна быть выполнена с точностью $\pm 0,01$ мм. Для этой цели применяются специальные геодезические приборы и приспособления.

Разбивка надземных трубопроводов начинается с установки фундаментов под опоры. Центры фундаментов опор разбивают от геодезической основы так же, как и колодцы подземных коммуникаций. Возле каждого фундамента строят небольшую обноску, куда теодолитом выносят продольную ось трубопровода и поперечную ось. С помощью этих осей строят опалубку и устанавливают анкерные болты.

Если трубопровод идет над землей на высоте 3 - 5 м, то для определения отметки перекладины рейку упирают пяткой в нижнюю плоскость ее (рис.3.20). Нивелир ставят между репером и опорой и берут отсчет по рейке. Отметка верха перекладины будет

$$H = \text{ГП} + b + d,$$

где ГП – горизонт прибора; b – отсчет по перевернутой рейке;

d – толщина перекладины.

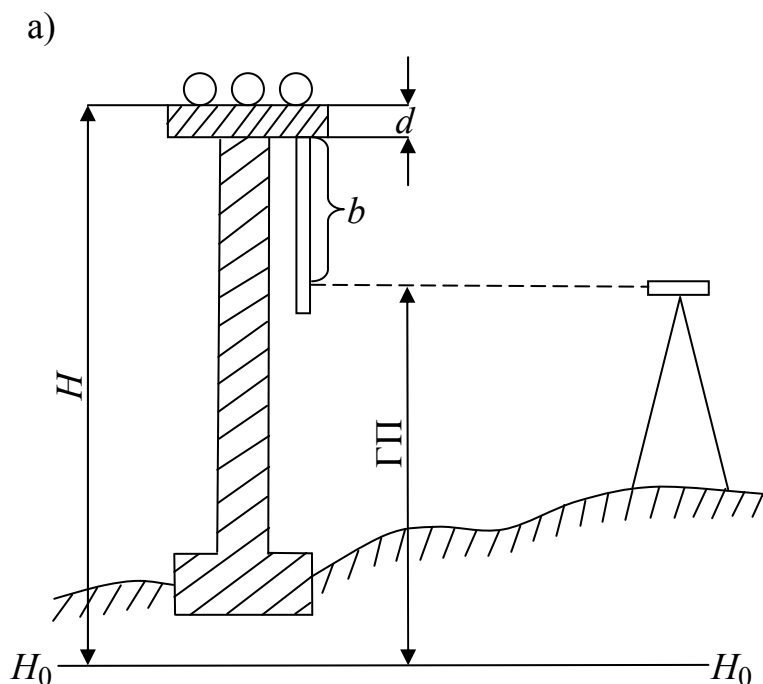


Рис.3.20. Определение отметки перекладины

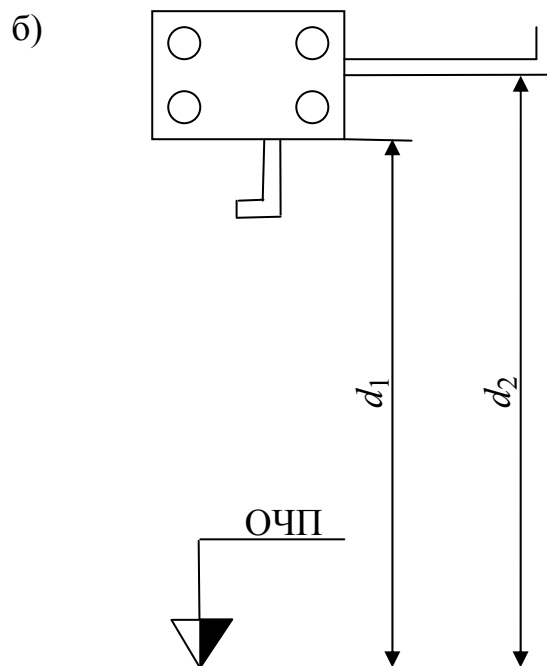


Рис.3.21. Установка внутренних систем трубопроводов по высоте. ОЧП –отметка чистого пола

В в о д ы п о д з е м н ы х к о м м у н и к а ц и я х в з д а н и я разбивают от его осей. Сначала на исполнительном чертеже фундамента проверяют наличие отверстия в соответствующем месте. Место ввода обозначают с внешней стороны здания и от ближайшего колодца разбивают трассу ввода. В самотечных коммуникациях вычисляют проектный уклон как разность отметок лотка колодца и низа отверстия, деленную на расстояние, с учетом толщины трубы.

М о н т а ж в н у т р е н н и х с и с т е м трубопроводов производится согласно разбивочным схемам, где имеются значения привязок.

Установка оборудования и приборов по высоте внутри здания выполняется от отметки чистого пола (ОЧП) (рис.3.21). Измерения при монтаже внутренних сетей и устройств выполняются при помощи стальной рулетки.

Понятие об устройстве дюкеров. Переход трубопроводов через овраги, реки и другие препятствия осуществляется с помощью дюкера (рис.3.22). Он состоит из входной и выходной камер, которые размещаются на разных берегах, и трубопровода, уложенного на дно реки.

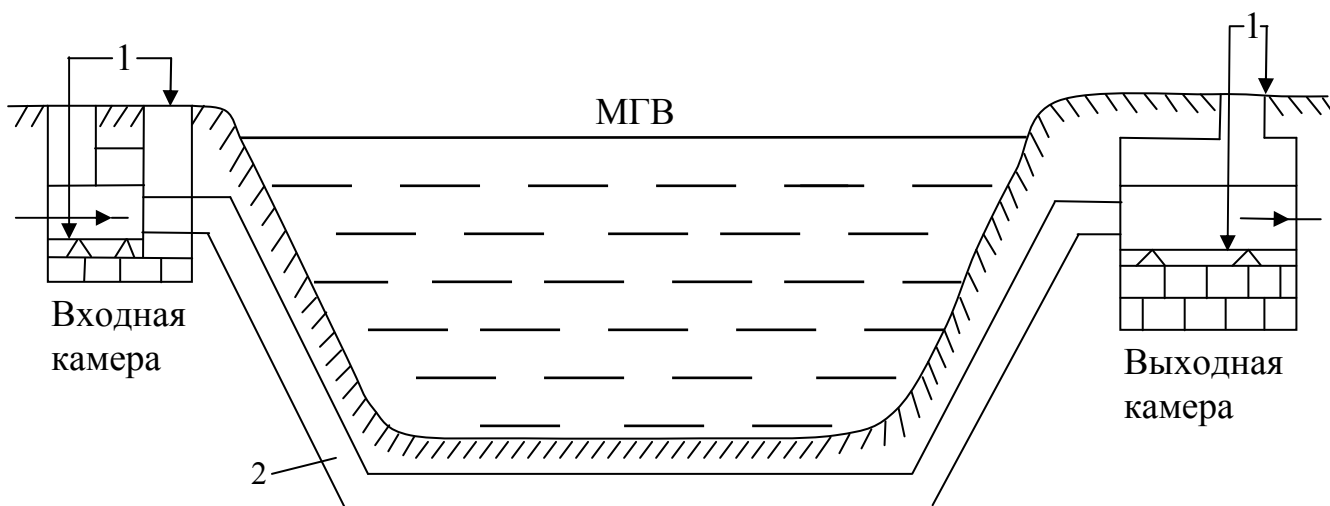


Рис.3.22. Устройство дюкера: 1 – места определения отметок; 2 – трубы; МГВ – меженный горизонт воды

При устройстве дюкера выполняются следующие геодезические работы. На каждом берегу закрепляют ось дюкера и устанавливают реперы. План места перехода через реку составляют в масштабах 1:200 – 1:2000 в зависимости от ширины реки и условий местности. При съемке переходов определяют отметки уровней воды, производят нивелирование по кольям, установленным на разных створах для определения уклона реки. По каждому створу определяют отметки дна реки. Работы производят по двум-трем створам в полосе 50–100 м по обе стороны от оси трубопровода.

После завершения подготовительных работ, по дну реки копают траншею глубиной 0,8–1,0 м. Прямолинейность траншеи обеспечивается с помощью теодолита или лазерного визира. Затем трубопровод протягивается через реку с помощью механической тяги.

Для наблюдения за местонахождением трубопровода под водой к его передней части приваривают визирную цель.

Понятие о бестраншейной прокладке трубопроводов. При пересечении трассой подземных коммуникаций, железных дорог, зданий производится бестраншейная прокладка трубопроводов. Она выполняется следующими способами: продавливанием в грунт (до 50 м), проколом (до 50 м) и щитовой проходкой (как при строительстве метро).

При продавливании и проколе в котловане устанавливают гидравлические домкраты, которые продавливают трубу по заданному уклону и направлению до выхода ее в другой котлован.

В случае прокола плановое положение трубопроводов непроходимых сечений, определяют с помощью светящейся визирной цели (электрическая лампа), устанавливаемой в передней части трубы.

Положение по высоте проходных трубопроводов определяют с помощью нивелира и рейки длиной 1 м. При этом рейка может устанавливаться как нулем вниз, так и вверх. Если задняя рейка установлена на репере в котловане нулем вниз, а передняя нулем вверх (рис.3.23), то превышение вычисляют по формуле $h = З + П$, где $З$ – отсчет по задней рейке; $П$ – отсчет по передней рейке. Когда рейки установлены нулями вверх, превышения определяют по формуле $h = П - З$.

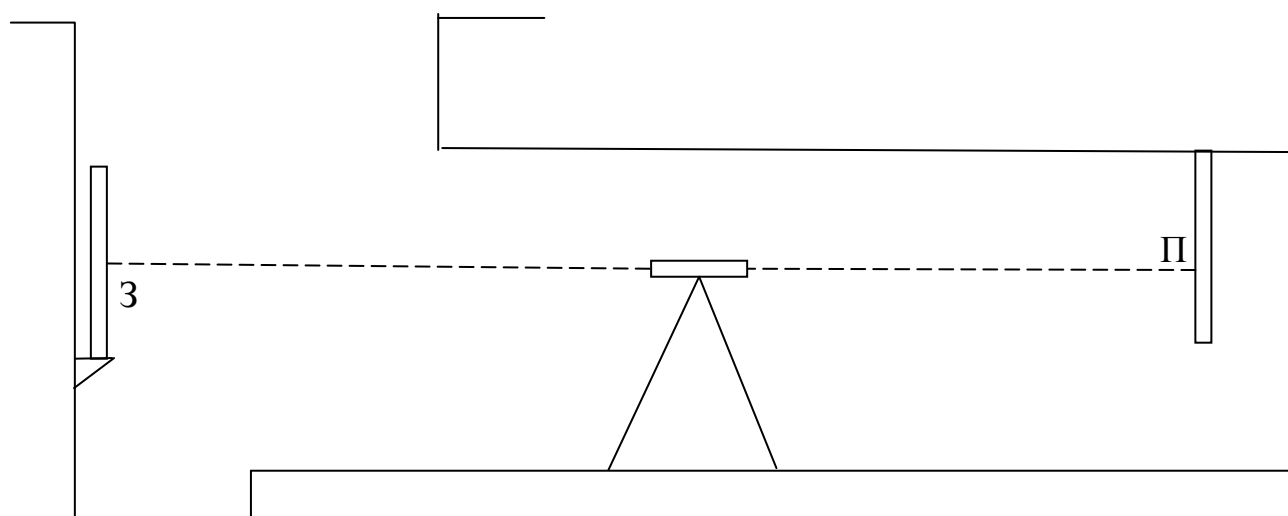


Рис.3.23. Нивелирование внутри трубопровода

4. ГЕОДЕЗИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

4.1. Геодезические работы в гидротехническом строительстве

Инженерно – геодезические изыскания. При изучении гидрологического режима реки выполняются следующие геодезические работы.

Создание геодезического обоснования. Основным видом работ для получения исходных данных при проектировании гидротехнических сооружений является нивелирование. Поэтому на реках шириной менее 500 м по одному берегу, а на реках шириной более 500 м – по обоим берегам прокладываются магистральные нивелирные ходы с установкой постоянных реперов через 5 - 6 км, временных – через 2 - 3 км. Реперы располагаются как можно ближе к водомерным постам, у притоков и речных перепадов. Точность прокладки магистрального нивелирного хода зависит от точности определения уклона реки для проектировочных расчетов. Так, при падении реки 5 см на 1 км требуется II класс нивелирования, а 60 см – технического нивелирования.

Топографическую съемку русла реки ведут до границы уровня высоких вод. При этом основное внимание обращают на полноту и точность промеров глубин и отображение характерных особенностей русла. Обоснование для топосъемок строят в виде рядов триангуляции и полигонометрии 1 разряда, теодолитных ходов.

Составление продольного профиля выполняют по главному руслу реки. Он служит для проектирования каскадов ГЭС или для условий эксплуатации реки (судоходства, водоснабжения). Для этого вровень с поверхностью воды забивают колья и отметки их верха определяют нивелиром от ближайших реперов. Полученные отметки приводят к одному моменту времени путем введения поправок, называемых срезками. Так, если к моменту времени t_0 отметки уровней на соседних водомерных постах $ВП_2$ и $ВП_3$ понизились соответственно на h_2 и h_3 , то срезка уровня в промежуточной точке $П$ с отметкой $H_П$ может быть вычислена по формуле

$$h_C = h_3 + \frac{h_2 - h_3}{d} d_3,$$

где d – расстояние между водомерными постами;

d_3 – расстояние между промежуточной точкой П и водомерным постом 3.

Приведенный (срезочный) уровень на момент времени t_0 будет равен

$$H_C = H_{\Pi} + h_C.$$

Промеры глубин – один из видов высотной съемки. Плановым обоснованием для промерных работ являются геодезические сети, прокладываемые вдоль берегов. Промеры выполняют по створам, перпендикулярным к направлению реки. На реках шириной до 20 м промер производится по маркированному тросу, натянутому с берега на берег между геодезическими точками A и B (рис.4.1, а).

Если река шириной до 500 м, то координаты промерных точек 1, 2, ..., n , которые лежат в створе линии AB , определяются с помощью горизонтального угла β , измеряемого теодолитом с геодезического пункта C (рис.4.1, б). Промер и засечки точки должны быть согласованы во времени.

Для рек шириной более 500 м положение промерных точек определяется прямой угловой засечкой с помощью двух теодолитов (рис.4.1, в).

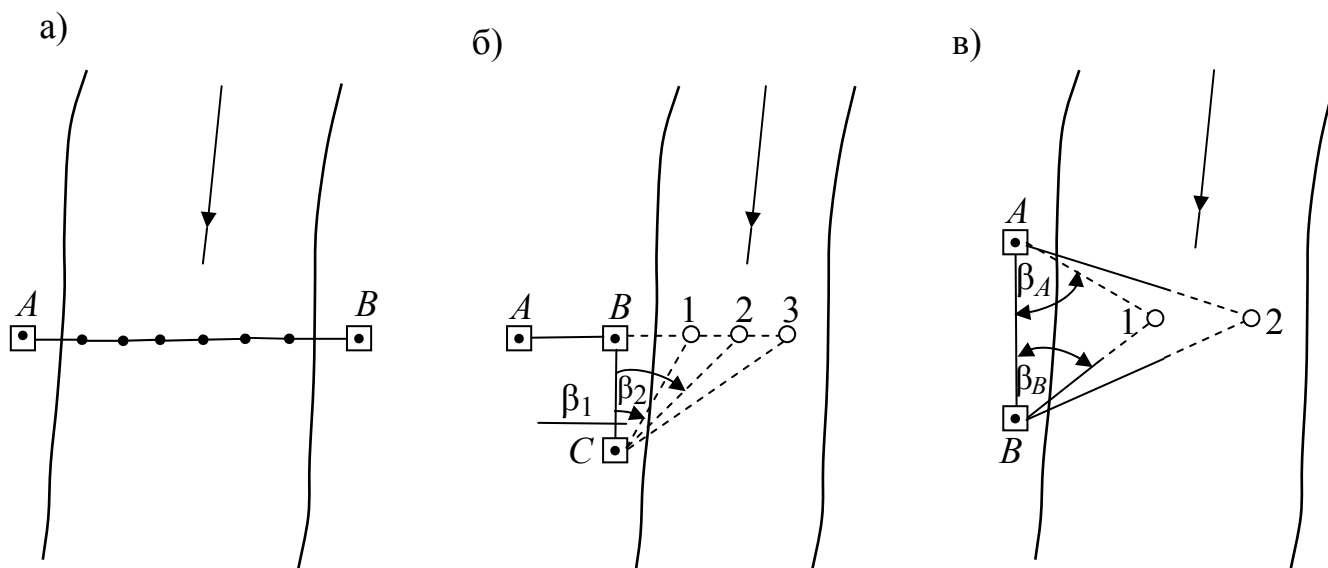


Рис.4.1. Определение планового положения промерных точек

Точность определения плановых координат точек изложенными способами порядка 1 - 3 м.

Простейшим средством для измерения глубины является нивелирная рейка, при глубинах до 5 - 6 м применяется наметка-шест, размеченный на метровые и дециметровые интервалы.

При глубине до 20 м применяется ручной лот: конический металлический груз массой 3 - 5 кг на капроновом тросе, размеченный марками на метровые и дециметровые интервалы.

Эхолотом можно измерять глубины от нескольких десятков до сотен метров. Значение глубины h может быть вычислено по формуле

$$h = V \frac{\tau}{2},$$

где V – скорость распространения звука в воде;

τ – время прохождения ультразвукового сигнала от поверхности воды до дна и обратно.

Вынос в натуру проектного контура водохранилища выполняют для определения границы затопления различных земель. Эта работа заключается в обозначении на местности ряда точек, высоты которых соответствуют проектной горизонтали контура водохранилища.

В район расположения горизонтали от ближайших реперов прокладывают нивелирный ход и от него определяют положение проектной горизонтали следующим образом. На станции A определяют горизонт прибора ГП_A по рейке, стоящей на связующей точке I . Вычисляют отсчет $b = \text{ГП}_A - H_{\text{пр}}$ и переставляют рейку вверх или вниз до тех пор, пока отсчет по ней не будет равен b (рис.4.2). С этой станции определяют положение с 1 по 4 точки, отстоящих друг от друга на 30-50 м, которые закрепляют кольями. Затем со станции B подобным образом находят положение проектной горизонтали в точках 5-8. Предельная длина рабочего хода допускается до 15 км на застроенной территории и до 50 км в залесенных и открытых районах.

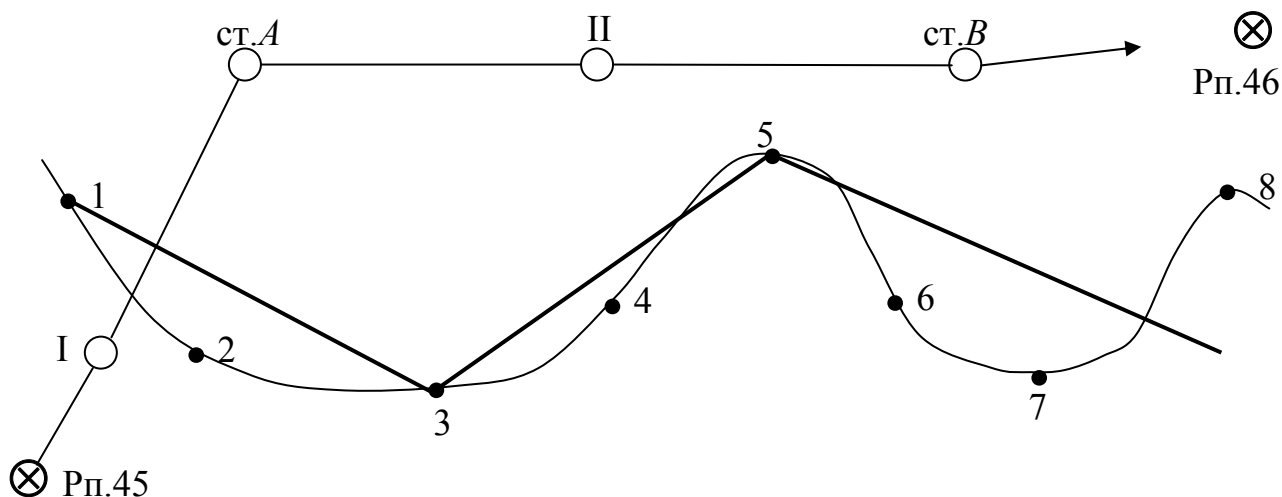


Рис.4.2. Схема выноса в натуру проектной горизонтали контура водохранилища

На крутых склонах применяют метод тригонометрического нивелирования, прокладывая теодолитом высотные тахеометрические ходы. При этом находят положение точек, превышение h которых над тахеометрической станцией с отметкой $H_{ст}$ равно $h = H_{пр} - H_{ст}$. Установив рейку примерно на отметке проектной горизонтали, измеряют угол наклона и расстояние. Вычислив превышение сравнивают его с расчетным и определяют, куда и на какую величину следует переместить рейку по склону.

В характерных местах через 200-300 м выносимую линию закрепляют деревянными столбами, бетонными монолитами. При методе геометрического нивелирования по постоянно закрепленным точкам прокладывают теодолитный ход и определяют координаты этих точек.

Если на участке контура водохранилища имеются топографические планы или фотопланы с горизонталями, то граница затопления может быть вынесена в натуру промерами от четких контуров. Точность выноса на местность проектных отметок контура водохранилища колеблется от 5 см на застроенной равнинной местности, до 60 см – в залесенной или всхолмленной местности.

4.2. Геодезические работы при возведении гидротехнических сооружений

Создание геодезического обоснования для строительства гидроузлов – это специальная геодезическая сеть, которая используется для всех видов строительных разбивок и обеспечения монтажных работ, а также для наблюдений за деформациями берегов реки и гидротехнических сооружений.

Плановую сеть на площадке строительства гидроузла создают в виде триангуляции, полигонометрии и линейно угловых построений в две или три ступени. Первая ступень – это сеть I разряда, определяется расчетным путем, исходя из заданной точности конечных результатов измерений. На рис.4.3 – это пункты *A, B, C, D, E, F*.

Сеть строят как в государственной, так и в строительной системе координат, принимая за ось абсцисс разбивочную ось плотины, а один из пунктов закрепления этой оси – за начальный. Сеть редуцируют на поверхность относимости с высотой $H_{\text{отн}} = (H_1 + H_2)/2$, где H_1 и H_2 – высоты основания и гребня плотины. Поправка в измеренные длины линий D за переход на поверхность относимости вычисляется по приближенной формуле

$$\Delta_D = \frac{(H_{\text{изм}} - H_{\text{отн}})D}{R_m},$$

где $H_{\text{изм}}$ – средняя высота измеренной линии; R_m – средний радиус Земли, равный 6371 км.

Пункты сети закрепляют вне зоны производства строительных работ в устойчивых грунтах. Для этого используют трубчатые знаки или бетонные тумбы высотой 1,2 м, снабженные приспособлениями для точного центрирования теодолита и визирных целей.

Для детальной разбивки отдельных сооружений гидроузла основная сеть сгущается сетью пунктов второго порядка (рис.4.3), размещенных вблизи возводимых сооружений, на бортах котлована и перемычках, по возможности совмещая их с точками закрепления разбивочных осей. Точность этих сетей характери-

зуются средними квадратическими ошибками взаимного положения пунктов – 3-5 мм.

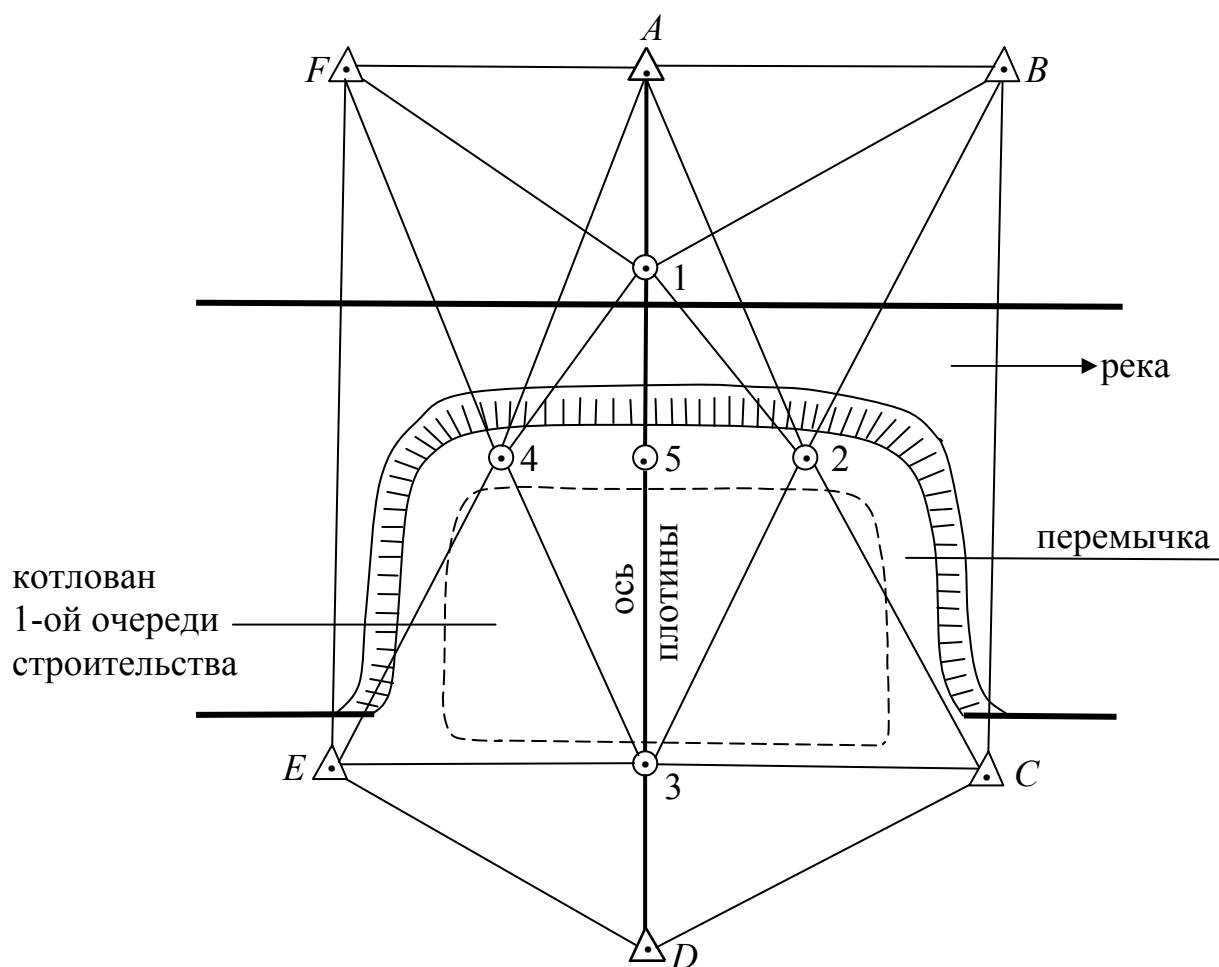


Рис.4.3. Разбивочная триангуляционная сеть гидроузла

Высотную основу на территории строительства гидроузла создают также в несколько ступеней. Она используется для строительных работ и для наблюдений за осадками возводимых сооружений. Исходное высотное обоснование создается нивелированием II класса, которое сгущается сетями III, IV классов и техническим нивелированием.

Опорная сеть первой ступени строится в виде одиночного нивелирного хода, связывающих в высотном отношении оба берега реки и опирающихся на исходные реперы *A*, *B* и кусты реперов (рис.4.4). Нивелирные ходы второй ступени, равномерно охватывают все объекты гидроузла, образуя небольшие замкнутые полигоны. Пункты высотной сети закрепляются грунтовыми реперами.

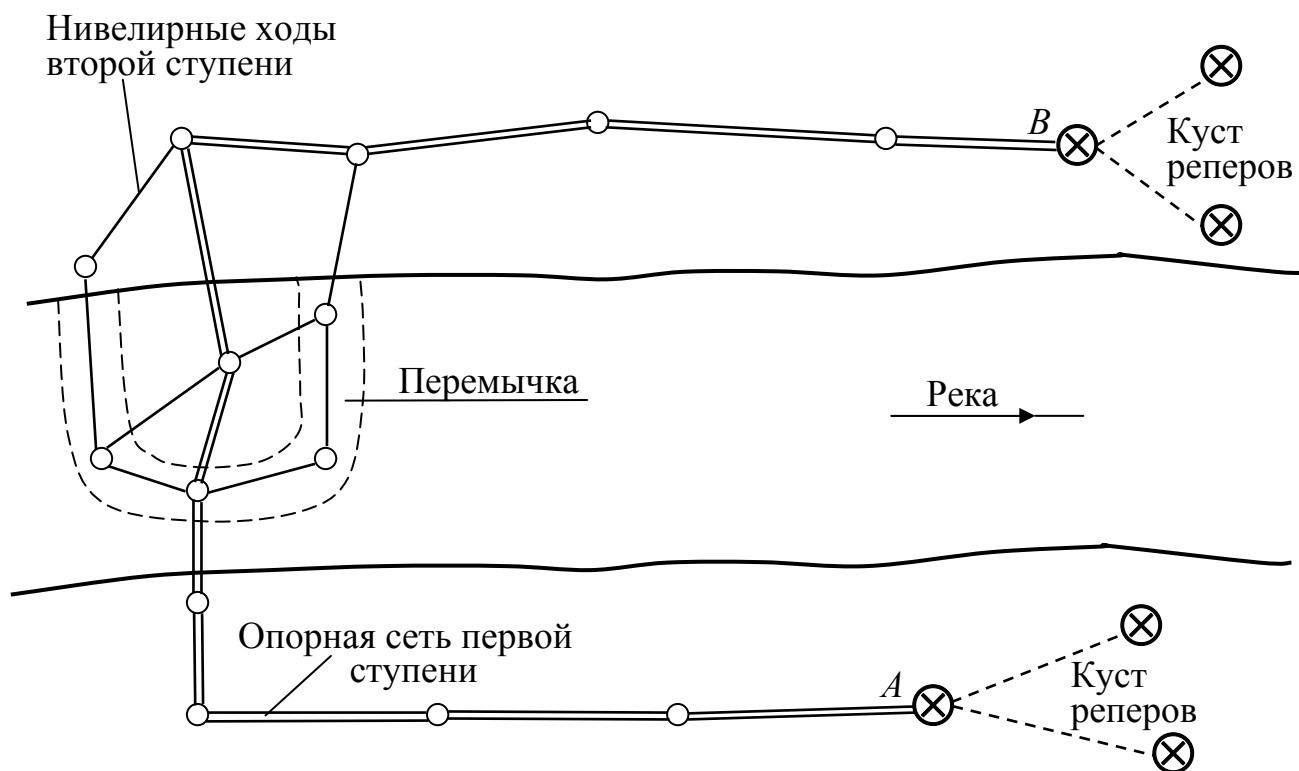


Рис.4.4. Высотная опорная сеть для строительства гидроузла

Разбивка осей гидротехнических сооружений. Каждое гидротехническое сооружение, входящее в гидроузел, имеет свою главную ось, относительно которой компануются все его формы и размеры. Это продольные оси бетонных и земляных плотин, здания ГЭС, оси автомобильных мостов, расположенных на плотине.

Строительство гидротехнического сооружения начинают с закрепления на местности главной оси, от которой затем выносят основные, вспомогательные и монтажные оси. После этого откладывают проектные размеры сооружения и его частей.

Главную ось плотины выносят в натуру от ближайших пунктов геодезического обоснования. Координаты начальной и конечной точек этой оси определяют на топографическом плане, где должен быть проект этого сооружения. Эти точки основательно закрепляются на местности и включаются в систему пунктов разбивочной геодезической сети.

При строительстве гидроузла выполняют большой объем земляных работ. Основания сооружений гидроузла возводят в глубоком котловане, контур которого

го ограждают перемычками. Характерные точки перемычек (начало, конец, углы поворота) задают координатами и определяют в натуре от геодезических пунктов полярным способом.

После намыва перемычек на них выносят точки, закрепляющие положение основных разбивочных осей, например I-I', III-III' (рис.4.5). От них разбивают продольные и поперечные оси котлована A-A', B-B' и т.д. На знаки закрепления осей передают отметки. После подготовки и осушения котлована оси переносят на его дно и производят исполнительную съемку.

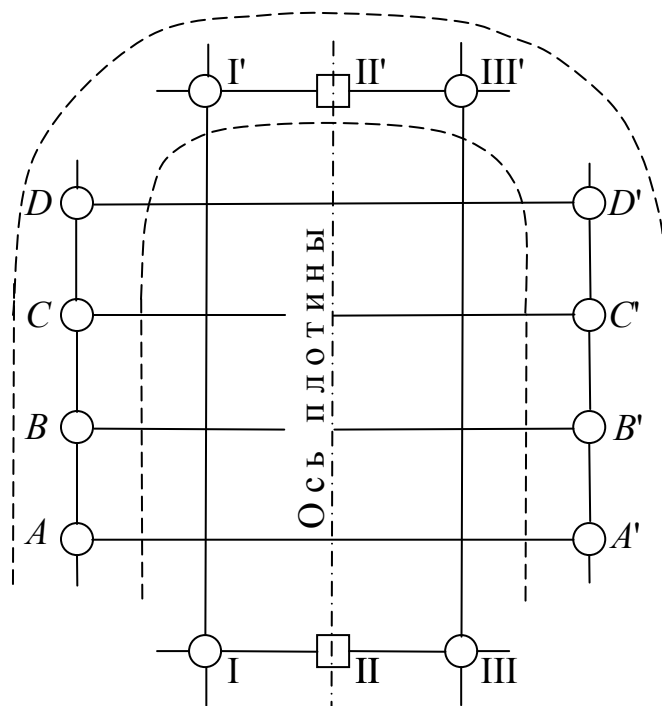


Рис.4.5. Схема разбивки и закрепления осей плотины

При отсыпке грунтовой плотины геодезическое обеспечение состоит в выносе в натуре контура отсыпки. Для этого на местность выносят ось плотины и относительно нее линейными промерами по перпендикуляру к оси определяют контуры низовых и верховых граней плотины.

Геодезические работы при монтаже гидротехнических агрегатов.

Геодезические работы при монтаже гидротехнических агрегатов включают: вынос в натуре осей агрегатов, разбивку опор для монтажа агрегата, нанесение на опорах монтажных рисок и контроль установки агрегата в проектное положение.

Оси гидротехнических агрегатов определяют положение и место механизмов на данном сооружении. Различают продольную и поперечную оси, определяющие положение агрегата и промежуточные оси, предназначенные для установки опор агрегатов. Вынос осей агрегатов осуществляется известными методами.

Точность выноса основных осей 1-3 см. Точность установки агрегатов относительно этих осей – 1-3 мм в плане и по высоте. Их работоспособность сохраняется при очень малых перекосах и деформациях.

Для обеспечения необходимой точности линейные измерения выполняются с помощью инварных подвесных приборов, светодальномеров, угловые – точными теодолитами типа Т2. Для высотного обеспечения монтажа в закрытых помещениях используют гидростатические нивелиры, высокоточные (Н-05) и цифровые нивелиры. Передачу прямоугольных координат или осей по вертикали осуществляют с помощью тяжелых отвесов, а при большой высоте – с помощью приборов вертикального визирования.

Оси закрепляют специальными геодезическими центрами. Они должны быть неподвижны, легко доступны для выполнения точных измерений. В качестве реперов используют кронштейны со сферическими головками, заложенных в стенах, фундаментах зданий. Высоты определяют геометрическим нивелированием.

При монтаже агрегатов в качестве опорных линий используют не сами оси, а линии им параллельные – монтажные оси, что связано с удобством установки оборудования в проектное положение. Например, при установке нескольких однотипных агрегатов, имеющих цилиндрическую форму и значительные габариты удобнее пользоваться монтажной осью, вынесенной на расстояние $0,5d$ от основной (рис.4.6). В этом случае на монтажной оси натягивается струна, по которой устанавливаются в проектное положение агрегаты.

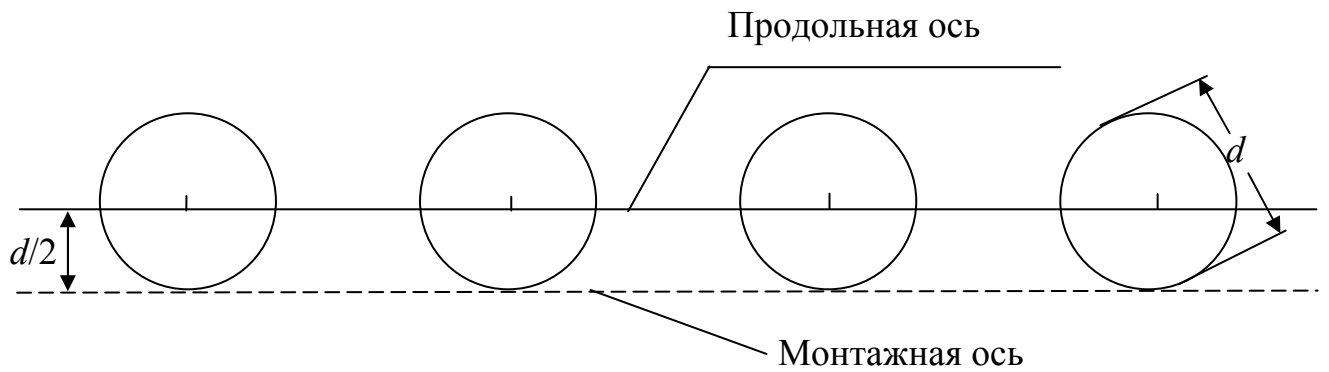


Рис.4.6. Схема установки однотипных агрегатов в проектное положение с помощью монтажной оси

4.3. Геодезические работы при гидромелиоративном строительстве

Общие сведения о мелиоративных системах. Мелиорация земель – это комплекс мероприятий по улучшению природных условий эксплуатации земель и методов их использования. Гидромелиорация связана с орошением или осушением земель. Оросительная система может быть открытой или закрытой. Открытая состоит из источника орошения (река, водохранилище) с водозаборным сооружением, подающим воду в магистральный канал. Из него вода направляется самотеком в распределительные каналы.

В закрытой оросительной системе вода для полива подается от водозабора под напором по уложенным в земле трубам. Распределительная сеть состоит из трубопроводов с водовыпусками в каждую поливную борозду. Трубопроводы сооружают с уклоном не менее 0,001 для выпуска воды на зимний период.

Осушительные системы по своей конструкции подразделяются на закрытые и открытые. Закрытая система состоит из дрен осушителей, по которым избыточная вода поступает в коллекторы. Из коллекторов она сбрасывается в магистральный канал, который направляет ее в реку. Трассу магистрального канала располагают по самым низким точкам осушаемой территории.

В открытой осушительной системе используют каналы осушители, из которых вода поступает в каналы-собиратели (коллекторы), а из них – в магистральный канал. Этот метод применяют главным образом на лесных и луговых участках.

Геодезические работы выполняются на всех этапах изысканий, проектирования и строительства гидромелиоративных систем; создают планово-высотное обоснование; производят крупномасштабную съемку; выполняют трассирование каналов, коллекторов, водоприемников, напорных трубопроводов.

Строительству гидромелиоративных систем предшествуют основные разбивочные и планировочные работы. В процессе строительства выполняют детальные разбивки и геодезические измерения, обеспечивающие положение, форму и размеры запроектированных сооружений.

На этапе предварительной планировки при применении лазерной системы контроля планировочных работ разбивают сетку квадратов 700×700 м и перемещают основные объемы грунта. Перед окончательной планировкой на горизонтальных участках выносят проектные отметки, а на наклонных строят плоскости с заданным уклоном. Качество планировки проверяют нивелированием поверхности по квадратам со сторонами 20×20 м. Отклонение фактических отметок спланированной поверхности от проектных допускают до 5 см.

В планировочных землеройных и трубоукладочных машинах применяют автоматизированные лазерные системы, позволяющие вести рабочий орган по заданному направлению и уклону.

Геодезические работы при строительстве каналов. Направление трасс каналов выбирают по планам и картам масштабов 1:5000-1:10000 в нескольких вариантах. При выполнении камерального трассирования намечают уклоны трассы канала, приблизительное местоположение гидротехнических сооружений и насосных станций, рассчитывают габариты канала и вычисляют объемы земляных масс для каждого варианта по формуле

$$V = \left[\frac{S_1 + S_2}{2} - \frac{(h_1 - h_2)^2}{6} m \right] d,$$

где S_1, S_2 – площади поперечных сечений канала;

h_1, h_2 – глубина канала на первом и втором поперечных сечениях;

d – расстояние между поперечными сечениями канала;

m – коэффициент откоса.

Площадь поперечного сечения канала определяется по формуле

$$S = (b + mh),$$

где b – ширина канала по дну;

h – глубина канала.

По определенным графически с карты координатам углов поворота трассы вычисляют длины ее прямых участков с помощью формулы

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}.$$

В ходе полевого трассирования от устья канала по трассе прокладывают теодолитный ход, разбивают пикетаж и кривые. Вне зоны земляных работ, через 5 км, закладывают грунтовые реперы.

Все вершины углов поворота и пикеты через каждые 500 м закрепляют створными знаками на расстоянии 25-50 м от трассы (рис.4.7). На каждом пикете и в характерных местах рельефа разбивают поперечники.

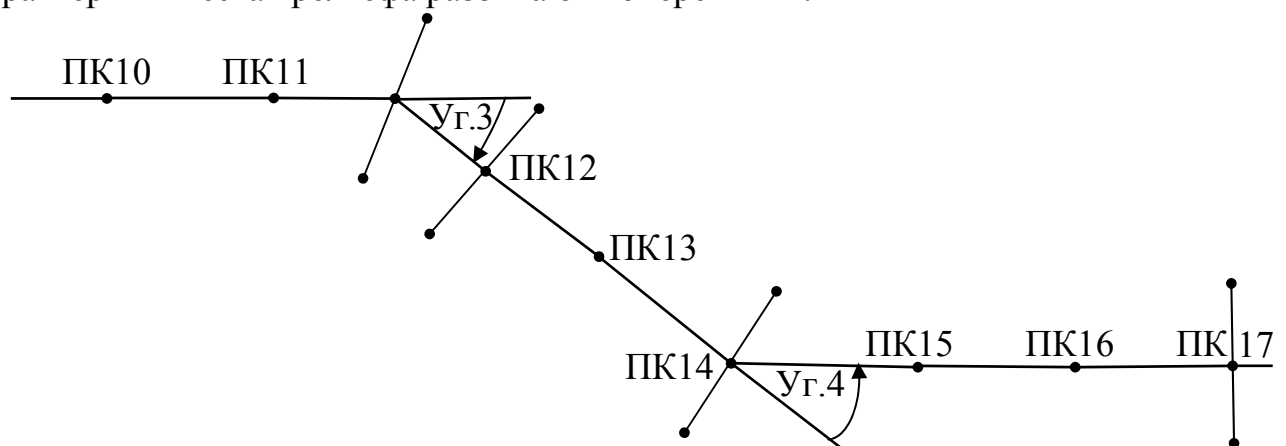


Рис.4.7. Полевое трассирование канала

Оси гидротехнических сооружений выносят на местность также от точек, лежащих на оси канала. Например, на рис.4.8 приведены данные разбивки створных знаков, закрепляющих оси камер дюкера и точки его излома в профиле.

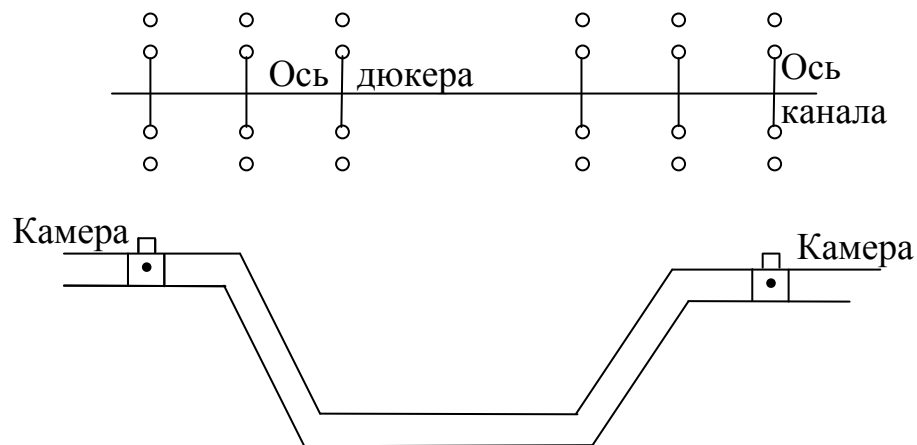


Рис.4.8. Разбивка оси дюкера

Все точки закрепленной на местности трассы нивелируют по программе IV класса. По результатам нивелирования составляют профиль в масштабе: горизонтальный 1:5000-1:10 000, вертикальный – 1:100. На профиле намечают проектные линии дна канала и нормального горизонта воды, дамбы, места и вид гидротехнических сооружений, указывают типовое сечение канала и приводят результаты подсчета объемов земляных масс.

Разбивочные работы при сооружении каналов сводятся к перенесению на местность границ выемок, закреплению их временными знаками и определению направления откосов с помощью специальных шаблонов. Так, при разбивке выемки на ровной местности (рис.4.9) от оси канала откладывают по перпендикуляру расстояния до бровок, вычисленные по формуле $d = \frac{b}{2} + mh$.

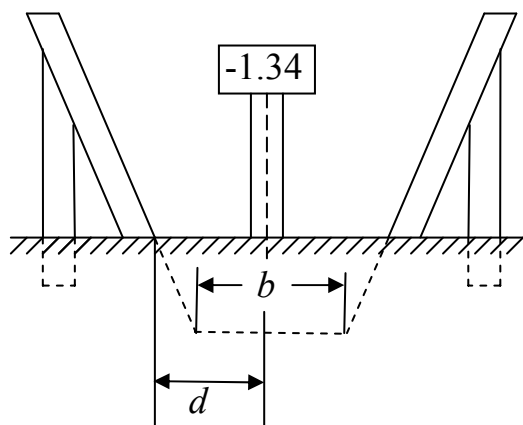


Рис.4.9. Разбивка выемки на ровной местности

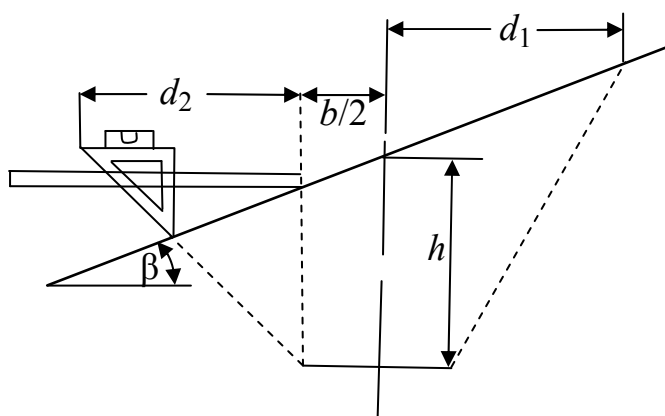


Рис.4.10. Разбивка выемки на косогоре

На закрепленных деревянными кольями бровках устанавливают шаблоны, задающие крутизну откоса, и указывают глубину выемки.

При разбивке выемки на косогоре (рис.4.10) расстояния до бровок d_1 и d_2 определяют из соотношений

$$d_1 = \frac{n}{n-m} \left(\frac{b}{2} + mh \right)$$

$$d_2 = \frac{n}{n+m} \left(\frac{b}{2} + mh \right),$$

где $n = \operatorname{ctg} \beta$ – величина, обратная поперечному уклону участка трассы. В этом случае установка откосного шаблона производится по уровню.

Проекты оросительных и осушительных систем можно составлять по крупномасштабным аэроснимкам. После фотограмметрической обработки по снимкам строят продольные и поперечные профили каналов и вычисляют объемы земляных масс. Полевое трассирование осуществляют по данным, взятым с фотопланов. Это способствует значительному сокращению объемов полевых работ.

5. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ

5.1. Назначение и особенности исполнительных съемок

Исполнительные съемки проводятся в пределах объектов, которые строятся или построены с целью определения фактических координат и размеров отдельных частей сооружений и линий коммуникаций.

Основное их назначение – установить точность вынесения проекта сооружения в натуру и выявить все отклонения от проекта, допущенные в процессе строительства.

В пределах застроенных территорий исполнительная съемка подземных коммуникаций в комплексе инженерно-геодезических работ занимает особое место. Это объясняется тем, что своевременное получение точной информации об инженерных сетях способствует их эффективной эксплуатации, ремонту и реконструкции, а также дает возможность избежать их повреждения при глубинных земляных работах.

Исполнительные съемки выполняются теми же методами и в одинаковых масштабах, что и топографические съемки в период изысканий, но имеют также свои специфические особенности, которые заключаются в следующем.

Пространственное положение характерных точек (углов зданий, колодцев) определяют аналитически и их координаты (X , Y , H) заносят в проектную документацию. Подземные коммуникации снимаются отдельно, по видам прокладок. Измерение характерных параметров прокладок выполняют с помощью диаметров, реек-угольников и других специальных приборов. Точность измерений при исполнительных съемках должна быть не ниже точности разбивочных работ.

Для исполнительных съемок объектов, которые строятся и подземных коммуникаций, исполнитель должен изучать их в натуре. Производитель работ показывает исполнителю подготовленный к съемке участок, где строительство уже закончено. Это дает возможность обнаружить при съемке отклонения от требований СНБ и технических условий, которые были допущены строителями при прокладке трубопроводов.

Геодезист изучает вопросы, связанные с укладкой в траншеи труб, определяет места врезания и подключения к существующим городским сетям. Он должен иметь копию с плана масштаба 1:500, которая необходима для внесения возможных изменений, выявленных при съемке. В абрисе он отмечает технические характеристики трубопроводов, дюкеров, колодцев.

В зависимости от этапов строительства исполнительная съемка подразделяется на текущую и окончательную.

5.2. Текущая исполнительная съемка

Текущая исполнительная съемка производится при строительстве отдельного здания или трубопровода, начиная с момента зачистки котлована или траншеи, а затем продолжается при возведении надземной части объекта, при прокладке труб и установке технологического оборудования промышленных зданий.

Исходной геодезической основой для текущей исполнительной съемки служат пункты разбивочной сети, знаки и створы закрепления осей, установочные

риски на конструкциях. В качестве высотной основы используют реперы строительной площадки и отметки, фиксированные на строительных конструкциях.

При строительстве промышленных зданий и сооружений, кроме съемки строительных конструкций, выполняют съемку положения различного рода опорных и анкерных устройств, закладных деталей под установку технологического оборудования.

Результаты текущей исполнительной съемки наносят на схемы, где показывают все проектные размеры конструкций, фактические размеры и отметки, величины и направления отклонений отдельных узлов и их элементов от проектного положения. Эти отклонения регламентируются СНБ и не должны превышать соответствующих допусков. Средняя квадратическая ошибка контрольных измерений должна быть не более 0,2 величины отклонений δ , допускаемых нормативными документами или проектом, т.е. $m \leq 0,2 \delta$.

5.3. Исполнительная съемка водохозяйственных объектов и трубопроводов

Это окончательная исполнительная съемка для всего объекта в целом. Она выполняется в масштабах 1:200-1:5000 от пунктов планово-высотного обоснования или четких контуров зданий, каменных ограждений, опор известными методами инженерно-топографической съемки.

Исполнительные съемки, выполненные в городских условиях и на промышленных площадках в масштабе 1:500 – сложная инженерно-геодезическая работа. Обязательно снимаются все построенные или реконструированные подземные трубопроводы, коллекторы, дренажи и открытые проводящие каналы. Съемка должна охватывать полосу шириной 20 м по обе стороны от оси трассы. Снимаются также центры камер, колодцев, лотков, углы поворота и точки переломов по высоте инженерных коммуникаций, на прямолинейных участках створных точек через 50 м, места вводов и выпусков с внешними гранями зданий, точки пересечений с другими прокладками.

При съемке колодцев и камер, которые имеют крышки, определяют положения их центров, а в люках и решетках прямоугольной формы снимаются два угла с обмером по периметру. В каждом колодце или камере выполняют обмер внутреннего габарита сооружений, его конструктивных элементов, устанавливают размещение труб и фасонных частей с привязкой к отвесной линии, которая проходит через центр люка колодца.

Высотная съемка выполняется до засыпки траншей методом геометрического нивелирования от ближайших реперов. При нивелировании коллекторов, дрен и открытых проводящих каналов, отклонение фактических отметок концов труб от проектных должно находиться в пределах ± 15 мм для дрен и ± 30 мм для коллекторов. По двум сторонам рейки определяют отметки кольца (обечайки) крышки люка и дна колодца (камеры), верха труб в колодцах газовых и тепловых сетей, пола канала теплотрассы (рис.5.1). При строительстве магистральных водопроводов дополнительно определяются отметки земли, бровки траншей, верха труб на прямых участках через 100 м и в точках излома профиля. Через 50 м нивелируют все точки изменения глубины прокладок и профиля трассы.

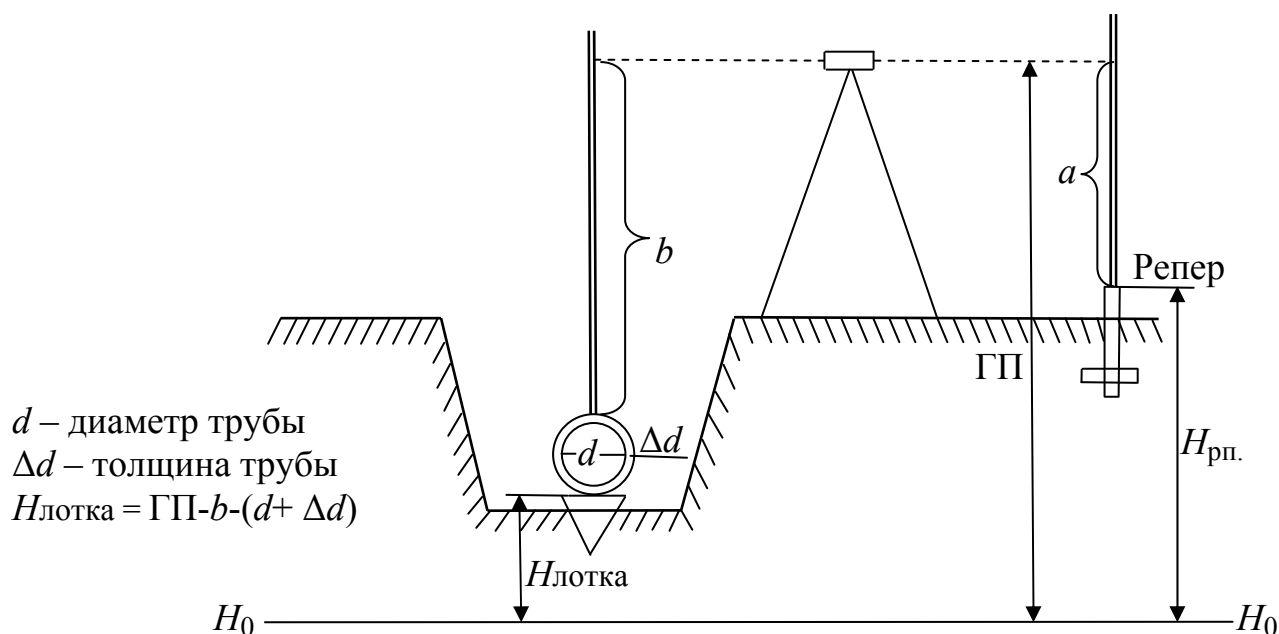


Рис.5.1. Нивелирование трубопровода

При нивелировании смотровых колодцев используют четырехметровую рейку. По рейке можно определить разность отсчетов кольца люка и верха трубы, лотка или дна колодца. Отметки земли или покрытия рядом с колодцем определяют

после засыпки траншеи и пазух земли и окончания работ по благоустройству. Если в ходе исполнительной съемки допущены какие-либо отклонения от технических норм и правил по прокладке внутриквартальных подземных прокладок, то ее приостанавливают до ликвидации всех нарушений строительной организацией.

В процессе исполнительной съемки отдельных участков подземных трубопроводов исполнитель ведет абрис, который должен быть единым для съемки всех коммуникаций.

5.4. Составление исполнительной геодезической документации

Перечень исполнительной геодезической документации (ИГД) на строительном объекте устанавливается в соответствии с требованиями стандартов и другой нормативно-технической документации.

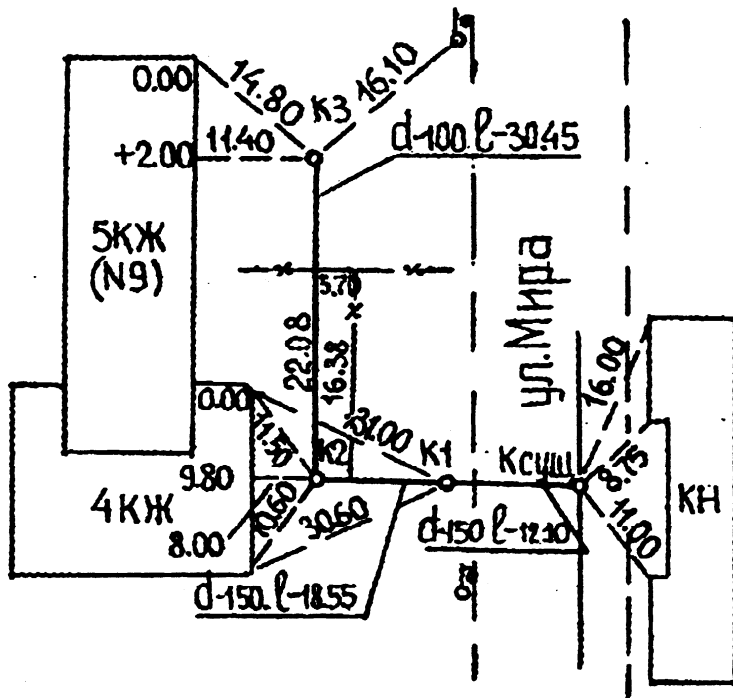
ИГД создается в виде исполнительных схем (чертежей) с нанесением на них геометрических параметров направлений и величин отклонений от проектных положений установленных (смонтированных) строительных конструкций. Обычно в числителе пишется проектный, в знаменателе – действительный размеры. Перед величиной отклонений ставятся знаки «+» или «-» в случае занижения или завышения поверхностей от проектной отметки.

Отклонения осей или граней от разбивочных осей показываются стрелками, направленными в сторону отклонения и расположенными рядом числами – значениями отклонений в миллиметрах.

В состав ИГД по трубопроводам входит: схема геодезического обоснования с привязкой знаков и центров; план подземных коммуникаций масштаба 1:500 – 1:2000 с приложенными обмерными чертежами; продольный профиль горизонтального масштаба 1:500 и вертикального 1:100; исполнительный генеральный план масштаба 1:500.

Исполнительный план и продольный профиль отдельной коммуникации часто составляется на одном чертеже, как это показано на рис.5.2 исполнительной съемке канализации. На плане изображены привязки узловых точек, колодцев, диаметр и материал труб, расстояния.

План масштаба 1:500

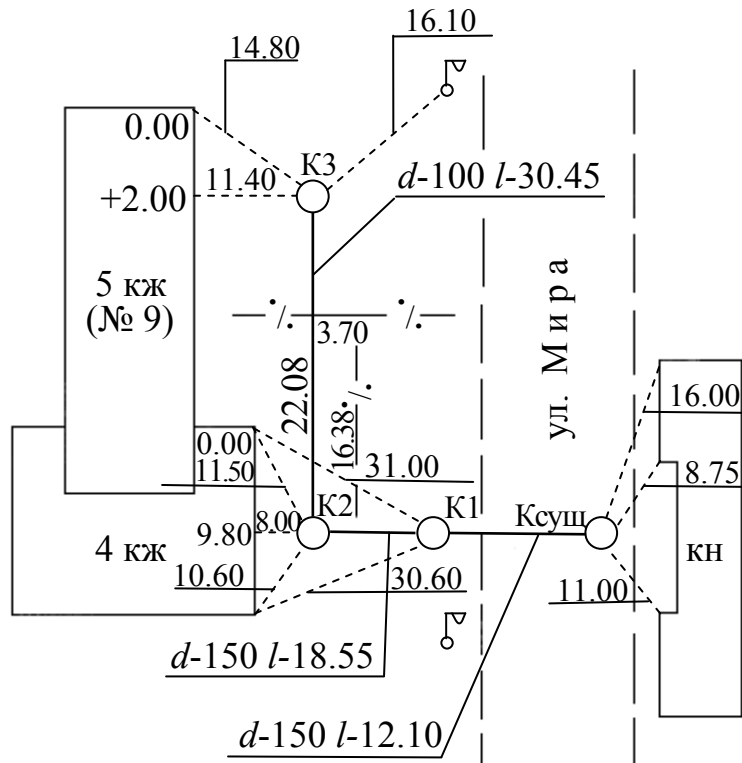


Продольный профиль канализации

Масштаб:
горизонтальный 1:500
вертикальный 1:100

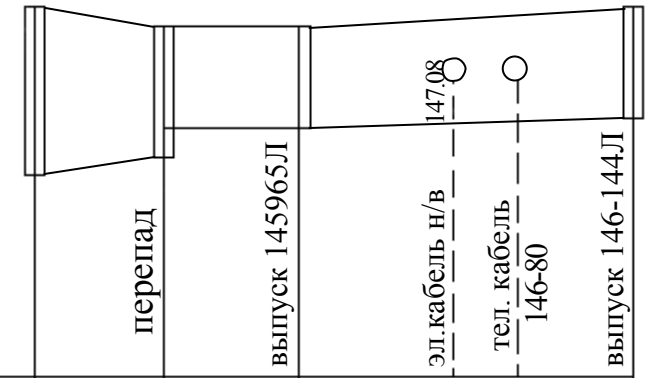
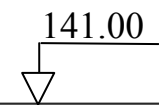


План масштаба 1:500



Продольный профиль канализации

Масштаб:
горизонтальный 1:500
вертикальный 1:100



Отметки поверхности земли	факт.	147.70	147.70	147.55	147.50	147.62	147.60	148.03	147.94
Отметки люков колодцев	факт.	147.77	147.70	147.52	147.30	147.64	147.60	147.97	144.84
Отметки лотков труб	факт.	144.704	144.700	144.970	144.940	145.630	145.630	145.537	145.455
Углы поворота									
Расстояния	факт.	12.00	12.10	12.35	12.30	30.48	30.30		
Уклоны (‰)	факт.	0.025	0.020	0.006	0.008	0.008	0.010		
Диаметр и материал труб		д-150	кер	д-150	кер	д-100	кер		
Номера колодцев	К	сущ	К1	К2	К3				
Покрытие, основание		грунт,		щебень					

Рис.5.2. Исполнительная съемка канализации от Ксущ. до дома №9

Продольный профиль строят по результатам измерений в натуре и технического нивелирования. На исполнительном профиле показывают фактические и проектные отметки земли и трубопроводов, углы поворота, глубины заложения, все колодцы и камеры, вводы, выпуски, газовые коверы, диаметры труб и их протяженность, отметки дна колодцев, уклоны труб, расстояния между колодцами, углами поворота сооружения и другими характерными точками, высотное положение всех прокладок, которые пересекают трассу сооружения, в том числе тех, что не действуют, с указанием назначения, наличия футляров и полной характеристики.

Исполнительный генеральный план составляют по результатам исполнительных съемок построенных зданий, сооружений и линий коммуникаций на жилой массив, предприятие или отдельный объект в соответствии с условными знаками и инструкциями. На плане должны быть все возведенные здания согласно с их исполнительными координатами, пункты планово-высотного обоснования, спланированный рельеф, дорожная сеть, зеленая зона, скверы, площадки и другие элементы ситуации.

По материалам нивелирования наносят отметки, горизонтали проводят через 0,25 - 0,5 м в зависимости от уклонов местности и масштаба плана.

Подземные трубопроводы разного назначения изображают на исполнительных планах цветными условными знаками, как это, например, показано на планах г.Минска (рис.5.3). На план наносят: оси подземных коммуникаций, колодцев и камер, углы поворота, протяженность пролетов, диаметр, количество и материал труб, отметки крышки люка колодца, верха трубы, лотка колодца, отметки верха трубы и земли на вводах в здания и углах поворота трассы.

Исполнительный генеральный план составляют на стандартных планшетах, на которые наклеивают чертежную бумагу высокого качества, разбивают на ней координатную сетку и подписывают абсциссы и ординаты в местной или строительной системе координат.






Название сети	УСЛОВНЫЙ ЗНАК	Цвет
Водопровод	В —  $\frac{205.00}{203.20}$ — $d - 200$ чуг —	темно-синий
Канализация фекальная	К —  $\frac{217.50}{215.10}$ — $d - 150$ кер —	коричневый
Канализация ливневая	Л —  $\frac{218.43}{216.01}$ — $d - 800$ —	оранжевый
Дренаж	—  — ДР —	оранжевый
Тепловые сети	Т —  $\frac{215.00}{211.40}$ — $d - 250 \times 2$ —	темно-зеленый
Газопровод	— — —  $\frac{213.05}{}$ — — — $d - 100$ Н.Д —	оранжевый

Рис.5.3. Условные знаки подземных трубопроводов

В последнее время ряд организаций (ОАО «Гродно Азот») перевели все существующие планшеты исполнительного генплана масштаба 1:500 на магнитные носители и их обновление или дополнение выполняется с помощью ЭВМ, что дает определенные преимущества. Представляется возможность более оперативного и эффективного ведения текущего генплана, по которому можно получить подробную информацию об интересующем объекте в цветном изображении и в любом масштабе.

Исполнительный генеральный план является основным документом, с помощью которого решаются все инженерные задачи по эксплуатации зданий, инженерных коммуникаций, по их реконструкции и расширению. Поэтому его составляют на твердой геодезической основе с наибольшей точностью и полнотой.

6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ

6.1. Наблюдения за осадками сооружений

Изменение положения сооружения или некоторых его частей в вертикальном направлении называется осадкой. Она возникает по причине давления сооружения на грунты, строительства метро, изменения уровня грунтовых вод, разработки соляных и других подземных ископаемых, движения транспорта, карстовых и оползневых, сейсмических и геодинамических явлений. Если перемещения разных точек сооружения равны по величине и направлению, то они называются равномерными, если нет – осадка имеет неравномерный характер. Она может привести к изменению формы и величины конструкций. Деформации плотин, шлюзов, зданий ГЭС могут со временем вывести из строя весь гидроузел.

Для оценки устойчивости сооружения и проведения профилактических мер с целью его нормальной эксплуатации проводятся систематические наблюдения за перемещениями (деформациями) конструкций. Точность определения осадок или горизонтальных перемещений характеризуется средней квадратической погрешностью (СКП): 3 мм – для зданий и сооружений, возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах; 10 мм – для зданий и сооружений, возводимых на насыпных, просадочных и других сильно сжимаемых грунтах; 15 мм – для земляных сооружений.

Наиболее распространенный метод геодезических наблюдений – периодическое геометрическое нивелирование II класса. Для промышленных и гражданских зданий средняя квадратическая погрешность превышения на станции составляет 0.4 мм.

Для наблюдений за осадками на гидроузлах используют системы гидростатического нивелирования. Их преимущество: непрерывность ведения измерений, возможность их автоматизации и определения осадок точек в труднодоступных местах.

Способ тригонометрического нивелирования позволяет определять осадки точек, расположенных на существенно разных высотах, в труднодоступных местах.

Точность порядка 0,3-0,5 мм обеспечивается при коротких (до 100 м) лучах визирования с применением теодолита типа Т2 и специальной методики измерений.

Высотные деформации (осадки) определяют геометрическим нивелированием контрольных (осадочных) марок, закладываемых в характерных для деформаций местах: в зонах осадочных и температурных швов, по углам секций, вдоль продольных и поперечных осей фундаментов, на опорах. Марки закладывают в стены на высоте визирного луча, что позволяет применять небольшие шкаловые реечки. На гидроузлах опорными знаками служат кусты из трех фундаментальных реперов, расположенных на каждом берегу на 1–1,5 км ниже створа плотины (рис.4.4). Для обычных зданий и сооружений – это 2-3 фундаментальных репера, установленных вне зоны деформаций.

При высокоточном геометрическом нивелировании осадочных марок используют нивелиры Н-05, Н1, Ni007 и штриховые инварные рейки.

В ходе строительства гидротехнических сооружений количество циклов наблюдений зависит от роста нагрузки на основание. Первый цикл нивелирования выполняют после возведения фундамента. Последующие циклы нивелирования производят при достижении нагрузки в 40, 50, 60, 75 и 100%. В период наполнения водохранилища 3-4 раза, после наполнения до НПУ – 2-3 раза в год, пока осадки не стабилизируются до 1-2 мм в год. На крупных гидротехнических сооружениях наблюдения за осадками ведутся непрерывно.

Нивелирование производят при одном горизонте в прямом и обратном направлениях. Нивелирный ход по маркам начинают с исходного репера и заканчивают там же, или на другом репере. Нивелир устанавливают строго посередине между наблюдаемыми точками, отсчеты берут по основной и дополнительной шкалам реек. Длина визирного луча не должна превышать 30 м. Предельная невязка в замкнутом полигоне подсчитывается по формуле

$$f_{h(\text{мм})} = 1,0\sqrt{n},$$

где n – количество станций.

После уравнивания и оценки точности повторного цикла измерений вычисляют отметки H осадочных марок и составляют ведомости хода осадок. При этом определяют:

– величину осадки S между двумя последними циклами $j-1$ и j

$$S_{(j-1)j} = H_j - H_{j-1};$$

– суммарную осадку с начала наблюдений $S_j = H_j - H_0$;

– неравномерную осадку фундаментов в текущем цикле j $\Delta S_{1,2} = (S_2 - S_1)j$.

По результатам высокоточного геометрического нивелирования составляют графики осадок марок, их профили по продольным и поперечным осям, план кривых равных суммарных осадок.

За последнее время в учебной литературе деформациям подземных трубопроводов вообще не уделяют внимания. Однако с увеличением техногенной нагрузки на геологическую среду проблема стабильности линейных сооружений становится весьма актуальной. Нарушение экологического равновесия в верхней части литосферы по причине хозяйственной деятельности человека, связанной с добычей полезных ископаемых, строительством метро, забором грунтовых вод, мелиорацией, может приводить к перераспределению энергии упругих деформаций и напряженному положению в массивах горных пород. Это создает условия для возникновения техногенных землетрясений, обвалов, просадок. Наиболее интенсивно эти явления протекают в зонах повышенной активности новейших тектонических движений, что имеет место в ряде районов Республики Беларусь. Так, в Солигорском промрайоне, территория которого до недавнего времени считалась вообще асейсмичной, в 1978 и 1983 годах произошли два землетрясения силой до четырех баллов. Кроме этого выявлены местные сейсмические явления (до тридцати в год), вызванные техногенной деятельностью. Они оказывают существенное влияние на изменение геодинамического режима территории и на устойчивость подземных коммуникаций. В результате разработки Старобинского месторождения калийных солей на площади 120–130 км² наблюдается оседание земной поверхности, которая создает в рельефе замкнутые отрицательные формы (муль-

ды сдвижения) глубиной до 4–5 м. Все водо- и газонесущие прокладки, построенные в этих районах, могут оказаться в аварийном положении.

Магистральные и распределительные газопроводы, которые проложены по заболоченным территориям, дают значительную осадку (до одного метра) в результате проведения мелиоративных мероприятий, что вызывает резкое понижение уровня грунтовых вод.

Методика геодезических наблюдений за положением подземных трубопроводов в таких районах – периодическое техническое нивелирование обследуемых участков трасс. В нивелирную сеть должны быть включены колодцы (камеры), коверы, осадочные грунтовые марки через 100-200 м и реперы на расстоянии 1-2 км вдоль коммуникации.

В больших городах эффективна тепловая инфракрасная аэросъемка. Например, выполненная в г. Минске такая аэросъемка на площади 50 км² позволила выявить 300 участков максимальной утечки тепла с тепломагистралей (разрывы, наличие свища и т.п.). Сопоставление данных съемки разных лет поможет наблюдать динамику положения теплосетей и других подземных коммуникаций и выявить места, которые характеризуются наиболее быстрыми геодиническими изменениями.

6.2. Наблюдения за горизонтальными смещениями сооружений

Смещение сооружений в горизонтальной плоскости обуславливается боковым давлением грунта, воды, ветра, снега. Поэтому, сооружения, особенно гидротехнические, могут иметь такие смещения.

Горизонтальные смещения сооружений измеряют методами створных наблюдений, триангуляции, полигонометрии, созданием линейно-угловой сети, методом угловых засечек, с помощью прямых и обратных отвесов.

Створные наблюдения применяются для определения деформаций сооружений прямолинейной формы, когда необходимо определить перемещение в направлении, перпендикулярном к оси сооружения. Для этого через точку *B*, которая находится в теле сооружения, проводится линия, на концах которой закреп-

ляются геодезические пункты A и C , расположенные вне зоны деформаций. Линия ABC есть створ (рис.6.1). Створные наблюдения выполняются способом измерения створных углов или с помощью подвижной марки. В первом случае измеряют угол ε'' несколькими приемами и по величине угла вычисляются горизонтальные смещения сооружения по формуле (рис.6.2)

$$\tau = d\varepsilon''/\rho''.$$

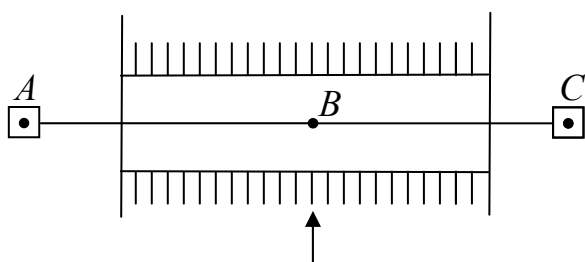


Рис.6.1. Створный способ определения горизонтальных смещений плотины

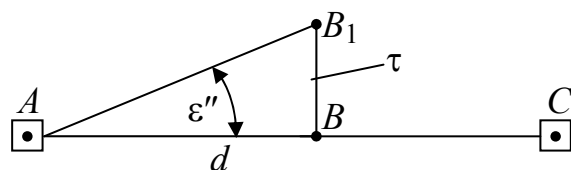


Рис.6.2. Определение линейной величины горизонтального перемещения плотины

В другом случае измеряют величину смещения τ . Для этого подвижная марка устанавливается в точке B (рис.6.1). Она обеспечена микрометрическим винтом, отсчет по шкале которого дает величину горизонтального смещения точки B . Наблюдения ведутся высокоточным теодолитом с геодезического пункта A .

Применение триангуляции, трилатерации и линейно-угловых сетей для определения горизонтальных смещений целесообразно, когда нет условий для создания створа, например, на арочных плотинах. Там же используют метод полигонометрии, в галерее плотины и прилегающих штольнях, где прокладываются полигонометрические ходы.

Метод прямых угловых засечек эффективен при определении смещений большого количества точек, расположенных в труднодоступных местах: в нижней части плотины, на крутых обвалоопасных склонах.

Прямые и обратные отвесы используются для определения смещения основания и крена плотины. Обратные отвесы закрепляют на значительной глубине в коренных породах и они служат точками отсчета для измерения абсолютных смещений сооружений.

6.3. Наблюдения за кренами сооружений

По причине неравномерной осадки, одностороннего ветрового давления и неравномерного нагревания сооружение башенного типа может иметь крен. Он характеризуется углом между вертикальным направлением LM и фактическим (наклонным) LM_1 и проекцией линии LM_1 на горизонтальную плоскость, проходящую через MM_1 (рис.6.3). Полную информацию о кренах и изгибах можно получить лишь по результатам совместных наблюдений за положением фундамента и корпуса башенного сооружения.

Крены вытяжных труб, мачт, башен измеряются с точностью, зависящей от высоты H сооружения, и характеризуются предельной величиной $0,005H$ ($H < 100$ м) и $1/2H$ ($H > 100$ м).

Наиболее просто крен определяется с помощью отвеса или прибора вертикального проецирования.

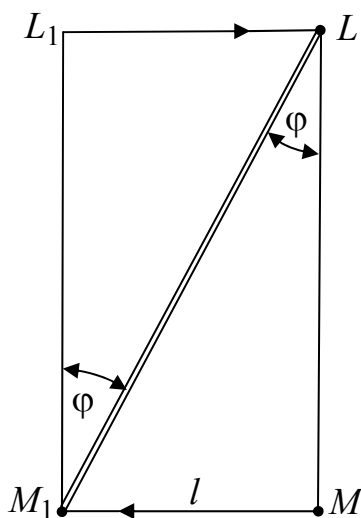


Рис.6.3. Определение величины крена

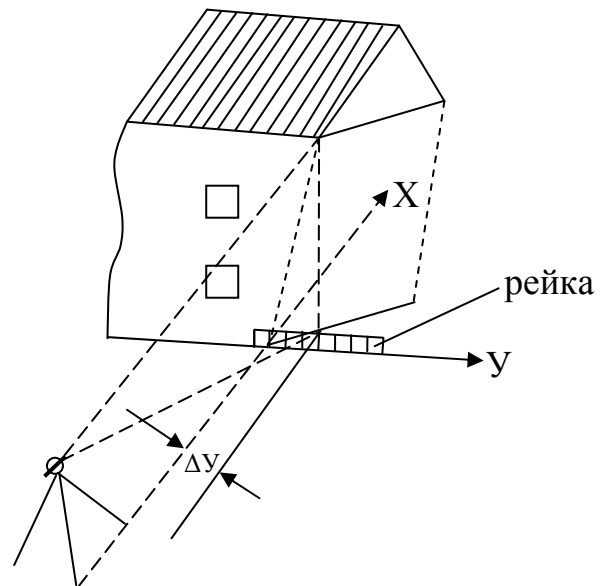


Рис.6.4. Схема определения крена сооружения с помощью теодолита и рейки

Отвесную линию можно построить с помощью теодолита, который последовательно устанавливают вдоль одной из осей X или Y (рис.6.4). По горизонтально установленной рейке определяют отклонения ΔX и ΔY , вычисляют величину крена и его направление.

Крен сооружения можно приблизительно определить высокоточным нивелированием осадочных марок, установленных на противоположных частях сооружения.

Способ горизонтальных углов применяют для высотных сооружений, когда его основание закрыто для наблюдений. С опорных пунктов, расположенных на взаимно перпендикулярных осях, периодически измеряют углы между направлением на определяемую верхнюю точку и опорным направлением. По величине изменения наблюдаемых углов и горизонтальному проложению до наблюдаемой точки находят составляющие крена по осям, полную величину крена, и его направление.

Суть способа координат заключается в создании замкнутого полигонометрического хода вокруг сооружения. С пунктов этого хода с помощью точного теодолита выполняют прямую угловую засечку и определяют периодически координаты постоянной точки, которая находится на вершине сооружения. По разностям координат $\Delta X_i = X_i - X_0$; $\Delta Y_i = Y_i - Y_0$ определяют крен $K_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}$ и его направление $\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i}$, где X_0, Y_0 – координаты точки, соответствующие вертикальному положению оси сооружения.

Литература

1. Булгаков Н.П., Рывина Е.М., Федотов Г.А. Прикладная геодезия. –М.:Недра, 1990.
2. Григоренко А.Г., Киселев М.И. Инженерная геодезия. –М.:Высшая школа, 1988.
3. Ивкина А.Г. Краткий курс лекций по инженерной геодезии. –Воронеж: ВГУ, 1984.
4. Инженерная геодезия / Под ред.Д.Ш.Михелева. –М.:Высшая школа, 2000.
5. Инженерная геодезия / под ред. П.С.Закатова. – М.: Недра, 1976.
6. Ковалев А.А., Нестеренок М.С., Позняк А.С. Спутниковые системы позиционирования, электронные тахеометры и их применение в инженерной геодезии.–Мн., 2002.
7. Кулешов Ф.Е. и др. Инженерная геодезия. –М.:Высшая школа, 1996.
8. Курс инженерной геодезии / Под ред.В.Е.Новака. –М.:Недра, 1989.
9. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия. –М.: Недра, 1981.
10. Михайлов В.И. Геодезические расчеты при проектировании трасс тепловых сетей и газопроводов: Методические указания. –Мн.:БПИ, 1992.
11. Михайлов В.И., Мархвида В.Г., Сарайкин Н.И. Методические указания к выполнению инженерно-геодезических работ в строительстве.–Мн.:БПИ, 1986.
12. Михайлов В.И., Тяшкевич И.А., Бобарыкин А.М. Изучение местных сейсмических явлений по картам и аэрокосмическим снимкам //Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. –1991. – №5. –с.111-118.
13. Нестеренок М.С. Инженерная геодезия. –Мн.: Высшая школа, 1986.
14. Нестеренок М.С., Нестеренок В.Ф., Позняк А.С. Геодезия.–Мн.: Высшая школа, 2001.

15. О порядке проведения исполнительных геодезических съемок инженерных коммуникаций, зданий, сооружений и элементов благоустройства, строящихся на территории г.Минска и в пригородной зоне. –Мн.:БелНИИТИ, 1987.
16. Позняк А.С. Вертикальная планировка незастроенного участка и высотная привязка здания: Методические указания. –Мн.:БГПА, 1995.
17. Попова Е.В., Нестеренок М.С., Мархвида В.Г. Нивелирование и составление продольного профиля трасс подземных коммуникаций: Методические указания. –Мн.:БПИ, 1988.
18. Пискунов М.Е., Крылов В.Н. Геодезия при строительстве газовых, водопроводных и канализационных сетей и сооружений. –М.:Стройиздат, 1989.
19. Рондель Р.М. Инженерно-геодезические изыскания: Методические указания. –Мн.:БПИ, 1988.
20. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами. –М.: Стройиздат, 1981.
21. Руководство по наблюдениям за осадками и смещениями инженерных сооружений.–М.: Недра, 1979.
22. Сироткин М.П., Сытник В.С. Справочник по геодезии для строителей. –М.: Недра, 1985.
23. Справочник по геодезическим работам в строительном производстве / Под ред.Ю.Г.Полищука. –М.: Недра, 1990.
24. СНиП:2.04.08-07. Газоснабжение. –М.: Госстройком СССР, 1989.
25. СНиП:III-2-75. Геодезические работы в строительстве. –М.:Стройиздат, 1976.
26. Строительные нормы Беларуси (СНБ 5.01.01-99), Мн., 1999.
27. Тяшкевич И.А., Михайлов В.И. Задачи картографирования экологической геодинамики в условиях урбанизированных территорий. // Физико-географические аспекты изучения урбанизированных территорий: Тез. докл. конф.–Ярославль, 1992.

Содержание

1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ	3
1.1. Общие сведения	3
1.2. Геодезические работы при эксплуатации трубопроводов	4
1.2.1. Съёмка подземных трубопроводов	4
1.2.2. Геодезические работы при обследовании подводных переходов газопроводов	8
1.2.3. Использование спутниковых систем позиционирования при обнаружении дефектных участков магистральных газопроводов	12
1.3. Геодезическое трассирование трубопроводов	16
2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАСС ТРУБОПРОВОДОВ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ	23
2.1. Геодезические расчеты при проектировании трасс трубопроводов	23
2.2. Геодезические расчеты при вертикальной планировке	30
3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ	35
3.1. Общие сведения	35
3.2. Элементы геодезических разбивочных работ	38
3.3. Способы разбивки главных и основных осей сооружений	44
3.4. Геодезические разбивочные работы при строительстве трубопроводов	51
4. ГЕОДЕЗИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	
4.1. Геодезические работы в гидротехническом строительстве	63
4.2. Геодезические работы при возведении гидротехнических сооружений	67
4.3. Геодезические работы при гидромелиоративном строительстве	72
5. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ	76
5.1. Назначение и особенности исполнительных съемок	76
5.2. Текущая исполнительная съемка	77
5.3. Исполнительная съемка водохозяйственных объектов и трубопроводов	78
5.4. Составление исполнительной геодезической документации	80

6	ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ	
6.1.	Наблюдения за осадками сооружений	83
6.2.	Наблюдения за горизонтальными смещениями сооружений	87
6.3.	Наблюдения за кренами сооружений	89
	Литература	91